



Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

dr hab. inż. Łukasz Sadowski, profesor Uczelni

Wrocław, 02.09.2019

Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Damiana Gila pt. „Synergia oddziaływań krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki na wybrane właściwości betonów”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi prośba Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej, sformułowana w piśmie z dnia 15 lipca 2019 roku (WB-900/2019), podpisanym przez Dziekana Wydziału Pana prof. dra hab. inż. Bogusława Szmygina.

2. Przedmiot recenzji i opis ogólny rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Damiana Gila pt. „Synergia oddziaływań krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki na wybrane właściwości betonów”, opracowana na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Grzegorz Ludwik Golewski, prof. Politechniki Lubelskiej.

Rozprawa doktorska została przedłożona w formie zwartego wydruku formatu A4 w twardej oprawie i liczy 198 stron. Rozprawa datowana jest na rok 2019 i została napisana w języku polskim, składa się z 11. Bibliografia liczy 174 pozycje literatury i 19 pozycji norm. W bibliografii rozprawy wymieniono 8 pozycji współautorskich Autora, w tym 6 publikacji w czasopismach o zasięgu krajowym (4 w czasopiśmie „Materiały Budowlane” i 2 w czasopiśmie „ACTA Scientiarum Polonorum – Architectura Budownictwo”) oraz 2 publikacje w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym.

Treść rozprawy poprzedza spis ważniejszych oznaczeń zawierający ważniejsze skróty, oznaczenia mieszanek betonowych badanych w rozprawie, oznaczenia skrótów chemicznych i faz w betonie oraz pozostałe oznaczenia. Rozdział 1 zawiera wprowadzenie w problematykę i przedmiot rozprawy, a także definiuje postawiony problem badawczy, cele i zakres pracy. W rozdziale 2 dokonano syntetycznego studium literaturowego, w którym rozpoczęto od omówienia domieszek i dodatków stosowanych w betonie, a następnie przedstawiono efekty stosowania krzemionkowych popiołów lotnych oraz mikrokrzemionki w betonie, w tym zwrócono uwagę na zalety ich łączenia. Rozdział 3 zawiera zakres i metodykę badań własnych. W rozdziale 4 przedstawiono charakterystykę materiałów wykorzystanych do wykonania betonu. Z kolei rozdziały od 5 do 8 zawierają opis i rezultaty przeprowadzonych badań własnych kompozytów betonowych (rozdział 5), odporności na pękanie modyfikowanego betonu (rozdział 6), mikrostruktury betonu (rozdział 7) i zaczynów cementowych (rozdział 8). W rozdziale 9 zawarto aspekty ekonomiczne i ekologiczne produkcji betonu z dodatkami w postaci krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej. W rozdziale 10 dokonano podsumowania. Z kolei w rozdziale 11 sformułowano wnioski. Na końcu rozprawy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że przyjęty w rozprawie ogólny układ i sposób uporządkowania treści są czytelne i logiczne. Ogólnie rzecz ujmując, mimo licznie występujących błędów stylistycznych i gramatycznych oraz sporej liczby literówek, rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną. Mimo, że wykresy nie zostały przygotowane w jednolity sposób, to również jej strona graficzna jest akceptowalna i nie budzi istotnych zastrzeżeń. Poza nielicznymi wyjątkami dobór pozycji bibliograficznych jest trafny i wystarczający.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionych celów

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 wielokierunkowego wykorzystania dodatków mineralnych w postaci krzemionkowych popiołów lotnych oraz mikrokrzemionki zagęszczonej w przemyśle materiałów budowlanych. Wynika to z szybkiego rozwoju technologii oraz szeroko propagowanych działań proekologicznych. Przede wszystkim główny nacisk kładziony jest na częściowe zastępowanie cementu w składzie mieszanki betonowej, co jest zazwyczaj korzystne z punktu widzenia ekonomicznego oraz ekologicznego. Istnieją jednak w tej wiedzy pewne luki, które Autor rozprawy wyszczególnił na podstawie przeprowadzonego

w rozprawie studium literatury. Studium to wykazało, że brak jest prac poświęconych ocenie wpływu łącznego dodatku krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej na parametry wytrzymałościowe betonu, procesy kruchego pęknięcia w betonie zgodnie z I i II modelem pęknięcia, mikrostrukturę i skład fazowy betonu. Nie napotkano również na analizy metodą tomografii komputerowej tak modyfikowanego betonu. Mając powyższe na uwadze problemem badawczym postawionym w rozprawie jest znalezienie odpowiedzi na pytanie jaki wpływ ma synergia oddziaływań mikrokrzemionki zagęszczonej i krzemionkowych popiołów lotnych na strukturę i parametry fizykomechaniczne kompozytów z matrycą cementową.

