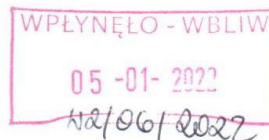


Prof. dr hab. inż. Grzegorz Golewski
Politechnika Lubelska
Wydział Budownictwa i Architektury
ul. Nadbystrzycka 40
20-618 Lublin

Lublin, dnia 2021.12.28.



RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Szymanowskiego

pt.: „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 20.10.2021 r., skierowane do mnie przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Wojciecha Pułę, realizującego decyzję ww. Rady Dyscypliny z dn. 20.10.2021 r. zawartą w uchwale nr 75/16/RDND06/2021-2024. W piśmie Przewodniczący prof. Puła zwrócił się z prośbą o dokonanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Szymanowskiego pt.: „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach”. Do pisma załączono kopię rozprawy, której promotorem był dr hab. inż. Łukasz Sadowski, prof. uczelni.

2. Opis i wstępna ocena pracy

Dysertacja napisana w języku polskim objęta jest jednym woluminem. Objętość rozprawy stanowi 129 stron, zawierających tekst pisany komputerowo z licznymi wzorami, w tym 72 rysunki i 23 tablice. Ponadto praca zawiera bogaty wykaz 159 pozycji literaturowych. Treść opracowania podzielono na 8 rozdziałów.

Pod względem stylistycznym praca napisana jest poprawnie, związłym językiem z nielicznymi usterkami stylistycznymi i literowymi. Pod względem edytorskim jest bez większych zastrzeżeń, z wyróżniającą się grafiką licznych rysunków i obszernymi tabelami, zawierającymi wyniki badań.

Dodatkowo, na początku pracy zamieszczono wykaz ważniejszych oznaczeń, skrótów i definicji stosowanych w rozprawie, natomiast na jej końcu streszczenia w języku polskim i angielskim.

3. Uwagi ogólne dotyczące tematyki pracy i formalne

Rozwój betonów najnowszej generacji podąża w kierunku wytwarzania kompozytów zarówno o wysokiej wytrzymałości jak i wysokiej trwałości, natomiast celami do osiągnięcia spodziewanych efektów w tym rozwoju są:

- w coraz szerszym zakresie modyfikacja struktury betonu dodatkami mineralnymi i domieszkami,
- sukcesywny i intensywny rozwój w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych.

Biorąc pod uwagę dwa powyższe kierunki, wskazujące drogę w procesie rozwoju nowoczesnych i użytecznych betonów cementowych, należy zdać sobie sprawę że w zakresie ich modyfikacji materiałowej dominuje obecnie wykorzystanie do tego celu popularnych i dobrze znanych materiałów, tzn. dodatków mineralnych, domieszek i dodatków polimerowych.

Z drugiej strony, postęp w zakresie modyfikacji składu betonów już od wielu lat jest inspirowany osiągnięciami nauki o nowych i nietuzinkowych materiałach. Dlatego obecny rozwój w inżynierii materiałów budowlanych ewaluuje bezsprzecznie w kierunku poznania i ulepszania struktury kompozytów betonowych na poziomie mikro- i nanoskali. Na zaistniałą sytuację wpływ mają z pewnością coraz większe nakłady finansowe na tą gałąź nauki (liczone w mln euro rocznie), a co za tym idzie coraz bardziej zaawansowane badania i coraz bardziej spektakularne ich wyniki. Można stwierdzić że w ostatnich latach dokonała się wręcz rewolucja nanotechnologiczna, która wywarła ogromny wpływ na różne dziedziny nauki takie jak np.: chemia, inżynieria, biologia itp. W zakresie techniki znaczące ślady nanotechnologii można spotkać już od dawna w: informatyce, elektryce, elektronice, materiałoznawstwie i robotyce. Nie sposób ich również nie zauważyć w obszarze betonu i konstrukcji betonowych.

Nanoinżynieria pozwala ująć problemy w sposób ciągły od nano do makro skali i uzasadnia właściwości techniczne materiałów, odwołując się do ich struktury. W grupie nanomodifikatorów betonu znajdują się zatem zarówno nanododatki jak i nanodomieszki a pełny zbiór tych materiałów obejmuje ich trzy klasy takie jak: nanotlenki, nanocząstki cementu i nanomateriały węglowe.

