

OBȚINEREA DE AGREGATE RECICLATE CU CARACTERISTICI SUPERIOARE, PROVENITE DIN OPERAȚIUNI DE DEMOLARE

Drd, asistent universitar Constantin Cemurtan

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În prezentul articol este prezentată informația despre volumul de moloz de construcție ce se acumulează anual în statele industriale dezvoltate din lume. Articolul conține informație privind problemele care caracterizează acest moloz rezultat din construcțiile demolate sau care se acumulează în procesul tehnologic de producere a materialelor de construcții.

Sunt descrise unele propuneri de utilizare a molozului de construcție pentru producerea materialelor de construcții.

Cuvinte cheie: agregate, demolare, reciclate, betoane, concasare, sitare, diametru, termomecanic, tratament.

Introducere

Astăzi, betonul este unul dintre cele mai folosite materiale de construcții. Aproximativ 20.000.000.000 tone de beton sunt produse anual în toată lumea. În același timp, volume mari de moloz de beton sunt generate. Prin urmare, reciclarea molozului de beton devine destul de importantă. Problema gospodăririi deșeurilor nu este legată atât de mult de calitatea lor, cât de cantitățile implicate. Producția totală de deșuri în Europa este de 850 milioane tone din care, în multe țări, un procent însemnat este încă eliminat în halde; acest procent ar trebui redus în anii următori. Agregatele nou-formate din reciclarea molozului de beton sunt agregate la a căror suprafață aderă pasta de ciment întărit. Pentru realizarea unui beton conținând acest tip de agregate, trebuie adăugat și un nou tip de ciment pentru a realiza legăturile necesare. Datorită structurii și porozității pastei de ciment existentă pe agregate, aceasta poate genera probleme în realizarea noului beton. Creșterea contracțiilor și diminuarea modului de elasticitate sunt puternic influențate de vechea pastă de ciment existentă pe agregate.

Reciclarea deșeurilor din construcții și demolări oferă oportunități importante pentru:

- reducerea necesarului de terenuri pentru haldare;
- evitarea supraconsumului de resurse de agregate naturale neregenerabile, prin introducerea de materiale alternative și suplimentare pe piața agregatelor;
- crearea de noi posibilități de afaceri prin reciclarea deșeurilor.

În resturile provenite din demolări se pot întâlni trei categorii de materiale care pot fi utilizate în betoane: sfărâmaturi de beton, bucăți de cărămidă și moloz provenit din mortare întărite.

Sfărâmăturile de beton pot fi folosite drept agregate pentru betoane proaspete. În acest scop ele se concasează până ajung la mărimea obișnuită a agregatului și la sorturile necesare pentru realizarea unui anumit tip de beton. Din concasare rezulta pe lângă sorturile necesare și praf, care în unele cazuri se poate adăuga amestecului, deoarece s-a constatat experimental că, în funcție de destinația betonului, acest adaos este benefic.

Utilizarea resturilor de beton prezintă o serie de neajunsuri, după cum urmează:

- porozitatea unui beton întărit este mai mare decât aceea a betoanelor realizate cu agregate silicioase obișnuite, amestecul de beton va cere deci, multă apă spre a ajunge la consistența plastică, fapt ce va produce o reducere a rezistențelor mecanice și o mărire a contracției la uscare;
- agregatul obținut prin concasarea betoanelor provenite din demolări este încărcat și cu costul manoperei de concasare;
- pasta de ciment întărit aderentă pe granule generează probleme datorită porozității sale, prin mărirea contracțiilor, diminuarea modului de elasticitate etc.

Sunt numeroase încercări de a elimina piatra de ciment întărit aderentă pe granule prin metode diverse. Utilizarea unui tratament termic pentru diminuarea capacității liante a pietrei de ciment, urmat de unul mecanic pentru îndepărtarea ei pare a fi o soluție rezonabilă.

Idea studiului este de a compara unele proprietăți ale agregatului reciclat din beton în urma optimizării tratamentului termo-mecanic cu cele ale agregatului original utilizat.

Fazele principale care caracterizează un proces de prelucrare a deșeurilor din construcții și demolări sunt următoarele:

- **concasarea**, menită să realizeze reducerea dimensiunilor, pentru obținerea de particule potrivite utilizării finale;
- **sitarea**, menită să separe materialul fragmentat în funcție de dimensiunea granulelor, pentru obținerea unor fracții granulometrice omogene.

