

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PENTRU EVALUAREA REZISTENȚEI LA ÎNGHEȚ- DEZGHEȚ A BETONULUI EXPERIMENTAL RESEARCH FOR THE EVALUATION OF CONCRETE FREEZE-THAW RESISTANCE

DAN GEORGESCU^{*1}, ADELINA APOSTU¹, GHIULGIAN MIRON²

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

² Lafarge Ciment (Romania) S.A.

Articolul prezintă rezultatele unor cercetări experimentale desfășurate în premieră pe plan național, în cadrul Laboratorului de Cercetare și Încercări al Catedrei de Construcții din Beton Armat din Universitatea Tehnică de Construcții București, în vederea studierii posibilității de aplicare în România a unor noi criterii europene de evaluare a rezistenței la îngheț-dezghet a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi. Rezistența la îngheț-dezghet a betonului s-a evaluat prin aplicarea unor metode standardizate la nivel european (CEN/TS 12390-9, CEN/TR 15177) care se bazează pe calcularea cantității de material exfoliat și respectiv pe determinarea valorilor modulului de elasticitate dinamic al probelor de beton supuse unor cicluri de îngheț-dezghet standardizate. Reducerile masei probelor de beton și respectiv ale modulului de elasticitate dinamic sunt comparate cu valori limită, propuse în funcție de încadrarea într-o anumită clasă de expunere de tip XF.

The article presents the results of experimental researches conducted for the first time in Romania, in the Research and Testing Laboratory of Reinforced Concrete from Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania, in order to study the possibility to apply in Romania a new European evaluation criteria of concretes freeze-thaw resistance, concrete mixes with different cement types. Concrete freeze-thaw resistance was evaluated applying the standard methods on European level (CEN/TS 12390-9, CEN/TR 15177) depending on the calculation of the scaled material quantity and on determination of dynamic elastic modulus values of concrete samples tested on repeated standard freeze-thaw cycles. The mass reducing of the concrete samples and dynamic elastic modulus are compared with proposed limit values, depending on the situation in one of XF exposure class.

Keywords: durability, composite cement, concrete

1. Introducere

Articolul prezintă rezultatele obținute în cadrul unui program de cercetare experimental elaborat pentru Lafarge Ciment (Romania) S.A. în vederea stabilirii performanțelor betoanelor preparate cu cimentul tip CEM IVB 42,5N [1].

Programul experimental a constat în determinarea rezistenței la compresiune a betonului având diferite compoziții, precum și a rezistenței la îngheț-dezghet, utilizând diferite metode standardizate la nivel național și european. Rezistența la îngheț-dezghet a fost evaluată prin: reducerea rezistenței la compresiune, determinarea cantității de material exfoliat și respectiv reducerea modulului de elasticitate dinamic.

Pe plan european s-au efectuat cercetări experimentale în vederea stabilirii domeniilor de utilizare a unor diverse tipuri de cimenturi cu adaosuri. Cercetările experimentale au avut ca obiectiv și evaluarea rezistenței la îngheț-dezghet a betonului prin aplicarea metodelor standardizate la nivel european. Țări europene precum Suedia, Austria și, în special, Germania [2] aplică în mod curent aceste metode, propunând, de asemenea, criterii de evaluare specifice. Pe plan național se aplică numai metoda de determinare a reducerii rezistenței betonului după aplicarea unor cicluri

1. Introduction

The article presents the results obtained during an experimental program elaborated for Lafarge Cement (Romania) S.A. in order to establish the performances of concretes mixes with cement type CEM IVB 42,5N [1].

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

In Europe were conducted a lot of experimental research in order to establish the applications of different types of blended cements. An important objective was the evaluation of the freeze-thaw resistance using different European standard methods. Sweden, Austria and especially Germany [2] use currently these methods and they proposed some evaluation criteria for freeze-thaw resistance. In Romania was used until now, only compressive strength reduction method and for the obtained values applying this method there are not proposed limits for a particular exposure of concrete in XF classes.

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

Tabelul 1

Compozițiile betoanelor preparate cu CEM IVB 42,5N / Concrete mixes prepared with CEM IVB 42,5N

Clasa prescrisă Prescribed class	Dozaj ciment Cement dosage (kg/m ³)	Apă Water (l)	Aditiv Admixtures (l)		Agregate Aggregates (kg)	sort sort 0-4 mm 40% (kg)	sort sort 4-8mm 20% (kg)	sort sort 8-16mm 40% (kg)
			Plastifiant Plasticizer 1%	Superplastifiant Super plasticizer 1%				
C12/15	290	193.33	1.72	-	1961.80	784.70	392.40	784.70
C16/20	336	183.33	-	3.17	1845.00	738.00	369.00	738.00
C20/25	420	184.17	-	3.96	1758.00	703.20	351.60	703.20

standardizate, neexistând însă stabilite nivele de performanță în vederea definirii unor domenii de utilizare și încadrării în clasele de expunere XF.

