

Prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska
Katedra Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: Maria.Kaszynska@zut.edu.pl

Szczecin, 28.01.2022

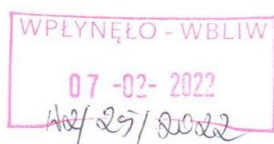
RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
PANA MGR INŻ. JACKA SZYMANOWSKIEGO
pt. „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości
cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach”

1. Podstawa formalna i przedmiot recenzji

Niniejszą recenzję opracowałam na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Wojciecha Puły, wyrażoną w skierowanym do mnie piśmie z dnia 20 października 2021 roku

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jacka Szymanowskiego pt. „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach” przygotowana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Łukasza Sadowskiego, prof. PWr. Rozprawa doktorska wydana została jako Raport serii PRE nr 3/2021 przez Wydawnictwo Wydziału Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej we wrześniu 2021 roku.

Recenzję opracowałam na podstawie obowiązujących przepisów Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) i Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. poz. 1669) z dnia 30 sierpnia 2018 r., a także Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. *w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).



2. Tematyka rozprawy

Tematyka pracy dotyczy bardzo aktualnego problemu modyfikacji właściwości zapraw cementowych nanocząsteczkami. Nanotechnologia jest relatywnie nową dziedziną nauki ale bardzo intensywnie rozwijaną w ostatnim okresie. Mimo stosunkowo krótkiego okresu rozwoju, znacząco wpłynęła na rozwój, wręcz przełom w wielu dziedzinach nauki, w tym również w budownictwie, szczególnie w technologii kompozytów cementowych. Od pierwszych badań i publikacji z tej problematyki w ostatniej dekadzie odnotować należy znaczący wzrost liczby ośrodków zajmujących się tą tematyką i opublikowanych prac na całym świecie. Mimo intensywnych badań wiele zagadnień jest nadal nie wyjaśnionych, lub wręcz niewiadomych, a poglądy badaczy są rozbieżne. Dlatego bardzo pozytywnie oceniam wybór tematyki rozprawy doktorskiej Pana Jacka Szymanowskiego. Doktorant kontynuuje prace badawcze realizowane w zespole wrocławskim, zapoczątkowane przez prof. Jerzego Hołę, dotyczące wpływu różnych nanomateriałów na właściwości kompozytów cementowych.

Celem podjętych przez Doktoranta badań i analiz jest ocena wpływu trzech rodzajów nanocząstek: SiO₂, Al₂O₃, i TiO₂ na właściwości wysokowytrzymałych zapraw cementowych przeznaczonych do wykonywania warstwy wierzchniej podłóg. Tak sformułowane cele wpisują się w aktualne trendy również z uwagi na możliwości wykorzystania materiałów z dodatkami nanocząstek do polepszenia właściwości podłóg betonowych. Problematyka wykonywania odpowiedniej jakości podłóg i posadzek ostatnio jest popularnym tematem z uwagi na występowanie bardzo wielu wad i awarii wynikłych ze złego projektowania i wykonawstwa. Autor analizuje więc możliwość wykorzystania tak innowacyjnego materiału jakim są wysokowytrzymałe zaprawy cementowe z dodatkiem nanocząstek do poprawy właściwości, a szczególnie trwałości podłóg.

Zajęcie się tą problematyką uważam za właściwe i celowe.

3. Układ redakcyjny rozprawy

Recenzowana rozprawa ujęta w 8 rozdziałach ma typowy układ charakterystyczny dla prac studialno-doświadczalnych. Całość pracy wraz z wykazem ważniejszych oznaczeń, skrótów i definicji zawartych na wstępie pracy oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim zawiera 129 stron formatu A4, w tym 70 rysunków i 23 tabele. Po wprowadzeniu w problematykę rozprawy przedstawieniu celu i zakresu pracy Doktorant w części studialnej omawia stan wiedzy w zakresie podjętej problematyki a następnie w części doświadczalnej przedstawia

wyniki i analizy swoich badań, podsumowując to wnioskami i wskazując planowane kierunki dalszych badań. Kolejność rozdziałów uznać można za właściwą, a zawarte w nich treści odpowiadają tytułom rozdziałów.

Rozdział pierwszy (4 strony) stanowi wprowadzenie w problematykę pracy. Autor krótko omówił wymagania dotyczące wykonania posadzek, szczególnie zapewnienia odpowiednich właściwości adhezyjnych cementowej warstwy wierzchniej i zastosowania różnych dodatków do modyfikacji składu zapraw w celu polepszenia ich właściwości wytrzymałościowych i funkcjonalnych. Następnie poruszył kwestię modyfikacji warstwy wierzchniej zapraw nanocząstkami, w celu poprawy jej właściwości wytrzymałościowych i adhezyjnych.

