

Odporność chemiczna kompozytów polimerowych zawierających odpadowy pył perlitowy

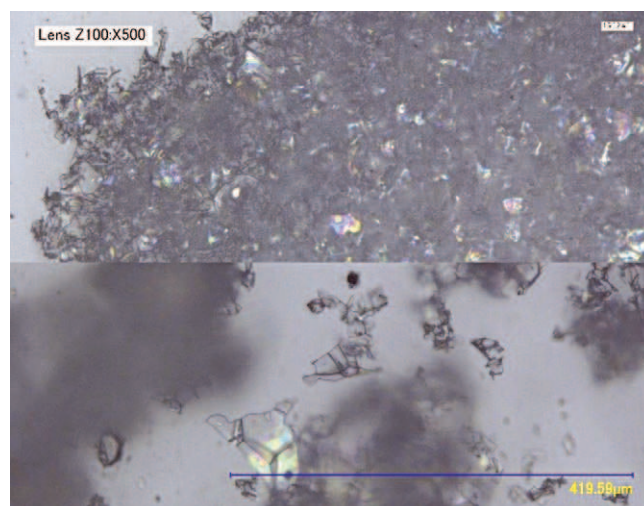
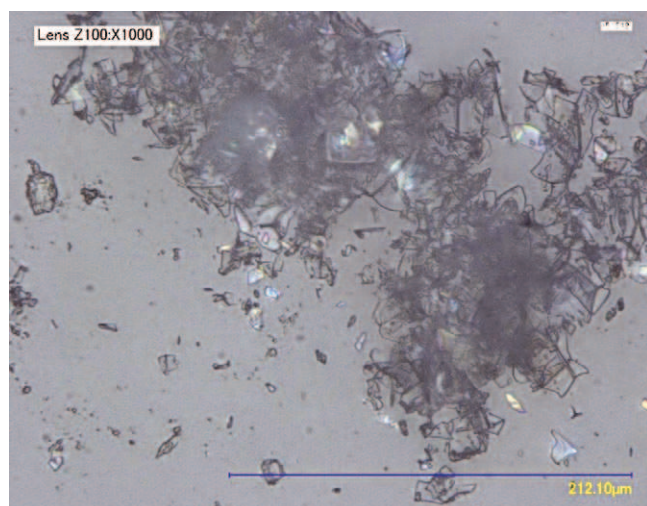
Dr hab. inż., prof. nadzw. Paweł Łukowski, dr inż. Joanna Julia Sokołowska,
dr inż. Grzegorz Adamczewski, mgr inż. Maja Smarż-Kępnia,
Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Kompozyty polimerowe, zwłaszcza bezcementowe kompozyty betonopodobne o spoiwie w postaci żywicy to materiały bardzo wysokiej odporności chemicznej, dlatego znaczącym obszarem ich stosowania jest produkcja elementów prefabrykowanych do stosowania w środowiskach agresji chemicznej – m.in. rur, zbiorników na ciecz agresywne chemicznie (np. wanny elektrolityczne), systemów naprawy i ochrony antykorozyjnej konstrukcji betonowych [1, 2]. Stosowanie żywicy jako jedyne spoiwa, wiązanie i utwardzanie kompozytów w wyniku procesu polimeryzacji (bez udziału wody koniecznej do hydratacji spoiw mineralnych) oraz stosowanie bardzo drobnoziarnistych wypełniaczy (tzw. mikrowypełniaczy) powoduje, że kompozyty polimerowe stwarzają duże możliwości utylizacji odpadów przemysłowych w postaci drobnoziarnistych proszków i pyłów, które mogą być stosowane jako zamienniki oryginalnych wypełniaczy. Podejście to wpisuje się w zasady gospodarki zrównoważonego rozwoju w budownictwie [3], a jednocześnie pozwala obniżyć

koszt materiałowy modyfikowanych kompozytów. Betony, zaprawy i mikrozaprawy żywiczne modyfikowano m.in. za pomocą takich odpadów jak tłuczka szklana [4], pyły gumowe ze zmieszanych opon i kabli [5]; autorzy niniejszego artykułu z powodzeniem utylizowali w kompozytach polimerowych uboczne produkty spalania węgla – krzemionkowe, wapienne i fluidalne popioły lotne [6], [7], czy mielone kotki do mocowania systemów BSO [8].