2. Condiții și proceduri experimentale

2.1 Betoane realizate

La prepararea betoanelor s-au utilizat:

- ciment tip CEM IVB 42,5N;
- agregate de râu, sorturi 0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, zona 3 de granulozitate, favorabilă, în conformitate cu CP 012-1/2007 [3];
- aditiv plastifiant și respectiv aditiv superplastifiant.

Compozițiile betoanelor sunt prezentate în tabelul 1. Clasele de beton prescrise au fost C12/15, C16/20 și respectiv C25/30.

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 pentru betonul proaspăt, conform SR EN 12350-2 [4];

b) *betonul întărit*:

- *rezistența la compresiune a betonului* - s-au determinat valorile rezistenței la compresiune conform SR EN 12390-3 [5] la 2 și 28 de zile, probele fiind menținute în apă până la 28 de zile - pentru determinarea clasei, respectiv 2 și 7 zile în apă, iar după această perioadă, în condiții de mediu de laborator (temperatură 20°C și 65% umiditate), până la vârsta de încercare de 28, respectiv 60 de zile - pentru a se determina influența duratei de menținere a betonului în apă asupra rezistenței la compresiune.
- *durabilitatea betonului*, s-a apreciat prin determinări ale rezistenței la îngheț - dezgeț conform:
 - SR 3518 [6] - rezistența la îngheț-

2. Conditions and experimental procedures

2.1. Achieved concrete mixes

For preparation of concrete mixes it was used:

- cement type CEM IVB 42,5N;
- river aggregates, sorts 0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, granularity area no. 3, favorable, according to CP 012-1/2007 [3];
- plasticizer and super plasticizer admixtures.

Concrete mixes are shown in Table 1. Prescribed concrete classes are C12/15, C16/20 and C25/30.

2.2. Determined characteristics, methods and testing conditions

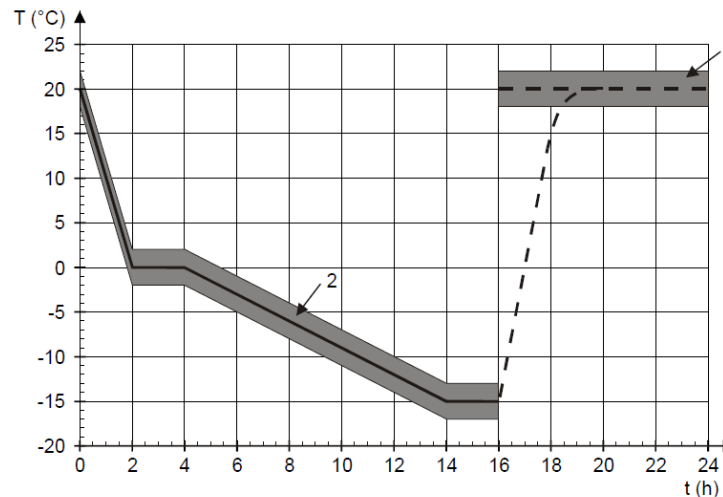
The determinations were conducted following the valid standards at testing date. Hereinafter it is presented the determined characteristics, methods and testing conditions for:

a) *fresh concrete*: determination of slump values for fresh concrete according to SR EN 12350-2 [4];

b) *hardened concrete*:

- *concrete compressive strength* - it was determined the values of compressive strength according to SR EN 12390-3 [5] for 2 and 28 days, the samples were kept in water up to 28 days - for class determination, respective 2 and 7 days in water, after this period in laboratory medium conditions (20°C temperature and 65% humidity) up to testing period of 28, respective 60 days - to determine the influence of the curing period of concrete in water on concrete compressive strength.
- *concrete durability*, was evaluated by concrete freeze-thaw resistance, according:
 - SR 3518 [6] - freeze-thaw resistance was evaluated by reducing the compressive strength of concrete saturated with water, after 50 freeze cycles at -17°C for 4 hours and thaw in water at +20°C for 4 hours. The results are presented by percentage reducing of compressive strength reported with

dezgheț s-a evaluat prin scăderea rezistenței la compresiune a betonului saturat cu apă, după 50 cicluri de îngheț la -17°C , timp de 4 ore și dezgheț în apă la $+20^{\circ}\text{C}$, timp de 4 ore; rezultatele sunt exprimate prin reducerea procentuală de rezistență la compresiune, în raport cu rezistența la compresiune a probelor martor, păstrate în apă la $+20^{\circ}\text{C}$;



1 - Temperatura din apă / Temperature of the water bath

2 - Temperatura din centrul cubului de beton de 100 mm / Temperature in the center of a 100 mm cube

Fig. 1 - Ciclul timp (t)-temperatura (T) în centrul probei de încercat
Time (t) – temperature (T) curve in the freezing medium at the centre of the samples

○ CEN/TS 12390-9 [7] - “cube test” - probele de beton (cuburi cu latura de 100 mm) au fost supuse la 7, 14, 28 și 56 cicluri standardizate timp-temperatură (fig. 1), 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 cuburilor în grame, iar $m_{s,n}$ reprezintă masa cumulată de material exfoliat.