Autor w rozprawie sformułował 3 cele ogólne i 8 celów szczegółowych. Są one umieszczone w rozdziale 1 na stronach 12 oraz 13. Cele ogólne i szczegółowe w większości trafnie ujmują istotę podjętych prac naukowo-badawczych. Z obowiązku recenzenta zgłaszam jednak uwagę do pierwszego celu szczegółowego sformułowanego jako „określenie właściwości fizykochemicznych popiołów lotnych, mikrokrzemionki i cementu”. Moim zdaniem cel ten został osiągnięty, co wynika z opisu przeprowadzonych badań i przedstawionych w rozprawie rezultatów, ale we wnioskach końcowych brakuje wniosku odnośnie do osiągnięcia tego celu. Proszę aby Autor rozprawy, uwzględniając powyższą uwagę, zaproponował brzmienie takiego wniosku podczas obrony publicznej w odpowiedzi na uwagi recenzenta.

Mając powyższe na uwadze uważam, że podjęty przez Autora rozprawy temat jest aktualny i interesujący zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia. Podobnie rzecz ma się ze sformułowanymi w rozprawie celami, które są odpowiednio umotywowane i oryginalne. 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 zadowolająco. Należy w tym miejscu podkreślić, że, mimo licznych niedociągnięć, zrealizowane przez Autora rozprawy badania doświadczalne zostały w większości zaplanowane i wykonane właściwie. Na podstawie lektury rozprawy stwierdzam, że zastosowane w badaniach procentowe kompozycje dodatków są oryginalne. Brak jest również większych zastrzeżeń do metodyki zrealizowanych badań, które zostały dostatecznie opisane i udokumentowane. Sposób przedstawienia uzyskanych rezultatów badań w formie graficznej w postaci licznych tabel i wykresów jest w miarę czytelny, mimo faktu, że ich formatowanie mogłoby być jednolite. Poza kilkoma wyjątkami w mojej opinii na podstawie przeprowadzonej interpretacji uzyskanych rezultatów została dokonana poprawna krytyczna analiza. Na tej podstawie w większości wyciągnięte zostały poprawne wnioski.

Uważam, że do głównych osiągnięć naukowych Autora można zaliczyć:

- Opracowanie oryginalnego, ambitnego i bardzo szerokiego programu badań doświadczalnych i konsekwentne jego realizowanie,
- Zbadanie wpływu synergii oddziaływań mikrokrzemionki zagęszczonej i krzemionkowych popiołów lotnych na strukturę i parametry fizykomechaniczne kompozytów z matrycą cementową,
- Wykazanie, że jednoczesne zastosowanie dodatków mikrokrzemionki i popiołu lotnego jest możliwe i nie pogarsza właściwości fizyko – mechaniczne betonu w stosunku do betonu bez dodatków,
- Podbudowanie uzyskanych rezultatów badań doświadczalnych dodatkowymi analizami pokazującymi jakie korzyści ekonomiczne i ekologiczne umożliwia produkcja betonu z dodatkami krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej i wykazanie, że umożliwia to utylizację odpadów i redukcję cementu w składzie mieszanki betonowej, a także powoduje wyraźne obniżenie kosztów produkcji tego materiału budowlanego.

