

CARACTERISTICILE ȚIGLELOR DIN BETON OBȚINUTE PE BAZA UNOR MASE LIANTE COMPLEXE CHARACTERIZATION OF CONCRETE TILES IN TERMS OF COMPACTIFION

ION NEAMȚU*

Universitatea TITU MAIORESCU București, Calea Văcărești, nr.187, sector 4, București, România

Compactitatea este o caracteristică principală a țiglelor din beton. Creșterea compactității influențează pozitiv rezistențele mecanice ale țiglelor, concomitent cu reducerea permeabilității lor față de apă și mai ales se îmbunătățește comportarea în timp față de procesele de gelivitate.

Pentru obținerea unor compactități sporite ale țiglelor se utilizează:

- a) un agregat (nisip) cu caracteristici optime;*
- b) adăugarea unor pulberi ultrafine, hidraulic active, capabile să umple mai bine porii capilari și microfisurile din piatra de ciment (cenușile volante);*
- c) utilizarea unor adaosuri superplastifiante, a căror acțiune complexă conduce la sporirea lucrabilității betonului și creșterea compactității betonului.*

Rezultatele obținute arată clar că utilizarea amestecurilor în care nisipul sau cimentul sunt substituite cu cenușă de termocentrală prezintă avantaje constând în rezistențe mecanice mai bune, textură mai uniformă, comportare mai bună la gelivitate, preț de cost mai mic, și nu în ultimul rând rezolvarea unor probleme de mediu prin folosirea cenușilor rezultate ca deșeuri în urma arderii cărbunilor.

Compactness is a main feature of concrete tiles. Compactness increase influence positive mechanical resistance of tiles while reducing their permeability to water before and especially improves reaction time to gelivity processes.

To obtain greater compactness of tiles is used:

- a) an aggregate (sand) with optimal characteristics;*
- b) the addition of ultra fine powders, hydraulic active, able to better fill the capillary and crazing pores of cement stone (fly ash);*
- c) the use of added superplasticising, whose complex action lead to increased growth workability concrete and concrete compactnesses.*

The results clearly show that the use of sand or cement mixtures are substituted with ash from thermo present consisting advantages in better mechanical resistance, more uniform texture, better reaction to gelivity, lower cost price, and not least solving environmental problems by using the waste ash resulting from coal combustion.

Keywords: porosity, gelivity, compactnesses, permeability, additives

1. Introducere

Producția de țigle din beton cunoaște în prezent o importantă extindere și o diversificare a gamei coloristice.

Una dintre principalele condiții de calitate a țiglelor din beton vizează creșterea compactității acestora.

Compactitatea este una dintre caracteristicile principale ale țiglelor din beton. Creșterea compactității influențează pozitiv rezistențele mecanice ale acestor țigle, concomitent cu reducerea permeabilității lor față de apă și mai ales se îmbunătățește comportarea în timp față de procesele de gelivitate.

Principalele direcții pentru obținerea unor compactități sporite ale produselor din beton sunt următoarele:

- a. utilizarea unui agregat (nisip) cu caracteristici optime din punct de vedere al compoziției granulometrice și al compoziției mineralogice.

1. Introduction

Production of concrete tiles is currently experiencing a significant expansion and diversification in the color range. One of the main conditions for quality concrete tiles to increase their compactifion.

Compactness is one of the main characteristics of concrete tiles. Increased mechanical resistance compactifioni positive influence of these tiles, while the reduction in their permeability to water and especially improves reaction time to gelivity processes.

Key areas to obtain greater compactness of concrete products are:

- a. use an aggregate (sand) with optimal characteristics in terms of composition grading and mineralogical composition.
- b. the addition of ultra fine powders, the active hydraulic able to better fill the capillary pores of cement stone and crazing. The additions used for this purpose are well known electrofilter fly ash

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel.: +40253213044, e-mail: neamtu_utm@yahoo.com

b. adăugarea unor pulberi ultrafine, hidraulic active, capabile să umple mai bine porii capilari și microfisurile din piatra de ciment. Dintre adaosurile utilizate în acest scop sunt bine cunoscute cenușile volante de la electrofiltrele centralelor electrice. Avantajele tehnico-economice ale acestora sunt multiple: reducerea consumului de ciment și nisip, corecția compoziției granulometrice a nisipului și îmbunătățirea lucrabilității betonului, ameliorarea aspectului suprafeței betonului, creșterea impermeabilității betonului.

c. utilizarea unor adaosuri superplastifiante, a căror acțiune complexă conduce la sporirea lucrabilității betonului, reducerea necesarului de apă și creșterea compactității betonului.

2. Parte experimentală

Determinările s-au efectuat pe țigle din beton realizate în condiții industriale, în cadrul S.C. Fibrocim S.A. Tg-Jiu. S-a lucrat pe șarje de fabricație întregi, din care au fost prelevate țigle după decofrare.

Materiile prime utilizate sunt:

- ciment tip CEM 142,5R [1];
- nisip, provenit de la balastiera Telești, Gorj [2], cu următoarea curbă granulometrică (fig. 1);

from power-station. Their technical and economic advantages are many: reducing the consumption of cement and sand, sand grain size and composition correction machinability improve concrete, concrete surface to improve appearance, increased impermeability of concrete.

c. the use of added superplasticizer, whose action leads to increasing complex machinability concrete, reduction of water and increase compactifion concrete.

2. Experimental part

Determinations were made on concrete tiles made in industrial conditions, at SC FIBROCIM SA Targu-Jiu. They worked the whole production batch, which were taken after striking tiles.