► CEN/TR 15177 [8] - “slab test” - probele de beton (prisme de $150 \times 150 \times 50$ mm) au fost supuse la 7, 14, 28 și 56 cicluri standardizate timp-temperatură (fig. 2), după care s-a determinat reducerea procentuală a modulului de elasticitate dinamic.

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

$$\text{RDM}_{\text{UPTT},n} = \left(\frac{t_{s,0}}{t_{s,n}} \right)^2 \times 100 \%$$

în care:

$\text{RDM}_{\text{UPTT},n}$ reprezintă modulul de elasticitate dinamic relativ după n cicluri de îngheț-dezgheț, în %;

compressive strength of reference samples kept in water at $+20^{\circ}\text{C}$;

○ CEN/TS 12390-9 [7] - “cube test” - the concrete samples (100 mm cubes edge) were tested at 7, 14, 28 and 56 standard time-temperature cycles (Figure 1), after which it was determined the scaled material quantity and the initial mass for cube (in percent).

For each measurement calculate 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.

► CEN/TR 15177 [7] - “slab test” - the concrete prisms ($150 \times 150 \times 50$ mm samples) were tested at 7, 14, 28 and 56 standard time-temperature cycles (Figure 2), after which it was determined the percentage reduction of dynamic elastic modulus.

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

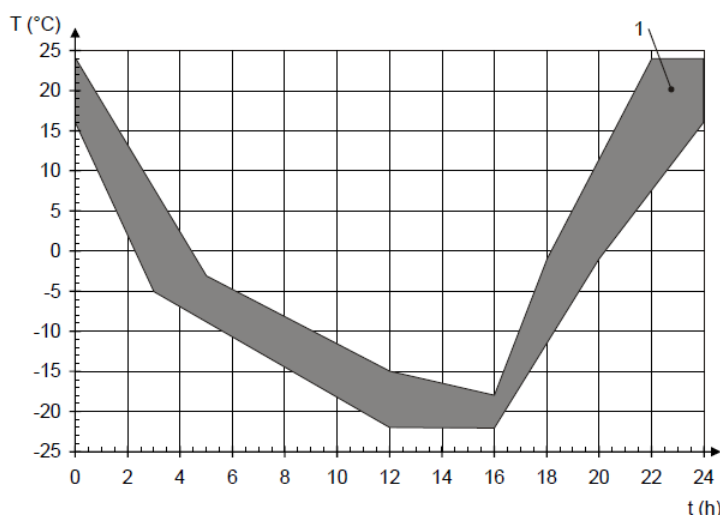
$$\text{RDM}_{\text{UPTT},n} = \left(\frac{t_{s,0}}{t_{s,n}} \right)^2 \times 100 \%$$

where:

$\text{RDM}_{\text{UPTT},n}$ is the relative dynamic modulus of elasticity after n freeze-thaw cycles, in %;

$t_{s,0}$ is the initial transmit time, in ms;

$t_{s,n}$ is the transmit time measured after n freeze-thaw cycles, in ms.



1- Temperatura din centrul probei / Temperature range at the centre of the test surface

Fig. 2 – Ciclu timp (t) - temperatură (T) în centrul probei de încercat
Time (t) – temperature (T) curve in the freezing medium at the centre of the samples

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

t_{sn} reprezintă timpul de propagare a ultrasunetelor prin fâșie după aplicarea a n cicluri de îngheț-dezgheț, în ms.

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 obținute pentru betoanele proaspete, preparate cu cimentul de tip IV B 42,5N.

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 cement type IV B 42,5N.

2.3.2. Compressive strength

In Table 3 are presented the results obtained for concretes compressive strength prepared with CEM IVB 42,5N with plasticizer and super plasticizer admixture for 2 and 28 days, samples kept in water until testing date.

Tabelul 2

Caracteristicile betoanelor proaspete, preparate cu CEM IVB 42,5N / Characteristics of fresh concretes prepared with CEM IVB 42,5N

Dozaj ciment / Cement dosage (kg/m ³)	Aditiv / Admixture	Raport A/C W/C ratio	Tasare / Slump (mm)	Densitate / Density (kg/m ³)
290	plastifiant / plasticizer	0.67	100	2364
336	superplastifiant / superplasticizer	0.55	120	2370
420	superplastifiant / superplasticizer	0.45	105	2366

2.3.2. Rezistența la compresiune

În tabelul 3 se prezintă rezultatele obținute pentru rezistența la compresiune a betoanelor preparate cu CEM IVB 42,5N cu aditiv plastifiant și respectiv superplastifiant, după 2 și 28 de zile de păstrare în apă.

Rezistențele dezvoltate la 28 de zile, în condiții de păstrare standardizate pentru determinarea clasei betonului, au fost corespunzătoare claselor de beton C16/20, pentru dozajul de ciment de 290 kg/m³, C20/25 pentru dozajul de ciment de 336 kg/m³ și respectiv C30/37 pentru un dozaj de ciment de 420 kg/m³.

