

Wpływ wieku kruszywa z odzysku na wybrane właściwości zapraw cementowych

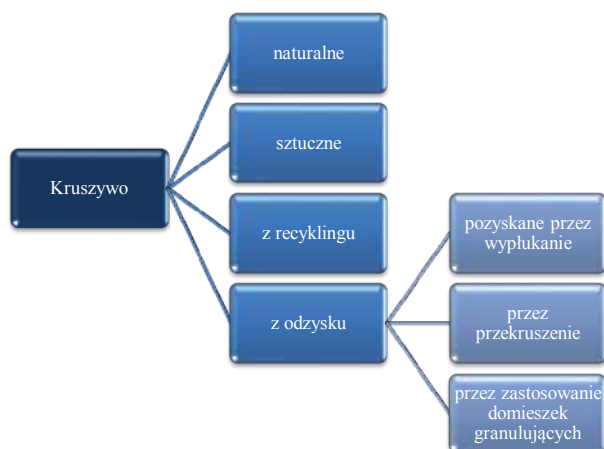
Dr inż. Małgorzata Lenart, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Wymagania podstawowe stawiane obiektom budowlanym, przedstawione w Rozporządzeniu Rady UE nr 305 z 2011 roku [1] kładą nacisk na zrównoważone budownictwo i rozsądne korzystanie z bogactw naturalnych naszej planety. Zgodnie z siódmym wymaganiem podstawowym zatytułowanym „Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych”, w obiektach budowlanych należy zastosować surowce przyjazne środowisku oraz materiały wtórne. Ponadto należy zapewnić trwałość obiektów budowlanych oraz powtórne wykorzystanie lub recykling materiałów budowlanych wchodzących w ich skład.

Norma PN-EN 206+A1:2016-12 [2] definiuje kruszywo, jako „naturalny, sztuczny, pochodzący z odzysku lub recyklingu ziarnisty składnik mineralny odpowiedni do stosowania do betonu”. Przy czym kruszywo z recyklingu jest kruszywem pochodzącym z wcześniej istniejących obiektów budowlanych, powstałym poprzez przekruszenie gruzu budowlanego. Natomiast kruszywo z odzysku można podzielić na kruszywo pozyskane poprzez wyplukanie z niezużytej mieszanki budowlanej lub poprzez przekruszenie stwardniałego betonu niewbudowanego wcześniej w konstrukcję. Nowoczesną, opracowaną w ostatnich latach, metodą zagospodarowania niewykorzystanych resztek mieszanek betonowych czy też zapraw jest zastosowanie dwukomponentowej domieszki powodującej zbrylanie się tych odpadów (rys. 1).

W poprzednich publikacjach autora [3, 4], przedstawionych na łamach „Przeglądu Budowlanego”, związanych z zagadnieniem zagospodarowania odpadów kompozytów przemysłowych poprzez zastosowanie domieszek granulujących omówiono właściwości granulatu pozyskanego ze świeżych zapraw oraz przedstawiono możliwości aplikacyjne takich kruszyw. Jednak w trakcie badań otrzymano nieoczekiwane minimalne wzrosty wartości wytrzymałości na zginanie i częściowo na ściskanie zapraw z 10% i 25% zawartością siedmiodniowego granulatu. Stąd celem aktualnego



Rys. 1. Schematyczny podział (ze względu na pochodzenie) kruszyw stosowanych w kompozytach cementowych

programu badań było określenie wpływu wieku granulatu na wyniki badań konsystencji świeżych zapraw oraz na ich właściwości mechaniczne.

2. Przygotowanie granulatu i zapraw do badań

Do badań przygotowano wcześniej kruszywo z odzysku poprzez dodanie dwukomponentowej domieszki do zaprawy normowej zgodnej z PN-EN 196-1 [5]. Wspomniana domieszka jest produkowana przemysłowo. Domieszkę zadozowano zgodnie z zaleceniami producenta [6] tzn. pierwszy składnik (superabsorbent) w ilości 0,5 kg/m³ zaprawy i mieszano zaprawę przez dwie do trzech minut. Po tym czasie zadozowano drugi składnik (przyspieszacz wiązania) w ilości 1 kg/m³ zaprawy i mieszano zaprawę przez kolejne dwie minuty. Tak przygotowany granulát rozsypano na tacy w warstwie o grubości około dwóch centymetrów w celu wyschnięcia. Granulat dojrzewał w temperaturze 18–20°C i wilgotności względnej około 55%. Do dalszych badań wzięto granulaty po 1 i 14 dniach dojrzewania. Powstały granulaty posiadały uziarnienie 0/16, zatem w celu zastosowania go do przygotowania nowych zapraw został przesiany przez sito o oczku 4 mm.

