Komunikat Koła Inżynierii Materiałów Budowlanych Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej

Damian Cichocki, Mateusz Gluz, Jakub Karaszewski, Szymon Kaszubski, Michał Kołaciński, Piotr Kossakowski, Paweł Krupa, Marcin Momot, Oskar Natkański, Maja Natorff, Krzysztof Palimąka, Mateusz Przybyszewski, Anna Wyszomirska, Maciej Wywrocki, Marek Zakrzewski

Doc. dr Bogumiła Chmielewska
Dr inż. Grzegorz Adamczewski – Opiekun Naukowy KNIMB

Jednym z kierunków rozwoju nowoczesnych materiałów nawierzchniowych i posadzkowych jest opracowywanie szybkosprawnych kompozytów umożliwiających wykonanie skutecznej naprawy w warunkach dużych ograniczeń czasowych. Ograniczenia te mogą być związane ze znaczeniem obiektu lub ogólnymi warunkami jego eksploatacji. Stosunkowo nową ofertą na rynku europejskim są w tym zakresie kompozyty mineralne z cementami o istotnej roli glinainów wapnia. Ogólna charakterystyka takiego spoiwa jest opisywana w literaturze (W. Kurdowski, Chemia cementu i betonu, PWN 2010) jednak realizacje techniczne w Polsce są mało znane. Beton i zaprawy naprawcze zawierające takie spoiwo charakteryzują się krótkim czasem zachowania właściwości roboczych i szybkim narastaniem wytrzymałości, co wymaga uwzględnienia specjalnych zasad wbudowywania i pielęgnacji. Jedną z zalet takiego spoiwa jest niski skurcz wiązania. Ponadto, jest to materiał proekologiczny ze względu niski ślad węglowy, co wynika z małego zużycia energii w procesie produkcji związanego z niską wartością modułu nasycenia klinkieru wapnem. Należy spodziewać się rozwoju zastosowań tych materiałów w budownictwie, szczególnie w naprawach konstrukcji z betonu.

Materiał tego rodzaju (oznaczony dalej CM) jest obecnie przedmiotem badań prowadzonych przez studentów Koła Naukowego Inżynierii Materiałów Budowlanych (KN IMB), w Zakładzie Inżynierii Materiałów Budowlanych na Wydziale Inżynierii Lądowej, w ramach Grantu Rektorskiego (2013) „Badanie charakterystyki technicznej zaawansowanych betonów cementowych". Inspiracją do podjęcia badań w tym zakresie była prezentacja nowoczesnych systemów naprawczych przeprowadzona przez firmy KORODUR i FORMATIQ na Wydziale Inżynierii Lądowej, podczas seminarium Koła Naukowego IMB (**rys. 1**).

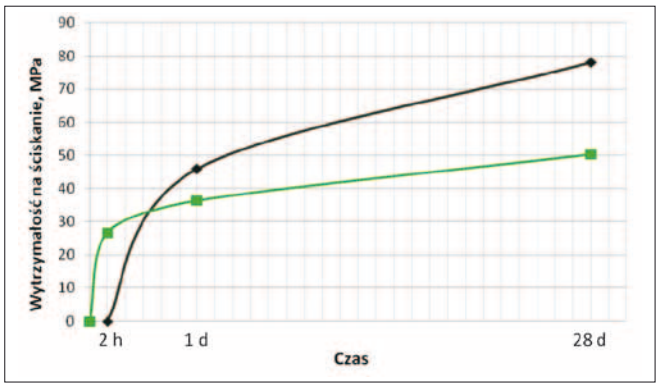
Rys. 1 Seminarium Koła Inżynierii Materiałów Budowlanych WIL PW z udziałem firm Korodur i Formatiq poświęcone materiałom naprawczym

Tabl. 1 Wytrzymałość na ściskanie betonów betonu BWW i betonu BSG

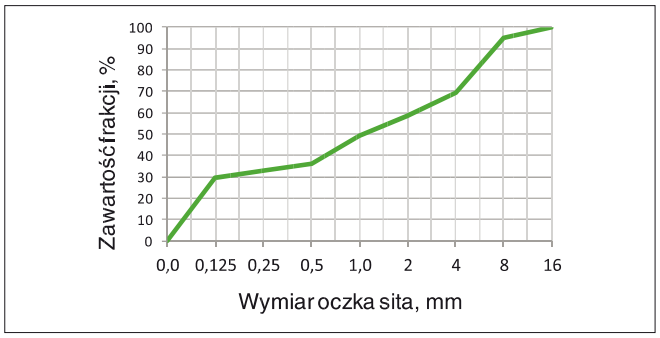
Rodzaj betonu	Wiek	Średnia [MPa]	Odchylenie standardowe [MPa]
BWW	2 h*)	–	–
	1 d	45,9	2,08
	28 d	78,2	7,13
CM	2 h	26,7	0,54
	1 d	36,4	1,24
	28 d	50,3	1,88

