

ABORDĂRI MODERNE PENTRU ASIGURAREA PERFORMANTELOR BETONULUI ÎN CEEA CE PRIVEȘTE DURABILITATEA MODERN APPROACHES TO ENSURE CONCRETE PERFORMANCES REGARDING DURABILITY

DAN GEORGESCU^{1*}, RADU GAVRILESCU²

¹Universitatea Tehnică de Construcții București – B-dul Lacul Tei, nr. 124, sect.2, cod 72302, București, România

²S.C. CARPATCEMENT Holding S.A. – Șos. București-Ploiești 1A, Bucharest Business Park, Intrarea C, București, România

Articolul prezintă aspecte cu caracter de noutate în abordările moderne propuse în revizuirea standardului european EN 206 „Beton - Specificație, performanță, producere și conformitate” în ceea ce privește: conceptul de performanță echivalentă a betonului și baza teoretică pentru determinarea experimentală a coeficientului „k” în cazul utilizării adaosurilor în betoane în vederea obținerii unor performanțe echivalente cu cele ale betoanelor fără adaosuri. În articol se prezintă exemple de aplicare teoretice și/sau experimentale ale acestor metode efectuate de autori. Metodele propuse în standardul european vor sta la baza revizuirii reglementărilor românești pentru producerea betonului.

The article presents novelty aspects for the modern approaches proposed in reviewing the European standard EN 206 „Concrete - Specification, performance, production and conformity” regarding concrete's equivalent performance concept and the theoretic basis for the experimental determination of “k” coefficient in case of using additions in concretes in order to obtain performances equivalent to those of concretes without additions. In the article are presented theoretical application methods and/or experimental applications of such methods performed by the authors. The methods, suggested in the European standard, will be the basis for Romanian regulations' review regarding the production of concrete.

Keywords: concrete, mechanical strengths, durability, equivalent performance

1. Introducere

Articolul tratează aspecte de noutate care au apărut în propunerea de revizuire a standardului european EN 206 [1] și în alte documente europene privind conceptul de performanță echivalentă și determinarea experimentală a coeficientului „k” în cazul utilizării adaosurilor în betoane pentru obținerea unor performanțe echivalente cu cele ale betoanelor fără adaosuri [2]. Pentru fiecare din aceste problematici legate de asigurarea performanțelor betonului, se fac comentarii legate de utilizarea acestora și se prezintă rezultatele unor cercetări experimentale desfășurate de autori și/sau propuneri originale de aplicare.

Una din metodele de referință pentru subiectul tratat este „metoda olandeză”. Metoda se bazează în principal pe compararea performanțelor unor betoane realizate cu cimenturi „experimentale” cu cele ale unor betoane realizate cu cimenturi „de referință” recomandate în reglementări și care au avut, în practică, o durabilitate corespunzătoare la una sau mai multe tipuri de acțiuni: carbonatare, penetrarea clorurilor, îngheț-dezgeț, atacul sulfatic și atacul apei de mare.

Aplicarea metodei necesită în primul rând

1. Introduction

The article covers novelty aspects arising in the proposal to review the European standard EN 206 [1] and other European documents regarding the equivalent performance concept and experimental determination of “k” coefficient in case of using additions in concretes to obtain performances equivalent to those of concretes without additions [2]. For any such issue regarding the assurance of concrete performances, comments are presented related to their use and results are presented from experimental researches developed by the authors and/or original application proposals.

One of the reference methods for the topic is „the dutch method”. The method is mainly based on comparing the performances of concretes manufactured with “experimental” cements to that of concretes manufactured with “reference” cements recommended by the regulations and which had in practice an adequate durability to one or more types of actions: carbonation, chloride penetration, freeze-thaw, sulphate attack and seawater attack.

The application of this method mainly

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel.: 004 021 242 12 91; e-mail: danpaul.georgescu@yahoo.com

selectarea, pentru fiecare clasă de expunere reprezentativă, a cimenturilor de referință. În mod evident, această alegere depinde de experiența și condițiile specifice naționale, în special în ceea ce privește mediul. Un alt aspect esențial în aplicarea conceptului îl constituie alegerea metodelor de testare.

Evaluarea durabilității se bazează pe compararea rezultatelor a „n” probe de beton preparate cu cimentul de referință și respectiv cu cimentul experimental. Acceptarea sau respingerea se bazează pe diferența între rezultatele obținute pe betoanele preparate cu cele două tipuri de cimenturi. Pentru fiecare caracteristică a durabilității este definită o diferență relativă maximă care, dacă este depășită, performanța cimentului experimental se consideră că este inacceptabilă. O descriere amplă a metodei se regăsește în documentul olandez [2].

2. Conceptul de performanță echivalentă

În prezent există o tendință generală pe plan european de extindere a posibilităților de utilizare a cimenturilor cu adaosuri în cimenturi sau betoane. Diversitatea sortimentală în ceea ce privește procente și combinațiile diferite de adaosuri fac imposibilă predicția teoretică a comportării betoanelor supuse la diferite acțiuni de mediu. În acest scop la nivel european s-a elaborat conceptul de performanță echivalentă a betonului care reprezintă o abordare modernă în asigurarea performanțelor betonului sub aspectul durabilității. Aplicarea acestui concept este desigur diferită la nivelul țărilor europene, în prezenta lucrare prezentându-se două abordări, abordarea olandeză [2] - una din cele mai interesante la nivelul țărilor europene - și o propunere a autorilor [3] privind aplicarea în practică a acestui concept.