Prin menținerea probelor de beton 2 zile în apă și restul perioadei, până la 28 de zile, în aer s-au obținut rezistențe ceva mai reduse (în general

The resistances obtained for 28 days, in standard curing conditions for determination of concrete class, have been in conformity with concrete class C16/20, for cement dosage of 290 kg/m³, C20/25 for cement dosage of 336 kg/m³ and C30/37 with cement dosage of 420 kg/m³.

For concrete samples kept for 2 days in water and between 2 and 28 days in air, the resistances obtained are reduced (generally with 2 N/mm²) than the results obtained for concrete samples kept in specific conditions for concrete class determination. For concrete samples kept for 7 days in water and between 7 and testing date in air, the resistances obtained are higher (approximately 1 N/mm²) than the results obtained for concrete samples kept in specific conditions for concrete class determination (figure 3).

Tabelul 3

Caracteristicile de rezistență ale betoanelor preparate cu CEM IVB 42,5N/
Resistance characteristics for fresh concretes prepared with CEM IVB 42,5N

Aditiv Admixture	Raport A/C W/C ratio	Dozaj ciment Cement dosage (kg/m ³)	Rezistența la compresiune Compressive strength (N/mm ²)				Clasa de beton obținută Obtained concrete class
			2 zile 2 days		28 zile 28 days		
plastifiant plasticizer	0.67	290	12.18	12.13	26.75	26.02	C16/20
			11.91		25.88		
			12.31		25.42		
superplastifiant superplasticizer	0.55	336	15.19	15.82	33.73	33.21	C20/25
			15.80		33.09		
			16.46		32.80		
superplastifiant superplasticizer	0.45	420	24.62	24.11	45.76	45.06	C30/37
			24.11		44.96		
			23.60		44.45		

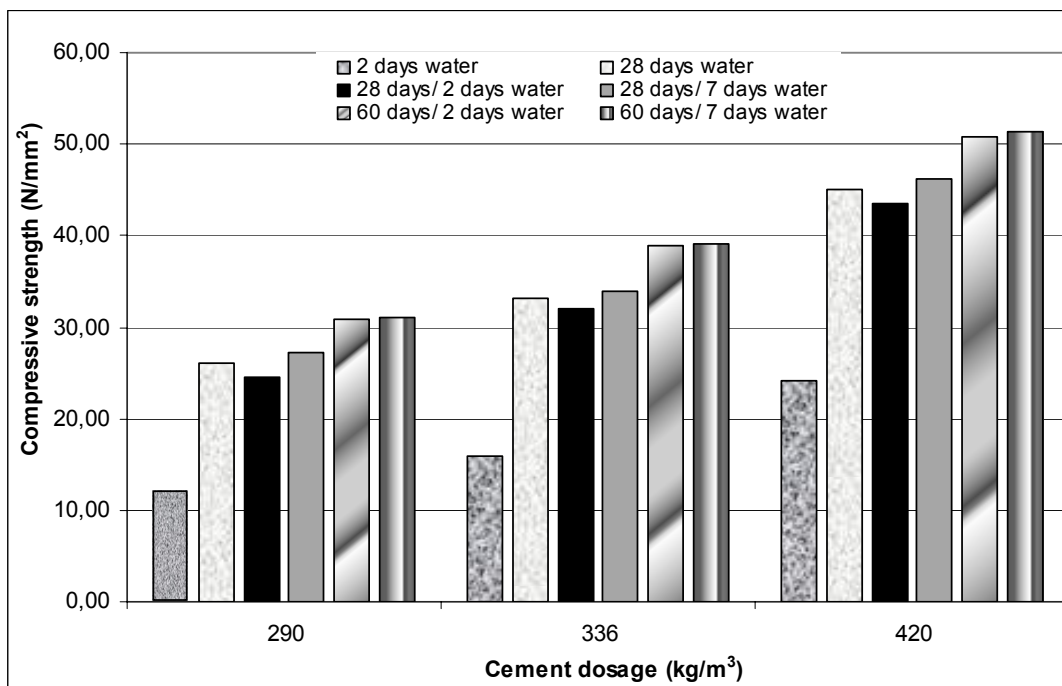


Fig.3 – Rezistențele la compresiune ale betoanelor preparate cu diferite dozaje de ciment tip IVB, păstrate în condiții diferite
Compressive strength resistances for concretes prepared with different dosages of cement type CEM IVB, kept in different conditions.

cu 2 N/mm²) decât cele obținute pentru betoanele menținute în condițiile specifice pentru determinarea clasei betonului. Menținerea probelor 7 zile în apă și restul perioadei, până la vârsta de încercare, în aer, a condus la valori puțin crescute ale rezistențelor (cu aproximativ 1 N/mm²) față de valorile obținute pentru rezistențele betoanelor menținute în condiții specifice pentru determinarea clasei betonului (fig. 3).

Se poate afirma că păstrarea în condiții diferite nu a influențat mult rezistența la compresiune a betonului, după 28-60 zile.

