

APLICAREA BETONULUI AUTOCOMPACTANT CU CENUȘĂ DE TERMOCENTRALĂ

*A. Bradu, drd. ing., N. Cazacu, drd. ing.
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași,*

INTRODUCERE

Betonul autocompactant a fost inventat de către profesorul japonez H. Okamura în 1986. Excluderea procesului de vibrație la punerea în operă a betonului sporește calitatea elementelor, însă costul de producere este mai ridicat datorită sensibilității acestuia față de materiile prime utilizate. Acest fapt este condiționat de necesarul unei cantități mai mari de parte fină, alegerea agregatelor cu o rigurozitate sporită, utilizarea unei cantități mai mari de aditivi.

Pentru micșorarea cheltuielilor de producere și menținerea caracteristicilor fizico-mecanice corespunzătoare, o soluție utilizată în practica curentă este substituirea unei cantități de ciment cu subproduse industriale. Datorită proprietăților sale chimice, cenușa de termocentrală reacționează cu produșii de hidratare pentru a forma compuși ai cimentului, procesul de hidratare decurge mai lent, ceea ce reduce căldura degajată de hidratarea cimentului.

1. SPECIFICUL BETONULUI AUTOCOMPACTANT

Caracteristicile betonului autocompactant în stare proaspătă reprezintă o inovație în industria betonului, având drept scop eliminarea unui șir de defecte produse în timpul unei vibrații necorespunzătoare.

Materialele componente ale betonului autocompactant sunt similare betonului tradițional vibrat, proporțiile acestora în compoziția amestecului diferă.

Recomandările prezentate de către Okamura și Otawa pentru proporțiile componentelor BAC:

- Conținutul de agregat grosier trebuie să fie de 50% din volumul total al solidelor.

- Volumul agregatului fin trebuie să fie de 40% din volumul mortarului.

- Raportul apă/pulbere variază în limitele 0.9...1, în dependență de caracteristicile pulberilor utilizate.

- Cantitatea de superplastifiant și raportul final de apă/pulbere trebuie să fie stabilite corespunzător, pentru a asigura autocompactarea.

Exigențele atașate materialelor componente ale BAC sunt mai riguroase. Acest fapt este condiționat de menținerea fluidității, asigurarea condițiilor impuse de "*Ghidul European pentru betonul autocompactant*": curgerea betonului, capacitatea de umplere a formelor, abilitatea de trecere printre aglomerația de armături și sectoare înguste, păstrarea omogenității betonului în timpul manipulării acestuia.

Pentru reducerea cheltuielilor de producere și asigurarea completivității pe piața materialelor de construcție, este admisă substituirea unei cantități de ciment cu adaosuri minerale care reprezintă reziduuri industriale. Unul din cele mai utilizate adaosuri minerale este cenușa de termocentrală.

Producția de energie a României, bazată pe centrale termoelectrice, atinge cota de 50%, iar „*producția*” anuală de zgură și cenușă la termocentralele pe cărbune este de circa 10 milioane tone, deșeu care în proporție de 95% se depozitează.

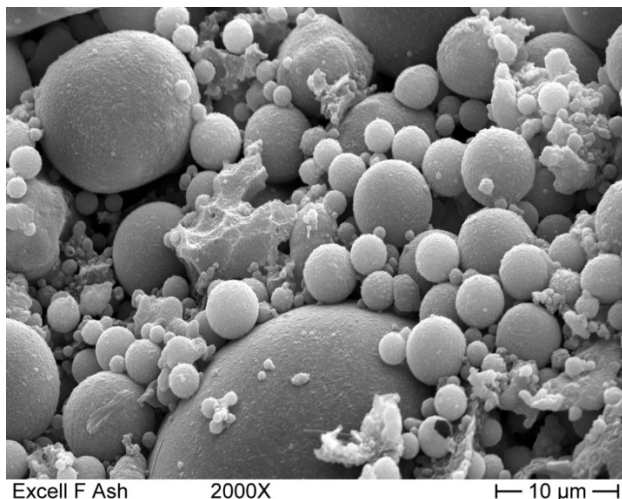
Lucrarea poate conține o introducere de maxim 20 de rânduri în care se prezintă aspecte generale privind fondul problematicei tratate.