2.1. Metoda propusă de autori

Metoda propusă de autori pornește tot de la conceptul de performanță echivalentă și își propune să determine parametrii de compoziție ai betonului (clasa de beton minimă, raportul A/C maxim și dozajul minim de ciment) pentru diferite tipuri de cimenturi experimentale, astfel încât să se obțină performanțe echivalente cu cele ale betoanelor preparate cu cimenturi de referință.

Metoda pornește de la abordarea descriptivă din reglementarea EN 206, în care, în funcție de o anumită clasă de expunere sunt definiți parametrii compoziționali ai betonului pentru un ciment de tip CEM I și CEM II.

Metoda propusă are în vedere tot aspectele esențiale ale durabilității betonului și anume carbonatarea, prezența clorurilor, rezistența la îngheț-dezghet, rezistența la atacul sulfatic și la acțiunea apei de mare.

Metoda necesită în general parcurgerea a două etape :

implies the selection, for each representative exposure class, of reference cements. Obviously, this selection depends on experience and specified national conditions, especially regarding the environment. Another essential aspect in the application of such concept is the selection of testing methods.

Durability assessment is based on comparing the results of “n” concrete samples prepared with reference cement and respectively, experimental cement. The acceptance or rejection is based on the difference between the results obtained on concretes prepared with the two types of cements. For each durability characteristic, a relative difference is defined; if this limit is overpassed, the performance of the experimental cement is considered unacceptable. A wide description of the method is presented in the Dutch document [2].

2. Equivalent performance concept

Nowadays there is a general European tendency toward expanding the possibilities to use cements with additions in cements or concretes. The diversity of choices regarding percentages and different additions combinations makes impossible to theoretically predict the behavior of concretes submitted to different environmental actions. For this purpose, at European level, the equivalent concrete performance concept has been developed, representing a worldwide approach for assuring concrete's performance concerning durability. The application of such concept is, of course different for each European country, in this paper is briefly presented two approaches, the Dutch approach [2] –one of the most interesting in the European countries' level - and one of the authors' suggestions [3] regarding the practical application of such concept.

2.1. Method suggested by the authors

The method suggested by the authors also starts from the equivalent performance concept and is intended to determine the concrete's composition parameters (minimum concrete class, A/C maximum ratio and the minimum dosage of cement) for different types of experimental cements, so that to obtain the performances equivalent to those of concretes prepared with reference cements.

The method starts from a descriptive approach of EN 206 regulation, where, depending on a certain exposure class, the concrete's compositional parameters are defined for a cement type CEM I and CEM II.

The method suggested considers all the essential aspects of concrete durability, more specifically: carbonation, the presence of chlorides, resistance to freeze-thaw, resistance to sulphate attack and to seawater's action.

2.1.1 Prima etapă se aplică, de exemplu, în cazul unor acțiuni pentru care există criterii de evaluare (de exemplu acțiunea de îngheț-dezghet). Metodele de testare sunt similare cu cele prezentate în cazul aplicării metodei olandeze.

Compozițiile de beton utilizate sunt cele recomandate în standardele de încercare. Criteriile de evaluare propuse în funcție de tipul de încercări efectuate sunt prezentate în [4]. În cazul în care aceste criterii sunt îndeplinite pentru o anumită acțiune se poate trece la etapa a doua.

2.1.2 Această etapă constă în efectuarea unor încercări utilizând aceleași metode ca cele aplicate în prima etapă, dar pe betoane având compoziții diferite.

Se prepară un beton de referință cu un ciment care a parcurs cu succes proba timpului la parametrii compoziționali recomandați în reglementările specifice [1].

Se determină performanțele acestui beton pentru un anumit tip de acțiune.

Se prepară apoi compoziții diferite de beton cu cimentul experimental pornind de la parametrii inițiali, utilizați pentru betonul de referință. Se determină performanțele betoanelor și se identifică valorile compozițiilor preparate cu cimentul experimental care dau aceleași nivele de performanță cu cele ale betonului de referință.

În figura 1 se indică modalitatea de aplicare la nivel de principiu a acestei etape a metodei în ceea ce privește calcularea raportului A/C maxim.

În figura 2 se prezintă schema de aplicare a metodei propuse.

2. Determinarea experimentală a coeficientului k

În articol se prezintă modalitatea de calcul a coeficientului k în cazul utilizării adaosurilor de zgură [5], pe baza rezultatelor cercetărilor experi-

Generally, the method requires two stages:

2.1.1 The first stage applies, for example, in case of actions for which there are assessment criteria (for example the freeze-thaw attack). The testing methods are similar to those presented in the case of applying the Dutch methods.

The concrete compositions used are those recommended by the testing standards. The assessment criteria suggested depending on the types of tests performed are presented in [4]. In case such criteria are fulfilled for a certain action, you can go to the second stage.

2.1.2 This stage consists in performing certain tests using the methods applied in the first stage, but on concretes with different compositions.

A reference concrete is prepared with a successful cement during the time trial at the recommended compositional parameters, recommended by the specific regulations [1].