The raw materials used are:

- Cement type CEM 142, 5R [1].
- Sand, derived from Telesti, Gorj [2], with the following granulometric curve (Fig. 1).
- Ash from power-station coming from Rovinari [3] with the granulometric composition according fig.2;

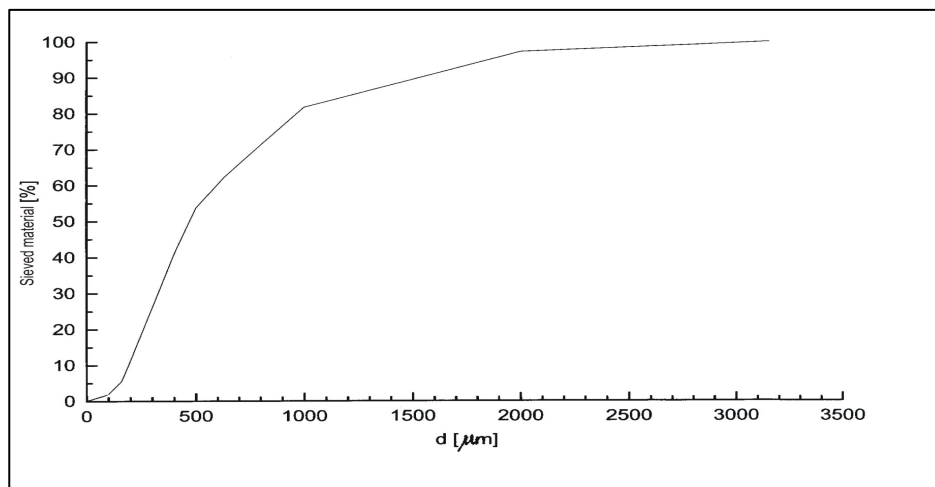


Fig. 1 - Curba granulometrică a nisipului de Telești / Curve of sand size Telești.

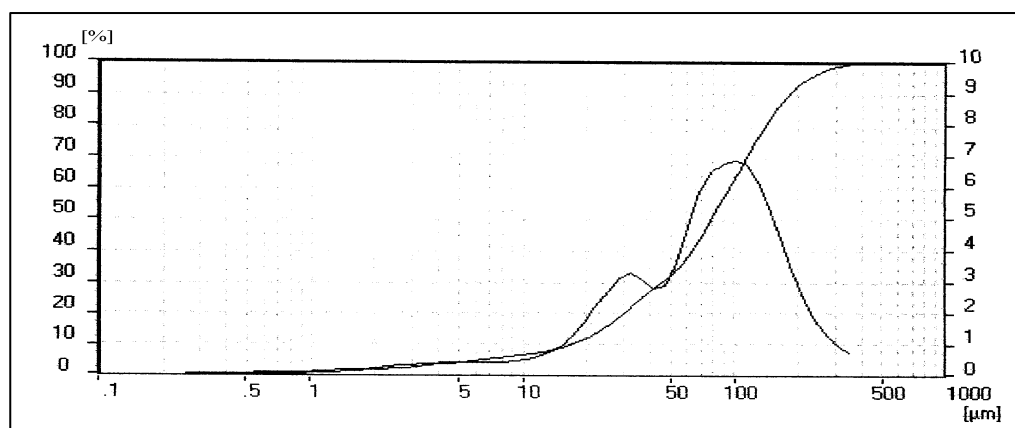


Fig. 2 - Compoziția granulometrică a cenușii de Rovinari / Ash composition size of Rovinari.

- cenușa de termocentrală provenită de la Termocentrala Rovinari [3] cu compoziția granulometrică reprezentată în figura 2;

- plastifiantul utilizat BETOPLAST STANDARD, este un aditiv plastifiant de mare putere, produs conform standardelor BS 5075 EN 934-2. Având în compoziție lignosulfonați, aditivul dispersează și coagulează particulele de ciment din beton fiind folosit pentru îmbunătățirea lucrabilității, fără adaosuri suplimentare de apă. Acest fapt conduce la îmbunătățirea aspectului țiglelor datorită faptului că nu există exces de apă care prin evaporare formează pe suprafața acestora alveole care dau produsului aspect poros. Aditivul este folosit în proporție de 1% față de cantitatea de ciment în amestecurile: R.1a, R.2a, R.3a, R.T.1a, R.T.2a, R.T.3a.

În tabelul 1 sunt prezentate masele realizate în condiții industriale.

- Plasticizer used BETOPLAST STANDARD is a high power plasticizer additive produced according to standards EN 934-2 BS 5075. As lignosulphonate composition, additive and clotting particles disperse cement concrete being used to improve machinability without additional water added. This leads to improved appearance tiles because there is excess water by evaporation on to form alveoli that give the product look porous. The additive is used at a rate of 1% of the quantity of cement mixtures: R.1a, R.2a, R.3a, RT1a, RT2a, RT3a. In Table 1 are presented in Tables made industrial conditions.

Mechanical tests were made under: - SR EN 490/1999 [4] and SR EN 491/1999[5], but gelivity behavior was also followed tiles to the SR EN 491/1999[5].

Tabelul 1

Mase realizate în condiții industriale / Binders produced under industrial conditions.

