



Wybrane właściwości kompozytów cementowych z dodatkiem rozdrobnionych pyłów polipropylenowych

Bogdan Langier¹, Krzysztof Werner², Włodzimierz Baranowski³

STRESZCZENIE:

Stosowanie odpadów produkcyjnych w technologii betonu przyczynia się do ograniczenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego. W artykule przedstawiono wyniki eksperymentu polegającego na ocenie wpływu dodatku w postaci pyłu polipropylenowego uzyskanego z odpadów produkcyjnych na wybrane właściwości kompozytu cementowego. Badaniom poddano beton żwirowy, do składu którego wprowadzano od 1 do 5% ilości dodatku. Ocenie poddano zmianę wytrzymałości na ściskanie, nasiąkliwości, kapilarności pod ciśnieniem, charakterystyki porów. W wyniku eksperymentu stwierdzono, że zastosowany dodatek wpływał na badane cechy, a jego wpływ zależał od wprowadzonej ilości. Optymalna jego ilość związana była z badaną cechą kompozytu cementowego.

SŁOWA KLUCZOWE:

kompozyty cementowe; pył polipropylenowy; wytrzymałość na ściskanie; nasiąkliwość; kapilarne podciąganie wody

1. Wprowadzenie

Współczesny przemysł betonowy to stosowanie w dużej skali różnego rodzaju dodatków, które modyfikują właściwości mieszanki betonowej i cechy betonu. Produkcja materiałów budowlanych, a w szczególności technologia betonu otwierają drogę do zagospodarowywania odpadów przemysłowych oraz wykorzystania surowców pochodzących z recyklingu [1–7]. Koncepcja kształtowania właściwości betonu „przyjaznego dla środowiska” poprzez efektywne zagospodarowanie odpadów wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju, która obecnie determinuje rozwój gospodarczy. Wszelkie działania mające na celu wykorzystanie odpadów przekładają się na zmniejszenie powierzchni składowisk i kosztu składowania odpadów przemysłowych. Wielu badaczy przedstawia udane próby zagospodarowania materiałów odpadowych w produkcji wyrobów budowlanych [8–10]. Wykorzystanie odpadowych tworzyw sztucznych w składzie betonu umożliwia zagospodarowanie materiałów, stanowiących duży problem środowiskowy [11, 12]. Dbałość o ochronę środowiska naturalnego człowieka stała się obecnie czynnikiem inspirującym badaczy w poszukiwaniu innowacyjnych sposobów zagospodarowywania uciążliwych odpadów. Jednym z nich może okazać się produkcja nowoczesnych materiałów budowlanych o szczególnych właściwościach wytwarzanych z odpadów powstających przy produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych [13]. Badania mają na celu wskazanie kierunku dalszych poszukiwań w aspekcie wykorzystania odpadów produkcyjnych polipropylenowych w technologii betonu.

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: blangier@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0001-5143-6013

² Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: krzysztof.werner@tlen.pl

³ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa

2. Plan eksperymentu

Badania przeprowadzono dla betonu, który został zaprojektowany metodą doświadczalną dla założonego stosunku cementowo-wodnego $C/W = 1,9$ oraz klasie konsystencji S3, uzyskanej z udziałem superplastyfikatora w ilości 1% masy cementu. Seria porównawcza została oznaczona jako seria P0, którą następnie modyfikowano, wprowadzając do jej składu rozdrobniony polipropylen (rys. 1) w ilości 1, 2, 3, 4 oraz 5% masy cementu. Uzyskano w ten sposób sześć serii kompozytów, których składy przedstawia tabela 1.



Rys. 1. Zdjęcie rozdrobnionego polipropylenu użytego w badaniach

Tabela 1

Zestawienie składów badanych betonów

Składnik [kg na 1 m ³]	Seria					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Cement (CEM I 42,5R)	292	292	292	292	292	292
Woda	153	153	153	153	153	153
Kruszywo (żwirowe)	1968	1968	1968	1968	1968	1968
Superplastyfikator (SikaViscoFlow-1% m.c.)	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Polipropylen (% m.c.)	-	2,92 (1%)	5,84 (2%)	8,76 (3%)	11,68 (4%)	14,6 (5%)

Wszystkie serie betonów zostały poddane badaniom:

- konsystencji mieszanki betonowej metodą opadu stożka,
- zawartości powietrza metodą ciśnieniową,
- wytrzymałości betonu na ściskanie po 28 dniach dojrzewania,
- nasiąkliwości wagowej,
- kapilarnego podciągania wody pod ciśnieniem.

