

Możliwości wykorzystania kruszywa odzyskanego z mieszanki betonowej za pomocą pakietu domieszek chemicznych

Dr inż. Maciej Gruszczyński Politechnika Krakowska, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce

1. Wprowadzenie

We wszystkich profesjonalnie działających wytwórniach betonu towarowego standardem jest instalacja do recyklingu resztek mieszanki betonowej metodą wypłukiwania (rys. 1).



Rys. 1. Typowa instalacja do recyklingu poprodukcyjnych pozostałości mieszanki betonowej

Podyktowane jest to troską o środowisko naturalne i wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju. Niestety ten tradycyjny system recyklingu, polegający na odzyskaniu kruszywa z mieszanki betonowej metodą wypłukiwania ma istotne ograniczenia, z których najważniejsze to:

- brak możliwości stosowania do produkcji wody odzyskanej z mieszanki, która modyfikowana jest domieszką napowietrzającą ze względu na ryzyko niekontrolowanego napowietżenia nowo produkowanego betonu – istotny problem dla WBT produkujących duże ilości betonów mrozoodpornych;
- znaczące zwiększenie ilości frakcji 0/2 mm w stosie okruszonym odzyskanego kruszywa, co utrudnia jego wykorzystanie do produkcji betonów wysokiej wytrzymałości i trwałości (w świetle wymagań normy

PN-EN 206:2014, pkt. 5.2.3.3 wymagane jest rozdzielanie takiego kruszywa na frakcje przed wykorzystaniem go do produkcji, jeżeli stosuje się je w ilości ponad 5% ogólnej masy kruszywa);

- możliwość recyklingu mieszanki betonowej tylko w obrębie WBT wyposażonej w instalację recyklingu, co jest istotnym problemem w przypadku dalekiego transportu mieszanki, przestojów betonowozów na budowie, czy też ich awarii.

Powyższych niedogodności pozbawiona jest metoda utylizacji niewykorzystanej mieszanki betonowej z wykorzystaniem pakietu domieszek chemicznych, opartych na bazie sorbentów wilgoci. W zrealizowanym programie badawczym wykorzystano pakiet specjalistycznych domieszek RE-CON ZERO. Zaproponowana metoda recyklingu mieszanki betonowej ma tę zaletę, że do jej stosowania nie jest wymagana specjalna instalacja – utylizacja mieszanki następuje wewnątrz bębna betonowozu, jak również może być prowadzona w dowolnym miejscu, niekoniecznie w obrębie WBT. Nadto przedmiotowa technologia z wykorzystaniem domieszki ma ten walor, że w wyniku jej zastosowania nie pozostają jakiegokolwiek odpady (np. w postaci szlamu), a cały materiał może zostać wykorzystany do nowej produkcji betonu.



Rys. 2. Dozowanie preparatu do mieszalnika betonowozu



Rys. 3. Wygląd granulatu powstałego po utylizacji mieszanki: a) bezpośrednio po rozładunku, b) po 24 godzinach dojrzewania

Tabela 1. Receptury przedmiotowych mieszanek betonowych

Składnik [kg/m ³]	0% RE-CON	10% RE-CON	25% RE-CON	50% RE-CON
Cement CEM I 42,5 N	280	280	280	280
Popiół lotny	50	50	50	50
Piasek 0/2	680	659	604	512
Żwir 2/8	401	329	238	110
Żwir 8/16	750	659	531	293
Granulat	0	182	454	908
Woda	165	165	165	165
Mapefluid N100	2,3	2,3	2,3	2,3

2. Charakterystyka zastosowanej technologii

Podstawowym elementem zestawu do recyklingu mieszanki betonowej jest pakiet proszkowych domieszek. W skład pojedynczego pakietu, który służy do utylizacji 1 m³ betonu, wchodzi 0,5 kg komponentu A i 6 kg komponentu B. Utylizacja niewykorzystanych resztek mieszanki betonowej polega na dozowaniu bezpośrednio do mieszalnika betonowozu odpowiedniej ilości, najpierw komponentu A, po czym komponentu B (rys. 2) i ich rozmieszaniu, utrzymując średnie obroty mieszalnika każdorazowo przez co najmniej 4 minuty.

Po procesie mieszania mieszanka betonowa przekształca się w granulat, który należy rozsypać na utwardzonej powierzchni i po 24 godzinach dojrzewania (rys. 3) można już ponownie wykorzystać do produkcji betonu.

