

Titlul proiectului: MATERIALE COMPOZITE INOVATIVE, PE BAZĂ DE RESURSE MINERALE SECUNDARE, CU UTILIZARE ÎN CONSTRUCȚII SPECIALE - INCOMAT

Etapa a IV-a: Modele experimentale de realizare a compozitelor inovative - grouturi și betoane de performanță funcțională. Demonstrarea caracteristicilor ingineresti și de mediu cerute pentru aplicații în construcții speciale

REZUMAT

Scopul și obiectivele etapei a IV-a 2017, în conformitate cu activitățile din Planul de realizare, au fost realizate în întregime și sunt concretizate de rezultatele teoretice și experimentale obținute în cadrul Parteneriatului, prezentate în cele ce urmează.

1. Model experimental de realizare betoane de înaltă densitate, de tip green concrete, cu resurse minerale secundare

Materiale utilizate. *Cimentul* a fost ales dintre cimenturile uzuale, cu adaosuri, conform SR EN 197-1 considerându-se clasa de rezistență și utilizarea finală a betonului. Betoanele au fost realizate cu ciment standard CEM II/A-V 42.5N. **Agregatele** pentru realizarea betonului de înaltă densitate, cu capacitate de ecranare gamma, sunt agregate grele, preponderant cu densitatea aparentă $> 3000 \text{ kg/m}^3$, frecvent utilizate în amestec cu agregat silicios de râu sau cu agregat de concasare. Tipul, dimensiunile și categoriile sunt conforme cu SR EN 12620 și NE 012/2007 pentru agregate curente ținând seama de: caracteristicile mineralogice și petrografice, densitatea aparentă, stabilitatea la reacția alcalii-silice. S-au folosit cinci tipuri de nisip fin – denumire dată în continuare pentru agregate: nisip de râu; nisip de concasare a zgurii plumbice; nisip de concasare a deșeurilor de sticlă CRT; nisip de concasare a baritei de haldă; hematit fin măcinat și alicel de oțel.

Agregatul grosier este alcătuit din: agregat natural de balastieră; agregat greu de concasare a zgurii plumbice și baritei de haldă.

Agregate din resurse primare: *Agregatele silicioase naturale* utilizate au densitatea în domeniul $2600 - 2780 \text{ kg/m}^3$. *Hematitul* cu densitatea 4165 kg/m^3 și *alicele de oțel* cu densitatea 7300 kg/m^3 au fost materiale granulare utilizate ca agregat fin în beton, cu influență majoră asupra creșterii densității betonului.

Agregatele recuperate din resurse secundare utilizate în betonul de densitate ridicată cu capacitate de ecranare a fotonilor gamma, au fost:

Barita de haldă. Agregatul greu de barită este obținut prin recuperare din resursa secundară de gneiss baritizat depozitat în haldă. Barita de haldă este un deșeu mineral de la procesarea rocii primare prin separarea mineralului barită, cu conținut ridicat de BaSO_4 . Barita de haldă conține o proporție semnificativă de gneiss baritizat în care conținutul în BaSO_4 a fost de la 18,12 la

46,21%, iar densitatea a variat de la 2426 la 3620 kg/m³. Zgura plumbică a fost folosită atât ca nisip fin, cât și ca agregat grosier. Densitatea agregatului reciclat de zgură plumbică a fost de 3850 kg/m³. Deșeul de sticlă de la tubul cinescop (CRT) a fost utilizat ca nisip fin. Densitatea, în funcție de conținutul în Pb, a variat de la 2742 kg/m³ (2% Pb) la 3180 kg/m³ (20% Pb).

Evaluarea comportării la lixiviere a materiilor prime secundare (baritină și zgură de plumb) s-a realizat prin testul de lixiviere SR CEN/TS 14405 - Caracterizarea deșeurilor. Încercări de comportare la levigare. Încercare de percolare în curent ascendent.

Compoziții de betoane betoane de înaltă densitate, de tip green concrete, cu resurse minerale secundare

Betoanele au fost realizate cu agregate, preponderent, din resurse secundare, de aceea pot fi incluse în categoria *green concrete*. S-a stabilit compoziția pe criteriul raportului A/C minim și a compactității maxime, conform principiului de calcul adoptat, pe baza volumelor absolute, pentru beton cu compoziție prescrisă, conform CP 012/1-2007 & 6.3. *Specificația betoanelor de compoziție prescrisă.*

2. Verificarea caracterului inovativ prin testarea și demonstrarea performanțelor ingineresti și de mediu.

Betonul greu cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma este un beton cu proprietăți specificate, în conformitate cu SR EN 206 (6.2). Betonul cu capacitate de ecranare a radiației gamma este un beton greu cu densitatea peste 2600 kg/m³ cu utilizare în lucrări monolit sau elemente prefabricate de structură.