W niniejszej pracy analizowano wpływ pyłu perlitowego, będącego odpadem produkcji perlitu ekspandowanego, zastosowanego jako zamiennik części frakcji mikrowypełniacza kwarcowego, na odporność chemiczną mikrozapraw i zapraw poliestrowych. Pyły perlitowe charakteryzują się składem chemicznym zbliżonym do składu perlitu ekspandowanego – składają się głównie z krzemionki SiO_2 (65÷75%) [9], zatem uzasadnione wydaje się zastępowanie nimi standardowo stosowanych wypełniaczy kwarcowych. Natomiast trzeba zaznaczyć, że odpadowe pyły perlitowe, w tym pył stosowany w prezentowanych badaniach, charakteryzują się odmienną morfologią niż wypełniacze kwarcowe



Rys. 1. Fotografie mikroskopowe badanych odpadowych pyłów perlitowych

– ich cząstki przyjmują nieforemny kształt (rys. 1), a ich powierzchnia właściwa jest bardzo rozwinięta [9].

2. Materiały i plan eksperymentu

Badano dwa rodzaje kompozytów polimerowych – mikrozaprawy oraz zaprawę o spoiwie w postaci ortoftalowej żywicy poliestrowej. Zastosowane spoiwo charakteryzuje się dużą trwałością i reaktywnością, niską lepkością ($230 \div 290$ mPa·s) zapewniającą dobrą mieszalność i zawieszalność wypełniaczy mineralnych oraz bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi w stanie utwardzonym (wytrzymałość na zginanie: 100 MPa, wytrzymałość na rozciąganie: 50 MPa, twardość Barcola: 40°B). Jako mikrowypełniacz stosowano mieszaninę mączki kwarcowej W12 i odpadowego pyłu perlitowego lub czysty pył perlitowy. W zaprawach stosowano piasek normowy.

Przy wyznaczaniu składów mikrozapraw posłużono się planem dwuczynnikowym polisekcyjno-rotalno-quasi-uniformalnym o dwóch zmiennych wejściowych w postaci stosunków względnych (masowych) komponentów: spoiwo/mikrowypełniacz, S/M (zmiennosc w zakresie $1,150 \div 1,300$) i pył perlitowy/mikrowypełniacz, P/M (zmiennosc w zakresie $0,00 \div 0,05$). Dodatkowo zbadano mikrozaprawę zawierającą kruszywo w postaci czystego pyłu perlitowego – kruszywo i spoiwo w proporcji 1:5 (masowo) oraz zaprawę, dla której wartości wskazanych wcześniej zmiennych wynosiły: S/M = 1,150 i PP/M = 0,025 (odpowiadające pkt. 3 planu eksperymentu), a proporcja sumarycznego kruszywa i spoiwa ponownie wynosiła 1:5 (masowo). Zmienną wyjściową – odporność chemiczną wyrażono przez ubytek masy próbek po ekspozycji na środowisko agresywne chemicznie.

3. Procedura badawcza

Podobnie, jak w przypadku betonów cementowych [10], także w przypadku betonopodobnych kompozytów polimerowych, stan normalizacji polskiej i ogólnoeuropejskiej nie obejmuje kompleksowej procedury badania chemoodporności. Amerykańska norma ASTM C 267 [11] definiuje metody badawcze do betonu żywicz-