Desigur, tratarea betonului (menținerea în stare umedă a betonului după turnare) are însă un rol decisiv în comportarea în timp a betonului și se efectuează o perioadă care se determină în funcție

It can be declared that the differences between the curing conditions did not have a major influence on the concrete compressive strength, after 28-60 days.

Of course, the cure of concrete (kept concrete in wet conditions after pouring) has a decisive role in time behavior of concrete and is completing for a time period that is determined depending on the values of the compressive strength resistance reports for 2 and 28 days and the exterior temperature.

2.3.3. Freeze-thaw resistance

Method according to SR 3518. In Table 4 are shown the values obtained for strength reduction after 50 freeze-thaw cycles.

de valorile rapoartelor rezistențelor la compresiune la 2 și 28 de zile și de temperatura mediului exterior.

2.3.3. Rezistența la îngheț-dezghet

Metoda conform SR 3518. În tabelul 4 se prezintă valorile obținute pentru reducerile de rezistență la îngheț-dezghet, după 50 de cicluri.

The strength reduction obtained after 50 freeze-thaw cycles for concrete class C16/20 is relatively high (it is situated in 25% maximum limit shown in Romanian standard).

Method according to CEN/TS 12390-9 - «cube test». In conformity with this method it was determined the quantity of scaled material for 100 mm cubes edge, for three concrete mixes (Table 5).

Tabelul 4

Reducerea rezistenței la compresiune a betonului după 50 de cicluri de îngheț-dezghet
Compressive strength reduction after 50 freeze-thaw cycles

Clasa beton Concrete class	Dozaj ciment Cement dosage (kg/m ³)	Raport A/C W/C ratio	Rc maritor Reference Rc (N/mm ²)	Rc după 50 de cicluri de îngheț-dezghet Rc after 50 freeze-thaw cycles (N/mm ²)	Reducerea rezistenței la compresiune Strength reduction (%)
C16/20	290	0.67	30.34	25.36	16.43
C20/25	336	0.55	38.48	33.91	11.87
C30/37	420	0.45	49.02	45.09	8.02

Tabelul 5

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

Clasa de beton Concrete class	Masa inițială Initial mass (g)	Cantitatea de beton exfoliat după Quantity of scaled concrete after (g):				Cantitatea totală de beton exfoliat după 56 cicluri Total quantity of scaled concrete, for 56 cycles (g)	Reducerea masei probei de beton Reduction of concrete sample mass P (%)	P, medie P, medium, (%)
		7 cycles	14 cycles	28 cycles	56 cycles			
C16/20	2342	1.28	2.34	127.30	197.18	328.10	14.01	11.85
	2372	3.64	2.00	81.18	202.23	289.05	12.19	
	2365	1.46	2.76	102.18	193.18	299.58	12.67	
Masa exfoliată înainte de periere/ Mass of dried material before brushing		14.42	12.96	147.94	430.10	605.42	8.55	
Total		20.80	20.06	458.60	1022.69	1522.15	47.41	
C20/25	2357	0.50	0.68	1.12	12.10	14.40	0.61	1.87
	2362	0.78	1.34	4.00	32.48	38.60	1.63	
	2365	0.62	0.30	11.86	82.66	95.44	4.04	
Masa exfoliată înainte de periere/ Mass of dried material before brushing		6.00	5.40	8.36	66.08	85.84	1.21	
Total		7.90	7.72	25.34	193.32	234.28	7.49	
C30/37	2369	0.44	0.46	0.52	0.34	1.76	0.07	0.10
	2360	0.58	0.34	0.54	0.22	1.68	0.07	
	2354	0.24	0.04	0.52	0.44	1.24	0.05	
Masa exfoliată înainte de periere/ Mass of dried material before brushing		5.10	2.30	3.36	4.20	14.96	0.21	
Total		6.36	3.14	4.4	5.20	19.64	0.41	

Reducerea de rezistență după 50 cicluri de îngheț-dezghet pentru betonul de clasă C16/20 este relativ mare (chiar dacă se încadrează în limita de maximum 25% indicată în standardul românesc).

Metoda conform CEN/TS 12390-9 - «cube test». În conformitate cu această metodă, s-a determinat cantitatea de material exfoliat, pe cuburi cu latura de 100 mm, pentru cele trei compoziții de beton, datele fiind prezentate în tabelul 5.

Pentru aprecierea comportării betonului la îngheț-dezghet s-au utilizat criteriile de evaluare

For the estimation of concrete behavior for freeze-thaw were used existing evaluation criteria in some international regulations or technical special literature [9].

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/m³ and W/C=0.6).

existente în literatura tehnică de specialitate [9].