Analizując wykorzystanie nanododatków należy stwierdzić, że jako modyfikatory struktury betonu, najczęściej wykorzystywane są nanotlenki. W tej grupie materiałów już od lat z powodzeniem stosowana jest nanokrzemionka, która w ilości 5% masy cementu poprawia wyraźnie parametry mechaniczne betonu. Inne nanotlenki są wykorzystywane jako dodatki do betonu zdecydowanie

rzadziej. Jednak niektóre z nich, jak np. tlenek tytanu, oprócz wzmacniania struktury kompozytu, poprzez wzrost jego wytrzymałości na ściskanie, i redukcję porowatości, może spełniać również inne istotne zadania jak np. wykorzystanie w betonach fotokatalitycznych czyli tzw. betonach samoczyszczących.

Ponieważ zagadnienia dotyczące możliwości efektywnego zastosowania nanododatków w technologii betonów cementowych są zarówno rozległe tematycznie, interesujące z punktu widzenia naukowego jak i użyteczne z racji możliwości aplikacyjnych wyniki badań z wykorzystaniem nanocząstek są cenne i nad wyraz oryginalne.

Problem naukowy modyfikacji i naomodyfikacji materiałowej betonu ma znaczenie zarówno techniczne i ekonomiczne, natomiast prace naukowo-badawcze i wdrożeniowe w tym zakresie realizowane są zarówno w skali krajowej jak i międzynarodowej na coraz większą skalę. Od szeregu lat ważną rolę w tym zakresie w Polsce pełni również Politechnika Wrocławska. Publikacje doświadczonych zespołów tego środowiska naukowego, głównie prof. J. Hoły, wniosły duży wkład w zakresie efektywnego wykorzystania nanododatków w technologii betonu. Są to prace o najwyższym poziomie naukowym i inżyniersko-technicznym.

Dobrym przykładem w tej działalności jest również recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Jacka Szymanowskiego, wykonana pod kierunkiem dr hab. Ł. Sadowskiego, prof. uczelni. Praca ta może się niewątpliwie przyczynić do postępu w zakresie racjonalnego i bardziej świadomego wykorzystania potencjału nanododatków w celu ich zastosowania w betonach konstrukcyjnych. W dysertacji podjęto również próbę oceny możliwości i skuteczności zastosowania wybranych nanocząstek do zapraw cementowych wysokiej wytrzymałości z ich przeznaczeniem na warstwy wierzchnie w podłogach budynków. Tematem szczegółowo analizowanym w pracy jest ocena właściwości wytrzymałościowych, adhezyjnych i funkcjonalnych warstwy wierzchniej w podłogach do których wykonania wykorzystano zaprawę cementową wysokiej wytrzymałości modyfikowaną trzema różnymi nanododatkami.

Recenzowana rozprawa ma charakter analityczno-badawczy. W części badań własnych, dość dobrze opisanych w pracy, zaszła potrzeba użycia specjalistycznej aparatury i sprzętu pomiarowego. Przeprowadzony profesjonalnie proces badawczy uwiarygodnia uzyskane rezultaty. Wdrożona dodatkowo, dogłębna statystyczna analiza wyników badań, została sformułowana i wykonana prawidłowo. Następnie otrzymane wyniki poddane zostały wnikliwej analizie z wyprowadzeniem wniosków pośrednich i końcowych.

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia zatem wszystkie kryteria dla dysertacji tego typu. Stwierdzono, że z formalnego punktu widzenia została skomponowana poprawnie i w związku z tym może być poddana krytycznej ocenie merytorycznej.

4. Charakterystyka pracy

Dysertację doktorską otwiera **Wprowadzenie w problematykę rozprawy** poprzedzone spisem treści i wykazem ważniejszych oznaczeń i skrótów stosowanych w pracy. Układ tego rozdziału został przedstawiony w taki sposób że zestawiono w nim skrótowy przegląd literatury z zakresu podjętego tematu naukowego i wskazano na wszystkie niedostatki wynikające z obecnego stanu wiedzy w tym zakresie.