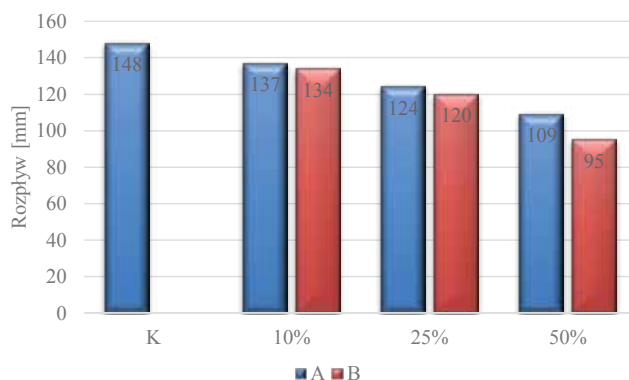
Do celów prowadzonego programu badawczego przygotowano:

- zaprawę kontrolną oznaczoną jako K,
- trzy rodzaje zapraw ze zmienną ilością granulatu 1-dniowego (A), wynoszącą 10%, 25% i 50%, oznaczone odpowiednio, jako A/10, A/25, A/50,
- trzy rodzaje zapraw również z 10%, 25% i 50% zawartością granulatu 14-dniowego (B), oznaczone odpowiednio jako B/10, B/25, B/50.

Proporcje składników Cement (C):Piasek (P):Woda (W) we wszystkich zaprawach wynosiły 1:3:0,5. Do produkcji nowych zapraw zastosowano piasek normowy oraz cement CEM I 42,5 R. Granulat dawkowano, stosując zwykłą masową zamianę piasku normowego na granulat. Dla tak przygotowanych zapraw oznaczono konsystencję świeżej zaprawy metodą stolika rozpliwowego zgodnie z normą PN-EN 1015-3 [7]. Z kolei dla stwardniałej zaprawy określono gęstość objętościową w stanie powietrznosuchym oraz wytrzymałość na zginanie i ściskanie zgodnie z normą PN-EN 1015-11 [8]. W tym celu przygotowano po trzy belecзки o wymiarach 40×40×160 mm dla każdego typu zaprawy. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono po 28 dniach dojrzewania zaprawy w wodzie w temperaturze 18–20°C. Wytrzymałość na zginanie oznaczono na komplecie trzech beleczek o wymiarach 40×40×160 mm. Natomiast wytrzymałość na ściskanie na połówkach beleczek powstałych po oznaczeniu wytrzymałości na zginanie.

3. Wyniki i analiza uzyskanych wyników badań

Uzyskane wyniki badania konsystencji świeżej zaprawy przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 2. W przypadku badania konsystencji metodą stolika rozpliwowego, zgodnie z oczekiwaniami, zauważono spadek płynności świeżej zaprawy, wraz ze wzrostem zawartości granulatu. Zjawisko to jest związane ze zwiększeniem się wodozadržności kruszywa, ponieważ zastosowane kruszywo z odzysku charakteryzuje się nierównomierną i chropowatą powierzchnią zewnętrzną (rys. 3). Im jego zawartość wzrasta, tym większa jest sumaryczna wodozadržność całego kruszywa. Mniejsze rozpliw występują dla zapraw z granulem w wieku 14 dni, co jest związane z tym, że jest on bardziej wysuszony, a co za tym idzie bardziej chłonny w odniesieniu do wody. Wyniki badań stwardniałej zaprawy przedstawiono w tabeli 2. Gęstość objętościowa zaprawy kontrolnej w stanie wysuszonym oznaczona na beleczkach 40×40×160 mm wyniosła 2070 kg/m³. Wraz ze wzrostem zawartości granulatu odnotowano spadek gęstości. Dla zapraw z 50% zawartością granulatu gęstość



Rys. 2. Wynik badania konsystencji świeżej zaprawy metodą stolika rozpliwowego w zależności od ilości kruszywa z odzysku (granulatu) oraz jego wieku (A – granulat 1-dniowy, B – granulat 14-dniowy)



Rys. 3. Wygląd granulatu pozyskanego ze świeżej zaprawy cementowej (ziarna 4 mm)

