



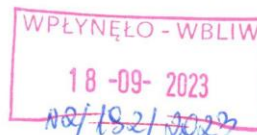
Wydział
Budownictwa
i Inżynierii Środowiska



Zachodniopomorski
Uniwersytet
Technologiczny
w Szczecinie

Szczecin, 13.09.2023

dr hab. inż. Paweł Sikora, prof. ZUT
Katedra Inżynierii Budowlanej i Komunikacyjnej
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Al. Piastów 50a, 70-311 Szczecin
pawel.sikora@zut.edu.pl



Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Adriana Chajca
pt. „Wpływ odpadowej mączki granitowej i krzemionkowego popiołu lotnego
na wybrane właściwości kompozytów cementowych”
wykonanej na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej
pod kierunkiem dr hab. inż. Łukasza Sadowskiego, prof. PWR
oraz dr inż. Magdaleny Piechówki-Mielnik (promotor pomocniczy)

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport prof. dra hab. inż. Wojciecha Puły z dnia 14.07.2023, wynikające z uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport nr 358/59/RDND06/2021-2024 z dnia 12.07.2023, powołującej mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Adriana Chajca, w postępowaniu prowadzonym wg przepisów Ustawy z dn. 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

1. Charakterystyka rozprawy i uwagi ogólne

Recenzowana rozprawa doktorska poświęcona jest ocenie wpływu odpadowej mączki granitowej oraz popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości kompozytów cementowych (zaczynów oraz zapraw). Rozprawa ma typowy charakter opracowania studialno-doświadczalnego i liczy 220 stron formatu A4. Składa się z 7 rozdziałów, zestawienia publikacji Doktoranta, wykazu literatury oraz streszczeń w języku polskim i angielskim.

W rozdziale 1 Autor zarysowuje tematykę rozprawy, by następnie w rozdziale drugim sformułować cele i zakres dysertacji. Rozdział 3 poświęcony jest części studialnej rozprawy, w której przeprowadzony jest rozległy przegląd literatury poświęcony omówieniu wpływu dodatków na właściwości kompozytów cementowych w stanie

plastycznym i stwardniałym. Rozdział ten wzbogacony jest o zestawienia (w formie graficznej) dotychczasowo uzyskanych wyników badań przez pozostałe zespoły badawcze, umożliwiając „wytypowanie” wstępnych składów mieszanek do części doświadczalnej rozprawy. Część badawcza rozprawy zawarta została w rozdziałach 4-6, która podzielona została na prace badawcze zrealizowane w laboratorium oraz prace wdrożeniowe związane z weryfikacją uzyskanych rezultatów badań laboratoryjnych. Pracę zakończono rozdziałem 7 poświęconemu podsumowaniu, przedstawieniu wniosków z rozprawy oraz zaproponowaniu dalszych kierunków badań. Cała praca zawiera ponad 100 rysunków i ponad 20 tabel, w większości przygotowanych samodzielnie i bardzo starannie przez Autora. Ponadto załączony do rozprawy obszerny spis literatury (w większości anglojęzycznej) zawiera 192 pozycje. Większość cytowanych w rozprawie prac badawczych opublikowana została w ciągu ostatnio 10 lat (ponad 30% cytowanych prac w ciągu ostatni 5 lat) co dowodzi aktualności problemu przedstawionego w niniejszej rozprawie.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Tytuł rozprawy odpowiada jej zawartości a cele pracy, „luka” badawcza oraz spodziewane rezultaty zostały precyzyjnie sprecyzowane w rozdziale 1 rozprawy. Rozprawa doktorska zrealizowana została na podstawie rezultatów projektu LIDER XI nr LIDER/35/0130/L-11/19/NCBR/2020 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju p.t.: *Wykorzystanie odpadowej mączki granitowej do produkcji wybranych wyrobów budowlanych*, w którym funkcję kierownika pełnił Promotor. Ze względu na charakter realizowanego projektu badawczego, pracę cechuje wysoka wartość aplikacyjna, co potwierdzają wyniki przedstawione w rozdziale 6 rozprawy.

Zastosowanie dodatków do produkcji kompozytów cementowych jest zagadnieniem dobrze rozpoznanym w technologii kompozytów cementowych, lecz ze względu na ograniczenia

w dostępności konwencjonalnych dodatków mineralnych poszukiwane są alternatywne rozwiązania (m. in. zastosowanie mączek granitowych). Ponadto, coraz większym zainteresowaniem cieszą się cementy wieloskładnikowe. Celem osiągnięcia pożądaných właściwości kompozytów cementowych na bazie spoiw wieloskładnikowych niezbędne jest poznanie synergicznego efektu stosowanych dodatków oraz zweryfikowanie ich kompatybilności. Zatem tematyka i cele rozprawy, w mojej opinii, a także w kontekście przedstawionego zestawienia literatury mają

charakter nowatorski i oceniam je bardzo pozytywnie w świetle wymagań stawianych rozprawom doktorskim.