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) Mimo, że tytuł rozprawy obejmuje wszystko to, co jest w zawarte w rozprawie, mam uwagę do zastosowanego słowa „synergia”. Zgodnie z słownikiem języka polskiego PWN synergizm oznacza „współdziałanie różnych czynników, skuteczniejsze niż suma ich oddzielnych działań”. Również Autor rozprawy słusznie zdefiniował pojęcie synergii na stronie 42 jako polegającą na tym, by istota kompozycji przyniosła korzyści lepsze niż stosując preparaty oddzielnie. W rozprawie badano 4 rodzaje kompozytów: kompozyt bez dodatków, z dodatkiem odpowiednio 10% mikrokrzemionki, 10% popiołów lotnych oraz 10% mikrokrzemionki oraz 20% popiołów lotnych oraz 10% mikrokrzemionki. Autor rozprawy w sposób bardzo właściwy zbadał współdziałanie popiołu lotnego i mikrokrzemionki, ale nie określił w rozprawie jak wyglądałaby suma oddzielnych działań. Nie wiadomo zatem, czy parametry kompozytu modyfikowanego jednocześnie popiołem lotnym i mikro krzemionką na pewno byłoby skuteczniejsze niż pojedyncze działanie. W rozprawie nie zawarto bowiem chociażby wyników badań dla kompozytu z dodatkiem na przykład 10% i 20% popiołów lotnych (bez dodatku mikrokrzemionki), a także 20% mikrokrzemionki (bez dodatku popiołów lotnych). Być może tego typu wyniki badań są dostępne w literaturze i jest możliwa bardziej pełna odpowiedź na tą wątpliwość recenzenta.

- 2) Pewne uwagi można mieć do strony graficznej rozprawy. Mimo, że nie budzi ona istotnych zastrzeżeń, to jednak wykresy nie zostały przygotowane w jednolity sposób. W rozprawie rzuca się w oczy, że rysunki nie są jednolite graficznie, zdarza się różna czcionka, część z wykresów to nieczytelne zrzuty ekranu z programów komputerowych (na przykład zdjęcia obrazujące wielkość porów pokazane na rys. 7.13-7.15, na których skala jest nieczytelna, czy rys. 5.2 i 5.3 pokazujące wyniki badań nasiąkliwości). Zdaniem recenzenta na diagramie Rankina (rys. 2.16, s. 37) warto byłoby umiejscowić również krzemionkowy popiół lotny. Ponadto równania od (6.1) do (6.3) zostały wklejone jako zrzut ekranu, co rzuca się w pracy mocno w oczy, ponieważ słowo „gdzie” zostało określone charakterystycznym dla słów spoza słownika programu Microsoft Word wężykiem. Poza tym na rys. 5.5 należało tak opisać oś pionową, żeby nie było wątpliwości, że chodzi o wytrzymałości na ściskanie kompozytów, podane w MPa. Ponadto na przedstawionym na rys. 6.13 widoku formowania próbki do badania wg II modelu pęknięcia wraz ze schematem układu formującego rysy pierwotne nie przedstawiono żadnych wymiarów ani opisów. Są one co prawda zawarte w tekście poprzedzającym rysunek, ale zdaniem recenzenta umieszczenie ich również na rys. 6.13 poprawiłoby jego czytelność i warto tą korektę uwzględnić przedstawiając ten rysunek podczas publicznej obrony. Również większość tabel i wykresów w rozdziale 6 zawiera błędne i niezgodne z podanym na początku pracy spisem oznaczenia badanych kompozytów. Na przykład w tab. 6.3 zamiast „FA20+FA10” powinno być „FA20+SF10”. Podobnie jest na rys. 9.1 w rozdziale 9. Moim zdaniem podczas publicznej obrony warto przedstawić te rysunki w wersji skorygowanej po uwzględnieniu uwag recenzenta.
- 3) Umieszczony na początku rozprawy spis ważniejszych oznaczeń ułożony jest dosyć chaotycznie. W przypadku takich spisów warto uwzględniać reguły powszechnie obowiązujące przy ich tworzeniu i dokonać na przykład podziału na duże litery, małe litery, inne znaki, itp. Niewątpliwie ułatwiłoby to czytelnikowi lekturę rozprawy. Ponadto spis ten zawiera liczne braki, np. pojawiający się na stronie 37 skrót BBWW nie został zdefiniowany w tym spisie. Ponadto moim zdaniem brakuje w rozprawie polskiej wersji skrótu CSS (ang. Compact Shear Specimen). Szkoda, że w wykazie pozostałych oznaczeń (s. 7-8 rozprawy) Autor poza symbolem i definicją nie podał jednostki. Zdaniem recenzenta poprawiłoby to czytelność rozprawy. Proszę w tym miejscu również 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” i tak też Autor nazywa strefę ITZ np. na stronie 37. Również w samym tekście rozprawy występuje

w niektórych miejscach niekonsekwencja w zdefiniowanych skrótach. Na przykład na stronie 10 skrótem FA określany jest cement popiołowy w drugim akapicie od góry, a w kolejnym akapicie już ten skrót oznacza popiół lotny, co akurat jest zgodne ze spisem oznaczeń umieszczonym na początku rozprawy.