3. Wyniki badań

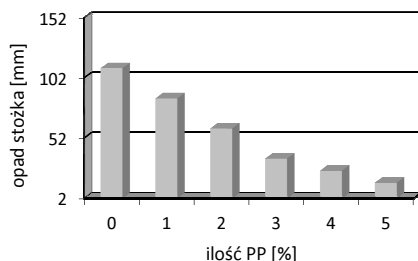
Konsystencja mieszanki betonowej

Oznaczenie stopnia ciekłości mieszanki betonowej zrealizowano metodą opadu stożka zgodnie z normą PN-EN 12350-2.

Tabela 2

Uzyskane wyniki oznaczania konsystencji mieszanki betonowej

Seria	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Opad stożka [mm]	110	85	60	35	25	15
Klasa konsystencji	S3	S2	S2	S1	S1	S1

**Rys. 2.** Wpływ ilości rozdrobnionego polipropylenu PP na ciekłość mieszanki betonowej

Uzyskane wyniki badania przedstawione na rysunku 2 jednoznacznie wskazują na pogarszającą się urabialność mieszanki betonowej wraz ze zwiększaniem zawartości PP w składzie. Największy opad stożka o wartości 110 mm uzyskano w serii kontrolnej P0. Dla mieszanki betonowej serii P1 z dodatkiem polipropylenu w ilości 1% masy cementu wartość opadu stożka wyniosła 85 mm. Najmniejszy opad stożka uzyskała seria P5 (w której ilość dodatku stanowiła 5%) i wyniósł on 15 mm.

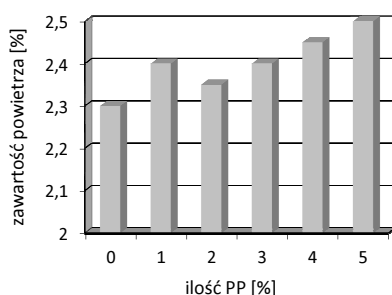
Zawartość powietrza w mieszance betonowej

Ocena zawartości powietrza w mieszance betonowej została przeprowadzona metodą ciśnieniową wg normy PN-EN 12350-7. Uzyskane rezultaty pomiarów przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Wyniki oznaczania zawartości powietrza w mieszance betonowej

Seria	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Zawartość powietrza [%]	2,3	2,4	2,35	2,4	2,45	2,5

**Rys. 3.** Wpływ ilości rozdrobnionego polipropylenu na zawartość powietrza w mieszance betonowej

Rysunek 3 przedstawia wpływ ilości dodatku PP na uzyskany wynik badania zawartości powietrza w mieszance betonowej. Ustalona zawartość powietrza w badanych seriach zmieniała się w przedziale od 2,3% (seria P0) do 2,5% (seria P5). W ocenianym zakresie ilości PP dodanej do mieszanki betonowej nie stwierdzono wyraźnych zmian w badanej właściwości. Zaobserwowano jednak tendencję nieznacznego wzrostu ilości powietrza wraz ze wzrostem ilości PP w mieszance betonowej.

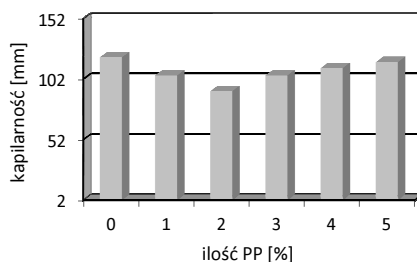
Kapilarne podciąganie wody pod ciśnieniem

Badanie szczelności struktury kompozytu oceniono poprzez badanie głębokości penetracji wodą pod ciśnieniem, które wykonano zgodnie z normą PN-EN 12390-8. Uzyskane wyniki badania zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wysokość kapilarnego podciągania wody pod ciśnieniem