Modalitățile de utilizare a agregatelor pot fi divizate, în general, în două categorii principale:

- **utilizările sub formă ne-legată**, (construcții de drumuri, terasamente, etc.) care necesită materiale groșiere;
- **utilizările sub formă legată**, în care mixtura conține un agent de legătură, cum ar fi cimentul, bitumenul sau o substanță cu proprietăți de cimentare în contact cu apa (liant, mortar, etc.).

Tabelul 1. Utilizări principale ale agregatelor reciclate.

Lucrări de inginerie civilă	Lucrări pentru drumuri și căi ferate
Realizarea de lucrări de inginerie civilă	Construcția de drumuri, căi ferate, aero-porturi, piețe, fundații lucrări civile și industriale
Realizarea de restaurări de mediu (cariere vechi), umpluturi și refaceri	Construcția stratelor de fundație pentru infrastructuri de transport
Beton cu rezistență scăzută ($R_{ck} \leq 15$ MPa)	Construcția stratelor adiționale (cu funcții anti-capilare, anti-îngheț, drenare etc.)

Agregatele reciclate, ca și agregatele naturale, nu au toate aceleași caracteristici, astfel încât, în funcție de performanțele lor specifice, ele sunt mai mult sau mai puțin potrivite pentru anumite utilizări. De aceea, este de mare importanță cunoașterea proprietăților și a comportamentului lor față de diverși factori (rezistența mecanică, expunerea la cicluri îngheț-dezghet sau la apă, etc.), mai degrabă decât cunoașterea originii lor.

Folosirea agregatelor reciclate cu caracteristici superioare, pentru producerea a noi tipuri de betoane a fost într-o mare măsură limitată până în prezentă, deși reglementări tehnice relevante sunt disponibile.

Mod de lucru

Caracterizarea agregatului utilizat pentru betonul inițial constă în determinarea densității și absorbției de apă.

A fost stabilită o rețetă pentru obținerea unui beton C20/25 cu tasarea S2 și au fost realizate 4 cuburi din beton (150x150x150 mm).

A fost utilizat un ciment tip II-B-M 42.5R, agregat de râu în sorturile 0/4,4/8,8/16 și 16/32 caracterizat prin densitate aparentă și absorbție de apă.

Pentru determinarea densităților și absorbției de apă s-au utilizat proceduri conform SR EN 1097-6: 2002 [1] și SR EN 1097-3:2002 [2]

Betoanele au fost păstrate în apă până cu o săptămână înainte de încercare la vârsta de 90 de zile la compresiune până la distrugerea completă a probelor. Resturile rezultate sunt trecute prin site cu ochiuri de 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm.

Acestea au fost sparte până când toată cantitatea de agregate reciclate va fi trecută prin sita de 32 mm.

Fracțiunile rezultate 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm și 16-32 mm au fost tratate termic la temperatura de 700 °C timp de 7 minute într-un cuptor electric[3].

Temperatura medie a suprafeței granulelor după expunerea de 7 minute la temperatura cuptorului a urcat la aproximativ 450 °C.

Tabelul 2. Compoziția betonului utilizat

Component	Dozaj kg/m ³
Ciment	300
Apa	180
Aditiv	3
Agr.0/4 mm	750
Agr.4/8 mm	375
Agr.8/16 mm	375
Agr.*16/32 mm	375

După ce agregatele au fost supuse tratamentului termic, acestea au fost introduse pe diferite perioade de timp (1 min., 2 min., 3 min., 4 min., 5 min., 10 min.) în aparatul Los Angeles (fără corpuri de măcinare).

Pe fracțiunile 2/4 mm, 4/8 mm, 8/16 și 16/32 mm tratate atât termic cât și mecanic s-au determinat absorbția de apă, densitatea aparentă și în vrac pentru a putea fi comparate cu agregatele naturale utilizate în rețeta inițială. Cu agregatele recuperate după concasare și tratament termo-mecanic s-au realizat probe de beton pentru determinarea densității și rezistenței la compresiune.

Tabelul 3. Caracteristicile agregatului original

Sort	Densitate aparentă (kg/m ³)	Absorbție de apă (%)	Densitate în vrac (kg/m ³)
2/4	2644	ND	1509
4/8	2648	0.79	1466
8/16	2656	0.70	1460
16/32	2676	0.46	1455

*ND - nedeterminata

Rezultate experimentale

Compoziția granulometrică inițială rezultată în urma încercării la compresiune a celor 4 cuburi, pentru care s-a obținut o densitate de 2360 kg/m³ și o rezistență la compresiune la 90 de zile de 33.5 N/mm², urmată de o ușoară concasare până la trecerea integrală prin sita 32.