The performances of this concrete are determined for a certain type of action.

Afterwards, different concrete compositions are prepared with experimental cement starting from the initial parameters, used for reference concrete. Concrete performances are determined and the compositional values prepared with experimental cement that give the same levels of performance as the reference concrete, are identified.

In Figure 1 is identified the modality to apply, at a principle level of this stage, the method regarding the calculation of the A/C maximum ratio.

In Figure 2 is presented the application scheme of the suggested method.

3. Experimental determination of the k coefficient

In the article is presented the calculation modality of the "k" coefficient in case of using slag

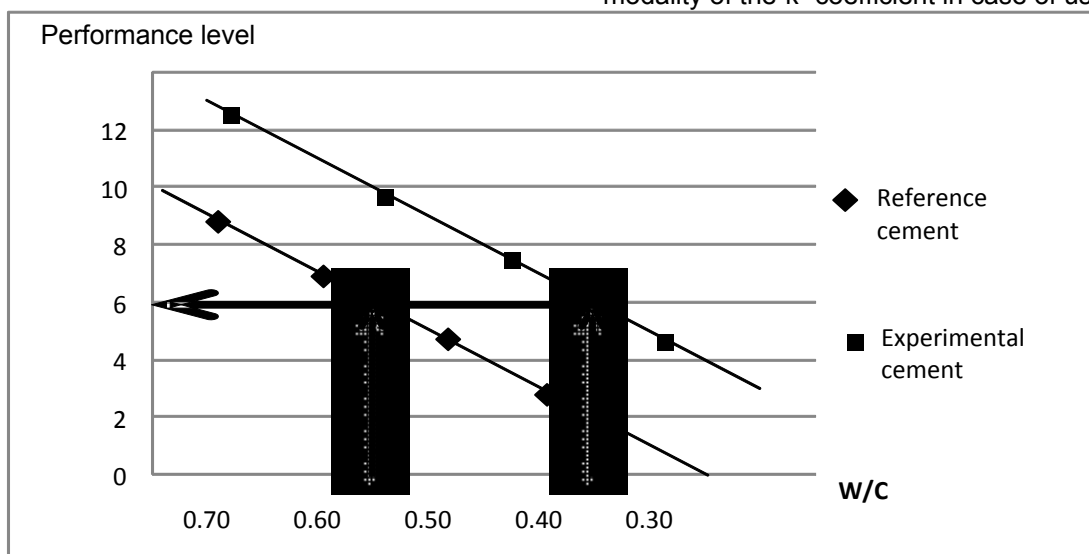


Fig. 1- Exemplu de determinare a raportului A/C maxim / Example to determine the W/C maximum ratio.