Densitatea aparentă reflectă compoziția betoanelor, în special tipul de agregat și raportul apă/ciment. Domeniul de valori obținute este de la 2830 la 3380 kg/m³.

Rezistența la compresiune la 28, 90, 180 și 360 de zile a evidențiat influența agregatului reciclat. Dozajul de ciment a fost menținut constant, de 400 kg /m³.

- Rezistența la compresiune a betoanelor grele pentru protecție la radiație gamma, la 28 zile, a variat de la 34,6 MPa la 75,6 MPa, domeniu controlat de raportul variabil A/C și tipul de agregat. Betoanele obținute au clasa de rezistență > C16/20.

- Rezistența la compresiune are o evoluție crescătoare, până la 360 de zile, pentru toate tipurile de agregat folosite.

- Betonul cu nisip fin reciclat din sticlă CRT are cea mai mare rezistență la 360 de zile, ca urmare a capacității sticlei, ca puzzolană, de formare a hidrosilicoalumiinaților alcalini care sporesc coeziunea, respectiv, creșterea rezistenței betonului.

Viteza impulsului ultrasonic (US) crește, în general, cu densitatea betonului, mai ales pe seama creșterii densității agregatului și a variației raportului apă/ciment. Betoanele de densitate ridicată obținute au valori importante ale vitezei US, în domeniul 3927...4545 m/s.

3. Model funcțional de verificare a comportării betoanelor de înaltă densitate utilizate ca barieră la difuzia radionuclizilor de interes din deșeurile radioactive.

Capacitatea de ecranare a radiației gamma. Variația debitului echivalent de doză este măsura atenuării radiației gamma în funcție de grosimea probei – plăcii de beton încercate. Dependența atenuării gamma de grosimea plăcii este descrisă de o dreaptă, cu panta diferită în funcție de tipul de beton. Debitul echivalent de doză, scade proporțional cu creșterea grosimii plăcii de beton. Determinarea dependenței debitului echivalentului de doză de grosimea stratului de material absorbant a permis calcularea coeficientului linear de atenuare pentru fiecare tip de beton folosit la turnarea plăcilor, precum și dependența acestuia de energia radiațiilor gamma (0,37MeV; 0,662MeV; 1,250MeV).

În concluzie, caracterul inovativ al cercetării aferente etapei IV, concretizat de obiectivele realizate:

1) Betoane de structură obținute au **densitatea peste 3000 kg/m³**, clase de rezistență > C16/20, cu capacitate de ecranare gamma, cu agregate din resurse minerale secundare - barită de haldă, zgură plumbică și deșeu de sticlă CRT.

2) Betonul cu agregat complex pe bază de barită, alicie de oțel și deșeu de sticlă CRT are cea mai bună capacitate de ecranare a radiației gamma, concretizată de o creștere a coeficientului de atenuare lineară, de 0,192 cm⁻¹ pentru Co-60, cu 18,2 % comparativ cu betonul cu agregat total numai de barită.

Diseminarea rezultatelor obținute

Diseminarea rezultatelor s-a realizat în mod integral prin pagina web a proiectului <http://ccvademc.utcb.ro/incomat/>

Cerere brevet de invenție cu titlul *Material compozit, pe bază de resurse minerale secundare, pentru încapsularea deșeurilor radioactive, cu conținut de tritiu.* Nr. Inregistrare OSIM - A/00329 din 30.05.2017

Articole:

1. Lidia Radu, Nastasia Saca, Maria Gheorghe, Claudiu Mazilu, Viorel Fugaru **Betoane cu capacitate de ecranare a radiațiilor gama pentru construcții speciale**, *Revista Română de Materiale*, 2017, 47(3), 183-186, *Factor de impact 0.610*
2. Saca N., Radu L., Fugaru V., Gheorghe M., Petre I., Properties of composite materials based on secondary raw materials for special applications, *Journal of Cleaner Production – Factor de impact 5.715* (în curs de evaluare)