



# Politechnika Wroclawska

*Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego*

dr hab. inż. Łukasz Sadowski, profesor Uczelni

Wrocław, 03.09.2020

Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Bartosza Szostaka

pt. „Modyfikowanie właściwości młodego betonu przez zastosowanie dodatku krzemionkowych popiołów lotnych i nanodomieszki C-S-H”

### 1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi prośba Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej *Inżynieria Lądowa i Transport* Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej Pana prof. dra hab. inż. Wojciecha Franusa sformułowana w piśmie nr RDB-2013/2020 z dnia 23 lipca 2020 roku.

### 2. Przedmiot recenzji i opis ogólny rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Bartosza Szostaka pt. „Modyfikowanie właściwości młodego betonu przez zastosowanie dodatku krzemionkowych popiołów lotnych i nanodomieszki C-S-H”, opracowana na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Grzegorz Ludwik Golewski.

Rozprawa doktorska została przedłożona w formie zwanego wydruku formatu A4 w twardej oprawie i liczy 179 stron. Rozprawa datowana jest na rok 2020 i została napisana w języku polskim, składa się z 7 rozdziałów. Bibliografia liczy 198 pozycji literatury i 28 pozycji norm. W bibliografii rozprawy wymieniono 1 pozycję współautorską Autora w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym.

Treść rozprawy poprzedza streszczenie w języku polskim i angielskim. Następnie zawarto spis ważniejszych oznaczeń zawierający oznaczenia ważniejszych skrótów, oznaczenia mieszanek betonowych, oznaczenia skrótów chemicznych oraz oznaczenia symboli we wzorach. Rozdział 1 zawiera krótki wstęp i opis przedmiotu rozprawy, a także definiuje jej cele i zakres. W rozdziale 2 przedstawiono studium literaturowe, w którym rozpoczęto od omówienia możliwych sposobów modyfikacji betonu, a następnie przedstawiono rys historyczny stosowania betonu w przemyśle budowlanym. W końcowej części tego rozdziału omówiono także mechanizm twardnienia matrycy cementowej i powstawania fazy C-S-H w betonie, domieszki i dodatki stosowane w technologii betonu oraz opisano rozwój nanotechnologii w budownictwie. Rozdział 3 zawiera zakres i metodykę badań własnych. W rozdziale 4 przedstawiono charakterystykę wykorzystanych materiałów. Rozdział 5 to część badawcza zawierająca opis i rezultaty przeprowadzonych badań własnych kompozytów cementowych. W rozdziale 6 dokonano analizy uzyskanych wyników badań doświadczalnych. Z kolei w rozdziale 7 sformułowano wnioski i kierunki przyszłych badań.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że przyjęty w rozprawie układ i sposób uporządkowania treści są czytelne i logiczne oraz rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną. Strona graficzna rozprawy również nie budzi istotnych zastrzeżeń, a dobór pozycji bibliograficznych jest trafny.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

#### **3.1. Ocena doboru tematu i postawionego celu**

Przystępując do oceny doboru tematu i postawionych celów należy na wstępie podkreślić, że tematyka podjęta w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest aktualna i wpisująca się w obserwowany w ostatnich latach trend wykorzystania krzemionkowych popiołów lotnych oraz nanotechnologii w przemyśle materiałów budowlanych. Jednym z ostatnich komercyjnych rozwiązań nanotechnologicznych jest opracowanie domieszki zawierającej nanocząstki uwodnionego krzemianu wapnia (C-S-H). Zastosowanie tej domieszki zazwyczaj wpływa pozytywnie na proces twardnienia kompozytu cementowego we wczesnym stadium dojrzewania. Tematyka przedstawiona w rozprawie jest ważna także z punktu widzenia praktycznego. Wykonawcy kompozytów cementowych są zainteresowani szybszym niż po 28 dniach uzyskaniem parametrów mechanicznych kompozytu, co wpisuje się w to w potrzeby rynku budowlanego. Z drugiej strony jest ekonomiczna i ekologiczna potrzeba zastępowania części cementu materiałami odpadowymi. Istnieją jednak w tej wiedzy pewne luki, które Autor rozprawy starał się wyszczególnić na podstawie przeprowadzonego w rozprawie studium