Agregatul obținut în urma concasării este mai bogat în fracțiuni grosiere, cantitatea de fracțiuni fine fiind sensibil mai mică decât cea din agregatul original.

În urma experimentelor se observa o creștere semnificativă a cantității de pasta îndepărtată în primele 2-3 minute, randamentul procesului scăzând, în care viteza de măcinare este definită ca diferența dintre trecerile pe sitele de interes obținute în unitatea de timp, ca funcție de timpul de măcinare.

Densitatea în vrac a materialului poate constitui o modalitate practică de verificare a eficienței procesului de îndepărtare a pastei, atunci când aceasta este comparată cu valori predeterminate sau cu valoarea corespunzătoare agregatului inițial. Variația masei volumice în vrac cu timpul de măcinare arată o eficiență maximă a procesului în primele minute, dar și necesitatea continuării procesului pentru apropierea de valorile corespunzătoare agregatului inițial.

Din datele experimentale rezulta că o durată de măcinare de aproximativ 3 minute pare a fi optimă, creșterea ulterioară a trecerii pe sita inferioară sau/sitele inferioare fiind sensibil mai redusă.

Se observa că atât trecerile totale prin sita inferioară - Tt cât și trecerea prin sita 2 - T2 sunt importante pentru granulele mici pentru care zona superficială încălzită este semnificativ mai importantă ca procent din masă sau volumul lor; cantitatea de matrice liantă încălzită și în consecință slăbită ca rezistență mecanică, aderență etc. este deci semnificativ mai mare decât în cazul granulelor mari. Influența tratamentului termic este semnificativ mai importantă pentru granulele mici sort 2/4.

Densitatea în vrac a fost determinată în scopul obținerii de informații în timp real referitoare la timpul de măcinare prin comparare cu valori prestabilite.

Se observa că granulele din sorturile cu $d > 4$ mm se apropie foarte mult de densitatea agregatelor originale.

Absorbția de apă a granulelor nu arată prezența semnificativă a unei pelicule de piatră de ciment aderente la acestea chiar și după tratamentul mecanic.

Ulterior au fost realizate cuburi cu latura de 10 cm din betoane cu același tip de ciment și agregatul natural original (indicativ – O), agregat rezultat din betonul concasat (indicativ – C), agregat după tratament termo-mecanic la 700° C (indicativ – T). Pentru toate betoanele s-a folosit agregat 0-4 mm, nisip natural original și același dozaj ca în betonul original. Nu au existat deosebiri notabile între aspectul și lucrabilitatea celor trei tipuri de beton.

Se observa că densitatea betonului cu agregat provenit de beton concasat este sensibil mai mică decât a betonului original, ceea ce justifică într-o anumită măsură aplicarea tratamentului termo-mecanic.



Figura 1. Imagini cu cele 3 probe realizate cu agregat original, agregat concasat și agregat tratat termomecanic la 700°

Concluzii finale

Tratamentul termomecanic de îndepărtare a pastei de ciment aderentă la granulele de agregat este o posibilă soluție de obținere a unor agregate reciclate de calitate.

Determinările efectuate în cadrul cercetării au arătat că tratamentul termic este mai eficient asupra granulelor mici, datorită ponderii mai mari a stratului superficial încălzit în volumul granulei.

Tratamentul mecanic are un efect mai important asupra granulelor mai mari pentru care energia de impact este superioară, și a fost testat într-o mașină Los Angeles fără bile metalice pentru simularea comportamentului dintr-un cuptor rotativ.

Este de așteptat că un tratament termomecanic efectuat simultan să dea rezultate chiar mai bune datorate îndepărtării continue a stratului încălzit și deci a posibilității de încălzire mai în profunzime a granulelor.

Tratamentul termo-mecanic aplicat a fost atât de eficient încât a adus granulele de agregat practic în starea inițială, fapt pus în evidență de valorile rezistenței betonului de tip O și T.

Bibliografie

1. SR EN 1097-6: 2002 Încercări
2. SR EN 1097-3:2002 [Încercări pentru determinarea caracteristicilor mecanice și fizice ale agregatelor. Partea 3: Metode pentru determinarea masei volumice în vrac și a porozității intergranulare](#)
3. Yuwu Sui, Anette Mueller, Development of thermo-mechanical treatment for recycling of used concrete, Materials and Structures, DOI 10.1617/s11527-012-9852-z