Rozprawa doktorska pod względem technicznym jest w mojej ocenie kompletna. Układ rozprawy, kolejność prezentowanych wyników, sposób ich prezentacji oceniam jako prawidłowy. Pewne zastrzeżenia budzi poprawność językowa rozprawy, w tym stosowanie nieprecyzyjnej terminologii naukowej, choć nie wpływa to na jakość wyników prac badawczych.

Część studialna prezentowana na 65 stronach jest opracowana bardzo starannie i wsparta została 48 rysunkami. Rozdział ten jest bardzo bogaty w krytyczną analizę porównawczą (zestawienie) wyników zespołów badawczych z całego świata co świadczy o bardzo dobrej znajomości podjętej tematyki badawczej oraz zdolności Doktoranta do krytycznego myślenia. Na szczególne wyróżnienie zasługują tabele i rysunki, stanowiące zestawienie wyników uzyskanych przez inne zespoły badawcze. Ułatwia to odbiór oraz bardzo wzbogaca rozprawę, potwierdzając jednocześnie ogrom pracy włożony przez autora. Bardzo ciekawym dopełnieniem części studialnej jest Tabela 5, która ponownie została „zaktualizowana” (Tabela 24), uwzględniając rezultaty własnych badań Autora rozprawy.

Część doświadczalną pracy oceniam także bardzo wysoko. Zaproponowany plan badawczy był rozbudowany, składał się z obszernych badań właściwych, poprzedzonych kompleksowymi badaniami wstępnymi, a wyniki uzyskane w rozprawie zostały odpowiednio uzasadnione i skonfrontowane z obecnie dostępną literaturą naukową. W rozprawie zastosowano także metody badawcze niestosowane powszechnie w Polsce (np. metoda badania odsączania mieszanki cementowej wg normy ASTM), a także podjęto się próby wprowadzenia własnej klasyfikacji (oceny) procesu odsączania wody z mieszanek cementowych. Świadczy to o znaczącym rozpoznaniu tematyki badawczej oraz samodzielności naukowej Autora dysertacji.

Na wyróżnienie zasługuje część weryfikacyjna badań, w której opracowane mieszanki zweryfikowano w skali rzeczywistej wykonując badania *in situ* na budowie budynku mieszkalnego z garażem podziemnym (pole badawcze 12 × 6 m). Badania weryfikacyjne podparto także analizami ekonomiczno – mechanicznymi oraz ekologiczno – mechanicznymi.

Analiza wyników stoi na wysokim poziomie i była podstawą do sformułowania wielu wniosków, a także interesujących kierunków dalszych badań. Badania weryfikacyjne niewątpliwie potwierdziły, że cel postawiony rozprawie został osiągnięty i zweryfikowany.

Podsumowując, program oraz zakres własnych przeprowadzonych badań wsparty badaniami weryfikacyjnymi potwierdziły, że cel postawiony rozprawie został osiągnięty i zweryfikowany.

3. Uwagi do rozprawy doktorskiej

Dysertacja przygotowana została starannie pod względem naukowym, nie jest jednak wolna od sporej liczby literówek, zapożyczeń z języka angielskiego oraz pewnej braku w konsekwencji w stosowaniu terminów naukowych. W trakcie lektury rozprawy zauważono także pewne uchybienia, które należałoby poddać dyskusji.

Spore trudności w zrozumieniu tekstu rozprawy powoduje stosowanie przez Doktoranta bardzo uogólnionej formy nazywania materiałów mieszanką lub kompozytem cementowym. Autor stosuje termin mieszanka cementowa/kompozyt cementowy nie precyzując z jakim typem kompozytu mamy do czynienia (zaczyn, zapraw, beton). Autor jest świadomy tego zabiegu i wspomina o tym wielokrotnie w treści swojej rozprawy, między innymi na stronie 39: *„Niemniej jednak, należy mieć na uwadze, że przedstawione wyniki dotyczą zróżnicowanych kompozycji materiałowych w których wykorzystano różne dodatki, sposoby przechowywania czy rodzaj mieszanki (zaczyn/zaprawa/beton)”*.