Amestecuri Mixes	Nisip / Sand [kg]	Ciment / Cement CEM I 42.5 [kg]	Apă Water [l]	Cenușă Ash [kg]	Plastifiant Plasticizer [kg]
R.0	150	55	10	-	-
R.1	142.5	55	12	7.5	-
R.2	135	55	15.5	15	-
R.3	127.5	55	18	22.5	-
R.T.1	150	52.5	11	2.75	-
R.T.2	150	49.5	11.5	5.5	-
R.T.3	142.5	46.75	11	8.25	-
R.1a	135	55	10.5	7.5	0.55
R.2a	127.5	55	15	15	0.55
R.3a	150	55	16	22.5	0.55
R.T.1a	150	52.25	9	2.75	0.522
R.T.2a	150	49.5	9	5.5	0.495
R.T.3a	150	46.75	10	8.25	0.467

Încercările mecanice s-au făcut conform : SR EN 490/1999 [4] și SR EN 491/1999 [5] , iar comportarea la gelivitate conform SR EN 491/1999 [5] .

După seria de 25 de cicluri îngheț-dezghet țiglele au fost păstrate 14 zile la temperatura camerei și apoi s-au efectuat încercările de rezistență la încovoiere.

Caracterizarea țiglelor din punct de vedere textural s-a făcut prin porozimetrie cu mercur.

3. Rezultate și interpretări

S-a urmărit caracterizarea țiglelor din beton obținute pe baza unor mase liante complexe din punct de vedere textural și corelarea caracteristicilor texturale cu rezistențele mecanice și comportarea la gelivitate [6 - 10].

În tabelul 2 sunt prezentate rezultatele încercărilor la încovoiere a țiglelor după 28 de zile și după ce au fost supuse ciclurilor de gelivitate (25 de cicluri).

Pentru caracterizarea rezistenței la încovoiere a țiglelor se poate compara valoarea individuală a forțelor de rupere a fiecărei țigle cu valoarea minimă impusă prin STAS SR EN 490/1999.

After a series of 25 freeze-thaw cycles clay were kept 14 days at room temperature and then attempts were made resistant to bending.

Characterization of tiles textural point of view was made by porosity mercury.

3. Results and interpretations

It was watched the characterization of concrete tiles based upon complex binder mass in terms of texture and correlation characteristics of textures with mechanical resistances and reaction to gelivity [6 - 10].

In Table 2 are the results of bending tests of the tiles after 28 days after undergoing gelivity cycles (25 cycles).

To characterize the resistance to bending of the tiles can compare the value of individual forces to break each tile with the minimum imposed by STAS DIN EN 490/1999. Profile and size of tiles taken, the minimum required standards is 2 KN after 20 days of curing.

Porozimetric test results obtained with mixtures of tiles R.0, R.1, R.1a, R.2, R. 3 are shown in Figures 3 - 7.

Tabelul 2

Amestecuri Mixes	Rezultatele încercărilor la încovoiere / Flexural test results							
	Forța de rupere după 28 zile Breaking force after 28 days [KN]				Forța de rupere a probelor supuse testului de gelivitate Tear strength of the samples under gelivity test [KN]			
	Fi			Fm	Fig			Fmg
R.0	2.8	3.2	3.0	3.0	2.4	2.5	2.8	2.6
R.1	3.0	3.4	3.1	3.1	3.2	3.4	3.7	3.4
R.1a	3.5	3.2	3.6	3.4	3.6	3.3	3.7	3.5
R.2	3.0	2.6	2.8	2.8	3.4	3.6	3.6	3.5
R.2a	2.9	3.0	3.2	3.0	3.6	3.5	3.7	3.6
R.3	3.0	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1	3.3	3.2
R.3a	2.6	2.9	2.7	2.7	3.3	3.6	3.8	3.6
R.T.1	3.0	2.9	3.2	3.0	3.3	2.9	3.3	3.2
R.T.1a	3.4	3.5	3.7	3.5	3.8	3.9	4.6	4.1
R.T.2	2.8	2.9	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.0
R.T.2a	3.7	3.7	3.4	3.6	3.6	3.8	3.9	3.8
R.T.3	3.5	3.1	3.2	3.2	2.9	3.2	3.1	3.1
R.T.3a	3.0	3.3	3.2	3.1	3.2	3.4	3.4	3.3

Pentru profilul și dimensiunea țiglelor prelevate, valoarea minimă impusă de standarde este de 2 KN după 20 de zile de la întărire.

Rezultatele analizelor porozimetrice ale țiglelor obținute cu amestecurile R.0, R.1, R.1a, R.2, R.3 sunt prezentate în figurile 3 - 7.

Analiza rezultatelor prezentate privind rezistențele mecanice ale țiglelor din beton, realizate cu diferite amestecuri, comportarea la gelivitate și corelarea acestora cu analizele porozimetrice, permit următoarele observații:

- Substituția parțială a nisipului cu cenușă de termocentrală în proporție de 5%(R.1), 10%(R.2), 15%(R.3) influențează pozitiv rezistențele mecanice

Analysis of the results presented on the mechanical resistance of concrete tiles, made with different mixtures, reaction to gelivity and their correlation with porosity analysis allow the following observations:

- Partial substitution of sand with ash from thermal plants at a rate of 5% (R.1), 10% (R.2), 15% (R.3) positively affects the mechanical resistance of tiles. There is however an increased amount of water to achieve consistency allowing normal shaping tiles.

- Use plasticizers allows reduction of water and mechanical resistance after 28 days are positively influenced.