Criteriile propuse în cazul utilizării acestei metode sunt:

- *Clasa de expunere XF1*: Cantitatea de material exfoliat nu trebuie să producă o reducere mai mare de 5% a masei probei de beton după expunerea la 56 de cicluri de îngheț-dezgheț și respectiv mai mare de 10% după 100 de cicluri de îngheț-dezgheț (beton cu dozaj de ciment 300 kg/m³ și raport A/C=0,6)
- *Clasa de expunere XF3*: Cantitatea de material exfoliat nu trebuie să producă o reducere mai mare de 3% a masei probei de beton după expunerea la 56 de cicluri de îngheț-dezgheț și respectiv mai mare de 5% după 100 de cicluri de îngheț-dezgheț (beton cu dozaj de ciment 300 kg/m³ și raport A/C=0,6).

Din datele prezentate în tabelul 5 se poate observa că betonul de clasă C16/20, având un dozaj de ciment de 290 kg/m³ nu îndeplinește criteriul pentru încadrarea în clasa XF1, chiar dacă dozajul de ciment este relativ apropiat de compoziția standard care se utilizează în cazul aplicării acestui criteriu. Raportul A/C de 0,67 este mai mare decât cel standard de 0,6.

Compoziția de beton corespunzătoare clasei de beton C20/25 a fost preparată cu un raport A/C = 0,55, deci mai scăzut decât al compoziției standard și un dozaj mai mare de ciment cu 36 kg/m³. În acest caz a fost obținută o cantitate de material exfoliat, după 56 de cicluri, sub 2%.

În conformitate cu CP 012/1-2007, pentru clasa de expunere XF1, betonul trebuie să fie preparat cu un raport A/C de maximum 0,5 și să fie de clasă minimă de rezistență C25/30.

Metoda conform CEN/TR 15177 - "slab test". Această metodă presupune determinarea modulului de elasticitate dinamic relativ. Valorile obținute pentru viteza de propagare a ultrasunetelor, respectiv pentru modulul de elasticitate dinamic relativ sunt prezentate în tabelele 6 și 7.

Pentru ca betonul să se poată utiliza în condiții de expunere conform clasei XF3 (dozaj ciment 320 kg/m³, raport A/C=0,50) trebuie îndeplinite următoarele criterii:

1. După expunerea la 28 de cicluri de îngheț-dezgheț, proba de beton nu trebuie să prezinte o reducere a modulului de elasticitate dinamic mai mare de 25% (criteriu absolut) [9].

2. După expunerea la 56 de cicluri de îngheț-dezgheț, probele de beton preparate cu cimentul "experimental" (care se studiază în vederea utilizării în betoane rezistente la îngheț-dezgheț) nu trebuie să înregistreze o reducere a modulului de elasticitate dinamic mai mare de 5% față de cea înregistrată pentru probele preparate cu cimentul "etalon", a cărui comportare în timp în condiții reale este cunoscută ca

- *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/m³ and W/C=0,6).

From data shown in Table 5 it can be remarked that the concrete class C16/20, with 290 kg/m³ dosage cement, is not caring out this criteria for XF1 class, even if the cement dosage is relatively closed to standard composition which is used in application of this criteria. The W/C ratio 0.67 is higher than the standard 0.6.

The adequate concrete composition for class C20/25 has a W/C ratio of 0.55, so it is lower than the standard composition and has a higher cement dosage with 36 Kg/m³. In this case it was obtained a quantity of scaled material below 2% after 56 cycles.

In conformity with CP 012/1-2007, for exposure class XF1 concrete must have a W/C ratio of maximum 0.5 and a minimum strength class C25/30.

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 6 and 7.

In order to use the concrete in exposure class XF3 (cement dosage 320 kg/m³, W/C ratio =0.50) have to carry out the next criteria:

1. After 28 freeze-thaw cycles, the concrete sample does not have to show a reduction of dynamic elastic modulus more than 25% (absolute criteria) [9].

2. After 56 freeze-thaw cycles, the concrete samples prepared with "experimental" cement type (studied for evaluation of the freeze-thaw resistance of concrete) does not have to show a reduction of dynamic elastic modulus more than 5% beside the value obtained for samples prepared with "standard" cement which behavior in specific circumstance is known as being appreciative (relative criteria) [10].

From data shown in Table 7 can be remarked that the concrete class C20/25, with W/C ratio higher than 0.5, is not caring out absolute criteria.

The concrete class C30/37 with a W/C ratio of 0.45 and cement dosage 420 Kg/m³ has a dynamic elastic modulus reduction of 21%, closed to limit value, but having improved composition characteristics beside standard concrete samples, and for 56 cycles the reduction of the dynamic elastic modulus is over 45%.

2.3.4 Consideration regarding the applying of the methods for evaluation of freeze-thaw resistance of concrete

- The application of the methods involves

fiind favorabilă (criteriu relativ) [10].

Din tabelul 7 se observă că betonul de clasă C20/25, având dozaj de ciment și raport A/C mai mari decât valorile impuse, nu îndeplinește criteriul absolut.

different number of cycles and time-temperature characteristics. The evaluation of freeze-thaw resistance is done by measuring values of physical characteristics which vary from one method to another.