Dodatkowo w jego treści Autor zawarł tezę w ukrytej formie twierdząc że: „Zdaniem autora rozprawy zastosowanie dodatku nanocząstek do zaprawy cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości może korzystnie wpłynąć na właściwości wytrzymałościowe, adhezyjne i funkcjonalne warstwy wierzchniej”. W dalszej części tego rozdziału doktorant wskazał, że dotychczasowe badania w tym obszarze są niepełne i wybiórcze oraz nie dają pełnej odpowiedzi na wiele pytań związanych z wykorzystaniem nanocząstek w zaprawach cementowych wysokiej wytrzymałości. Powyższe wątpliwości skłoniły autora do sformułowania celów rozprawy. Postawił On zatem pytanie „jaki jest wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowych warstw wierzchnich wysokiej wytrzymałości w podłogach, a jaki rodzaj dodatku tych nanocząstek ma, zauważalny na różnych poziomach obserwacji struktury zaprawy cementowej, pozytywny wpływ na właściwości adhezyjne warstwy wierzchniej przy równoczesnym polepszeniu lub przynajmniej nie pogorszeniu właściwości wytrzymałościowych i funkcjonalnych tej zaprawy”. Na tak sformułowane pytanie doktorant w wyniku realizacji szeregu badań eksperymentalnych próbował znaleźć jednoznaczną odpowiedź i przedstawić ją w kolejnych rozdziałach swojej dysertacji.

W **Rozdziale 2.** rozprawy sprecyzowano jej cele tj.: cel ogólny, pięć celów szczegółowych i cel aplikacyjny, oraz podano zakres pracy. Warto zwrócić uwagę że doktorant założył sobie bardzo ambitne plany, związane z realizacją postawionych celów, ponieważ w zakresie rozprawy wyszczególnił aż 18 punktów ! Ogólnym celem naukowym rozprawy była ocena wpływu dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach, natomiast celem aplikacyjnym wyselekcjonowanie, na drodze badawczej, rodzaju i ilości dodatku tych nanocząstek, dla których zauważalna będzie poprawa wydajności mechanicznej cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach z punktu widzenia jej podstawowych właściwości wytrzymałościowych, adhezyjnych i funkcjonalnych.

Rozdział 3. dysertacji zawiera szczegółowy przegląd literatury dotyczącej tematyki rozprawy. W jego zakresie przedstawiono metody badania właściwości adhezyjnych cementowej warstwy wierzchniej w podłogach. Opisane zostały także metody badania właściwości funkcjonalnych cementowych warstw wierzchnich, tj. ścieralności i przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie. Ponadto, przedstawiono przegląd dotychczasowych metod mających na celu polepszenie przyczepności przy odrywaniu cementowej

warstwy wierzchniej od podkładu. Zestawiono również metody służące do polepszenia właściwości funkcjonalnych cementowych warstw wierzchnich. W podsumowaniu tego rozdziału sformułowano wnioski pośrednie stanowiące podstawę do ustalenia zakresu części eksperymentalnej rozprawy.

Rozdział 4. Przedstawiony w ciekawej formie, zawiera charakterystykę badań własnych autora oraz stosowaną do ich przeprowadzenia metodykę. Do realizacji tego zadania zaprojektowano i wykonano specjalny element modelowy odwzorowujący podłogę. Element składał się z podkładu betonowego oraz warstwy wierzchniej. Procedurę realizacji poszczególnych etapów badań przedstawiono szczegółowo z prawidłowo dobraną metodyką.

Rozdział 5. dysertacji, został poświęcony prezentacji wyników badań zasadniczych Autora i ich analizie. Przedmiotem studiów były warstwy wierzchnie wysokiej wytrzymałości w podłogach. W tym celu wykonano 10 serii zapraw różniących się ilością i rodzajem wybranej nanocząstki w składzie zaprawy cementowej i były to:

- jedna seria zaprawy referencyjnej bez dodatku nanocząstek,
- trzy serie zapraw z dodatkiem nanocząstek SiO₂,
- trzy serie zapraw z dodatkiem nanocząstek Al₂O₃,
- trzy serie zapraw z dodatkiem nanocząstek TiO₂,

Analiza obejmowała wyniki badań następujących właściwości:

- świeżej zaprawy cementowej takie jak: konsystencja, gęstość objętościowa, czas wiązania,
- fizycznych stwardniałej zaprawy cementowej takie jak: gęstość objętościowa, porowatość,
- wytrzymałościowych stwardniałej zaprawy cementowej takie jak: wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu,
- adhezyjnych tj. przyczepności przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładu.

Należy zwrócić uwagę że rozdziały 4 i 5, stanowiące jądro rozprawy i pokazujące całość zakresu pracy własnej Autora, są najdłuższymi. Wskazują zatem na prawidłowe proporcje w strukturze dysertacji naukowej, w której część związana z realizacją badań własnych powinna być, a w recenzowanej rozprawie jest, najobszerniejsza. Świadczy to o już dużej świadomości doktoranta w zakresie prowadzenia badań naukowych i prezentacji uzyskanych wyników.