W **rozdziale drugim** (2 strony) Doktorant przedstawia cele i zakres rozprawy. Autor wskazuje jako ogólny cel rozprawy ocenę wpływu dodatku trzech rodzajów nanocząstek: SiO_2 , Al_2O_3 i TiO_2 na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach, a jako cel aplikacyjny ustalenie które z badanych nanocząstek i w jakiej ilości wpływają najkorzystniej na wybrane właściwości zapraw.

Rozdział trzeci (33 strony) zawiera przegląd literatury związanej z podjętym tematem. Autor przedstawia podstawowe informacje o warstwach wierzchnich w podłogach, głównie warstwach cementowych, które analizuje w dalszej części rozprawy. Omawia metody badania ich właściwości adhezyjnych i funkcjonalnych, takich jak ścieralność i wytrzymałość oraz oceny struktury zapraw metodą skaningowej mikroskopii elektronowej. Rozdział kończy się przeglądem podejmowanych działań wpływających na poprawę przyczepności, wytrzymałości i ścieralności wierzchniej warstwy w podłogach. W podsumowaniu Doktorant wskazuje na potrzeby badawcze w tym zakresie dotyczące oceny wpływu użytych w warstwie wierzchniej nanocząstek na ich właściwości adhezyjne i funkcjonalne i przedstawia kierunki podejmowanych badań własnych. Zabrakło jednak w tym przeglądzie więcej informacji o badaniach dotyczących zastosowania nanocząstek w technologii tworzyw cementowych i wielu pozycji literatury z tej problematyki.

W **rozdziale czwartym** (23 strony) Autor przedstawił zakres badań własnych, omówił ogólne założenia badawcze, scharakteryzował ciała próbne oraz metodykę badań właściwości fizycznych świeżej i stwardniałej zaprawy, właściwości wytrzymałościowych, adhezyjnych i funkcjonalnych: ścieralności, przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie oraz struktury zaprawy w strefie przypowierzchniowej warstwy wierzchniej z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego.

Rozdział piaty (23 strony) zawiera graficzne porównanie wyników badań danej właściwości lub cechy dla wszystkich 10 badanych zapraw cementowych (zaprawa referencyjna oraz zaprawy z dodatkiem trzech rodzajów nanocząstek w proporcji 0,5%, 1% i 1,5% dodatku w stosunku do masy cementu.

W **rozdziale szóstym** (7 stron) przeprowadzono analizę uzyskanych wyników badań. Zaproponowano procedurę oceny wydajności mechanicznej warstw wierzchnich modyfikowanych przyjętymi do badań nanocząsteczkami, wykorzystując współczynnik wydajności mechanicznej MPR bazujący na wynikach badań wytrzymałości na ściskanie i zginanie, przyczepności przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładu, ścieralności oraz przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie.

W **rozdziale siódmym** (11 stron) przedstawiono podsumowanie, wnioski i proponowane kierunki dalszych badań. Rozdział ten zawiera zbyt rozbudowane wnioski, które w rzeczywistości są analizą uzyskanych wyników i powinny znajdować się w rozdziałach, w których te wyniki porównawcze są prezentowane. Wnioski powinny zaś być bardziej skondensowane bo wynikające z wcześniej przedstawionej analizy i nawiązujące do założonych celów rozprawy.

Rozdział ósmy to spis literatury zawierający łącznie 159 pozycji w tym, co zasługuje na podkreślenie, 6 współautorskich publikacji Doktoranta.

Rozprawę kończą jednostronicowe streszczenia w języku polskim i angielskim.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa ma charakter studialno-badawczy. Autor przeprowadził założony program badawczy, pozwalający na rozwiązanie interesującego problemu naukowego. Jak już wspomniałam, znaczną wartością rozprawy jest już sam wybór tak aktualnej tematyki spajającej dwa istotne problemy, ocenę właściwości zapraw modyfikowanych nanocząsteczkami oraz ocenę możliwości wykorzystania takiego modyfikowanego materiału do poprawy cech mechanicznych i trwałości podłóg.

Przyjęta przez Autora koncepcja badań jest przemyślana. Badanie właściwości referencyjnej zaprawy cementowej bez dodatku nanocząstek a następnie porównanie uzyskanych wyników dla zapraw z zróżnicowanym dodatkiem trzech rodzajów nanocząstek.