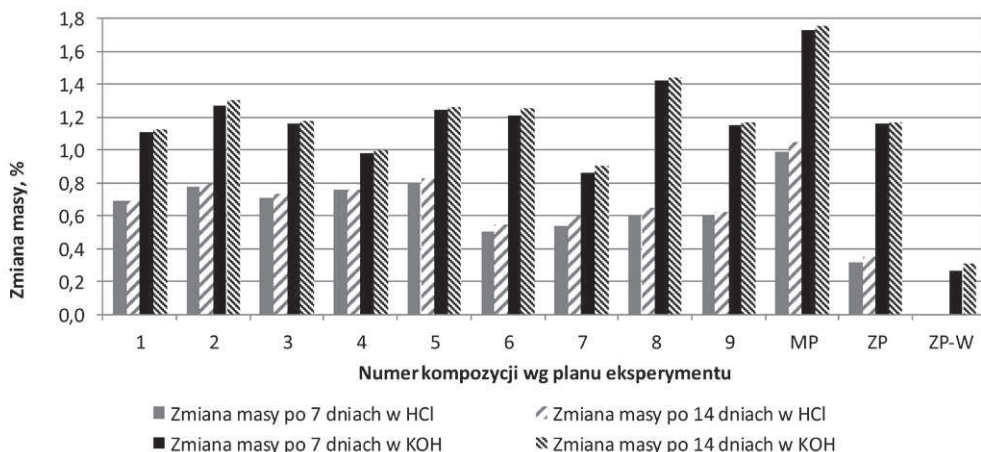
negu, jest to jednak norma o bardzo ogólnym charakterze. W niniejszych badaniach odporność chemiczną kompozytów określono stosując zmodyfikowaną metodę opisaną w zaleceniach ZUAT-15/X.05/2009 „Studzienki kanalizacyjne z prefabrykowanych elementów polimerobetonowych”. Odporność chemiczną wyznaczono na podstawie ubytku masy próbek poddanych działaniu kwasu solnego i zasady potasowej. Oznaczenie przeprowadzono na próbkach w postaci połówek walców o średnicy i wysokości równej 50 mm, powstałych w wyniku przecięcia próbek pozostałych po badaniu przebiegu procesu utwardzania kompozytów. Dodatkowo powierzchnie prostopadłe i płaszczyznę cięcia poddano szlifowaniu w celu wyeksponowania struktury wewnętrznej kompozytów. W ten sposób próbki symulowały uszkodzone (np. w wyniku zarysowania lub pęknięcia warstwy wierzchniej) elementy prefabrykowane narażone na działanie czynników agresywnych. Badanie przeprowadzono kilkietapowo: próbki wysuszone do stałej masy próbki umieszczono w roztworach kwasu solnego (5%) i zasady potasowej (5%), by po 7 i 14 dniach określić zmianę masy próbek (nasyconych roztworami), a następnie ponownie wysuszone je do stałej masy i oznaczono ich ubytek spowodowany agresją chemiczną. Według zaleceń ZUAT-15/X.05/2009 jako odporne chemicznie uznawane są próbki, dla których ubytek masy nie przekracza 0,25%.

4. Wyniki badań

Na rysunku 2 oraz w tabeli 1 zestawiono wyniki badania chemoodporności poprzez oznaczenie zmiany masy próbek 10 mikrozapraw i jednej zaprawy żywicznej zaprojektowanych i wykonanych według przyjętego planu eksperymentu. W przypadku zaprawy poliestrowej – w ramach kontroli – oznaczenie przeprowadzono także w wodzie wodociągowej (o wartości pH = 6,7).

5. Podsumowanie

Podejście zastosowane przez autorów, zakładające badanie próbek o otwartej strukturze, różni się od dotych-



Rys. 2. Zmiana masy kompozytów z pyłem perlitowym po ekspozycji w HCl i KOH (próbki nasycone roztworem)

Tabela 1. Zmiana masy mikrozapraw perlitowych po ekspozycji w KOH

Nr wg planu	Zmienne rzeczywiste		Zmiana masy 14-dniowej ekspozycji w KOH [%]									
	S/M, g/g	P/M, g/g	Numer kompozycji wg planu eksperymentu									
1	1,172	0,007										
2	1,278	0,043										
3	1,150	0,025										
4	1,300	0,025										
5	1,225	0,000										
6	1,225	0,050										
7	1,225	0,025										
8	1,172	0,043										
9	1,278	0,007										

czasowo stosowanych metod badań chemoodporności [12] zakładających badanie próbek wykonanych w formach. Gładkie ścianki o zamkniętych przez żywicę porach ograniczają oddziaływanie czynnika agresywnego i nie dają pełnej informacji o wrażliwości struktury komponentu na agresję chemiczną. W metodzie stosowanej w niniejszej pracy trzy powierzchnie próbki powstały w wyniku cięcia i/lub szlifowania, co umożliwiło bezpośrednie oddziaływanie środowiska chemicznego na poszczególne elementy mikrostruktury.