W **Rozdziale 6.** przedstawiono analizę wydajności mechanicznej cementowych warstw wierzchnich wysokiej wytrzymałości modyfikowanych wybranymi nanocząstkami, natomiast **Rozdział 7.** zawiera podsumowanie, wnioski i uwagi końcowe dotyczące tematu rozprawy. W tym miejscu stwierdzono również, że celowe jest prowadzenie dalszych badań w zakresie podjętego tematu rozprawy i nakreślono proponowane ich kierunki. W ostatnim **Rozdziale 8** zestawiono wykaz cytowanej literatury.

5. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy możliwości zastosowania wybranych nanododatków, z klasy nanotlenków w postaci: SiO_2 , Al_2O_3 , i TiO_2 , jako aktywnych modyfikatorów struktury zapraw cementowych wysokiej wytrzymałości z ich przeznaczeniem na warstwy wierzchnie w podłogach budynków. Należy uznać, że tematyka rozprawy jest istotna i aktualna, ma zarówno znaczenie poznawcze, jak i odniesienie do praktyki inżynierskiej.

W pracy, Autor dokonał oceny aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie oraz przeprowadził serię badań eksperymentalnych, na specjalnie przygotowanym modelu z wykonaną warstwą podłogową z zapraw cementowych zawierających w swoim składzie przedmiotowe nanotlenki. W toku realizacji eksperymentów zwrócił uwagę na trzy istotne właściwości związane z badaniem warstw wierzchnich w podłogach tzn.: wytrzymałościowe, adhezyjne i funkcjonalne. Następnie przeprowadził dogłębną analizę statystyczną uzyskanych wyników badań. Zrealizowane eksperymenty i analiza ich wyników pozwoliła na sformułowanie siedmiu obszernych szczegółowych wniosków wskazujących na osiągnięcie celów postawionych w rozprawie.

Stwierdzono również, że wpływ dodatku nanocząstek SiO_2 , Al_2O_3 , i TiO_2 a także wpływ ilości dodatku może być różny w zależności od badanych właściwości cementowych warstw wierzchnich wysokiej wytrzymałości. Na tej podstawie w specjalnie opracowanej tabeli zestawiono pozytywne i negatywne wpływy dodatku nanotlenków wykorzystanych w badaniach własnych.

Ustosunkowując się do oceny, zakresu i metod realizacji pracy doktorskiej należy stwierdzić, że Autor po wnikliwej analizie tematyki zagadnienia zrealizował poprawnie postawione cele pracy. Zastosował przy tym nowoczesne i dokładne narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne. Przeprowadzone eksperymenty i analizy statystyczne wyników badań potwierdziły postawiony cel naukowy rozprawy doktorskiej.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że doktorant:

- dla trafnie dobranego tematu rozprawy doktorskiej przedstawił naukowy i oryginalny cel swoich studiów, który następnie zrealizował w sposób naukowy,
- wykazał się dostateczną wiedzą w zakresie problemów dotyczących: konstrukcji budowlanych, inżynierii materiałów budowlanych i nanotechnologii,
- wykorzystał nowoczesne narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne oraz zastosował naukowe metody obliczeń i analiz statystycznych.