Tabela 1. Wyniki badania właściwości świeżej zaprawy

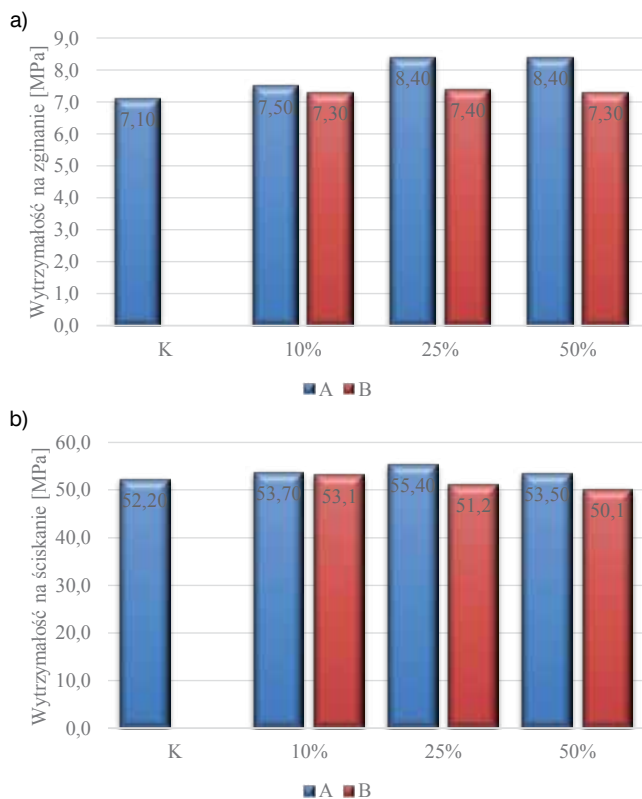
Ilość granulatu [%]	Konsystencja [mm]	
	Zaprawa A	Zaprawa B
-	148	
10	137	134
25	124	120
50	109	95

ukształtowała się na poziomie około 1960 kg/m³. Różnice pomiędzy zaprawami wykonanymi granulacie 7- i 14-dniowym były minimalne.

Wyniki badań wytrzymałościowych stwardniałej zaprawy przedstawia rysunek 4. Wytrzymałość na zginanie zaprawy kontrolnej oznaczona po 28 dniach dojrzewania wyniosła 7,3 MPa. Właściwość ta dla wszystkich rodzajów zapraw z dodatkiem granulatu była nieco większa niż ta oznaczona dla zaprawy kontrolnej. Przy czym wytrzymałość na zginanie dla zapraw wykonanych na granulacie mającym 1 dzień była wyższa niż dla tych wykonanych na granulacie 14-dniowym. Wytrzymałość zapraw wykonanych z granulem 1-dniowym w ilości 10% wyniosła 7,5 MPa. Natomiast dla zapraw z 25% i 50% zawartością granulatu wyniosła 8,4 MPa, czyli wzrosła w stosunku do zaprawy kontrolnej o 15%.

Tabela 2. Wyniki badania gęstości pozornej oraz wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy

Ilość granulatu [%]	Średnia gęstość pozorna [kg/m ³]		Średnia wytrzymałość na zginanie [MPa]		Średnia wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
	A	B	A	B	A	B
–	2070		7,1		52,2	
10	2030	2050	7,5	7,3	53,7	53,1
25	2000	2010	8,4	7,4	55,4	51,2
50	1960	1960	8,4	7,3	53,5	50,1

**Rys. 4.** Wynik badania wytrzymałości na zginanie (a) oraz ściskanie (b) w zależności od ilości kruszywa z odzysku (granulatu) oraz jego wieku

Wzrost ten można tłumaczyć zarówno nieprzereagowanym dodatkowym cementem znajdującym się w granulacie, jak i nierówną, chropowatą powierzchnią zewnętrzną tego granulatu.

Wytrzymałość na zginanie zapraw z granulem 14-dniowym wyniosła 7,3 i 7,4 MPa. Wzrost ten jest na tyle mały, że można go pominąć i przyjąć brak wpływu zawartości granulatu 14-dniowego na wytrzymałość na zginanie. Należy tu jednak zaznaczyć, że nie nastąpił spadek tej właściwości wraz z dodaniem granulatu, co przy zmniejszonej gęstości próbek może być tłumaczone lepszą przyczepnością pomiędzy matrycą zaprawy a porowatym, nierównym granulem.

Wytrzymałość na ściskanie zaprawy kontrolnej wyniosła 52,2 MPa. Dla zapraw granulem 14-dniowym odnotowano najpierw minimalny przyrost tej wytrzymałości (53,1 MPa dla zaprawy z 10% zawartością granulatu), a następnie spadek (51,2 MPa dla zaprawy z 25% zawartością granulatu oraz 50,1 MPa dla zaprawy z 50% zawartością granulatu). Dla zapraw wykonanych z granulem 1-dniowym odnotowano wzrost wytrzymałości na ściskanie do 55,4 MPa dla zaprawy z 25% zawartością granulatu, co oznacza 6% wzrost tej wartości.