Seria	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Podciąganie kapilarne [mm]	120	105	92	105	111	116



Rys. 4. Wpływ ilości rozdrobnionego polipropylenu PP na kapilarne podciąganie wody pod ciśnieniem

Na rysunku 4 zilustrowano wpływ ilości PP w składzie kompozytu na kapilarne podciąganie wody. Każda z serii zawierająca w swoim składzie rozdrobniony polipropylen uzyskała niższą wartość podciągania kapilarnego w porównaniu z serią porównawczą. Można zauważyć zmienną tendencję zachowania się badanej cechy w uzyskiwanych wynikach badań. Najkorzystniej wypadła w badaniu seria P2, która uzyskała wynik niższy o 24% w stosunku do serii kontrolnej P0.

Nasiąkliwość wagowa

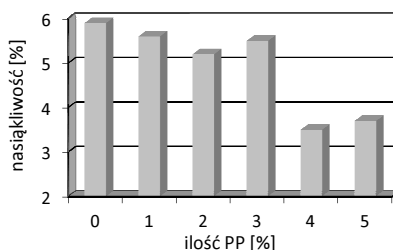
Nasiąkliwość wagowa została wyznaczona w badaniu na podstawie normy PN-EN 12390-7. Uzyskane rezultaty badania przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Wyniki badania nasiąkliwości wagowej badanych betonów

Seria	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Nasiąkliwość wagowa [%]	5,9	5,6	5,2	5,5	3,5	3,7

Na rysunku 5 zilustrowano wpływ ilości dodanego rozdrobnionego PP na nasiąkliwość betonu. Do zawartości 3% PP w betonie nie stwierdzono istotnej zmiany badanej cechy. Wyraźną poprawę uzyskano w przypadku serii P4 oraz P5, w których nasiąkliwość obniżyła się odpowiednio do 3,5 oraz 3,7%. Seria P4 w stosunku do serii kontrolnej P0 posiada nasiąkliwość niższą o prawie 60%.



Rys. 5. Wpływ ilości rozdrobnionego polipropylenu PP na nasiąkliwość betonów

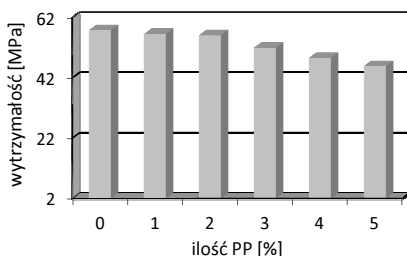
Badanie wytrzymałości na ściskanie

Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 12390-3. Uzyskane wyniki badania oraz zbadaną klasę wytrzymałości betonów zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach dojrzewania

Seria	P0	P1	P2	P3	P4	P5
f_{cm} [MPa]	57,8	56,5	56,1	52,0	48,6	45,9
Klasa wytrzymałości	C40/50	C40/50	C40/50	C35/45	C30/37	C30/37



Rys. 6. Wpływ ilości rozdrobnionego polipropylenu PP na wytrzymałość na ściskanie

Można stwierdzić, że dodatek PP do 2% m.c. do betonu nie wpłynął na istotną zmianę wytrzymałości na ściskanie (rys. 6). Jednak wraz ze stopniowo zwiększającą się ilością PP w składzie stwierdzono spadek wytrzymałości na ściskanie. Najniższą wytrzymałość uzyskano w serii P5 i była ona niższa od wytrzymałości serii kontrolnej P0 o około 20%. Zanotowany spadek wytrzymałości przełożył się na obniżenie klasy wytrzymałości badanego betonu o dwie klasy w seriach P4 oraz P5 i o jedną klasę w serii P3. Zastosowanie dodatku PP w ilości 1 oraz 2% nie wpłynęło na zmianę klasy wytrzymałości na ściskanie w badanych betonach.

