

Możliwości aplikacyjne kruszywa z odzysku w zaprawach cementowych

Dr inż. Małgorzata Lenart, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Zagospodarowanie odpadów z niewykorzystanych kompozytów cementowych, takich jak mieszanka betonowa, czy też zaprawa cementowa jest obowiązkiem prawnym spoczywającym na osobach odpowiedzialnych za ich wyprodukowanie. Ponadto zgodnie z siódmym wymaganiem podstawowym zatytułowanym „Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych”, zawartym w rozporządzeniu Rady UE nr 305 z 2011 roku [1], w obiektach budowlanych należy stosować surowce przyjazne środowisku oraz materiały wtórne. Zagospodarowanie niewykorzystanych kompozytów cementowych poprzez przekształcenie ich w granulát spełnia zalecenia rozporządzenia 305 z 2011 roku oraz wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju w budownictwie.

Opracowaną w ostatnich latach metodą zagospodarowania niewykorzystanych resztek mieszanek betonowych czy też zapraw jest wykorzystanie dwukomponentowej domieszki powodującej zbrylanie się tych odpadów. Powstały w ten sposób granulát można zakwalifikować jako kruszywo z odzysku i ponownie zastosować do produkcji nowych kompozytów cementowych [2, 3]. Jeśli zastosuje się je w ilości przekraczającej 5% masy całego kruszywa i nie rozdzieli na poszczególne frakcje, można je potraktować jak kruszywo z recyklingu z wszystkimi tego konsekwencjami dla właściwości uzyskanych kompozytów [4–6].

Przeprowadzone badania dotyczą możliwości wykorzystania pakietu domieszek granulujących do granulacji niewykorzystanej zaprawy. Celem badań własnych było określenie wpływu ilości granulatu pozyskanego z niewykorzystanej zaprawy na właściwości nowo wykonanej zaprawy. Uzyskanie tych wyników pozwoliło na określenie zakresu bezpiecznego zastosowania granulatu w ilości nie powodującej pogorszenia specyfikowanych cech nowo produkowanych zapraw.

2. Przygotowanie granulatu oraz wykonanie nowych zapraw cementowych

Pierwszym krokiem w programie badań własnych nad niewykorzystaną świeżą zaprawą cementową było wykonanie granulatu potrzebnego do dalszych badań. W tym celu przygotowano zaprawę normową o proporcjach cementu do piasku do wody wynoszącej 1:3:0,5. Do jej

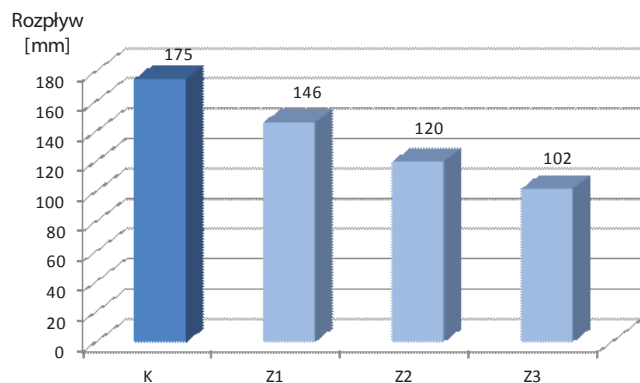
wykonania użyto cementu portlandzkiego CEM I 42,5R oraz piasku normowego. Zastosowanie piasku normowego pozwoliło na wyeliminowanie wpływu zmienności rodzaju i uziarnienia kruszywa drobnego na otrzymywane wyniki badań.