Problem ten szczególnie istotny w części studialnej rozprawy (Rozdział 3), a w szczególności w przypadku zestawień graficznych. Wyjątkowo trudno jest zinterpretować te zestawienia i porównywać wybrane wyniki między sobą. Dla przykładu Autor na rysunkach nr 9 oraz 27 zestawiał wartości współczynnika woda-cement i wyznaczył średnią wartość, nie precyzując jakie rodzaje kompozytów były analizowane. Oczywistym jest, że dobór współczynnika woda-cement podyktowany jest wieloma czynnikami i z natury w przypadku prac naukowych dla zapraw/zaczynów wynosi on (najczęściej) 0.5, gdzie w przypadku betonów jest zwyczajowo niższy (ze względu na stosowanie domieszek uplastyczniających). To samo dotyczy np. analizy wytrzymałości na ściskanie (rysunki 14 oraz 29). Autor wyznaczył procentowy wpływ dodatku popiołu krzemionkowego (poprawa/spadek) na właściwości mechaniczne

kompozytów cementowych nie precyzując jakie materiały są porównywane. Oczywistym jest, że zdolność upakowania cząstek w matrycy cementowej betonu będzie inna niż w przypadku zapraw lub zaczynów ze względu na odmienny charakter mikrostruktury kompozytu. Drugim aspektem budzącym wątpliwości jest brak informacji nt. stopnia zastępowalności cementu dodatkami. Informacje te częściowo pojawiały się w tekście (dla wybranych analizowanych prac badawczych) lecz nie znalazły odzwierciedlenia w rysunkach. Naturalnym jest, że w zależności od stopnia zastąpienia cementu dodatkiem uzyskane właściwości będą inne oraz, że istnieje pewna graniczna ilość dodatku, która powodować może pogorszenie właściwości kompozytu. Efektem tego są zapewne zaobserwowane różnice we wzroście/spadku wytrzymałości „kompozytów cementowych” (zawierających popiół lotny) wynoszące od -20% do + 40% (rysunek 29)”. W opinii recenzenta, najprostszym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie kolorów słupków zależności od stosowanego rodzaju kompozytu.

Pytanie nr 1) Prosiłbym Doktoranta o ustosunkowanie się jak kształtowałyby się wnioski z sekcji studialnej rozprawy nt. wpływu mączki granitowej i popiołu lotnego krzemionkowego w kontekście nasiąkliwości oraz wytrzymałości na ściskanie uwzględniając precyzyjnie rodzaj kompozytu?

Pytanie nr 2) Prosiłbym Doktoranta o ustosunkowanie się jak kształtowałyby się wnioski z sekcji studialnej nt. wpływu mączki granitowej i popiołu lotnego krzemionkowego

w kontekście nasiąkliwości oraz wytrzymałości na ściskanie uwzględniając precyzyjnie rodzaj kompozytu i stopień zastąpienia cementu dodatkami?

Pytanie nr 3) Prosiłbym o informację jaki jest cel oraz zasadność przygotowania rysunku nr 10a oraz 16 poświęconego określeniu jaki jest udział procentowy mieszanek zawierających w składzie plastyfikator bez uwzględnienia informacji nt. rodzaju produkowanego kompozytu (zaczyn, zaprawa, beton)?

Pytanie nr 4) Rysunek 7: proszę o weryfikację jaki rodzaj gęstości przedstawił Autor. Podpis rysunku wskazuje na gęstość nasypową, natomiast opis na rysunku na gęstość objętościową. Czy autor nie miał na myśli gęstości właściwej? Prosiłbym odnieść się w kontekście całej rozprawy (terminy te pojawiają się zamiennie w wielu miejscach rozprawy).

Pytanie nr 5) W początkowej fazie rozprawy doktorskiej Doktorant wielokrotnie używa terminu „przechowywanie kompozytów” np. (rozdział 2.1: *"Dodatkowo, celem aplikacyjnym jest też określenie wpływu różnych warunków przechowywania kompozytów cementowych na ich właściwości."*). Rozumiem, że Autor ma na myśli warunki dojrzewania próbek?

Pytanie nr 6) Strona 23: *"Zdaje się, że dodatek odpadowej mączki granitowej nie pozwala na osiągnięcie zwiększonych właściwości kompozytów cementowych"*. Jakie właściwości Autor ma na myśli?

Pytanie nr 7) Rysunek 18: brakuje informacji w tekście w jaki sposób badano „korozyjność” (wg jakiej normy?), rodzaju kompozytu itd. Niezrozumiałe też jest jaki jest cel podzielenia wyników na kompozyty zawierające w składzie plastyfikator oraz nie. Nie jest znany także stopień zastąpienia cementu dodatkiem oraz jakie zjawiska chemiczne są odpowiedzialne za poprawę odporności kompozytów zawierających dodatek mączki granitowej. Prosiłbym o ustosunkowanie się do tego pytania.