Jak wykazały przeprowadzone próby, praktyczny zestaw przedmiotowych domieszek może być wykorzystany do recyklingu wszelkiego typu mieszanek betonowych, przy czym ich konsystencja powinna być co najwyżej klasy S4 (opad stożka 160–210 mm).

Po rozładunku granulatu wewnątrz mieszalnika betonowozu pozostaje na tyle czyste, że jego mycie nie jest konieczne, gdy jest on przeznaczony do kolejnych transportów mieszanki betonowej, ponieważ ewentualne pozostałości preparatu nie wpływają negatywnie na właściwości betonu.

Tak samo woda stosowana do mycia betonowozu po rozładunku granulatu w przypadku zakończenia pracy może

bez przeszkód zostać ponownie wykorzystana do kolejnych zarobów.

3. Program badań własnych

Celem potwierdzenia przydatności granulatu powstałego wskutek recyklingu resztek niewbudowanej mieszanki betonowej za pomocą pakietu domieszek zaplanowano program badań własnych. Testy praktyczne wykonano na profesjonalnej wytwórni betonu towarowego.

Próby praktyczne wykonano w skali przemysłowej. Objętość pojedynczego zarobu wynosiła 2 m³. Badaniom poddano beton klasy wytrzymałości C25/30, wykonany wg standardowej recepty. Pierwszym krokiem było zużytkowanie pozostałej mieszanki betonowej za pomocą zestawu domieszek, po uprzednim wykonaniu podstawowych badań mieszanki i pobraniu ciał próbnych, betonu porównawczego, tj. wykonanego bez udziału kruszywa recyklingowego (oznaczenie 0), celem uzyskania granulatu, który po okresie dojrzewania został wykorzystany do wyprodukowania mieszanek betonów kontrolnych. W celu sprawdzenia właściwości betonu z dodatkiem granulatu wykonano zaroby próbne z następującymi poziomami jego dozowania, jako zamiennik kruszywa naturalnego, w ilości odpowiednio 10, 25 i 50%.

Zestawienie szczegółowych receptur mieszanek betonowych zamieszczono w tabeli 1.

Wszystkie mieszanki betonowe, których receptury

Tabela 2. Właściwości mieszanek betonowych

Mieszanka	Konsystencja opad stożka [mm]		Gęstość [kg/m ³]	Zawartość powietrza [%]
	10 min	60 min		
0% RE-CON	195	180	2290	1,8
10% RE-CON	180	165	2295	1,4
25% RE-CON	175	165	2300	1,0
50% RE-CON	160	140	2275	2,0

zestawiono w tabeli 1, wykonano w skali przemysłowej – objętość każdego zarobu wynosiła 2 m³. Badano następujące cechy mieszanki betonowej:

- konsystencję – metodą opadu stożka po 10 i 60 minutach,
- gęstość,
- zawartość powietrza – metodą ciśnieniową.

Po wykonaniu powyższych badań z mieszanki betonowej formowano ciała próbne w postaci:

- kostek o boku 15 cm – 15 szt.,
- próbek walcowych (h=30 cm, d=15 cm) – 3 szt.

Próbki betonu rozformowywano po 24 godzinach i do 28 dnia przechowywano w wodzie o temperaturze 20°C. Oceniano następujące właściwości betonu:

- wytrzymałość na ściskanie – odpowiednio po 7, 28 i 90 dniach dojrzewania,
- wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu – po 28 dniach dojrzewania,
- nasiąkliwość wagową,
- głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.