Tabelul 6

Clasa betonului Concrete class	Viteză ultrasunete / Ultrasonic pulse speed (m/s)					Observații Observations
	Inițial initial	7 cicluri 7 cycles	14 cicluri 14 cycles	28 cicluri 28 cycles	56 cicluri 56 cycles	
C16/20	3971	2920	2375	-	-	probe distruse după 28 de cicluri destroyed samples after 28 cycles
	4182	3557	3459	-	-	
	4162	3115	3057	-	-	
Medie medium	4105,00	3197,33	2963,67			
C20/25	4289	4170	4047	3524	-	probe distruse după 56 cicluri destroyed samples after 56 cycles
	4217	4091	3971	3314	-	
	4205	3591	3899	3600	-	
Medie medium	4237,00	3950,67	3972,33	3479,33		
C30/37	4389	4205	4089	3839	3214	-
	4339	4265	4139	4004	3134	
	4326	4253	4151	3734	3256	
Medie medium	4351.33	4241.00	4126.33	3859.00	3201.33	

Tabelul 7

Valorile modului de elasticitate dinamic relativ al betonelor expuse la n cicluri de îngheț-dezgeț
The values obtained for dynamic elastic modulus of concrete for n freeze-thaw cycles

Clasa betonului Concrete class	Modulul de elasticitate dinamic relativ $RDM_{UPTT,n}$ (%), după: Relative dynamic elastic modulus $RDM_{UPTT,n}$ (%), after:						
	7 cicluri 7 cycles	14 cicluri 14 cycles	Reducere după 14 cicluri Reduction for 14 cycles	28 cicluri 28 cycles	Reducere după 28 cicluri Reduction for 28 cycles	56 cicluri 56 cycles	Reducere după 56 cicluri Reduction for 56 cycles
C16/20	54.07	35.77	64.23	Probe distruse destroyed samples	-	destroyed samples	-
	72.34	68.41	31.59		-		-
	56.02	53.95	46.05		-		-
Medie medium	60.81	52.71	47.29				
C20/25	94.53	89.03	10.97	67.51	32.49	destroyed samples	-
	94.11	88.67	11.33	61.76	38.24		-
	72.93	85.98	14.02	73.29	26.71		-
Medie medium	87.19	87.89	12.11	67.52	32.48		
C30/37	91.79	86.80	13.20	76.51	23.49	53.62	46.38
	96.62	90.99	9.01	85.15	14.85	52.17	47.83
	96.65	92.07	7.93	74.50	25.50	56.65	43.35
Medie medium	95.02	89.95	10.05	78.72	21.28	54.15	45.85

Betonul de clasă C30/37, având un raport A/C de 0,45 și un dozaj mare de ciment (420 kg/m³), prezintă o reducere a modului de elasticitate de 21%, valoare apropiată de cea limită, caracteristicile compoziționale ale betonului fiind îmbunătățite față de cele ale betonului considerat etalon, prin metoda respectivă. După 56 de cicluri de îngheț-dezgeț, reducerea modului de elasticitate este de peste 45%.

2.3.4 Considerații privind aplicarea metodelor de evaluare a rezistenței la îngheț-dezgeț a betonului

- Because is difficult to correlate the results, at the European level are used many methods to test freeze thaw resistance of concrete, taking into account the most unfavorable results.

- Applying these methods must take into account the duration of curing, the concrete age and carbonation [11] which influences in different ways the freeze-thaw resistance of concretes prepared with cement type I, respective blended cements [12].

- The Romanian standard for evaluation of freeze-thaw resistance of concrete does not take account a certain "standard composition" of concrete

- Aplicarea metodelor implică efectuarea unor cicluri care diferă ca număr și caracteristici timp - temperatură, iar evaluarea rezistenței la îngheț-dezghet se face prin măsurarea valorilor unor mărimi fizice care diferă de la o metodă la alta.

- Având în vedere dificultatea de corelare între metode, pe plan internațional se aplică, în general, mai multe metode/ criterii luându-se în considerare rezultatele cele mai defavorabile. Aceste metode se aplică pentru evaluarea performanțelor la îngheț-dezghet a betoanelor preparate cu anumite tipuri de cimenturi.

- Aplicarea acestor metode trebuie să aibă în vedere durata păstrării în apă, vârsta la care se efectuează încercarea și carbonatarea [11] care influențează în mod diferit rezistența la îngheț-dezghet a betoanelor preparate cu cimenturile de tip I, respectiv cu adaosuri [12].

- Evaluarea rezistenței la îngheț-dezghet a betonului, în conformitate cu actualul standard românesc, nu ține seama de o anumită compoziție "standard" a betonului, putând fi aplicată oricare ar fi compoziția. Această condiție o face greu aplicabilă pentru evaluarea performanțelor unor anumite tipuri de cimenturi în betoane supuse la îngheț-dezghet. De altfel, la nivelul reglementărilor naționale nu există o corespondență între un anumit nivel de reducere a rezistenței la compresiune a betonului, după aplicarea unui anumit număr de cicluri și încadrarea într-o anumită clasă de expunere XF.