Po zanurzeniu próbek mikrozapraw i zapraw poliestrowych modyfikowanych odpadowym pyłem perlitowym w kwasie solnym i w zasadzie potasowej, kompozyty wykazały się bardzo dobrą chemoodpornością. Zmiany masy po ekspozycji na KOH nie przekroczyły wartości 0,25% – granicznego ubytku masy dopuszczalnego według ZUAT-15/X.05/2009 (tab. 1); w przypadku ekspozycji na kwas nie odnotowano zmiany masy próbek. Niezależnie od składu kompozytu, w tym poziomie substytucji mączki kwarcowej pyłem perlitowym, wszystkie próbki okazały się odporne na działanie czynnika agresywnego w postaci HCl i KOH. Uzyskane wyniki nie wykazują szczególnej istotności zmiennej S/M. Stwierdzono pewną istotność stopnia substytucji mączki kwarcowej pyłem perlitowym – największe efekty działania roztworów (widoczne zwłaszcza podczas analizy masy próbek nasyconych roztworami) zanotowano w przypadku mikrozaprawy czysto perlitowej (pył perlitowy – 16,7% masy kompozytu), najmniejsze niszczące działania kwasu – w zaprawie (pył perlitowy – 0,4% masy kompozytu). W pozostałych przypadkach nie było możliwe jednoznaczne wskazanie wpływu udziału pyłu perlitowego w składzie na wynik badania. Należy jednak zauważyć, że w przypadku zaprawy uzyskano bardzo zbliżone wyniki odnośnie skutków jej ekspozycji na wodę wodociągową i kwas solny. Można wnioskować, że wyniki te dotyczą nasiąkliwości zaprawy, a nie faktycznej korozji chemicznej.

Wyniki badań odporności chemicznej pozwalają stwierdzić, że mikrozaprawy i zaprawy poliestrowe pomimo modyfikacji odpadem charakteryzują się dobrą odpor-

nością na kwasy i zasady – spełniają wymagania stawiane prefabrykowanym elementom kanalizacyjnym nawet po wyeksponowaniu ich struktury na środowisko agresywne. Wskazuje to, że w przypadku uszkodzenia elementu i narażenia wewnętrznej mikrostruktury na bezpośrednie działanie środowiska elementy zachowają odporność chemiczną.

Podziękowania

Badania do niniejszego artykułu zostały zrealizowane w laboratoriach Zakładu Inżynierii Materiałów Budowlanych PW w ramach Projektu NCBiR nr PBS1/A5/14/2012 pt. „Kompleksowe wykorzystanie odpadu powstającego podczas produkcji lub stosowania perlitu ekspandowanego” w ramach Programu Badań Stosowanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Czarnecki L., Łukowski P., Cement Wapno Beton 5 (2010), 243–258
- [2] Czarnecki L., Łukowski P., Inżynieria i Budownictwo 1 (2012), 10–13
- [3] Czarnecki L., Kaproń M., Zrównoważone budownictwo jako zadanie badawcze, Problemy naukowo-badawcze budownictwa, Tom IV: Zrównoważony rozwój w budownictwie, WPB, Białystok 2008, 207–220
- [4] Bignozzi M. C., Saccani A., Sandrolini F., 11th Int. Congress on Polymers in Concrete – ICPC'04, Berlin, 2004, 587–595
- [5] Bignozzi M. C., Saccani A., Sandrolini F., Composites: Part A: applied science and manufacturing, 31 (2000), 97–106
- [6] Garbacz A., Sokołowska J., Construction and Building Materials, 38 (2013), 689–699
- [7] Sokołowska J., Kształtowanie właściwości popiołowych betonów żywicznych, rozprawa doktorska, OWPW, Warszawa 2011
- [8] Sokołowska J. J., Piotrowski T., Garbacz A., Kowalik P., Advanced Materials Research, 687 (2013), 520–526
- [9] Łukowski P., Sokołowska J. J., Jaworska B., Smarż M., I Konferencja naukowo-techniczna TECH-BUD' 2013 „Problematyka projektowania i wykonawstwa w aspekcie stosowania nowych technologii, materiałów i nowoczesnej techniki w budownictwie; normy europejskie – teoria a praktyka”, Kraków, 2013, 195–202
- [10] Sokołowska J., Woyciechowski P., 3rd International Conference on Sustainable Construction, Materials & Technologies – SCMT3, Kyoto, 2013, paper No: e85
- [11] ASTM C 267 – 01 (2006) Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes
- [12] Sokołowska J. J., Woyciechowski P., Adamczewski G., Advanced Materials Research, 687 (2013), 144–149