*) brak możliwości rozformowania

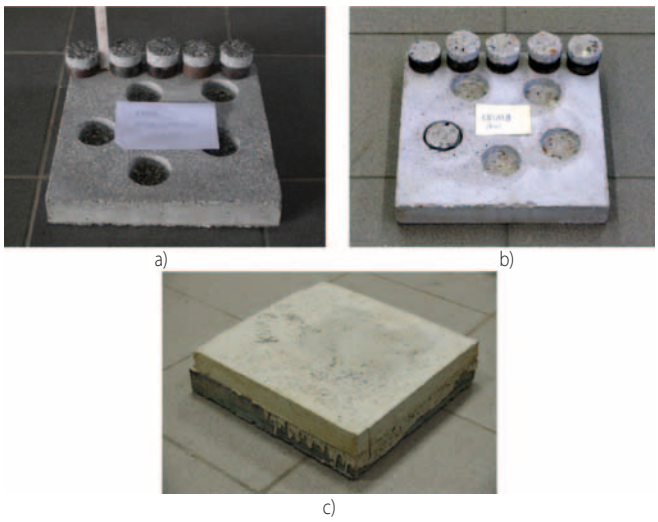
Przesłanką podjęcia tak sformułowanego tematu jest zapoznanie studentów z zaawansowanym technicznie materiałem, którego upowszechnienie stosowania w Europie jest spodziewane w najbliższych kilku latach, a także poszerzenie wiedzy o zaawansowanych metodach badawczych. Celem trwającego programu badawczego jest porównanie betonu z cementem portrlandzkim i betonu CM, pod kątem właściwości istotnych z punktu widzenia napraw nawierzchni i posadzek. Cement specjalny oraz suche mieszanki zapraw i betonów których jest składnikiem objęte są patentem oraz tajemnicą producenta, stąd wiedza o ich właściwościach, a zwłaszcza składzie jest ograniczona.
W ramach już zrealizowanej części programu przeprowadzono pomiary składu granulometrycznego suchych składników mieszanki betonu CM (**rys. 3**), badania wytrzymałości materiału oraz przygotowano próbki do badań adhezji w złączach z betonem BWW.
Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie wskazują, że materiał charakteryzuje się bardzo szybkim i dynamicznym rozwojem wytrzymałości w pierwszych kilkudziesięciu minutach po dodaniu wody (**tabl. 1**, **rys. 2**). Wartości rzędu 25 MPa uzyskiwane są już po 2 godzinach, podczas gdy beton BWW ze spoiwem tradycyjnym pozostaje jeszcze plastyczny co uniemożliwia jego rozformowanie. Zbadano również wytrzymałość na rozciąganie warstwy wierzchniej płyt z betonu BSG oraz z betonu BWW z cementem portlandzkim, za pomocą metody pull-off (**rys. 4, tabl. 2**).



Rys. 2 Rozwój wytrzymałości betonów BWW (linia czarna) i CM (linia zielona)



Rys. 3 Zawartość poszczególnych frakcji w suchej mieszance betonu CM



Rys. 4 Beton BWW (a) i beton naprawczy CM (b) po badaniu pull-off oraz płyta do badania złącza beton BWW/ beton CM (c)

Tabl. 2 Wytrzymałość na rozciąganie betonu BWW oraz betonu CM badane metodą pull-off

Rodzaj próbki	Średnia wytrzymałość na rozciąganie, [MPa]	Odchylenie standardowe, [MPa]	Sposób zniszczenia
BWW	3,8	0,20	w betonie
CM	2,1*)	0,05	w betonie

*) w tylko jednym przypadku zniszczenie w połączeniu klejonym (wynik 2,03 MPa)

Zwraca uwagę konieczność bardzo intensywnej pielęgnacji betonu na spoiwie siarczanowo-glinowym w porównaniu z betonem na cemencie portlandzkim. Warunkiem właściwego przebiegu wiązania i prawidłowego kształtowania się mikrostruktury materiału naprawczego jest natychmiastowa i obfita pielęgnacja wodna (**rys. 7**).