literatury. Studium to wykazało, że brak jest badań poświęconych jednoczesnemu zastosowaniu nanocząstek uwodnionego krzemianu wapnia w betonach z dodatkiem krzemionkowych popiołów lotnych. Zastosowanie nanodomieszki CSH w betonach modyfikowanych dodatkiem krzemionkowych popiołów lotnych może zatem pomóc poprawić właściwości wytrzymałościowych betonu zawierającego krzemionkowy popiół lotny we wczesnym stadium dojrzewania. Dzięki temu możliwe będzie zwiększenie zakresu stosowania betonów popiołowych w przemyśle budowlanym.

Autor w rozprawie sformułował cel ogólny rozprawy jako „*określenie wpływu nanodomieszki CSH na betony modyfikowane popiołami lotnymi krzemionkowymi*”. Jest on umieszczony w rozdziale 1 na stronie 14. Cel ogólny trafnie ujmuje istotę podjętych prac naukowo-badawczych. Szkoda, że mimo szerokiego zakresu przeprowadzonych w rozprawie badań Autor nie zaproponował celów szczegółowych. Tym bardziej, że liczba wniosków w Rozdziale 7 rozprawy wynosi aż 11. Proszę aby Autor rozprawy, uwzględniając powyższą uwagę, zaproponował brzmienie takich celów podczas obrony publicznej w odpowiedzi na uwagę recenzenta.

Mając powyższe na uwadze uważam, że podjęty przez Autora rozprawy temat jest aktualny i interesujący zarówno z poznawczego jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Podobnie rzecz ma się ze sformułowanym w rozprawie celem, który jest odpowiednio umotywowany i oryginalny. Podsumowując ten fragment recenzji uważam, że ocena doboru tematu i postawionego celu zasługują na pozytywną ocenę.

### **3.2. Ocena wartości naukowej rozprawy**

Pod względem merytorycznym wartość naukową rozprawy oceniam bardzo dobrze. Zrealizowane przez Autora rozprawy badania doświadczalne zostały zaplanowane i wykonane właściwie. Po lekturze rozprawy nie mam zastrzeżeń do metodyki zrealizowanych badań, które zostały w sposób wyczerpujący opisane i udokumentowane. Także sposób przedstawienia uzyskanych rezultatów badań w formie graficznej jest czytelny, co umożliwiło przeprowadzenie krytycznej ich analizy. Na tej podstawie w większości wyciągnięte zostały poprawne wnioski.

Uważam, że do głównych osiągnięć naukowych Autora można zaliczyć:

- przeprowadzenie bardzo szerokiego rozpoznania literaturowego oraz ambitnego programu badań doświadczalnych,
- zbadanie wpływu zastosowania domieszki zawierającej nanocząstkę uwodnionego krzemianu wapnia na właściwości kompozytów cementowych z popiołami lotnymi krzemionkowymi,
- wykazanie, że zastosowanie domieszki zawierającej nanocząstkę uwodnionego krzemianu wapnia poprawia właściwości wytrzymałościowe kompozytów cementowych z popiołami lotnymi krzemionkowymi we wczesnym stadium dojrzewania.

#### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Podczas lektury rozprawy nasunęły mi się następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne oraz sugestie, komentarze i pytania do Autora rozprawy:

- 1) Mam uwagę odnośnie do sformułowania „*młody beton*”, które jest zawarte w tytule rozprawy. Nie wiem, czy nie lepszy byłoby określenie „*beton we wczesnym stadium dojrzewania*” jak to ma miejsce niejednokrotnie w literaturze. Niesie to również za sobą konsekwencję w tłumaczeniu tytułu na język angielski, a konkretnie w słowie „*young concrete*”. To sformułowanie nie jest obecne w literaturze światowej. Raczej mówi się o właściwościach betonu w „*early ages*”.
- 2) Moim zdaniem opis metod badawczych zawarty w Rozdziale 5 należałoby przenieść do Rozdziału 3, w którym Autor zawarł już zakres i metodykę badań własnych. Ułatwiłoby to czytelnikowi zapoznanie się z rozprawą i znajdowanie interesujących informacji.
- 3) Proszę o wyjaśnienie dlaczego zdecydowano się w seriach betonu i zaczynów z dodatkiem domieszki zawierającej nanocząstki uwodnionego krzemianu wapnia zmniejszyć ilość wody zarobowej? Być może właśnie ten zabieg spowodował konieczność zmiany plastyfikatora na inny w seriach betonu z tą domieszką.
- 4) Dlaczego zastosowano  $70 \text{ kg/m}^3$  popiołu lotnego skoro 20% masy cementu stanowi dokładnie  $70,4 \text{ kg/m}^3$ ?
- 5) Drobne uwagi można mieć do strony graficznej rozprawy. W rozprawie rzuca się w oczy, że rysunki nie są jednolite graficznie, zdarza się różna czcionka i język (np. na rys. 2.16 pozostały opisy osi pionowej w języku angielskim), brakuje skali na rysunkach pokazujących mikrostrukturę (np. na rys. 2.22). Moim zdaniem podczas publicznej obrony warto przedstawić te rysunki w wersji ujednoczonej.
- 6) Umieszczony na początku rozprawy spis ważniejszych oznaczeń mógłby zawierać więcej przydatnych informacji takich jak na przykład jednostki w przypadku oznaczeń symboli we wzorach. Zdaniem recenzenta poprawiłoby to czytelność rozprawy. Ponadto spis ten zawiera nieliczne błędy lub braki, np. skrót RILEM nie został poprawnie zdefiniowany w tym spisie. RILEM to „The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures”, a nie skrót rekomendacji komitetu technicznego TC 89-FMT.
- 7) Proszę o wyjaśnienie dlaczego w odniesieniu do ITZ (ang. Interfacial Transition Zone) Autor rozprawy w spisie ważniejszych oznaczeń definiuje określenie „warstwa stykowa”. Proszę o odniesienie się do tego terminu, ponieważ w nomenklaturze polskiej najczęściej spotykany jest bowiem termin „strefa przejściowa” (patrz nazewnictwo użyte w tytule pozycji literaturowej numer [112]).