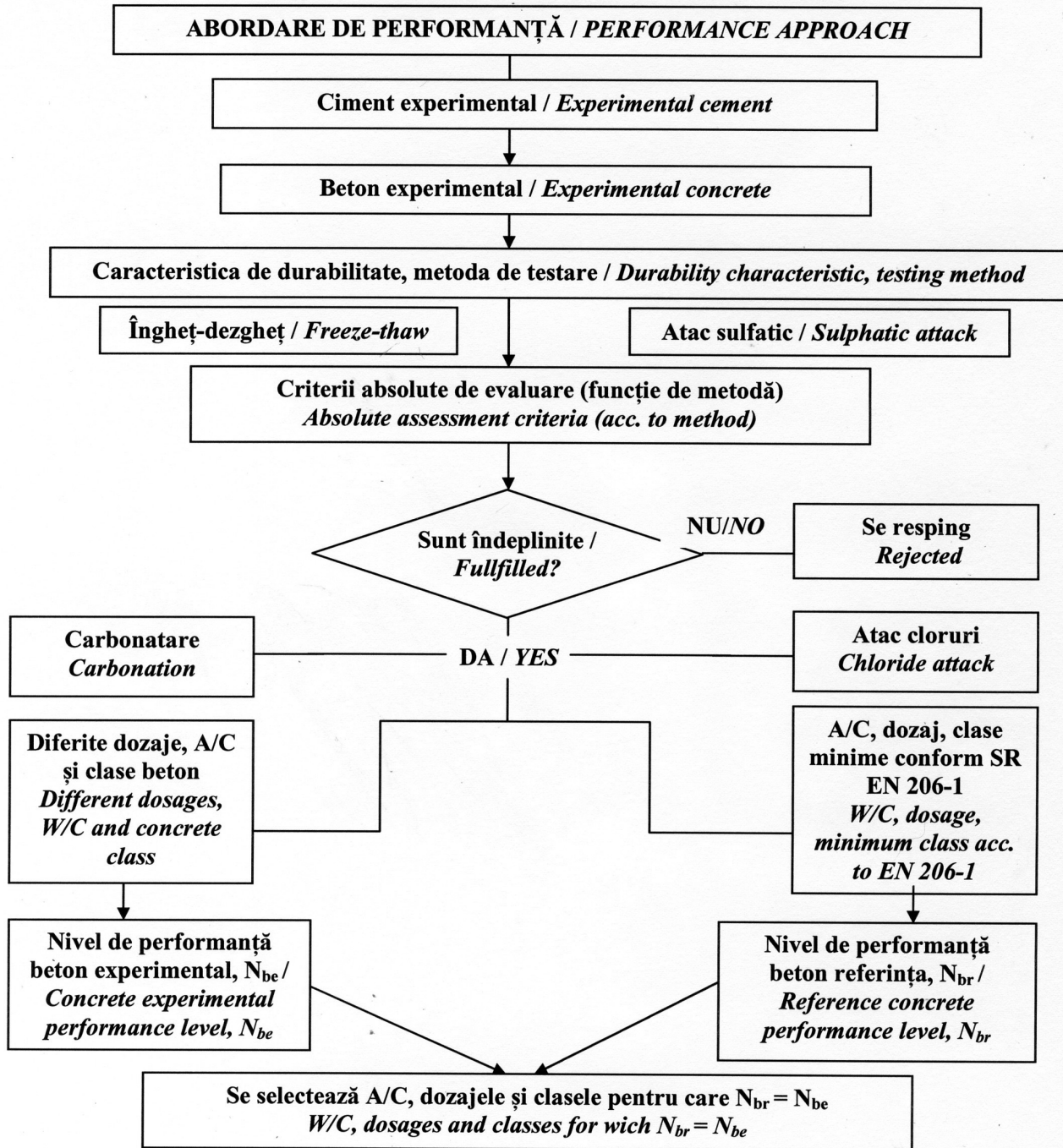


Fig. 2 - Aplicarea metodei propuse de autori / Application of the method suggested by the authors.

mentale desfășurate la UTCB [6]. Adaosurile influențează, în multe feluri, caracteristicile betonului proaspăt și întărit, prima caracteristică care trebuie luată în considerare fiind rezistența la compresiune a betonului la 28 de zile. În betoanele care au în compoziție adaosuri, raportul A/C este înlocuit cu raportul $A / (c + k \cdot a)$, unde "k" este coeficientul de echivalență iar "a" reprezintă adaosul din beton. Factorul "k" indică de fapt contribuția adaosurilor din betoane pentru obținerea unei rezistențe echivalente cu cea a unui beton fără adaosuri.

additions [5], based on the results of experimental researches performed at UTCB [6]. The additions influence, in many ways, the characteristics of fresh and hardened concrete, and the first characteristic considered being the concrete's compressive strength at 28 days. In concretes having in the composition additions, the ratio W/C is replaced by the ratio $W / (c + k \cdot a)$, where "k" is the equivalence coefficient and "a" represents the addition in the concrete. The "k" coefficient actually indicates the contribution of additions from concrete to obtain a resistance equivalent to that of a concrete without additions.

3.1. Rezultatele cercetărilor experimentale

Cercetările experimentale au constatat în determinarea rezistențelor la compresiune, la diferite termene, a unor betoane preparate numai cu ciment de tip CEM I 42,5R și respectiv cu betoane cu CEM I 42,5R și adaosuri de zgură.

Betoanele au fost preparate pentru diferite dozaje de ciment și respectiv ciment și adaosuri de zgură de 10% și respectiv 37%, aditiv superplastifiant (dozaj 1% din cantitatea de liant).

În tabelele 1, 2 și 3 se prezintă compozițiile de beton utilizate. Menționăm că pentru cele trei categorii de amestecuri s-au utilizat cantități egale de liant L (ciment, ciment plus 10% zgură și ciment plus 37% zgură).

3.1. The results of experimental researches

The experimental researches consisted in the determination of compressive strength, at different terms, of certain concretes prepared solely with cement type CEM I 42.5R and respectively concretes with CEM I 42.5R and slag additions.

The concretes were prepared for different dosages of cement and respectively slag additions of 10% and respectively 37%, superplasticizer (dosage 1% of binder quantity).

In Tables 1-3 are presented the used concrete compositions. We mention that for the three categories of admixtures, equal quantities of binder (B) were used, B (cement, cement plus 10% slag and cement plus 37% slag).

Tabelul 1

Compozițiile betoanelor preparate cu CEM I 42,5R
Compositions of concretes prepared with CEM I 42.5R

CEM (kg/m ³)	Apă / Water (l)	Aditiv / Additif (l)	Agregate / Aggregates (kg)	Sorturi de agregate / Sorts of aggregates (kg)		
				0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm
270	170.83	2.55	1893.43	757.37	378.69	757.37
300	159.33	2.83	1854.97	741.99	370.99	741.99
340	154.33	3.21	1801.10	720.44	360.22	720.44
370	158.33	3.49	1779.94	711.98	355.99	711.98
430	166.67	4.06	1704.35	681.74	340.87	681.74

Tabelul 2

Compozițiile betoanelor preparate cu CEM I 42,5R și 10% zgură
Compositions of concretes prepared with CEM I 42.5R and 10% slag

CEM (kg/m ³)	Zgura / Slag (kg/m ³)	Apă / Water (l)	Aditiv / Additif (l)	Agregate / Aggregates (kg) (*)
243	27	160.00	2.55	1893.43
270	30	156.00	2.83	1854.97
306	34	143.33	3.21	1801.10
333	37	152.50	3.49	1779.94
387	43	153.33	4.06	1704.35

Tabelul 3

Compozițiile betoanelor preparate cu CEM I 42,5R și 37% zgură
Compositions of concretes prepared with CEM I 42.5R and 37% slag

CEM (kg/m ³)	Zgura / Slag (kg/m ³)	Apă / Water (l)	Aditiv / Additif (l)	Agregate / Aggregates (kg) (*)
170.10	99.90	156.67	2.55	1893.43
189.00	111.00	146.00	2.83	1854.97
214.20	125.80	141.67	3.21	1801.10
233.10	136.90	150.00	3.49	1779.94
270.90	159.10	147.67	4.06	1704.35

Notă/Note (*): Structura compozițională a sorturilor de agregate a rămas aceeași ca și în Tabelul 1/ The compositional structure of the aggregate sorts remains the same like in Table no. 1.