4. Wnioski

Zastosowanie rozdrobnionego polipropylenu jako pełnowartościowego dodatku do betonu może być jednym ze sposobów zagospodarowania uciążliwych odpadów produkcyjnych, jednocześnie wpływającym na zmianę niektórych cech użytkowych betonu. Takie postępowanie w pełni wpisuje się w zrównoważony rozwój. Uzyskane wyniki badań betonów pozwoliły na stwierdzenie, że dodatek polipropylenu w zależności od ilości zawartej w betonie może poprawić jego właściwości. Zastosowanie rozdrobnionego polipropylenu powoduje spadek ciekłości mieszanki betonowej, dlatego w celu zachowania założonego stopnia ciekłości należy zastosować większą ilość domieszki upłynniającej. Dodatek PP obniża nasiąkliwość betonu, co może świadczyć o poprawie szczelności. Konieczne są dalsze systematyczne badania mające na celu sprawdzenie możliwości i warunków efektywnego zastosowania pyłów polipropylenowych jako dodatku do kompozytów cementowych.

Literatura

- [1] Dębska B., Materiały budowlane produkowane z wykorzystaniem odpadów, Cz. 1. Obszar zastosowań, Izolacje 2010, 15, 5, 27-33.
- [2] Pizoń J., Łązniewska-Piekarczyk B., Wytrzymałość krótko- i długoterminowa zapraw modyfikowanych domieszkami przyspieszającymi twardnienie, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 256-266.
- [3] Garbalińska H., Marciniak B., Ocena wytrzymałości na ściskanie betonów różnego rodzaju wyznaczonej na próbkach prostopadłościennych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 78-85.

- [4] Halbiniak J., Langier B., Mrozoodporność betonu popiołowego a charakterystyka porów powietrznych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej* 2014, seria Budownictwo 20, 62–72.
- [5] Langier B., Werner K., Baranowski W., Modyfikacje betonu dodatkiem rozdrobnionego polipropylenu, *Przeźwórstwo Tworzyw* 2014, 20, 4(160), 299–304.
- [6] Fan C.C., Huang R., Hwang H., Chao S.J., Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes, *Construction and Building Materials* 2016, 112, 708–715.
- [7] Dębska B., Górską K., Ocena możliwości zagospodarowania odpadów w sektorze budowlanym, *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture* 2016, 67–74.
- [8] Chiou I.-J., Wang K.-S., Chen Ch.-H., Lin Y.-T., Lightweight aggregate made from sewage sludge and incinerated ash, *Waste Management* 2006, 26, 1453–1461.
- [9] Kuo W.-Y., Huang J.-S., Tan T.-E., Organo-modified reservoir sludge as fine aggregates in cement mortars, *Constr. Building Mater.* 2007, 21, 609–615.
- [10] Lin K.-L., Lin Ch.-Y., Hydration characteristics of waste sludge ash utilized as raw cement material, *Cement and Concrete Research* 2005, 35, 1999–2007.
- [11] Dębska B., Modyfikacja betonów i zapraw polimerowych odpadami z tworzyw sztucznych, *Izolacje* 2009, 2, 56–63.
- [12] Salmia B., Nuruddin M.F., Shafiq N., Nur Liyana M.K., Talib S.H.A., Performance of microwave incinerated rice husk ash and used engine oil as a green concrete admixtures, *Journal of Engineering Science and Technology* 2015, 10, 12, 1628–1640.
- [13] Report on polimer-modified concrete, Report of ACI Committee 548, ACI Publication nr 548. 3R-09, Farmington Hills, USA, 2009.

Selected properties of cement composites with addition of shredded polypropylene

ABSTRACT:

The use of production waste in the concrete technology has an impact on reducing environmental pollution. The article presents the results of tests to check the impact of polypropylene dust, obtained from production waste, on selected properties of cementitious composite. Gravel concrete was tested, to which 1 to 5% of the polypropylene dust was added. The change in compressive strength, water absorption, capillarity under pressure and changes in pore characteristics have been checked. As a result of the research it was found that the applied polypropylene dust affected the tested properties and its effect was related to the amount of dust. The optimal amount of polypropylene dust was associated with the tested feature of the cementitious composite.

KEYWORDS:

cement composites; shredded polypropylene; compressive strength; absorbability; capillary rise of water