- 8) Wyniki badania czasu wiązania przedstawiono w tab. 5.3. Mieści się on w przedziale od 30 do 35 minut. W p. 5.1.3 Autor stwierdza, że „zastosowanie dodatku w postaci popiołów lotnych w zaczynie zwiększyło średni czas wiązania o 10 minut. Oznacza to, że dodatek popiołów lotnych opóźnia czas wiązania cementu”. Czy na pewno chodziło o opóźnianie czasu wiązania? Czy może chodziło o początek czasu wiązania?
- 9) Zdaniem recenzenta czytelność rozprawy poprawiłoby ujednoczenie stosowanej nomenklatury odnośnie do stosowanej domieszki. W tytule rozprawy występuje słowo „nanodomieszka C-S-H”, z kolei w pozostałych miejscach jest mowa o „nano-C-S-H”, „nanodomieszce CSH”, „nanozarodkach CSH” czy „nanocząstkach C-S-H”. Po lekturze rozprawy recenzent ma wrażenie, że określenie „domieszka zawierająca nanocząstki uwodnionego krzemianu wapnia” byłoby najbardziej najlepiej opisujące zastosowany materiał.
- 10) W p. 5.5.8 w analizie wyników badań pojawiają się niestosowane wcześniej oznaczenia mieszanek cementowych jak FA-0 i FA-20. Nie jest w tym miejscu jasne, czy opisywane mieszanki to są te, które zawierały również nanodomieszkę, czy nie.
- 11) Co jest przyczyną uzyskanej przez Autora wysokiej zmienności wyników wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu (rys. 5.64) dla serii FA-0-CSH-0 po 24 godzinach i FA-0-CSH-4 po 7 dniach? Wysoka zmienność dla tych dwóch serii objawia się wysokim odchyleniem standardowym widocznym w postaci słupków błędów. Czy dla tych serii nie należałoby odrzucić wyników odstających?
- 12) Proszę o wyjaśnienie dlaczego po 28 dniach dojrzewania zaczynu cementowego serii FA-0 CSH-4 uzyskano niższą wytrzymałość na ściskanie w stosunku do serii referencyjnej (patrz rys. 5.67)? Jest to zastanawiające z uwagi na fakt, że dla tej samej serii w przypadku betonów Autor przedstawia, że wytrzymałość ta jest wyższa niż dla serii referencyjnej (patrz rys. 5.75).
- 13) Bibliografia jest sformatowana poprawnie, ale zdarza się, że pozycje literaturowe zawierają błędy w nazwiskach autorów (np. pozycja nr [11] „Belie Nele de Soutsos, Marios i Gruyaert, Elke”), w przypadku niektórych Autor nie podał numerów stron (np. pozycja numer [111]), a z kolei w przypadku pozycji [41] i [42] Autor przetłumaczył nazwę czasopisma „Materiały Budowlane” jako „Construction Materials”.
- 14) W tekście rozprawy zauważa się błędy stylistyczne i gramatyczne oraz sporo literówek. Na przykład: w tabeli 2.6 na stronie 33 powinno być w pierwszym wierszu „opad stożka” zamiast „opad stoika” i w tej samej tabeli w wierszu 2 słowo „beton wzorcowy” zamiast „baton wzorcowy”, zdarzają się literówki w tytułach głównych punktów rozprawy (np. p. 8 powinien brzmieć „BIBLIOGRAFIA” zamiast „BIOBLOGRAFIA”) w głównym tekście rozprawy (np. na stronie 73 powinno być raczej „tritlenku siarki” zamiast „tritkelnu siarki”; „pisaku” na stronie 78; „wydzielanego ciepła” na stronie 151).

## 5. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Bartosza Szostaka rozwiązuje postawione zadanie naukowe dotyczące znalezienia odpowiedzi na pytanie jaki wpływ ma zastosowanie nanodomieszki CSH na betony modyfikowane popiołami lotnymi krzemionkowymi. Stwierdzam, że sformułowany w rozprawie cel jest zasadny, oryginalny i został osiągnięty. Korzystając z okazji chciałbym również zaznaczyć, że uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i rozprawy. Zostały podane w celu dyskusji i uporządkowania przedstawionej treści z nadzieją, że w przyszłości zostaną uwzględnione przez Autora podczas przygotowywania artykułów naukowych do czasopism naukowych. Mając powyższe na uwadze można uznać rozprawę za przygotowaną na odpowiednim poziomie.

Moim zdaniem Autor rozprawy wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, a także umiejętnością programowania i prowadzenia badań doświadczalnych. Na szczególnie pozytywną ocenę zasługuje wykonane przez Autora rozprawy szerokie rozpoznanie literaturowe. To świadczy o Jego dobrym przygotowaniu do krytycznej analizy literatury przedmiotu i formułowania problemów naukowo-badawczych. Dobrze to rokuje na przyszłość pod kątem poszukiwania kolejnych problemów naukowo-badawczych do rozwiązania. Na bardzo wysokim poziomie została wykonana przez Autora analiza SEM-EDS. Również analiza wyników badań w rozprawie została wykonana na bardzo dużym poziomie szczegółowości i wnikliwości.

**Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa wnosi w przedmiotowym temacie wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie uprawianej przez Autora i ma istotne znaczenie aplikacyjne. Moim zdaniem recenzowana rozprawa spełnia wymogi ustawowe i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**