Rezultatele obținute pentru caracteristicile betoanelor proaspete sunt prezentate în tabelele 4, 5 și 6. / The results obtained for the characteristics of fresh concretes are presented in tables 4, 5 and 6.

Tabelul 4

Caracteristicile betoanelor proaspete preparate cu CEM I 42,5R / Characteristics of fresh concretes prepared with CEM I 42.5R

CEM (kg/m ³)	A / L W / B	Tasare / Slump (mm)	Densitate / Density (kg/m ³)
270	0.64	150	2379
300	0.54	150	2405
340	0.46	150	2439
370	0.44	150	2400
430	0.40	150	2433

Tabelul 5

Caracteristicile betoanelor proaspete preparate cu CEM I 42,5R și 10% zgură
Characteristics of fresh concretes prepared with CEM I 42.5R and 10% slag

CEM (kg/m ³)	Zgură / Slag (kg/m ³)	A / L W / B	Tasare / Slump (mm)	Densitate / Density (kg/m ³)	Observații / Observations
243	27	0.60	110	2398	Beton necoeziv / Non cohesive concrete
270	30	0.53	135	2424	
306	34	0.43	125	2446	
333	37	0.42	145	2414	
387	43	0.37	105	2418	

Tabelul 6

Caracteristicile betoanelor proaspete preparate cu CEM I 42,5R și 37% zgură
Characteristics of fresh concretes prepared with CEM I 42.5R and 37% slag

CEM (kg/m ³)	Zgura / Slag (kg/m ³)	A / L W / B	Tasare / Slump (mm)	Densitate / Density (kg/m ³)	Observații / Observations
170.10	99.90	0.59	120	2424	Beton necoeziv / Non cohesive concrete (separare apă / water bleeding)
189.00	111.00	0.50	150	2420	
214.20	125.80	0.43	145	2445	Beton necoeziv / Non cohesive concrete
233.10	136.90	0.41	150	2421	-
270.90	159.10	0.35	145	2443	

În figurile 3-5 se prezintă diagramele rezistenței la compresiune la 2, 7 și 28 de zile în funcție de raportul apă/liant (A/L) / In figures 3-5 are presented the compressive strength diagrams at 2, 7 and 28 days, depending on the relation water / binder (W/B) ratio.

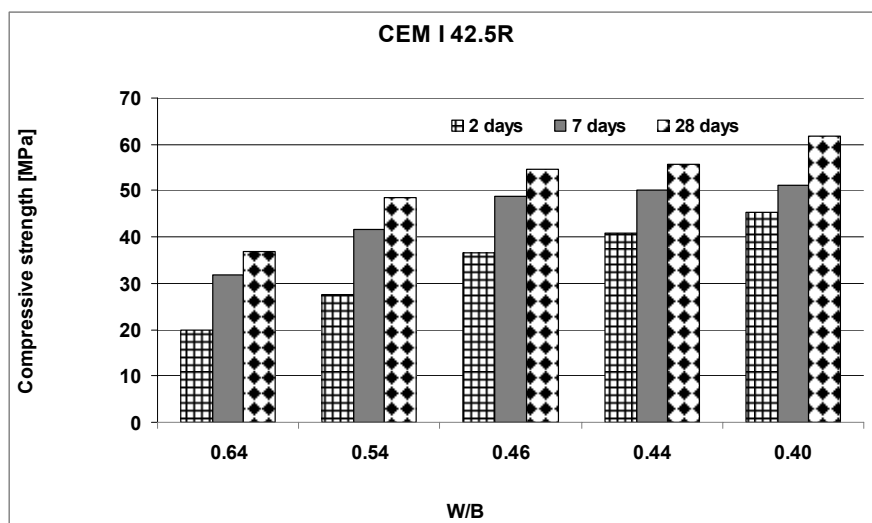


Fig. 3 – Rezistența la compresiune a betoanelor preparate cu CEM I 42,5R / Concrete compressive strength prepared with CEM I 42.5R.