4. Wyniki badań i ich dyskusja

4.1. Właściwości mieszanki betonowej

Wyniki przeprowadzonych badań konsystencji i jej utrzymania w czasie (po 10 i 60 minutach istnienia mieszanki) wraz z pomiarem gęstości i zawartości powietrza zestawiono w tabeli 2.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że kruszywo odzyskane z mieszanki betonowej za pomocą pakietu domieszek, zadozowane w ilości pozwalającej na zastąpienie 10–50% kruszywa, praktycznie nie wpływa na konieczny poziom dozowania domieszki reologicznej (patrz tabela 1). Nadto, co zostało zobrazowane w tabeli 2, kruszywo RE-CON ZERO nie wpływa na tempo utraty konsystencji przedmiotowej mieszanki w czasie do 60 minut od chwili jej zarobienia i pozostaje na poziomie 10–20 mm, co świadczy o poprawności doboru domieszki reologicznej, tj. Mapefluid N100 i jej pełnej kompatybilności z zastosowanym spoiwem (kompozycja cementu portlandzkiego i popiołu lotnego krzemionkowego). Zrealizowany program badawczy wykazuje jednoznacznie, że wraz ze wzrostem ilości zastosowanego kruszywa odzyskanego z mieszanki pakietem RE-CON ZERO, przy niezmiennym poziomie wskaźnika w/c i niezmiennym poziomie dozowania domieszki reologicznej, obserwuje się proporcjonalny spadek konsystencji mieszanki betonowej w porównaniu do mieszanki betonu porównawczego (ze 195 mm do 160 mm

po 10 min. i ze 180 mm do 140 mm po 60 min). Powodowane jest to zwiększoną nasiąkliwością kruszywa odzyskanego z mieszanki, co jest wynikiem zwiększonej absorpcji wody przez warstwę zaprawy cementowej powstałej na ziarnach tego kruszywa [5]. Jak wykazały przeprowadzone próby, do zachowania stałej konsystencji (tożsamej z mieszanką betonu porównawczego bez udziału kruszywa z odzysku) niezbędne jest zwiększenie poziomu dozowania domieszki reologicznej w granicach +0,1 ÷ 0,3% m.c. w stosunku do betonu porównawczego [4].

Przeprowadzone testy wykazały, że wykorzystanie kruszywa odzyskanego z mieszanki za pomocą pakietu domieszek w ilości 10–50% nie powoduje ryzyka niekontrolowanego napowietrzenia betonu. Zostało to potwierdzone w wykonanych pomiarach zawartości powietrza metodą ciśnieniową wg PN-EN 12350–7:2011, które wykazały wyniki nie większe niż 2%, w przypadku wszystkich przedmiotowych mieszanek, co należy uznać za wartość prawidłową. Także wykonane badania gęstości mieszanek betonowych wg procedury PN-EN 12350–6:2011 dały wyniki zgodne z recepturami mieszanek, niezależnie od poziomu zastąpienia kruszywa tradycyjnego granulatem w granicach 10–50%.

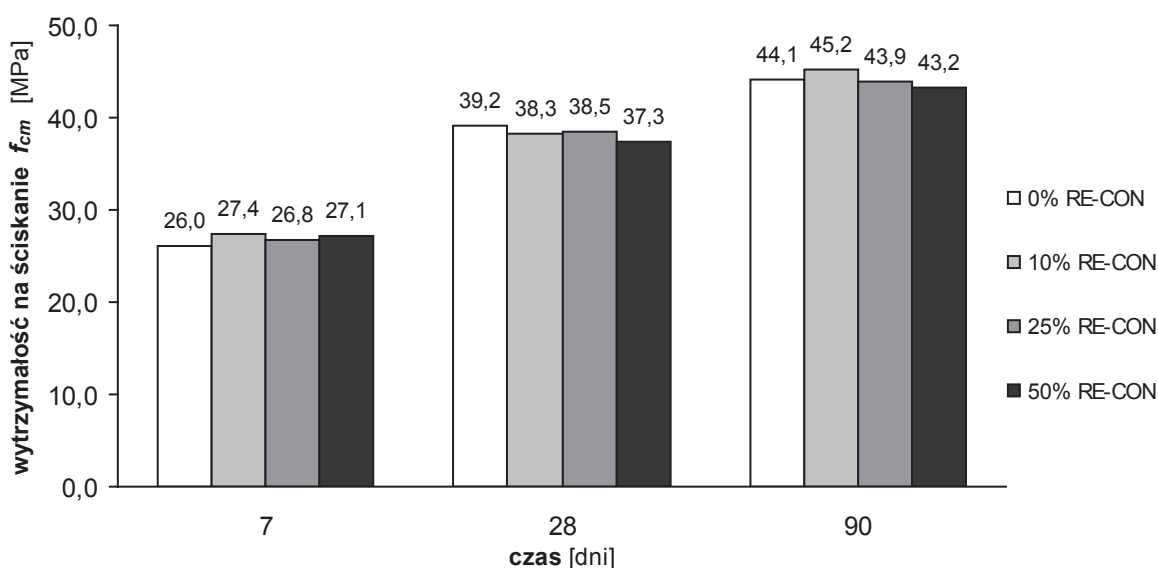
4.2. Właściwości betonu stwardniałego

Wytrzymałość na ściskanie przedmiotowych betonów badano odpowiednio po 7, 28 i 90 dniach dojrzewania w warunkach normowych, na próbkach sześciennych o boku 15 cm. Wyniki badania przedstawiono na rysunku 4.