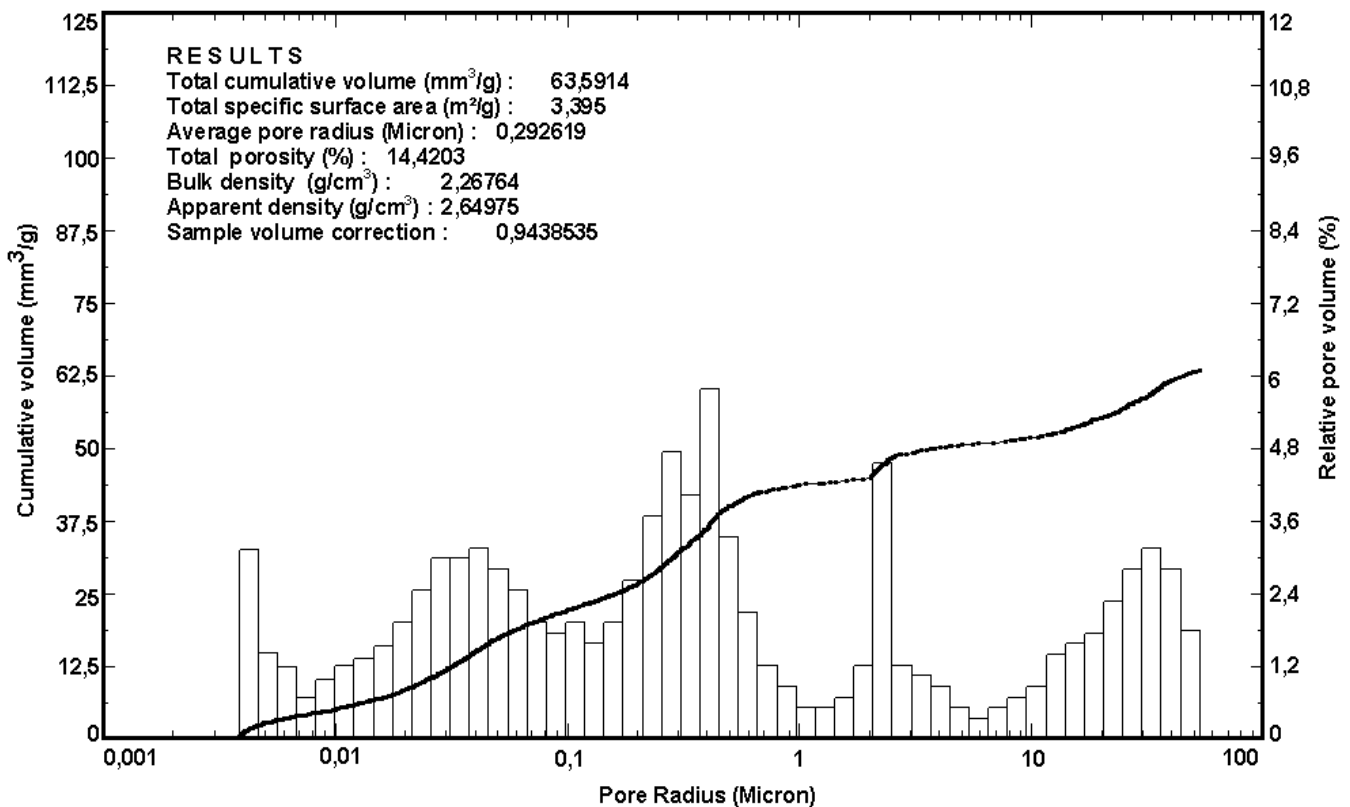


Fig. 3 - Analiza porozimetrică a țiglelor realizate cu amestecul R.0 / Porosity Analysis of tiles made with the recipe R.0.

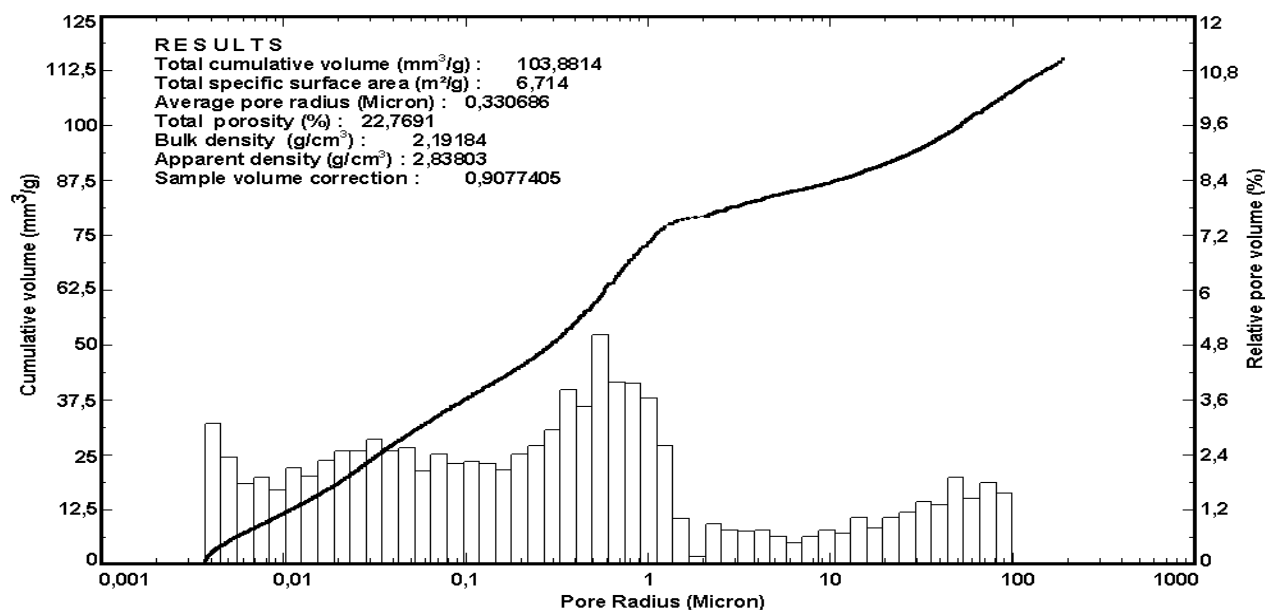


Fig. 4 - Analiza porozimetrică a țiglelor realizate cu rețeta R.1 / Porosity Analysis of tiles made with the recipe R.1.