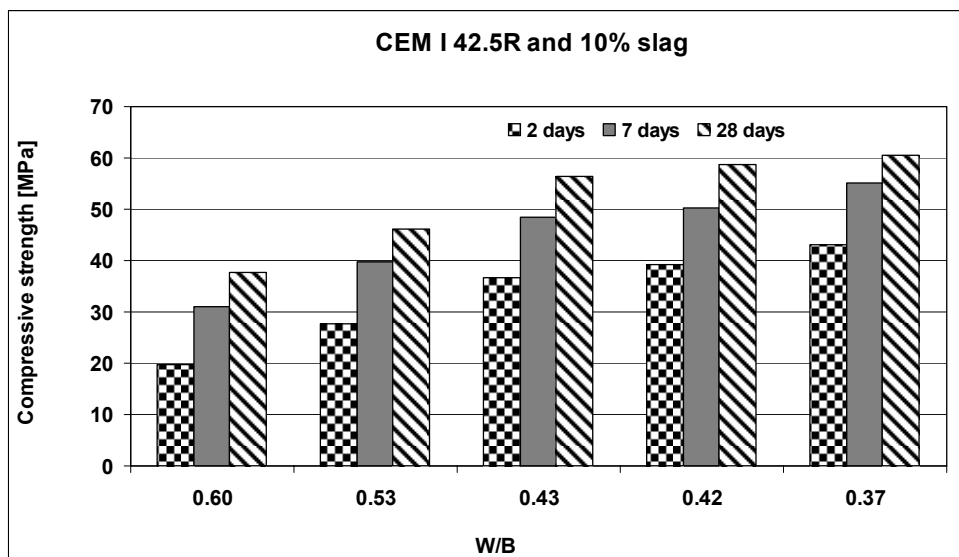


Fig. 4 – Rezistența la compresiune a betoanelor preparate cu CEM I 42,5R și 10% zgură / Concrete compressive strength prepared with CEM I 42.5R and 10% slag.

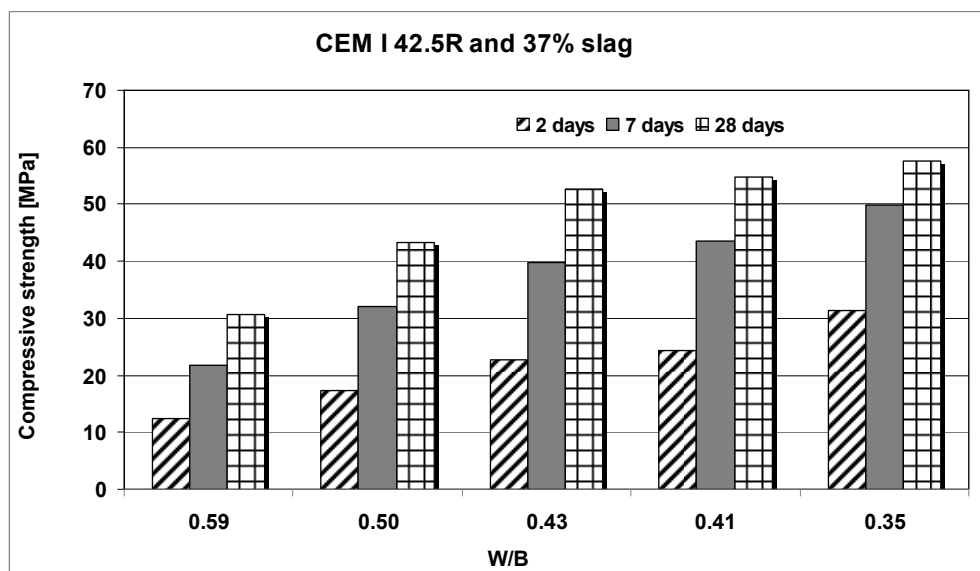


Fig. 5 – Rezistența la compresiune a betoanelor preparate cu CEM I 42,5R și 37% zgură / Concrete compressive strength prepared with CEM I 42.5R and 37% slag.

3.2. Determinarea coeficientului de echivalență “k”

Determinarea valorii coeficientului “k” se bazează pe compararea performanțelor unui beton de referință preparat cu un ciment **A** cu un beton în care o parte din cimentul **A** a fost înlocuit cu un adaos, în funcție de raportul A/C și de cantitatea de adaos.

Modalitatea de determinare a coeficientului de echivalență “k” pornește în conformitate cu [2] de la următoarea relație:

$$\omega_o = w_a / (C_a + k \cdot a) \quad (1)$$

unde:

ω_o = raportul apă/ciment al betonului de referință fără adaosuri

w_a = cantitatea de apă a betonului cu adaosuri (kg/m^3)

3.2. Determination of equivalence coefficient “k”

The determination of the “k” coefficient’s value is based on comparing the performances of a reference concrete prepared with cement **A**, with a concrete in which part of the cement **A** has been replaced with an addition, depending on the W/C ratio and the quantity added.

The modality to determine the equivalence coefficient “k” begins in accordance with [2] from the following relation :

$$\omega_o = w_a / (C_a + k \cdot a) \quad (1)$$

where :

ω_o = water/ cement ratio of the reference concrete without additions

w_a = water quantity from the concrete with additions (kg/m^3)

c_a = cantitatea de ciment a betonului cu adaosuri (kg/m³)

a = cantitatea de adaosuri (kg/m³)

În cazul în care acești parametri au fost determinați pentru o aceeași rezistență la compresiune, coeficientul "k" poate fi calculat cu formula:

$$k = (w_a/\omega_0 - c_a) / a \quad (2)$$

sau normalizând cu cantitatea de ciment c_a din betonul cu adaosuri:

$$k = (\omega_a/\omega_0 - 1) / (a/c_a) \quad (3)$$

unde $\omega_a = w_a/c_a$ este raportul apă/ciment al betonului cu adaosuri.