6. Uwagi dotyczące pracy

6.1. Uwagi redakcyjne, edytorskie i formalne

- 1) Na s. 9. zaobserwowano kilka miejsc z wyraźnymi błędami stylistycznymi. W środkowej części pierwszego akapitu dwukrotnie w dwóch kolejnych zdaniach powtórzone jest słowo „przyczepność”, natomiast w akapicie drugim trzykrotnie słowo „literaturze” i dwukrotnie zestawienie słów „w literaturze wykazano”.
- 2) Tekst rozprawy na s. 9. jest miejscami mało przejrzysty. Jeżeli coś jest wymieniane, np. metody stosowane w celu poprawy przyczepności, korzystniejsze byłoby ich wypunktowanie niż pisanie łącznie w jednym zdaniu.
- 3) Pod wszystkimi zdjęciami brak jest informacji kto jest ich autorem. W obecnej sytuacji kiedy dosyć mocno zwracana jest uwaga na kwestie związane z prawami autorskimi dobrze jest zaznaczać w wyraźny sposób że dane zdjęcia zrobił autor pracy a jeżeli tak nie było podać osobę lub źródło pochodzenia zdjęcia. W przypadku dużego dzieła naukowego jak rozprawa doktorska informację taką można zamieścić w tekście pracy, w przypadku gdyby wszystkie zdjęcia były wykonane przez jedną osobę.
- 4) Na s. 45. na rysunku 29 brakuje jednostek na osi rzędnych przy wykresach.
- 5) Rysunek 35 zawierający zakres badań jest słabo czytelny. W celu poprawy jego jakości można spróbować ustawić go równolegle do dłuższego boku strony i spróbować powiększyć czcionkę.
- 6) W tekście pojawiają się wymiary podawane w różnych jednostkach, np. wymiary próbek na s. 59. są wyrażone w cm, tj. 4x4x16 cm po czym dwie strony dalej napisane jest że wymiary odwiertów mają średnicę 50 mm i głębokość około 5 mm. Byłoby wskazane podawanie w całej pracy wymiarów w tych samych jednostkach.
- 7) W rozprawie pominięto zupełnie interpunkcję przy wzorach. Po każdym wzorze powinien znajdować się przecinek lub kropka.
- 8) Na końcu pracy w rozdziale 7.1. powtórzono 3 akapity zajmujące łącznie ponad pół strony, które w tożsamej formie znajdują się na s. 13.

6.2. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

- 1) W rozprawie nie sprecyzowano jednoznacznie jak był powód doboru jako modyfikatorów struktury zapraw cementowych wysokiej wytrzymałości wybranych nanocząstek w postaci SiO_2 , Al_2O_3 , i TiO_2 . Zbiór nanododatków jest dosyć obszerny i w samej grupie nanotlenków wykorzystywane są również do wzmacniania struktury kompozytów cementowych takie materiały jak np. tlenek żelaza Fe_2O_3 , tlenek chromu Cr_2O_3 , nadtlenek cynku ZnO_2 czy tlenek miedzi CuO . Dodatkowo stosować można również nanocząstki cementu lub nanomateriały węglowe. Wszystkie one są wartościowymi modyfikatorami matrycy cementowej. Dlaczego zatem wybrano akurat te trzy, czy był ku temu jakiś szczególny powód.
- 2) W pracy poruszono problem adhezji oraz metody badania właściwości adhezyjnych zapraw cementowych. Zagadnienie to nie zostało jednak dokładnie opisane. Na wstępie powinna być przedstawiona klasyfikacja czynników adhezyjnych, które są dosyć liczne i nie zostały opisane w całości w pracy. W dysertacji skupiono się tylko na jednym aspekcie adhezji, tzn. adhezji mechanicznej. Mimo że czynnik ten jest dominujący to jednak nie jest on jedynym. Liczną grupę stanowi bowiem tzw. adhezja specyficzna, która w swoim zbiorze zawiera adhezję adsorpcyjną, elektryczną i dyfuzyjną. Ta pierwsza to z kolei różnego rodzaju siły międzycząsteczkowe czyli siły wiązań chemicznych, siły wodorowe i siły Van der Waalsa. Ten drugi rodzaj adhezji czyli adhezja specyficzna, też ma wpływ na końcowy poziom adhezji dlatego powinien być przedyskutowany w pracy.
Metody i próbki do badania właściwości adhezyjnych również wymagają uzupełnienia gdyż pominięto wśród nich grupę próbek używanych w testach przecinania, np. charakterystyczne próbki Gwoździewa.
- 3) Skład mieszanki betonowej został przedstawiony w niepełnym zakresie. Wymagane byłoby podanie dodatkowych danych dotyczących zastosowanego cementu, popiołów lotnych i kruszyw. Nie wiadomo np. jakiego rodzaju popiół lotny został użyty i jakie były podstawowe parametry wytrzymałościowe kruszyw. Dla czytelnika zajmującego się tą tematyką takie informacje są istotne.
- 4) W pracy dosyć obszernie opisano zasadę działania mikroskopu elektronowego. Dla osób wykorzystujących zalety mikroskopii skaningowej są to informacje oczywiste i znane. Z drugiej strony brakuje danych o innych urządzeniach wykorzystanych w badaniach z wyjątkiem urządzenia do badań właściwości adhezyjnych. W pracy nie podano np. jakich używano pras itp. Dobrze byłoby żeby doktorant w swoich odpowiedziach uzupełnił te informacje.