4. Concluzii

Rezultatele obținute pentru rezistența la compresiune și pentru evaluarea rezistenței la îngheț-dezghet prin aplicarea diferitelor metode de încercare și a unor criterii de evaluare specifice, pentru betoanele preparate cu cimentul tip CEM IVB 42,5N conduc la următoarele concluzii:

- betoanele preparate cu cimentul tip IVB 42,5N pot atinge nivele corespunzătoare ale rezistențelor la compresiune în cazul respectării cerințelor privind compoziția betonului în conformitate cu CP 012-1/2007;

- sensibilitatea la solicitări de îngheț-dezghet, respectiv oportunitatea utilizării betoanelor în anumite medii, corespunzătoare claselor de expunere XF, sunt dificil de evaluat prin aplicarea criteriilor indicate în actualele standarde românești;

- aplicarea metodelor europene și interpretarea rezultatelor în spiritul criteriilor indicate în anumite norme europene și din literatura de specialitate, reprezintă soluții de viitor în ceea ce privește stabilirea unor niveluri de performanță la îngheț-dezghet și definirea unor domenii de utilizare a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi;

- având în vedere rezultatele obținute în cadrul cercetărilor experimentale se recomandă corelarea metodelor pentru a se putea evalua rezistența la îngheț-dezghet a betonului.

and it can be applied whatever the composition is. This condition creates a major difficulty in applying this standard for the performance evaluation of certain types of cements in concrete subjected to freeze-thaw cycles. Anyway the method doesn't propose any limits for a particular exposure in a concrete in XF class.

4. Conclusion

The results obtained for the compressive strength and evaluation of freeze-thaw resistance by applying different testing methods and specific evaluation criteria, for concretes prepared with cement type CEM IVB 42,5N are conducting the next conclusions:

- concretes prepared with cement type IVB 42,5N can reach adequate compressive strength in case of requirement of concrete composition according to CP 012-1/2007;

- the sensibility for freeze-thaw action, respective the use of concretes in some adequate circumstances of exposure class XF, is difficult to evaluate applying the shown criteria in actual Romanian standards ;

- applying the European methods and interpretation of results according shown criteria in some European norms and special literature represents a future solution in establishing the performances levels for freeze-thaw action and to define some usage domains of concretes prepared with different cement types;

- considering the results obtained inside experimental researches it is recommended to correlate the methods in order to evaluate the freeze-thaw concrete resistance.

REFERENCES

1. xxx, Romanian Standards Association, SR EN 197-1 - Cement composition, specifications and conformity criteria for common cements.
2. E. Siebel, Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand von Beton. Beton 42 (1992) H. 9, S. 496-501, ebenso Betontechnische Berichte 1992-94.
3. xxx, Romanian Standards Association, CP 012/1-2007 - Code of practice for the manufacturing of concrete.
4. xxx, Romanian Standards Association, SR EN 12350-2 - Testing fresh concrete. Part 2.Slump test.
5. xxx, Romanian Standards Association, SR EN 12390-3 - Testing hardened concrete. Part 3. Compressive strength of test specimens.
6. xxx, Romanian Standards Association, SR 3518 -Tests on concrete for determination of freeze thaw resistance.
7. xxx, European Committee for Standardization, CEN / TS 12390-9 - Testing hardened concrete - Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling, 2006.
8. xxx, European Committee for Standardization, CEN/TR 15177 - Testing the freeze-thaw resistance of concrete - Internal structural damage, 2006.

9. C. Muller – Durability of concrete with CEM X cements, VDZ
Germany, Dusseldorf, 2008
10. x x x - ONORM- B3303 – Betonprüfung, 2002

11. M. Gheorghe, A. 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.
12. M. Muntean, N. Noica, L. Radu, I. Ropotă, A. Ionescu, and O. Muntean, Concrete carbonation and its durability, Romanian Journal of Materials 2008, **38** (4) 284.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS



CICE 2010 BEIJING

CICE 2010

5th International Conference on Fibre Reinforced Polymer (FRP)
Composites in Civil Engineering
Beijing, China
27 – 29 September 2010

The aim of the conference is to provide an international forum for all concerned with the application of FRP composites in civil engineering to exchange and share recent advances in both research and practice. CICE 2010 is an official conference of the International Institute for FRP in Construction (IIFC) and is being organized by Central Research Institute of Building and Construction, MCC Group and Tsinghua University.

Topics

- FRP Sustainability
- FRP for Structures in Earthquake Resistance
- Materials and Products
- Bond and Interfacial Stresses
- Confinement of Concrete in Compression
- Hybrid FRP Structures and Concrete Filled FRP Tubes
- All FRP Structures
- Smart FRP Structures
- Strengthening of Concrete Structures, Historic Structures, Masonry Structures, Timber Structures and Metallic Structures
- Concrete Structures Reinforced or Prestressed with FRP
- Fire, Impact and Blast Loading
- Durability and Long – Term Performance
- Inspection and Quality Assurance
- Field Applications and Case Studies
- Codes, Standards, and Design Guideline

Contact: www.cice2010.net