Principiul de calcul se bazează pe relația care există între raportul A/C și rezistența betonului. Se preferă ca determinările să se efectueze pe mai multe compoziții de beton, deoarece aceasta sporește precizia metodei. În general se preferă o relație liniară care să descrie dependența dintre raportul A/C și rezistența la compresiune a betonului.

$$\begin{aligned} \text{Rezistența la compresiune} &= \\ &= a - b \cdot \text{apă/ciment} \end{aligned}$$

a, b – coeficienți

sau

$$f_0 = A_0 - B_0 \omega_0 \quad (4)$$

pentru betonul de referință

$$f_a = A_a - B_a (w/c+a) \quad (5)$$

pentru betonul cu adaosuri cu raportul a/c

Pe baza rezultatelor cercetărilor experimentale se determină valorile coeficienților A_0, A_a, B_0, B_a pentru diferite rapoarte între ciment și adaosuri c/a.

În cadrul cercetărilor efectuate pentru această lucrare au fost utilizate rapoartele:

- a/c = 0,11 cu 10% zgură
- a/c = 0,587 cu 37% zgură.

După determinarea valorii coeficienților se efectuează egalitatea relațiilor:

$$f_0 \text{ (referință)} = f_a \text{ (adaos)} \quad (6)$$

$$f_0 = f_a \Rightarrow A_0 - B_0 \omega_0 = A_a - B_a \cdot w / (c+a)$$

$$\omega_0 = w / (c+k \cdot a) \Rightarrow w = \omega_0 (c+k \cdot a)$$

$$\Rightarrow A_0 - B_0 \omega_0 = A_a - B_a \omega_0 (c+k \cdot a) / (c+a)$$

sau

$$A_0 - B_0 \omega_0 = A_a - B_a \omega_0 (1+k \cdot a/c) / (1+a/c)$$

Astfel, se poate determina valoarea coeficientului k, care nu va avea o valoare unică ci va fi în funcție de raportul apă/ciment al betonului de referință. Se va utiliza relația:

$$k = \frac{(A_a - A_0)(1+a/c)}{B_a \cdot a/c} \cdot \frac{1}{\omega_0} + \left[\frac{B_0(1+a/c)}{B_a} - 1 \right] \cdot \frac{1}{a/c} \quad (7)$$

notații utilizate:

c_a = quantity of cement in the concrete with additions (kg/m³)

a = quantity of additions (kg/m³)

In case these parameters were determined for the same resistance, the "k" coefficient can be calculated with the formula:

$$k = (w_a/\omega_0 - c_a) / a \quad (2)$$

or normalizing with the quantity of cement c_a from the concrete without additions .

$$k = (\omega_a/\omega_0 - 1) / (a/c_a) \quad (3)$$

where $\omega_a = w_a/c_a$ is the water/cement ratio of concrete with additions.

The calculation principle is based on the relation existing between W/C ratio and concrete's strength. It is preferred for the determination to be performed on several concrete compositions, because it increases the method's precision. In general, it is preferred a linear relation describing the dependency between W/C ratio and the concrete's compressive strength.

$$\begin{aligned} \text{Compression strength} &= a - b \cdot \text{water/cement} \\ a, b &\text{ – coefficients} \end{aligned}$$

or

$$f_0 = A_0 - B_0 \omega_0 \quad (4)$$

for reference concrete

$$f_a = A_a - B_a (w/c+a) \quad (5)$$

for concrete with additions, w/c ratio

Based on the results from experimental researches are determined the values of coefficients A_0, A_a, B_0, B_a for different ratios between cement and additions c/a.

During the researches performed for this work, the following ratios were employed:

- a/c = 0.11 with 10% slag
- a/c = 0.587 with 37% slag

After determining the coefficients' values, the relations' equality is performed :

ω_0 – raportul apă/ciment al betonului de referință fără adaosuri;

ω_a - raportul apă/ciment al betonului cu adaosuri,

$$\omega_a = w_a/c_a$$

w_a – cantitatea de apă a betonului cu adaosuri (kg/m^3)

c_a - cantitatea de ciment în betoanele cu adaosuri (kg/m^3)

a - cantitatea de adaosuri (kg/m^3)

f_a, f_0 - rezistențele la compresiune ale betonului (MPa)

A_0, A_a, B_0, B_a – coeficienți ai relației liniare între rapoartele A/C și rezistența la compresiune a betonului pentru betonul de referință și betonul cu adaosuri.

used notations :

ω_0 – water/cement ratio of the reference concrete without additions

ω_a - water/cement ratio of the concrete with additions, $\omega_a = w_a/c_a$

w_a – water quantity from the concrete with additions (kg/m^3)

c_a - quantity of cement in the concrete with additions (kg/m^3)

a – quantity of additions (kg/m^3)

f_a, f_0 – concrete compression strength (MPa)

A_0, A_a, B_0, B_a – coefficients of the linear relation between the ratios W/C and compressive strength of the concrete, for reference concrete and concrete with additions.

Termenii ecuațiilor liniare, definiți prin metoda celor mai mici pătrate, care descriu relația care se stabilește între rezistența la compresiune și raportul A/L, pentru fiecare amestec, sunt prezentați în tabelul 7 /

The terms of linear equations, established using regression analysis, which describes the relations between compressive strength and W/B ratio, for every composition, are presented in the Table no. 7.