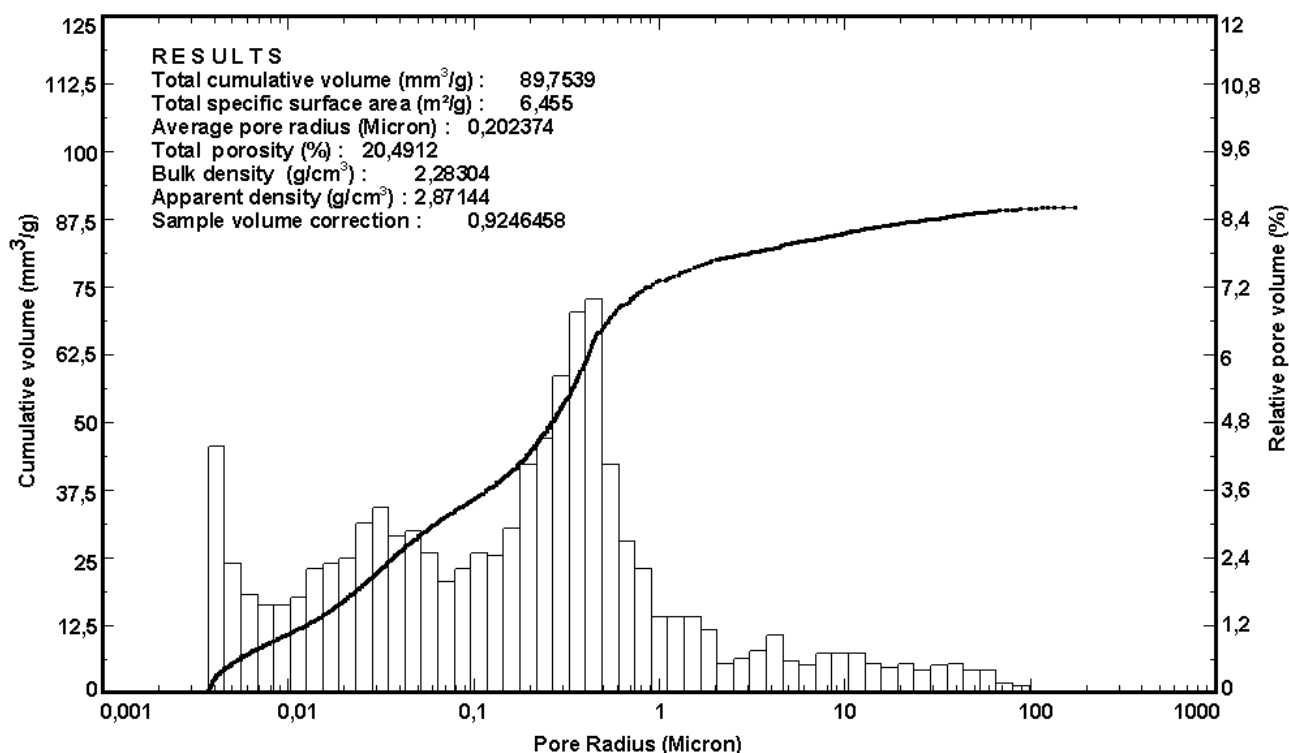


Fig. 5 - Analiza porozimetrică a țiglelor realizate cu rețeta R.1a / Porosity Analysis of tiles made with the recipe R.1a.

ale țiglelor. Se constată însă o creștere a cantității de apă pentru obținerea consistenței care să permită fasonarea normală a țiglelor.

- Utilizarea plastifiantului permite reducerea necesarului de apă, iar rezistențele mecanice după 28 de zile sunt influențate pozitiv.

- Porozitatea țiglelor în amestecuri (R.1, R.2, R.3) reflectă foarte bine variația rezistențelor mecanice. Rezistențele cele mai ridicate corespund amestecului R.1 unde porozitatea este cu aproximativ 37% mai mică decât în amestecul R.0.

- Porosity tiles in mixtures (R.1, R.2, R.3) reflects very well the change in mechanical resistance. Highest resistances corresponding mixture R.1 where porosity is about 37% lower than in the mixture R.0.

- Increase the proportion of ash in 10% (R.2) and 15% (R.3) lead to tiles in May less compact than 5% (R.1), but more compact than the standard mixture (R.0). Porosity are 14.4% for R.1, 16% for R.2, R.3 and 21.9% to 27.7% for R.0.

- Use plasticizers while reducing water to mix with 5% ash (R.1a) until the mixture almost

• Creșterea proporției de cenușă la 10%(R.2) și 15%(R.3) conduce la țigle mai puțin compacte decât cele cu 5%(R.1), dar mai compacte decât cele cu amestecul standard(R.0). Porozitățile sunt: 14,4% pentru R.1, 16% pentru R.2, 21,9% pentru R.3 și 27,7% pentru R.0.