Pytanie nr 8) Rysunek 28: Brak zestawienia źródeł na podstawie, których wykonano zestawienie. Czy autor stosując określenie geopolimery miał na myśli wszystkie materiały aktywowane alkalicznie?

Pytanie nr 9) Czy w opinii Autora definiując konsystencję mieszanki, nie powinno używać się bardziej precyzyjnych określeń niż „bardziej gęsta” (tabela 3) lub strona 34: *"Na podstawie przedstawionej analizy można wnioskować, że częściowe zastąpienie cementu za pomocą dodatku mączki granitowej w mieszance cementowej może prowadzić do bardziej gęstej konsystencji mieszanki cementowej"*. Miarą konsystencji jest płynność mieszanki a nie jej gęstość.

Pytanie nr 10) Sekcja 4.6.6: Gęstość upakowania składników - *Pomiary wagi mieszanek wykonano z dokładnością do 0,1 kg*. Czy zakres pomiarowy jest dostatecznie dokładny, w przypadku tak precyzyjnych pomiarów?

Komentarze edytorskie:

Praca w wielu miejscach napisana jest językiem potocznym oraz z wykorzystaniem skrótów myślowych. Występują także pewnie nieścisłości językowe, ortograficzne oraz zapożyczenia z języka angielskiego (kalki językowe). Kilka przykładów wymieniono poniżej:

"W skład opisanych badań wszedł opis wpływu" (Rozdział 1)

Strona 22 rozprawy - pierwszy wiersz (brak odstępów między jednostką a liczbą).

Strona 22: "Proces powstawania tego materiału przedstawiono na Rysunek 2."

Strona 22: do prezentacji wymiarów (1x1x2 m) stosowano literę „x” zamiast symbolu x

Strona 34: „Czas wiązania mieszanki modyfikowanej dodatkiem mączki granitowej nie jest jasny”.

Rysunek 6: brak oznaczeń (a) i (b) na rysunku

Zasadnym byłoby stosowanie terminu strata prażenia zamiast angielskiego skrótu LOI.

Strona 53: „Krzemionkowy popiół lotny jest znanym materiałem wykorzystywanym chętnie przez naukowców jako tzw. materiał zastępujący cement (eng. *Supplementary Cementitious Material*).” PN-EN definiuje popiół lotny jako dodatek mineralny typu II.

Rysunek 21: "skaningowy mikroskop elektronowy"

Strona 57: "Natomiast Wang i inni [170], którzy również uzyskali bardziej gęstą konsystencję mieszanki po dodaniu popiołu lotnego wykorzystali w swoich badaniach wysoką procentową zawartość mikrokrzemionki"

Strona 92: „Badania mieszanek cementowych ograniczono do wykonania sprawdzeń zaczynów cementowych oraz zapraw cementowych.”

Strona 132: "W przypadku odpadowej mączki granitowej zaobserwowano, że prowadzi ona do bardziej gęstej konsystencji"

Rysunek 38: Należałoby doprecyzować jaki rodzaj kompozytu był badany (zapewne zaczyn cementowy).

Tabela 11: Brak informacji nt. źródła danych

Rysunek 27/Rysunek 36: Współczynnik woda/spoiwo

Rysunek 76: niepełne słupki błędów

Rysunek 84: rekomendowałbym aby zakres na osiach, do celów porównawczych, był identyczny dla wszystkich wykresów.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podjęta w rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Adriana Chajca tematyka, jest bardzo aktualna i stanowi zainteresowanie wielu ośrodków badawczych w kraju i za granicą. Autor rozprawy istotnie przyczynił się do poprawy stanu wiedzy w wybranej przez siebie tematyce w zakresie badań podstawowych, a także aplikacyjnych, o czym świadczą opublikowane publikacje w prestiżowych czasopismach naukowych, patenty a także wskaźniki bibliometryczne. W moim przekonaniu Autor rozprawy wykazał się

obszerną wiedzą z zakresu technologii kompozytów cementowych i zaprezentował samodzielność w realizowaniu prac badawczych, formułowaniu trafnych wniosków, wynikających z analizy wyników oraz krytycznej analizy źródeł bibliograficznych.

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Adriana Chajca **spełnia wymagania Ustawy w zakresie oryginalnego rozwiązania problemu naukowego**, wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej Kandydata dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz wykazania umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Kandydata. W związku z czym **wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony**.

Z uwagi na jakość dysertacji, zakresu prac badawczych oraz osiągnięć Doktoranta, wnoszę o **wyróżnienie pracy** doktorskiej Pana mgr inż. Adriana Chajca.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Sikora', written over a horizontal dotted line.

dr hab. inż. Paweł Sikora, prof. ZUT