Tabelul 7

Termenii ecuațiilor care descriu valorile rezistenței la compresiune (Y) funcție de raportul A/L (x)
Equation terms describing the dependence between compressive strength values (Y) and W/B (x).

Amestec / Composition	Ecuație / Equation	R ²
CEM I 42,5R	$Y = -98.92.x + 100.6$	0.987
CEM I 42.5R + 10% zgură /slag	$Y = -100.8.x + 99.28$	0.976
CEM I 42.5R + 37% zgură /slag	$Y = -120.3.x + 102.6$	0.971

Ecuațiile stabilite, prezentate în tabelul 7, au fost utilizate pentru determinarea coeficienților A_0, B_0 pentru betonul de referință și respectiv A_a și B_a pentru cele două tipuri de betoane având proporții diferite de adaosuri.

S-au obținut următoarele rezultate:

$$f_0 = 100,6 - 98,92 \omega_0$$

$$f_a = 99,28 - 100,8 w/(c+a) \text{ (10\% zgură)}$$

$$f_a = 102,6 - 120,3 w/(c+a) \text{ (37\% zgură)}$$

Aplicând relația (7) se obține, pentru betonul cu adaos de 10% zgură, relația:

$$k = -0,132 / \omega_0 + 0,812 \quad (8)$$

iar pentru betonul cu adaos de 37% zgură:

$$k = 0,0473 / \omega_0 + 0,524 \quad (9)$$

Aplicând relațiile (8) și (9) pentru diferite rapoarte apă/ciment $\omega_0 = 0,45; 0,5; 0,60, 0,65$, pentru ambele procente de adaosuri s-a obținut o valoare minimă acoperitoare a coeficientului k de 0,5, valorile variind între 0,52 și 0,62.

4. Concluzii

Prezentul articol a prezentat două concepte moderne de asigurare a performanțelor betonului care sunt propuse în proiectul de revizuire a normei europene prEN 206, și anume aplicarea conceptului de performanță echivalentă a

The established equations, presented in Table no.7, were used to determine the coefficients A_0, B_0 for reference concrete and respectively A_a and B_a for the two types of concretes with different portions of additions .

The following results were obtained :

$$f_0 = 100.6 - 98.92 \omega_0$$

$$f_a = 99.28 - 100.8 w/(c+a) \text{ (10\% slag)}$$

$$f_a = 102.6 - 120.3 w/(c+a) \text{ (37\% slag)}$$

Applying the relation (7) we obtain for the concrete with 10% slag addition, the relation:

$$k = -0.132 / \omega_0 + 0.812 \quad (8)$$

and for concrete with 37% slag addition:

$$k = 0.0473 / \omega_0 + 0.524 \quad (9)$$

Applying the relations (8) and (9) for different water/ cement ratios $\omega_0 = 0.45; 0.5; 0.60; 0.65$, for both addition percentages was obtained a minimum value covering the k coefficient of 0.5, the values varying between 0.52 and 0.62.

4. Conclusions

This article briefly presented two modern concepts to ensure concrete performances, which are proposed in the project to review the European norm EN 206, namely, the application of equivalent performance concept of concrete and the theoretical base to experimentally determine

betonului și baza teoretică pentru determinarea experimentală a coeficientului „k”.

Autorii propun o aplicare originală a conceptului de performanță echivalentă a betonului, metoda propusă de autori putând fi aplicată în două etape și având avantajul că face o legătură directă între clasele de expunere conform EN 206 și compoziția betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi.

Cercetările experimentale desfășurate la Universitatea Tehnică de Construcții București, având ca bază teoretică conceptul de determinare a coeficientului de echivalență „k” dezvoltat în documente europene au condus la calcularea valorii acestui coeficient în cazul utilizării adaosului de zgură.

REFERENCES

- xxx, prEN 206-1 - Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity.
- xxx, CEN/TC 104/SC1 N717, Use of k-value concept, equivalent of concrete performance concept and equivalent, 2011.
- T. Seba, R. Gavrilesu, and D. Georgescu - Equivalent performance concept of the concrete – Scientific Buletin UTCB, Bucharest, 2012, (2), 252.
- xxx, UTCB - MDRT - Establishing the concrete parameters, depending on the application requirements, using harmonized European standards. Methods based on tests - Pre-normative research, 2011(in Romanian).
- xxx, EN 15167-1: 2006 - Title: ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - part 1: definitions, specifications and conformity criteria;
- D.P. Georgescu, Experimental research on the use of granulated blast furnace slag as addition in concrete. Experimental determination of the k coefficient value. Part 1. Romanian Journal of Civil Engineering, Bucharest, 2013, (1) (in Romanian).

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS



The Concrete Institute of Australia's Biennial National Conference (Concrete 2013) Queensland, from 16 to 18 October, 2013.

The broad theme of the conference is “*Understanding Concrete*”, covering materials, research, design, construction and innovation. The conference will provide a forum for the sharing of ideas and experience through formal presentations, industry displays and informal contact between delegates.

The technical program will be of value to practicing Civil and Structural Engineers, Engineering Academics, Concrete Product Manufacturers, Civil and Building Contractors, Developers, Government Departments covering Transport, Roads, Railways and Public Works and Local Government Shires and Councils.

Contact: <http://www.concrete2013.com.au/>