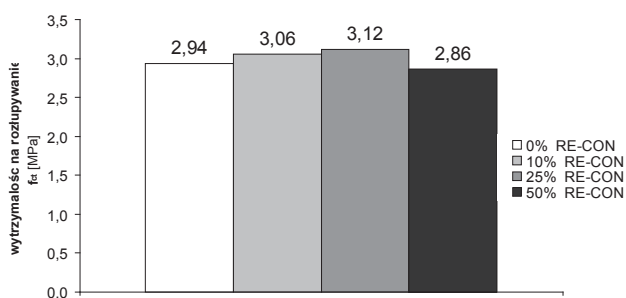
Uzyskane wyniki badania wytrzymałości na ściskanie przedmiotowych betonów wg procedury PN-EN 12390–3:2011 jednoznacznie wykazują, że zastąpienie kruszywa naturalnego w mieszance betonowej granulatem praktycznie nie wpływa na uzyskiwane poziomy wytrzymałości, niezależnie od terminu badania (7, 28, 90 dni). Wszystkie wykonane betony czyniły zadość uzyskania klasy wytrzymałości C25/30 po 28 dniach dojrzewania i klasy C30/37 po 90 dniach. Wynika stąd, że granulatem zastosowany w ilości 10–50% nie wpływa na kinetykę narastania wytrzymałości betonu na ściskanie.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek przedmiotowych betonów. Badanie to wykonano po 28 dniach dojrzewania betonu zgodnie z procedurą PN-EN 12390–6:2011, każdorazowo na trzech próbkach walcowych o wysokości 30 cm i średnicy 15 cm.

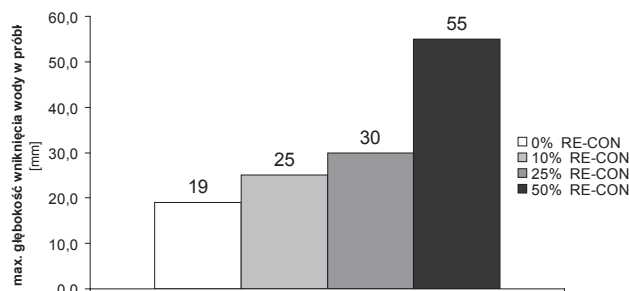
Wykonane badania wytrzymałości przedmiotowych betonów na rozciąganie przy rozłupywaniu wykazały,



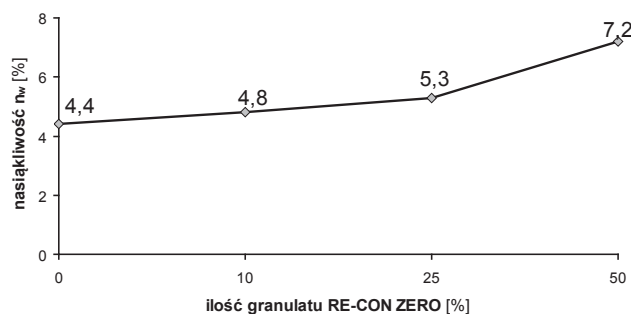
Rys. 4. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie po 7, 28, 90 dniach dojrzewania betonów ze zróżnicowaną ilością (0–50% zastąpienia kruszywa naturalnego) granulatu



Rys. 5. Wyniki badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek betonu ze zmienną ilością granulatu (0, 10, 25, 50% zastąpienia kruszywa naturalnego)



Rys. 6. Maksymalna głębokość wniknięcia wody w próbki betonu ze zróżnicowaną ilością granulatu



Rys. 7. Wpływ dodatku granulatu na nasiąkliwość wagową betonu

że zastosowanie granulatu jako substytutu kruszywa tradycyjnego w granicach 10–50% praktycznie nie wpływa negatywnie na uzyskiwane wyniki. Podobnie jak w przypadku wytrzymałości na ściskanie uzyskiwane rozrzuty wyników mieszczą się w praktyce w dopuszczalnych granicach.