2. CARACTERISTICILE CENUȘEI DE TERMOCENTRALĂ

Cenușa de termocentrală este un reziduu mineral, foarte fin provenit de la arderea cărbunelui în termocentrale. Principalii săi componenți sunt: bioxidul de siliciu, oxidul de aluminiu și oxidul de fier. Compoziția chimică variază în dependență natura cărbunelui, procesul din cuptor, gradul de separare a particulelor din sistemul de evacuare. Din aceste motive, prognozarea unor valori cantitative a componenților săi este destul de dificil.

Compoziția chimică este alcătuită din: SiO₂ (20-60%), Fe₂O₃ (4-20%), Al₂O₃ (5-35%), CaO (1-30%), pierderi la calcinare (0-5%), de asemenea poate conține MgO, SO₃, KO₂, Na₂O.

Cenușa de termocentrală posedă proprietăților puzzolanice, reacționează cu hidroxidul de calciu și alcalinele pentru a forma compuși pe bază de ciment. Procesul de hidratare decurge lent, căldura degajată în timpul hidratării este mai mică decât a cimentului,



Figură 1. Cenușă zburătoare.

cea ce constituie un avantaj pentru betonările masive.

Particulele sale de forma sferică sunt dure și compacte. Dimensiunile lor variază între 0,1μm -10 μm. Culoarea diferă de la gri până la brun, în dependență de conținutul de cărbune

Avantajele utilizării cenușii în amestecul de beton sunt:

- reducerea necesarului de apă (~15 %);
- creșterea coeziunii amestecului;
- reținerea începutului prizei;
- reducerea căldurii de hidratare.
- reducerea costului BAC

2. UTILIZAREA BETONULUI AUTOCOMPACTANT CU CENUȘĂ DE TERMOCENTRALĂ PE PLAN MONDIAL

Betonul a fost folosit încă din perioada civilizațiilor antice. În urma mai multor studii s-a demonstrat că pentru solidarizarea blocurilor imense de piatră ale piramidelor egiptene s-a utilizat un liant cu o compoziție asemănătoare betonului.

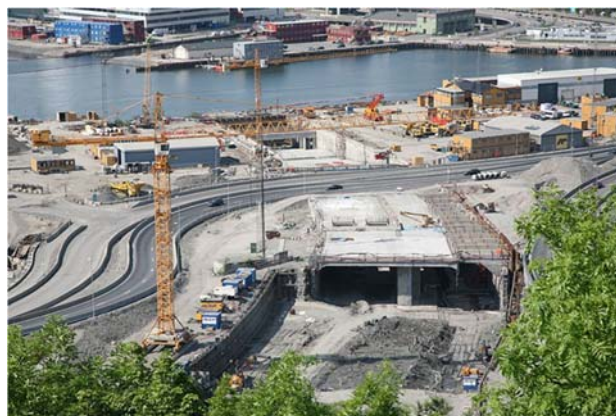
Metodele de preparare a materialelor de construcții din piatră, argilă, nisip și apă au fost preluate de greci și apoi de romani, care au adus propriile contribuții, adăugând cenușa vulcanică din regiunea Pozzuoli (provincia Napoli), pentru a conferi o rezistență mai mare betonului.

Cenușa de termocentrală conține aceiași compuși amorfi de dioxid de siliciu ca și cenușa vulcanică, fapt care contribuie la îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice ale betonului.

Substituirea cimentului cu cenușă zburătoare contribuie la reducerea emisiilor de CO₂, utilizarea reziduurilor industriale și protecția mediului ambiant.

2.1. Tunelul cufundat din Oslo, Norvegia

Tunelul cufundat este alcătuit din 6 elemente prefabricate cu lungimea de 112,5m, lățime de 28, în locurile destinate opririlor de urgență lățimea tunelului atinge 43m și înălțimea de aproximativ 10m. Secțiunea transversală este alcătuită din 2 deschideri, fiecare alcătuită din 3 benzi de circulație. Lungimea totală a tunelului este de 1100m, dintre care 675m sunt sub nivelul mării.



Figură 2. Tunelul Bjørvica din Oslo, Norvegia.

Partea superioară a tunelului se află la o adâncime de 8-11m de la suprafața apei, ceea ce nu împiedică traversarea obișnuită a apei de către navele maritime. Grosimea pereților variază de la 0,5m la 1m.