R.0 (without ash), however the surface area and porosity of R.1a tiles are closer to mix R.0, but dimensional distribution of pores of different essential R.1a R .0, downward large pores (over 10μm) in the mixture R.1a.

The positive effect of partial substitution of sand with ash from thermal plants can be ex-

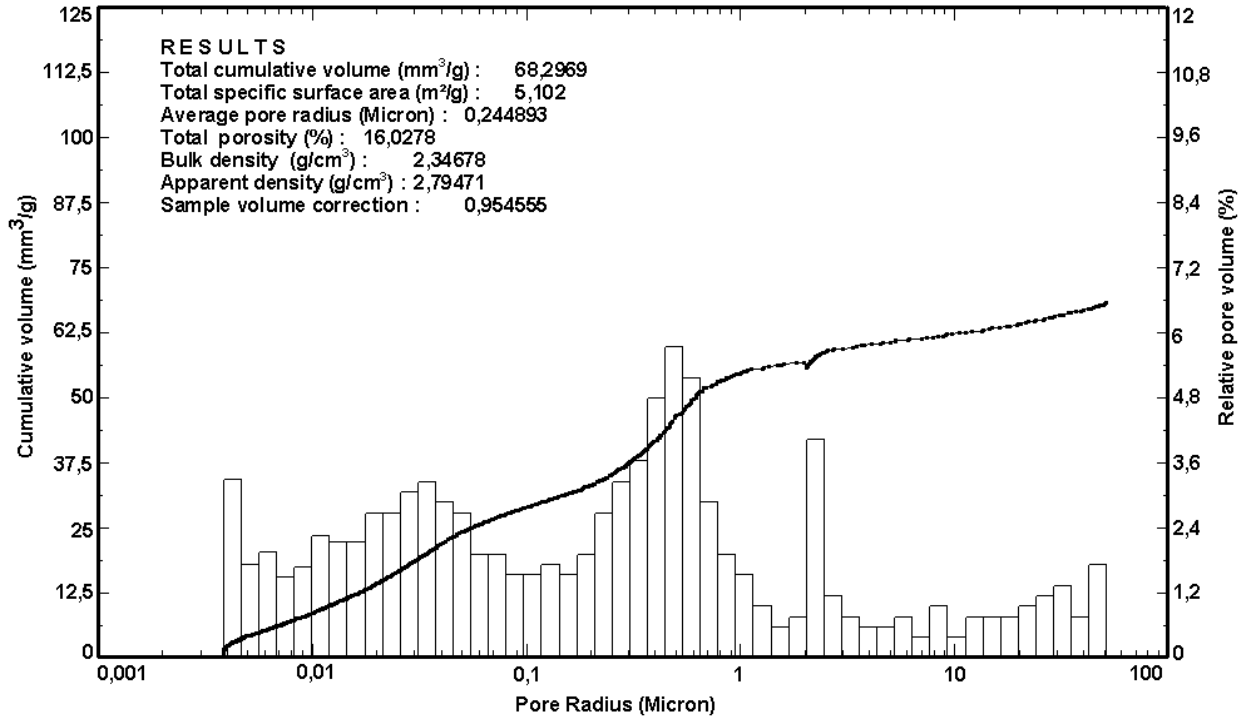


Fig. 6 - Analiza porozimetrică a țiglelor realizate cu rețeta R.2. / Porosity Analysis of tiles made with the recipe R.2.