Doktorant najpierw przeprowadził standardowe badania właściwości fizycznych i mechanicznych zapraw a następnie, co jest atutem pracy, właściwości adhezyjnych i

funkcjonalnych tj. ścieralności i przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie na próbnym elemencie złożonym z podkładu betonowego i ułożonej na nim warstwie wysokowytrzymałej zaprawy cementowej bez dodatków i z dodatkiem nanocząstek. Recenzentka odczuwa jednak pewną dysproporcję w opisie standardowych badań zapraw cementowych a zagadnień stanowiących autorskie pomysły, rozwiązania i analizy stanowiące wkład Autora w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport.

Autor zdefiniował cele, ale nie przedstawił tezy rozprawy, co nie jest może koniecznie wymagane, ale recenzentka uważa, że szczególnie w rozprawach doktorskich o charakterze doświadczalnym sformułowanie tezy a następnie w wyniku przyjętych założeń badawczych, badań i analiz jej udowodnienie jest ze wszech miar oczekiwane.

Założone przez Autora cele rozprawy sformułowane na podstawie krytycznego przeglądu literatury krajowej i światowej w tej tematyce zostały zrealizowane i mimo uwag krytycznych i dyskusyjnych, które przedstawię w dalszej części mojej recenzji, rozprawę doktorską Pana Jacka Szymanowskiego oceniam pozytywnie.

Zaplanowany przez Doktoranta program badań obejmuje badania podstawowych właściwości zapraw z trzema dodatkami nanocząstek następnie przyczepności tych zapraw do podkładu betonowego. Autor aby poszerzyć możliwości analizy przeprowadził też badania strukturalne przebiegu fali ultradźwiękowej w warstwie wierzchniej oraz struktury zaprawy w warstwie zespolenia z podkładem betonowym przy użyciu mikroskopu elektronowego.

Za bardzo istotną część rozprawy uważam Rozdział 6 pt. „*Analiza wydajności mechanicznej warstw wierzchnich modyfikowanych wybranymi cząstkami*”, w której Autor analizuje wybrane parametry oceny wprowadzając globalny współczynnik wydajności mechanicznej MPR bazujący na wynikach badań wytrzymałości na ściskanie i zginanie, przyczepności przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładu, ścieralności oraz przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie i przypisując im odpowiednie wagi w zależności od istotności wpływu danego parametru na jakość warstwy wierzchniej. Procedura jest przeprowadzona poprawnie, ale poza tabelkami z obliczeniami Autor nie przedstawił odpowiedniej analizy uzyskanych wyników, która mogłaby pokazać ciekawe zależności. Jedynie krótkie podsumowanie uzyskanych rezultatów znalazło się w wnioskach końcowych i dotyczy tylko dwóch dodatków SiO_2 i TiO_2 .

Za najistotniejsze osiągnięcie Autora można uznać to, że swoimi badaniami wykazał, że modyfikacja nanocząstkami wysokowytrzymałej warstwy wierzchniej zaprawy cementowej w

podłogach wpływa na poprawę przyczepności tej warstwy do podkładu betonowego. Stwierdzenie to może mieć ważne znaczenie dla praktyki i to nie tylko w przypadku wykonywania nowych podłóg, lecz również w przypadku napraw może to być bardzo interesująca alternatywa.

Kolejnym osiągnięciem Doktoranta jest ustalenie, na podstawie wyników badań i przeprowadzonych analiz, optymalnych ilości dodatku badanych nanocząstek z punktu widzenia właściwości funkcjonalnych (z uwagi na mniejszą ścieralność i wyższą przypowierzchniową wytrzymałość na rozciąganie) cementowej warstwy wierzchniej.

Zestawione w Tabeli 23 pozytywne i negatywne wpływy zastosowania badanych nanocząstek są dobrym podsumowaniem i mogą być wykorzystane w praktyce.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że Doktorant zrealizował założone cele rozprawy i wykazał, że potrafi samodzielnie prowadzić badania i analizy naukowe.

5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Mimo pozytywnej oceny merytorycznej wartości rozprawy doktorskiej, poniżej poruszę też sprawy, które moim zdaniem są dyskusyjne lub krytyczne.

- ✓ Przede wszystkim w rozprawie nie podano wielu podstawowych założeń i charakterystyk materiałowych badanych modeli, często Autor odsyła czytelnika do swoich publikacji, jednakże tak podstawowe dane powinny być przedstawione w rozprawie.
- ✓ Autor pisze, że „w celu przeprowadzenia badań został zaprojektowany i wykonany element modelowy odwzorowujący podłogę”. Nie podaje jednak jakie wymiary przyjęto dla tego elementu?, Ile takich modeli wykonano? Czym kierowano się przyjmując skład mieszanki betonowej, jakie są chociaż podstawowe właściwości mechaniczne podkładu? Po jakim czasie nakładano warstwę wierzchnią na podkład?
- ✓ Podobnie sprawa ma się z warstwą wierzchnią zaprawy. Jakie przyjęto założenia do projektowania tej warstwy?, Dlaczego nie podano gęstości właściwej składników, dlaczego nie podano recept przyjętych zapraw tylko skład zaprawy na 100g piasku. Jak uwzględniano dodatek nanocząstek, których gęstość jest przecież inna niż cementu i piasku.
- ✓ Czym kierowano się, że analizując wpływ nanocząstek na właściwości zapraw przyjęto tak małe ilości dodatku: 0,5%, 1,0%, 1,5% ? Np. na str. 44 Autor podaje na podstawie