5) W ostatnim punkcie rozprawy doktorant podał dwa kierunki swoich przyszłych badań. Uznał za zasadne:

- zbadanie wpływu innych nanocząstek na przyczepność przy odrywaniu cementowej warstwy wierzchniej od podkładu oraz na właściwości funkcjonalne warstw wierzchnich takich jak ścieralność i przypowierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie,
- przeprowadzenie badań wpływu sposobu zagęszczania oraz różnych sposobów aplikacji nanocząstek do zaprawy warstwy wierzchniej na jej właściwości funkcjonalne i wytrzymałościowe.

Należy stwierdzić, że postawione przyszłe cele badań są trafne i w pełni uzasadnione. Niestety brakuje w nich konkretnych danych tzn. jakie inne nanocząstki chce doktorant przebadać, jakie sposoby zagęszczania stosować i jakie zamierza wykorzystać inne sposoby aplikacji nanododatków. Bez podania tych informacji ten punkt rozprawy wygląda jak napisany nieco „na siłę” w celu spełnienia formalnego wymogu o podaniu w rozprawie doktorskiej perspektyw dalszych prac kandydata na doktora. Te informacje wymagają uzupełnienia przez doktoranta podczas publicznej obrony rozprawy.

7. Najważniejsze osiągnięcia w pracy

- 1) Dobór tematyki rozprawy doktorskiej jest aktualny, o trendzie rozwojowym, z wyraźnymi elementami oryginalnymi.
- 2) W pracy zaprezentowano pełne (kompleksowe) rozwiązanie podjętego problemu naukowo-badawczego (studia literaturowe, programowanie badań, badania wstępne modelowe i zasadnicze, zastosowana różnorodna aparatura badawcza, pełna analiza zbioru licznych danych, wnikliwy opis analityczny, dogłębna analiza statystyczna uzyskanych wyników, poprawne i prawidłowe wnioskowanie, wskazanie kierunków dalszych badań).
- 3) Do najważniejszych szczegółowych osiągnięć doktoranta można zaliczyć:
 - określenie na drodze badawczej wpływu trzech wybranych rodzajów nanotlenków, tj. SiO_2 , Al_2O_3 , i TiO_2 na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach,
 - wyselekcjonowanie i zestawienie pozytywnego i negatywnego wpływu dodatku nanocząstek SiO_2 , Al_2O_3 , i TiO_2 na właściwości zapraw cementowych wysokiej wytrzymałości,
 - przeprowadzenie dogłębnej i świadomej analizy statystycznej uzyskanych wyników doświadczalnych.

8. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Jacka Szymanowskiego pt.: „Wpływ dodatku wybranych nanocząstek na podstawowe właściwości cementowej warstwy wierzchniej wysokiej wytrzymałości w podłogach” stanowi oryginalne i samodzielne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Przedstawiona praca jest dziełem wykonanym na dobrym poziomie. Autor dysertacji udowodnił umiejętność pracy naukowej rozwiązując określony problem naukowy. Do tego celu użył właściwych w stosunku do danego zadania metod i uczynił to samodzielnie. Doktorant podjął jednoznacznie sformułowany problem naukowo-badawczy o wysokim stopniu skomplikowania i dużych walorach analitycznych i aplikacyjnych. Podjęty temat wymagał znajomości współczesnej wiedzy z obszaru technologii betonu i inżynierii materiałów budowlanych oraz umiejętności prowadzenia analiz w tym numerycznych i statystycznych. Wymagał także perfekcyjnej znajomości badań eksperymentalnych. W przedstawionej rozprawie Autor wykazał umiejętność przeprowadzenia studiów literaturowych, programowania, organizacji i samodzielnego prowadzenia badań, analizy wyników badań i wyciągania wniosków. Sformułowane w rozprawie cele zostały moim zdaniem osiągnięte, a teza (mimo iż nie sformułowana wprost) udowodniona. Co cenne, Autor podjął także próbę sformułowania uzasadnionych kierunków dalszych badań.

Reasumując stwierdzam, że mgr inż. Jacek Szymanowski wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w obszarze technologii betonu, konstrukcji betonowych i inżynierii materiałów budowlanych, a ponadto umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, zaś recenzowana rozprawa doktorska stanowi nowoczesne podejście i rozwiązanie określonego zadania naukowego. **Spełnia tym samym wymagania wynikające z Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 r. W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Grzegorz Golecki