4. Podsumowanie

Podsumowując, dodanie granulatu do zapraw nie spowodowało znaczącego pogorszenia właściwości wytrzymałościowych tych zapraw, a w niektórych przypadkach zanotowano wręcz niewielki przyrost wytrzymałości. Zjawisko to najprawdopodobniej spowodowane zostało:

- wzrostem powierzchni zewnętrznej granulatu w odniesieniu do oryginalnego kruszywa naturalnego (kwarcowego piasku normowego),
- zwiększeniem nasiąkliwości granulatu również w odniesieniu do kruszywa naturalnego [3] oraz
- zawartością w granulacie nieprzereagowanego całkowicie cementu.

Czynniki te najprawdopodobniej spowodowały wzrost przyczepności pomiędzy granulem a zaczynem. Co więcej, przyczepność ta może mieć podłoże mechaniczne (nierównomierna, porowata zewnętrzna powierzchnia granulatu), jak i chemiczne (zawartość nieprzereagowanego w pełni cementu w granulacie). Cement ten w nowo wyprodukowanych zaprawach reagował w dalszym ciągu w sposób na tyle intensywny, że przyczynił się do minimalnego wzrostu badanych wytrzymałości. W przypadku zapraw z granulem 14-dniowym nie zaobserwowano przyrostów wytrzymałości. Dodatkowo granulat, analogicznie jak kruszywo lekkie, powoduje odciąganie wody i częściowo zaczynu z matrycy [9], co

skutkuje zmniejszeniem stosunku w/c w matrycy zaprawy cementowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć poniższe wnioski.

- Zauważalny jest wpływ wieku zastosowanego granulatu na wyniki badań konsystencji świeżej zaprawy oraz na wyniki badań wytrzymałości na ściskanie i zginanie.
- Konsystencja zapraw z dodatkiem granulatu 1-dniowego jest nieznacznie bardziej płynna niż konsystencja dla analogicznych zapraw wykonanych przy zastosowaniu granulatu 14-dniowego.
- Wytrzymałość na ściskanie i zginanie zapraw z granulatem 1-dniowym jest wyższa niż zaprawy kontrolnej. W przypadku wytrzymałości na zginanie jest to maksymalnie 15%.
- W badaniach wytrzymałościowych zapraw z granulatem 14-dniowym odnotowano: stabilizację dla wytrzymałości na zginanie oraz niewielki spadek dla wytrzymałości na ściskanie.

- Zamiana 10% kruszywa naturalnego na kruszywo z odzysku (granulat) nie wpływa znacząco na właściwości zarówno świeżej, jak i stwardniałej zaprawy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzenia 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] Lenart M., Tradycyjne i nowoczesne metody zagospodarowania odpadów kompozytów cementowych, Przegląd Budowlany 9/2018
- [4] Lenart M., Możliwości aplikacyjne kruszywa z odzysku w zaprawach cementowych, Przegląd Budowlany 1/2019
- [5] PN-EN 196-1: 2016-07: Metody badania cementu. Część 1: Oznaczanie wytrzymałości
- [6] Re-Con Zero. Returned Concrete with Zero Impact. Headquarters Mapei SpA, Milan
- [7] PN-EN 1015-3: 2000: Metody badań zapraw do murów. Określenie konsystencji świeżej zaprawy (za pomocą stolika rozplwywu)
- [8] PN-EN 1015-11: 2020-04: Metody badań zapraw do murów. Część 11: Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy
- [9] Domagała L., Konstrukcyjne lekkie betony kruszywowe, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2014

ZAMÓWIENIE PRENUMERATY Przeglądu Budowlanego na rok 2021

Wybieram: (proszę zakreślić)	ZWYKŁA	ULGOWA (dla indywidualnych członków PZITB, OIIB i studentów)
ROCZNA	<input type="checkbox"/> 259,20 zł*	<input type="checkbox"/> 155,52 zł*
ELEKTRONICZNA		<input type="checkbox"/> 99,00 zł*

Zamówienia można składać **osobiście** lub **pocztą** – ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa, **telefonicznie** 22 826-67-00 lub **e-mailem** reklama@przegladbudowlany.pl
* Ceny brutto (zawierają 8% VAT)

1. Imię i nazwisko/nazwa firmy

2. Nr telefonu kontaktowego

3. NIP (firmy)

4. Adres wysyłkowy

5. Okres prenumeraty

6. Opłata w kwocie (zł)

została przekazana w dniu

Prenumeratory otrzymają zamówione egzemplarze po dokonaniu wpłaty na konto:

PZITB ZARZĄD GŁÓWNY WYDAWNICTWO „PRZEGLĄD BUDOWLANY”

**ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa
Bank Millennium SA
90 1160 2202 0000 0000 5515 6488**

Upoważniamy Państwa do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Podpis

Członkowie PZITB i PIIB prenumeratę na rok 2021 mogą zamówić promocyjnie przez Okręgowe Izby Inżynierów Budownictwa.