badania innych autorów, że optymalna ilość dodatku SiO₂ z uwagi na wzrost wytrzymałości na ściskanie to 9%, a na str.45 podano rezultaty badań gdzie stosowano ilość dodatku nawet do 12%.

- ✓ Brak w rozprawie wyodrębnionej tezy sygnalizowałam już w rozdz. 2 recenzji.
- ✓ Wyraźnie zaznacza się w rozprawie brak pogłębionej analizy naukowej. Autor stwierdza fakt, że „coś” jest większe lub mniejsze ale nie próbuje szukać przyczyn takich efektów. Może wynika to z zbyt małej liczby testów? Szczególnie to zaznacza się w przypadku zapraw z nanocząstkami SiO₂, charakteryzujących się znacznie większą powierzchnią właściwą w stosunku do nanocząstek AL₂O₃ i TiO₂.
- ✓ Doktorant przedstawił w Tabl.22 , które z jego badań są innowacyjne, a które były prowadzone też przez innych badaczy ale zabrakło mi odniesienia wyników własnych badań do danych z literatury.
- ✓ Jak Autor interpretuje wyniki badania gęstości świeżej (Rys. 54) i stwardniałej zaprawy, (Tab.9), że zależności są tak różne? Np. gęstość zaprawy stwardniałej z dodatkiem SiO₂ jest prawie stała niezależnie od procentowego dodatku a świeżej zaprawy bardzo zróżnicowana.
- ✓ Str. 80-81. Czego dotyczą przedstawione zależności? Co oznaczają symbole na rysunkach: S, R, R/B, S/B. Autor pisze, że „widoczny jest wpływ metody przygotowania powierzchni podkładu.....”, a na str. 50 podaje, że „powierzchnia podkładu po 28 dniach od zabetonowania została poddana obróbce mechanicznej powierzchni poprzez śrutowanie”.
- ✓ Str. 107 akapit 2, wniosek „dla warstw wierzchnich modyfikowanych dodatkiem każdego rodzaju nanocząstek **bez względu na sposób przygotowania powierzchni warstwy podkładowej** przyczepność przy odrywaniu” – takich badań nie ma w pracy, więc wniosek dotyczy chyba innych badań. Recenzentka ma wrażenie, że w pracy wybrano tylko niektóre wyniki prowadzonych w zespole badań?
- ✓ Str. 73 – Interpretacja Rys.54b jest niezgodna z tym co jest przedstawione na rysunku.
- ✓ Str. 74 - Dane bibliograficzne w wielu punktach wymagają uzupełnień, brak jest podanego wydawnictwa, roku wydania, np. pozycje: [37], [38], [79], [149], [150]
- ✓ Praca napisana jest ładnym językiem, zrozumiale. Błędy stylistyczne, powtórzenia, błędy komputerowe zaznaczono w tekście pracy. Natomiast strona redakcyjna jest

mało staranna, bardzo dużo jest pustych miejsc, podpisy pod rysunkami i tytuły tabel zlewają się z zasadniczym tekstem.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując niniejszą recenzję uważam, że rozprawa doktorska Pan mgr inż. Jacka Szymanowskiego jest pracą wartościową a realizacja założonego programu badań przez Doktoranta potwierdza, że jest On doświadczonym badaczem i ma dużą wiedzę dotyczącą analizowanego problemu. Autor sformułował oryginalny i aktualny problem naukowy, który może mieć znaczenie praktycznego przy wykonywaniu wysokowytrzymałych podłóg. Wyniki badań przedstawione w rozprawie stanowią istotny wkład w poszerzenie wiedzy w zakresie wykorzystania nanocząstek w technologii materiałów cementowych. Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi w myśl zapisu Ustawy oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne zawarte w pkt 5 recenzji nie obniżają pozytywnej oceny merytorycznej rozprawy, mogą natomiast być pomocne Doktorantowi przy przygotowywaniu fragmentów dysertacji do publikacji i planowaniu dalszych badań.

Pragnę tu jeszcze raz podkreślić, że Doktorant jest już współautorem 6 krajowych i zagranicznych publikacji cytowanych w rozprawie.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jacka Szymanowskiego pt. „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Wrocławskiej.