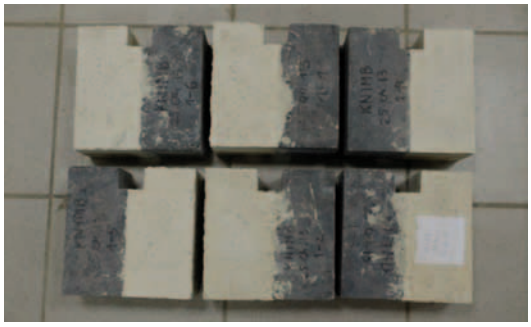
Końcowa wytrzymałość na ściskanie naprawczego betonu CM, jakkolwiek wysoka (ok 50 MPa), jest nieco niższa niż typowego betonu BWW, zaś jego wytrzymałość w okresie krytycznym dla przeprowadzenia skutecznej naprawy jest istotnie wyższa, a zrównania wytrzymałości można spodziewać się pod koniec pierwszej doby dojrzewania (**rys. 2**). Wybór betonu BWW do badań porównawczych wynika między innymi z planu oceny przyczepności betonu CM do podłoża, którego szczelna i o wysokiej wytrzymałości powierzchnia jaką charakteryzuje się beton BWW, będzie minimalizowała prawdopodobieństwo przebiegu zniszczenia w podłożu. W efekcie zwiększy się rola i udział zjawiska adhezji w zmierzonej wartości przyczepności. Pomiary takie zostaną wykonane metodą pull-off (**Rys. 4c**) oraz w sposób niestandardowy metodą WST przy użyciu specjalnie przygotowanych próbek (**Rys. 5b**).
W badaniu charakterystyki pękania metodą rozłupywania przez wciskanie klina (WST; Wedge Splitting Test) zachowanie się materiałów było podobne, na co wskazuje kształt wykresów (**rys. 6**), a inicjacja rysy następuje przy podobnym poziomie odkształceń, typowym dla betonów. Energia zniszczenia (interpretowana jako pole pod wykresem) jest niższa w przypadku materiału naprawczego, co zapewne wynika z niższej wytrzymałości na ściskanie tego kompozytu. Znajduje to potwierdzenie również w niższym wyniku badania wytrzymałości na rozciąganie betonu CM metodą pull-off.

Prezentowane wyniki badań uzyskano w fazie wstępnej realizowanego aktualnie w Kole Naukowym Inżynierii Materiałów Budowlanych pro-

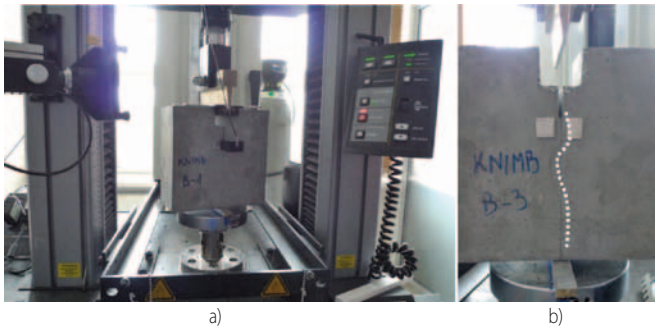
gramu badawczego. W dalszym etapie planowane są badania przyczepności betonu CM do podłoża z betonu BWW o spoiwie tradycyjnym metodami pull-off oraz WST, a także obserwacje mikrostruktury badanych kompozytów.

a)

b)

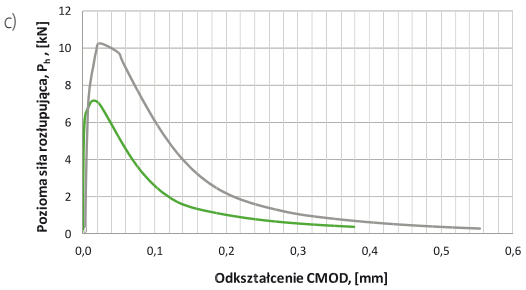


Rys. 5 Próbki do badania charakterystyki pękania metodą WST (a) oraz do niestandardowego badania przyczepności betonu CM do betonu BWW (b)



a) b)

c)



Rys. 6 Widok próbki podczas testu WST (a), widoczne zarysowanie (b) oraz przykładowy wykres zależności składowej poziomej siły rozłupującej (Ph) od kontrolowanego rozwarcia wierzchołka szczeliny (CMOD) (c) beton BWW (linia szara) oraz beton CM (linia zielona); badanie po 28 dniach dojrzewania

Rys. 7 Pielęgnacja wodna materiału CM w początkowej fazie wiązania

Podziękowania

Praca została wykonana w ramach w ramach Grantu Rektorskiego nr 500C 1000 1080 541 „Badanie charakterystyki technicznej zaawansowanych betonów cementowych" (2013).
Koło Naukowe Inżynierii Materiałów Budowlanych Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej pragnie podziękować firmom FORMATIQ oraz KORODUR za prezentację nowoczesnych produktów naprawczych oraz za udostępnienie materiałów do badań.