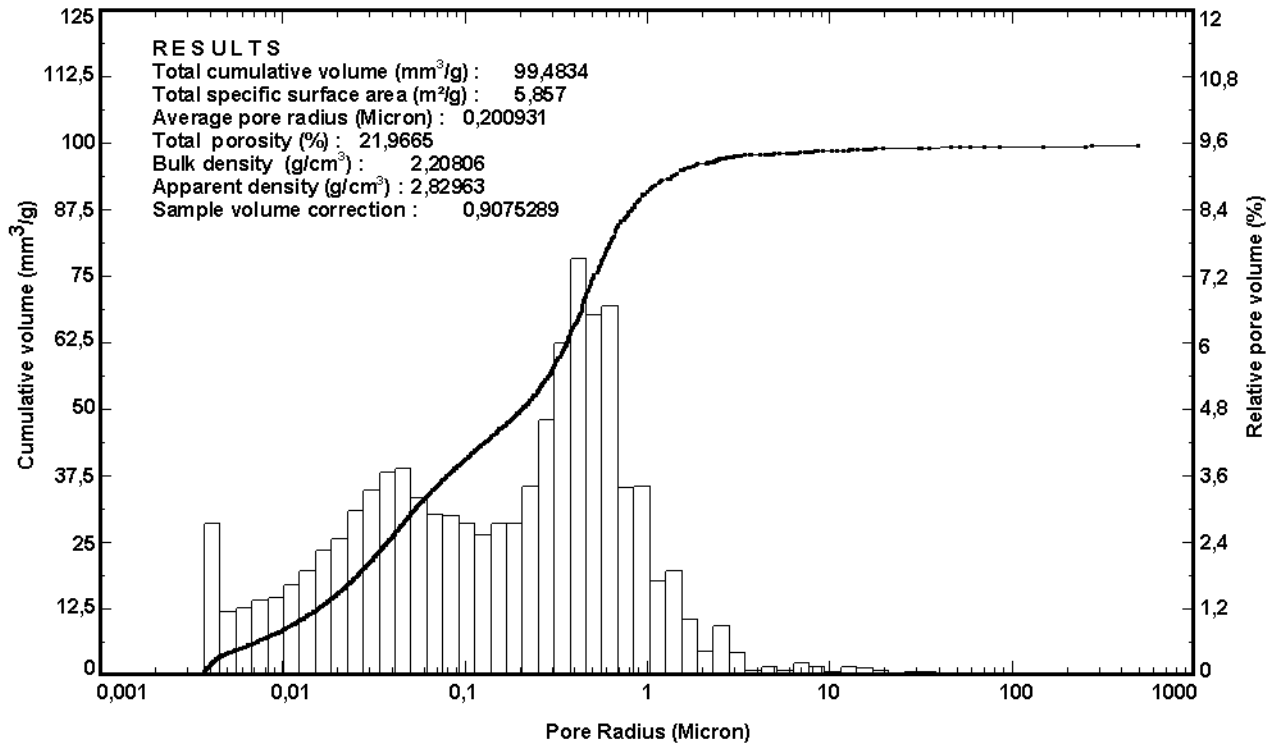


Fig. 7 - Analiza porozimetrică a țiglelor realizate cu rețeta R.3. / Porosity Analysis of tiles made with the recipe R.3.

• Utilizarea plastifiantului deși reduce necesarul de apă pentru amestecul cu 5% cenușă

plained by improving the spectrum of aggregate size and achieve better compactness. Partial

(R.1a) până aproape de amestecul R.0 (fără cenușă), totuși suprafața specifică și porozitatea țiglelor din R.1a sunt mai apropiate de amestecul R.0, dar distribuția dimensională a porilor din R.1a diferă esențial de R.0, în sensul scăderii porilor mari (peste 10 μ m) în amestecul R.1a.

Efectul pozitiv al substituției parțiale a nisipului cu cenușă de termocentrală se poate explica prin îmbunătățirea spectrului granulometric al agregatului și obținerea unei compactități mai bune.

Substituția parțială a cimentului cu cenușă de termocentrală în proporție de 5%, 10%, 15% (R.1, R.2, R.3) conduce la rezistențe mecanice foarte bune.

Efectul pozitiv se datorează activității puzzolanice a cenușii și presupune un optim privind raportul între Ca(OH)₂ eliberat la hidratarea cimentului și silicea reactivă din cenușă.

Adaosul de plastifiant din R.T.1a, R.T.2a, R.T.3a, se regăsește în reducerea necesarului de apă și are un efect pozitiv asupra rezistențelor mecanice.

Efectul pozitiv asupra rezistențelor mecanice după 28 de zile, manifestat de plastifiant poate fi asociat prin reducerea necesarului de apă și în mod implicit reducerea porilor mari rezultați la evacuarea excesului de apă.

Rezultatele prezentate în tabelul 2 privind comportarea la îngheț-dezgheț arată că toate țiglele corespund condițiilor de calitate, iar forța de încovoiere la care rezistă este mai mare de 2 KN, forța cea mai mică fiind de 2,6 KN în cazul amestecului R.0.

Țiglele obținute prin amestecul de referință R.0 suferă o scădere a rezistențelor mecanice (forțelor de rupere) după ce au fost supuse ciclurilor de îngheț-dezgheț, de la 3 KN la 2,6 KN, iar țiglele obținute pe baza amestecului cu cenușă de termocentrală nu evidențiază scăderi ale rezistențelor, din contră unele reflectă creșteri ale rezistențelor mecanice cum este cazul amestecului R.1 de la 3,1 KN la 3,4 KN, R.2 de la 3,2 KN la 3,5 KN.

Comportarea mai bună la gelivitate a țiglelor cu conținut de cenușă reflectă o compactitate mai ridicată a acestora și mai ales prezența porilor mai mici și mai uniform distribuiți. Se observă că țiglele obținute pe baza amestecurilor R.1, R.2a, R.3a se comportă foarte bine la gelivitate.

Valorile mai ridicate ale rezistențelor mecanice ale țiglelor cu conținut de cenușă, după ce au fost supuse ciclurilor de îngheț-dezgheț, se pot explica prin efectul timpului mai lung care a permis avansarea procesului de hidratare a cimentului și a proceselor care stau la baza activității puzzolanice a cenușii de termocentrală.

substitution of cement with ash power-station the rate of 5%, 10%, 15% (R.1, R.2, R.3) results in good mechanical resistance.

The positive effect is due to ash and puzzolan activity involves a optimum ratio of Ca (OH)₂ released from hydration of cement and reactive silica in the ash.

RT1a addition of the plasticizer, RT2a, RT3a, is reflected in the reduction of water and has a positive effect on mechanical resistance. The positive effect on the mechanical resistance after 28 days, showed the plasticizer may be associated with reduction of water and by default reduce large pores resulting from the discharge of excess water.

The results presented in Table 2 on the reaction to freeze-thaw shows that all the tiles meet the quality requirements and that resist bending force is greater than 2 KN force the smallest being 2.6 KN in the case mix R.0 .

Mixture de tiles obtained by reference R.0 suffer a loss of mechanical resistance (breaking forces) after undergoing freeze-thaw cycles, from 3KN to 2.6 KN and tiles derived from the mixture of ash from thermal plants not show decreases in resistance, on the contrary some reflect increases mechanical resistance as if R.1 mixture from 3.1KN to 3.4 KN , R.2 from 3.2KN to 3.5 KN.