Caracteristicile betonului autocompactant utilizat:

- ciment CEM II B/V –cu rezistență inițială mare, destinat pentru exploatare în medii umede;
- cenușă de termocentrală - 30% ;
- silicea ultrafină de 4-8%;
- raportul de apă/ciment ≤0,45;
- densitatea ~2450 kg/m³.

Zilnic, tunelul Bjørvica este traversat de peste 100 000 de vehicule.

2.2. Muzeul Maxxi din Roma, Italia

Principalele obiective atinse la realizarea muzeului Maxxi au fost: executarea pereților cu lungimea de 60m și înălțime de 20m, cu formă sinusoidală și fără rost de contracție, asigurarea lucrabilității betonului la temperaturi înalte, până la 35°C, menținerea fluidității betonului, curgerea amestecului prin aglomerația de armături și umplerea formelor cofrajelor, rezistența la segregare în timpul betonării pereților înalți ai muzeului.

Caracteristicile betonului autocompactant utilizat:

- ciment CEM II/A-L 42.5R

- cenușă de termocentrală 25%;
- amestec special de CaO – SRA (aditiv de micșorare a contracției)
- raportul de apă/ciment ~0,48



Figură 3. Muzeul Maxxi din Roma, Italia

La punerea în operă, betonul a fost pompat prin conducte cu o presiune de până la 150 kPa, iar după decofrare, suprafața elementelor a rămas atât de netedă, încât mulți îi atribuie un aspect mătășos.

2.3. Turnul Burj Khalifa din Dubai, EAU

Fundația turnului este de tip radier general pe piloți. În total sunt 194 de piloți din beton, fiecare având diametrul de 1,5 m și o lungime de 43m.



Figură 4. Turnul Burj Khalifa din Dubai, EAU.

Caracteristicile betonului autocompactant utilizat la executarea piloților:

- Clasa C60;
- Ciment CEM II/A-M;
- 25% cenușă de termocentrală;
- 7% silice ultrafină;
- aditivilor inhibitori de coroziune;
- raportul apă/ciment - 0.32.

Răspândirea din tasare 675 ± 75 mm.

Caracteristicile betonului autocompactant utilizat la executarea radierului:

- Clasa C50
- Ciment CEM II/A-M
- 40% cenușă zburătoare
- raportul apă/ciment - 0.34

Lucrările de betonare au fost o adevărată provocare datorită variației mari de temperatură: de la o iarnă rece la o vară foarte fierbinte. În dependența de regim termin în care a avut loc punerea în operă a betonului, compoziția lui varia datorită adaosurilor: acceleratori sau întârziatori de priză. Una din cele mai dificile sarcini a fost alegerea betonului pentru perioada caldă a anului, când temperatură aerului ajungea la 50°C. Pentru edificarea suprastructurii au fost utilizate două clase de beton. Până la cota 440m, în compoziția BAC au fost introduse cenușă zburătoare în volum de 13%, silice ultrafină în proporție de 10%, dimensiunea maxime a agregatului grosier de 20mm.

CONCLUZII

Substituirea cimentului cu cenușă de termocentrală prezintă nu doar avantaje de ordin economic, dar de asemenea contribuie la utilizarea deșeurilor industriale și reducerea emisiilor de carbon produse la fabricarea acestui liant mineral.

Principalele avantaje ale utilizării cenușii de termocentrală în compoziția betonului sunt:

- reducerea cantității de căldură degajată la hidratarea cimentului
- reducerea necesarului de apă
- reținerea începutului prizei
- reducerea necesarului de apă, (până la 15%);
- creșterea coeziunii amestecului;
- reducerea costului betonului autocompactant.

Bibliografie

1. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification*, Mai 2005.
2. **Dinakar P., Kartik Reddy M., Sharma M.** Behaviour of self compacting concrete using Portland pozzolana cement with different levels of fly ash. *Journ. Materials and Design* 26, 2013, 609-616.
3. **Güneyisi E., Gesoglu M.** Permeation properties of self compacting concretes with mineral admixtures. *Journ. ACI Materials Journal* 2011, 150-157.
4. **Ruža Okrajnov-Bajić, Dejan Vasović.** Self-compacting concrete and its application in contemporary architectural practice. *International Review SPATIUM*. N.20, September 2009, p. 28-34.

Recomandat spre publicare: 23.10.2015.