W celu wykonania granulatu ze świeżej zaprawy zastosowano, według zaleceń producenta domieszek, tzw. metodę 1. Polegała ona na dodaniu komponentu A w ilości 0,5 kg/m³ zaprawy oraz mieszanii w mieszalniku laboratoryjnym przez około 2–3 minut. Po tym czasie dodano komponent B domieszki w ilości 6 kg/m³ i kontynuowano mieszanie przez kolejne 3 minuty. Tak uzyskany granulát rozsypano na tacy w celu stwardnienia. Ponieważ w granulacie po stwardnieniu występowały konglomeraty, w celu dalszych badań i wykonania nowych zapraw przesiano go na sicie o wymiarach oczka 4 mm. Właściwości tak otrzymanego granulatu przedstawiono i omówiono w artykule [7].

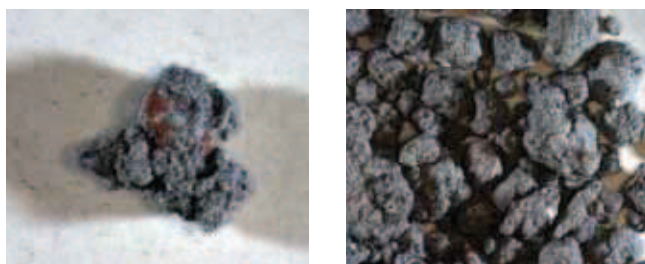
W celu określenia wpływu ilości granulatu na wytypowane właściwości zapraw wykonano: zaprawę kontrolną (K) oraz trzy zaprawy, w których zastąpiono 10% (Z1), 25% (Z2) oraz 50% (Z3) kruszywa naturalnego uzyskanym granulatem. Do wykonania tych zapraw zastosowano również cement CEM I 42,5R oraz piasek normowy zgodny z wymaganiami PN-EN 196-1. Składy badanych zapraw przedstawiono w tabeli 1. Do badań wykorzystano granulát mający 7 dni. W trakcie badań nowo wyprodukowanych zapraw oznaczono:

- konsystencję świeżej zaprawy oznaczonej metodą stolika rozptywowego,
- gęstość objętościową stwardniałej zaprawy,
- wytrzymałość na zginanie stwardniałej zaprawy po 7 i 28 dniach dojrzewania,
- wytrzymałość na ściskanie stwardniałej zaprawy po 7 i 28 dniach dojrzewania.

Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na próbkach o wymiarach 40×40×160 mm zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w normie PN-EN 196-1. Próbkę przechowywano w wodzie w temperaturze 18°C do momentu przeprowadzenia badań wytrzymałościowych. Po tym okresie wykonano najpierw badania wytrzymałości na zginanie, a następnie uzyskane połówki belek poddano badaniu wytrzymałości na ściskanie.



Rys. 1. Wyniki pomiaru konsystencji świeżej zaprawy kontrolnej oraz zapraw z dodatkiem granulatu



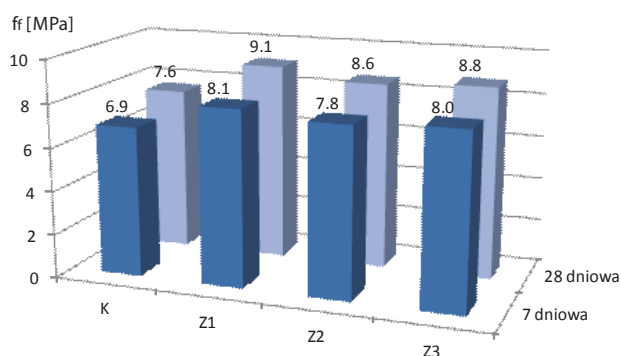
Rys. 2. Wygląd ziaren granulatu, zdjęcia wykonane przy użyciu mikroskopu optycznego