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badania głębokości wniknięcia wody pod ciśnieniem. Badanie prowadzono zgodnie z procedurą PN-EN 12390–8:2011 na próbkach kostkowych o boku 15 cm.

Wykonane badania wodoprzepuszczalności przedmiotowych betonów jednoznacznie wykazują, że zastosowanie granulatu w ilości 10–50% powoduje zwiększenie maksymalnej głębokości wniknięcia wody w strukturę betonu w stosunku do mieszanki porównawczej. Jest to szczególnie widoczne w przypadku betonu, w którym 50% kruszywa tradycyjnego zastąpiono granulatem.

Na rysunku 7 przedstawiono wpływ dodatku granulatu na nasiąkliwość wagową betonu. Oznaczenie tej cechy wykonano na kostkach sześciennych o boku 15 cm, zgodnie z procedurą PN-88/B-06250, pkt. 6.4.

Uzyskane wyniki badania nasiąkliwości jednoznacznie wykazują, że zastosowanie granulatu w ilości ponad 25% masy kruszywa powoduje istotny wzrost nasiąkliwości betonu. Jak pokazują wyniki badania nasiąkliwości, chłonność struktury betonu rośnie proporcjonalnie

do ilości zastosowanego granulatu, przy jego stosowaniu w ilości do 25%. Dalsze zwiększanie ilości kruszywa odzyskanego powoduje gwałtowny spadek szczelności struktury betonu, co znajduje swoje potwierdzenie w badaniach zarówno nasiąkliwości jak i głębokości wniknięcia wody pod ciśnieniem.

5. Podsumowanie

Zrealizowany program badań własnych oraz analiza uzyskanych wyników dają podstawę do sformułowania poniższych wniosków ogólnych.

- Wykonane zaroby próbne i badania wykazały pełną przydatność pakietu domieszek RE-CON ZERO do recyklingu niewykorzystanej mieszanki betonowej. Jest ona szczególnie przydatna do utylizacji mieszanek betonów z domieszką napowietrzającą, jak również w przypadku konieczności jej utylizacji poza obrębem WBT, np. w razie dalekiego transportu, awarii sprzętu, czy też nieprzewidzianych przestoju.
- Dodatek granulatu, jako zamiennik 10–50%, kruszywa praktycznie nie wpływa na uzyskiwane wyniki wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie przy rozłupywaniu w całym okresie dojrzewania.
- Stosowanie dodatku granulatu w ilości ponad 25% masy kruszywa powoduje znaczące zmniejszenie

szczelności betonu, co znajduje swoje odbicie w obserwowanych zwiększonych wartościach nasiąkliwości wagowej i głębokości wniknięcia wody pod ciśnieniem.

Mając na względzie powyższe wnioski ogólne płynące z wykonanych badań w skali przemysłowej, zespół autorski stoi na stanowisku, że dodatek granulatu odzyskanego z mieszanki betonowej za pomocą pakietu domieszek RE-CON ZERO można stosować, w sposób gwarantujący trwałość konstrukcji, w następujących ilościach dla klas ekspozycji wg PN-EN 206:2014:

- 50% dla środowisk X0, XC1, XC2,
- 25% dla środowisk XC3, XC4, XA1, XF1, XD1,
- do 10% dla pozostałych klas ekspozycji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Pogan K., RE-CON ZERO – innowacyjny produkt do odzyskiwania niewykorzystanej mieszanki betonowej, Materiały Budowlane 10/2013
- [2] PN-EN 206:2014: Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [3] PN-EN 12620+A1:2010:2010: Kruszywa do betonu
- [4] Witowski M., Ocena wpływu kruszywa recyklowanego metodą RE-CON ZERO na właściwości betonów zwykłych, Praca magisterska, Politechnika Krakowska 2014
- [5] Giemzik S., Ocena właściwości kruszyw odzyskanych z mieszanki betonowej metodą RE-CON ZERO, Praca magisterska, Politechnika Krakowska 2014

TARGI Nowy DOM murator EXPO

Nowe MIESZKANIE

4-5 lutego

ERGO ARENA



...więcej informacji znajdziesz na targimieszkanie.pl

patronat honorowy  patronat medialny   sponsor konkursu    