Better behavior on the tiles with gelivity ash content reflects their higher compactness and especially the presence of pores smaller and more uniformly distributed. It is noted that tiles obtained using mixtures R.1, R.2a, R.3a behaves very well gelivity.

Values higher mechanical resistance of the tiles with ash content after undergoing freeze-thaw cycles, can be explained by the effect of longer has assisted the process of hydration of cement and underlying business processes puzzolan ash from power-station.

4. Conclusions

- All mixtures used, including reference R.0 lead to tiles that meet the conditions of strength (2KN - 2000N).

- The results clearly show that the use of sand or cement mixtures are substituted with ash from power-station consisting advantages in better mechanical resistance, more uniform texture, reaction to gelivity better, lower cost price, and not least addressing environmental problems by using the waste ash resulting from coal combustion.

- Characterization of tiles by porosity mercury showed a more compact and uniform texture for tiles containing ash from power-station and allows explanation of a reaction to gelivity, significantly improved compared with tiles made with mixture de reference R.0.

4. Concluzii

▪ Toate amestecurile utilizate, inclusiv cea de referință R.0 conduc la țigle ce îndeplinesc condițiile de rezistență mecanică (2KN - 2000N).

▪ Rezultatele obținute arată clar că utilizarea amestecurilor în care nisipul sau cimentul sunt substituite cu cenușă de termocentrală prezintă avantaje constând în rezistențe mecanice mai bune, textura mai uniformă, comportare mai bună la gelivitate, preț de cost mai mic, și nu în ultimul rând rezolvarea unor probleme de mediu prin folosirea cenușilor rezultate ca deșeuri în urma arderii cărbunilor.

▪ Caracterizarea țiglelor prin porozimetrie cu mercur a evidențiat o textură mai compactă și uniformă în cazul țiglelor cu conținut de cenușă de termocentrală și permite explicarea unei comportări la gelivitate, net mai bună în raport cu țiglele obținute cu amestecul de referință R.0.

REFERENCES

1. x x x, SR EN 197-1/2002
2. I. Lazău, I.Neamțu, N.Rujenescu, and D. Becherescu, Chemical Bulletin of "Politehnica" University of Timișoara, 2000, **45** (59), nr.2, p. 261.
3. I.Neamțu, N.Rujenescu, I.Lazău, and D. Becherescu, 8th International Conference UNIVERSITY 'S DAY of "Constantin Brâncuși", Tg. Jiu, May, 2002, 24-26, p. 100.
4. x x x - SR EN 490/1999 – Tiles and concrete accessories. Conditions for products.
5. x x x - SR EN 491/1999 – Tiles and concrete accessories. Testing methods.
6. I.Neamțu, I.Lazău, D. Becherescu, N.Rujenescu, and E.Cicoare, Chemical Bulletin "Politehnica" Timișoara University, Chemistry and Environmental Engineering Series, 2004, **49** (63),1-2, 111.
7. I.Neamțu, D. Becherescu, I.Lazău, and G.Voicu, Revista de Chimie, 2006, **57** (4), 403.
8. I.Neamțu, I. Lazău, D. Becherescu, and G. Voicu, Timișoara Academic Days – Oxide Materials Science and Engineering Symposium, Timișoara, 26 – 27 May, 2005.
9. M. Bărbuță, M. Harja, and D. Babor, Concrete polymer with fly ash. Morphologic analysis based on scanning electron microscopic observations, Romanian Journal of Materials, 2010, **40** (1), 3.
10. M. Georgescu, C. Știrbu, and A. Puri, Concretes containing nonconventional aggregates, Romanian Journal of Materials, 2009, **39** (3), 246.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS

18th European Conference on Fracture Fracture of Materials and Structures from Micro to Macro Scale August 30 – September 03, 2010 – Dresden, Germany

The Eighteenth European Conference on Fracture, ECF18, belongs to the well-established series of Biennial International Conferences held under the auspices of the European Structural Integrity Society, ESIS (formerly the European Group on Fracture EGF), since 1976. ECF18 is also designated as an ICF Interquadrennial Conference of The International Congress on Fracture (ICF: see www.ICF12.com).

In 2010 ECF18 will be organised by DVM Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. on behalf of the German National Group on Fracture in Dresden. The objective of the conference is to provide a world wide platform for scientific and technological communication, discussion and activities for all those interested in the broad range of structural integrity, fracture mechanics and fatigue. The conference topics will focus on all important fundamental aspects and practical applications concerning strength, integrity, durability and reliability of engineering materials, components and structures.

Special emphasis will be given to a multi-scale understanding of fracture and fatigue, starting from the nano-scale of atomistic structures up to the macro-scale of engineering components. Such an integrated approach requires collaboration between physicists, materials scientists and engineers. The conference aims to bring together researchers from various engineering disciplines as mechanical engineering, civil engineering, power plant engineering, automotive and transportation, aerospace, geotechnique, microelectronics, bioengineering and other branches, all faced with failure phenomena and their prevention, in order to exchange their experiences and to gain a more comprehensive understanding.

There are invited both researchers and practitioners in this field from academic, industrial and government organizations. Especially young scientists are encouraged to attend the conference. The conference will comprise invited Honour & Plenary lectures by outstanding international scientists and contributed oral presentations and a forum for robust discussions at the cutting-edge of our discipline.

Contact: Deutscher Verband Für Materialforschung und-Prüfung e.V. (DVM) Unter den Eichen 87 12205 Berlin, Allemande, Germany Tel: +49 (0)30811 30 66 Fax: +49 (0)30 811 93 59, <http://www.ecf18.de/>