Tabela. 1. Składy i oznaczenia badanych zapraw

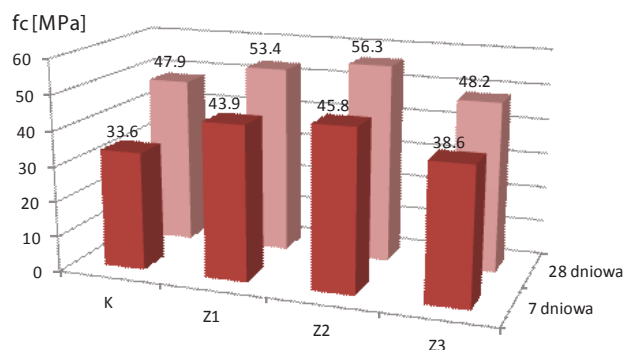
Oznaczenie zaprawy	Skład zapraw [kg/m ³]			
	Cement	Woda	Granulat	Piasek
Kontrolna K	512	256	-	1535
z 10% zawartością granulatu Z1	511	256	153	1380
z 25% zawartością granulatu Z2	510	255	383	1147
z 50% zawartością granulatu Z3	509	254	763	763

3. Wyniki i analiza wyników badań

Badania konsystencji świeżej zaprawy z dodatkiem granulatu jednoznacznie wykazały spadek płynności wraz ze wzrostem zawartości granulatu. Oznaczone wyniki pomiaru konsystencji świeżej zaprawy, metodą stolika rozpliwowego, przedstawiono w sposób graficzny na rysunku 1. Spadek płynności świeżej zaprawy wynika ze zwiększonej wodożądności granulatu w porównaniu do kruszywa naturalnego. Powierzchnia granulatu jest nierównomierna, pokryta stwardniałym zaczynem cementowym wraz z przyklejonymi drobniejszymi frakcjami (pyłami) pierwotnego kruszywa, ma liczne wgłębienia i wypustki. Wygląd powierzchni granulatu z niewykorzystanej zaprawy przedstawiono na rysunku 2. Gęstość objętościowa zaprawy kontrolnej oznaczona na beleczkach 40×40×160 mm wyniosła 2070 kg/m³. Wraz ze wzrostem zawartości granulatu odnotowano spadek gęstości. Zaprawy z 10% zawartością granulatu



Rys. 3. Wynik badania wytrzymałości na zginanie w zależności od czasu dojrzewania zapraw oraz od zawartości granulatu w zaprawie



Rys. 4. Wynik badania wytrzymałości na ściskanie w zależności od czasu dojrzewania zapraw oraz od zawartości granulatu w zaprawie

miały gęstość 2050 kg/m³, z 25% zawartością granulatu 2010 kg/m³, natomiast gęstość zapraw z największą 50% zawartością granulatu wyniosła 1960 kg/m³. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono po 7 i 28 dniach dojrzewania próbek. Wyniki z oznaczenia wytrzymałości na zginanie przedstawiono na rysunku 3. Średnia wytrzymałość na zginanie próbek z zaprawy kontrolnej po 28 dniach dojrzewania wyniosła 7,6 MPa. Wszystkie pojedyncze wyniki oznaczone na poszczególnych próbkach zapraw z granulatem wykazały nieco większe wartości w porównaniu do próbek kontrolnych i to zarówno po 7, jak i 28 dniach dojrzewania zaprawy. Średnia wytrzymałość na zginanie po 28 dniach dla zaprawy z 10% zawartością granulatu wyniosła 9,1 MPa, co oznacza wzrost wartości wytrzymałości o niecałe 19% w odniesieniu do zaprawy kontrolnej. Na zbliżonym poziomie ukształtowały się wytrzymałości dla zapraw z 25% i 50% zawartością granulatu i wyniosły one odpowiednio 8,6 MPa oraz 8,8 MPa po 28 dniach dojrzewania. Badania wytrzymałości na ściskanie oznaczono na półkach próbek pozostałych po oznaczeniu wytrzymałości na zginanie. Wyniki uzyskanych średnich wytrzymałości na ściskanie przedstawiono na rysunku 4. Średnia wytrzymałość na ściskanie zaprawy kontrolnej po 28 dniach dojrzewania ukształtowała się na poziomie



Rys. 5. Wygląd ziaren granulatu po rozdzieleniu na frakcje



Rys. 6. Granulat frakcji 2/4

Tabela. 2. Wyniki badań wytrzymałościowych

Oznaczenie zaprawy	Wytrzymałość na zginanie [MPa]		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
	7-dniowa	28-dniowa	7-dniowa	28-dniowa
Kontrolna K	6,9	7,6	33,6	47,9
z 10% zawartością granulatu Z1	8,1	9,1	43,9	53,4
z 25% zawartością granulatu Z2	7,8	8,6	45,8	56,3
z 50% zawartością granulatu Z3	8,0	8,8	38,6	48,2

47,9 MPa. Dla zapraw z dodatkiem granulatu w ilości 10% i 25% odnotowano niewielkie wzrosty wytrzymałości na ściskanie. Dla zaprawy z 10% zawartością granulatu wytrzymałość na ściskanie wyniosła 53,4 MPa, co oznacza wzrost wytrzymałości o około 11%. Natomiast dla zaprawy z 25% zawartością wytrzymałość ta wyniosła 56,3 MPa, czyli wytrzymałość na ściskanie wzrosła o około 18%. Wytrzymałość zaprawy z 50% zawartością granulatu ustabilizowała się na poziomie zbliżonym do zaprawy kontrolnej.

4. Podsumowanie

Nieoczekiwane minimalne wzrosty wartości wytrzymałości na zginanie i częściowo na ściskanie dla zapraw z 10% i 25% zawartością granulatu mogły być spowodowane zawartością dodatkowej nieprzereagowanej jeszcze ilości cementu, wprowadzonej wraz ze stwardniałą otoczką zaczynu znajdującego się na powierzchni ziaren granulatu. Wydaje się, że innym czynnikiem, wpływającym na brak oczekiwanego spadku wytrzymałości wraz ze wzrostem zawartości granulatu w badanych zaprawach, jest chropowata struktura powierzchni ziaren granulatu w porównaniu do gładkiej powierzchni ziaren piasku naturalnego. Ta chropowata nierównomierna powierzchnia zewnętrzna granulatu spowodowała z jednej

strony spadek konsystencji świeżej zaprawy, ale z drugiej strony mogła spowodować zwiększenie przyczepności pomiędzy granulatem a zaczynem w nowo produkowanych zaprawach. W przypadku badanych zapraw zawartość 10% granulatu nie wpłynęła znacząco na badane parametry, takie jak konsystencja świeżej zaprawy czy wytrzymałość stwardniałych zapraw.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG
- [2] PN-EN 206+A1: 2016-12 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [3] Gruszczyński M., Lenart M., Paszek U., Wpływ zawartości granulatu pozyskanego z mieszanki betonowej na wybrane właściwości betonu, Ochrona przed Korozją 1/2018
- [4] Ajdukiewicz A., Kliszczewicz A., Recykling betonu konstrukcyjnego, Inżynier Budownictwa 2/2009
- [5] Gołda A., Giergiczny Z., Wpływ dodatku kruszywa z recyklingu na konsystencję mieszanek betonowych, [w]: Reologia w technologii betonu pod red. Janusza Szwabowskiego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2009
- [6] Babiak M., Błaszczewski T., Ratajczak A., Węgliński Sz., Przydatność kruszyw recyklingu do produkcji betonu, Przegląd Budowlany 10/2017
- [7] Lenart M., Tradycyjne i nowoczesne metody zagospodarowania odpadów kompozytów cementowych – przykład zastosowania tzw. metody domieszek, Przegląd Budowlany 9/2018

Członkowie PZITB i PIIB prenumeratę na rok 2019 mogą zamówić promocyjnie także przez Okręgowe Izby Inżynierów Budownictwa.

Prenumerata – 252 zł
Ulgowa – 126 zł

Studencka – 126 zł
Elektroniczna – 85 zł

www.przegladbudowlany.pl