- 4) Pewne uwagi można mieć do czytelności rozprawy. Wydaje się, że jej czytelność mogłoby podnieść połączenie rozdziałów 4 i 5 w jeden rozdział. Zdaniem recenzenta treść przedstawiona w rozdziale 4 wiąże się bezpośrednio z opisem badań kompozytów betonowych przedstawionych w rozdziale 5. Ponadto zdaniem recenzenta uszeregowanie opisu i rezultatów przeprowadzonych badań własnych (rozdziały od 5 do 8) w kolejności przedstawionej w pracy mogłoby być lepsze. Wydaje się, że czytelność pracy poprawiłoby rozpoczęcie opisu i rezultatów przeprowadzonych badań własnych od rozdziału 8 dotyczącego zaczynów cementowych, a dopiero po ich analizie przejść do kompozytów betonowych, odporności na pękanie modyfikowanego betonu i jego mikrostruktury. Wynika to z faktu, że to właśnie z badań zaczynów cementowych można było o wiele więcej wywnioskować w aspekcie projektowania betonu badanego w rozprawie.
- 5) Zdaniem recenzenta czytelność pracy poprawiłoby ujednoczenie stosowanej nomenklatury odnośnie do badanego materiału. W tytule rozprawy występuje słowo „beton”, z kolei w celach pracy jest mowa o „kompozycie cementowym” a w tytule rozdziału 5 jest mowa o „kompozytach betonowych”. Po lekturze rozprawy recenzent ma wrażenie, że określenie „kompozyt cementowy” byłoby najbardziej trafne.
- 6) Moim zdaniem w studium literatury warto było omówić więcej prac poświęconych jednoczesnemu zastosowaniu mikrokrzemionki i popiołów lotnych. Przykładowo wartym omówienia byłoby wynik z pracy zaprezentowanej w 2005 roku podczas 33rd CSCE Annual Conference przez Safiuddina i Zaina p.t. „Effects of silica fume and fly ash on the properties of high performance concrete”. Cenne byłoby też uwzględnienie pracy Yenera i Hınısliođlu pt. „The effects of silica fume and fly ash on the scaling resistance and flexural strength of pavement concretes” opublikowanej w 2011 roku w czasopiśmie „Road Materials and Pavement Design”. Nie jest również jasne dlaczego artykuł Thomasa i innych pt. „Use of ternary cementitious systems containing silica fume and fly ash in concrete” w czasopiśmie Cement and Concrete Research” opublikowany w 1999 roku nie znalazł się w spisie literatury. Przydatne też mogłoby być poniższe prace:

- Bagheri, A., Zanganeh, H., Alizadeh, H., Shakerinia, M., & Marian, M. A. S. (2013). Comparing the performance of fine fly ash and silica fume in enhancing the properties of concretes containing fly ash. Construction and Building Materials, 47, 1402-1408.

- Lam, L., Wong, Y. L., & Poon, C. S. (1998). Effect of fly ash and silica fume on compressive and fracture behaviors of concrete. *Cement and Concrete Research*, 28(2), 271-283.

Należy zauważyć, że wymienione wyżej prace te poświęcone są jednoczesnemu zastosowaniu mikrokrzemionki i popiołów lotnych i tym samym ściśle wiążą się z tematyką rozprawy. Ponadto na stronie 29 Autor rozprawy jako poparcie zdania mówiącego, że „zagadnienia parametrów mechanicznych betonów modyfikowanych krzemionkowymi popiołami lotnymi zostały przedstawione w licznych pracach” podaje tylko dwie referencje. Moim zdaniem w tym miejscu warto byłoby podać większą liczbę referencji, aby można było być w pełni przekonany, że tych przykładów jest dużo.

- 7) Niektóre pozycje literaturowe zawierają błędy w nazwiskach autorów (np. pozycja nr [16] jest autorstwa „AM Brandta” a nie „AM Branda”, pozycja nr [164] jest autorstwa „J. Wawrzeńczyka” a nie „J. Wawrzyńczyka”), błędy w tytułach czasopism (np. poprawna nazwa tytułu czasopisma w przypadku pozycji nr [153] powinna być „JOM”, lub w skrócie „The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society”, a nie „The Journal of The Minerals”) oraz błędy w lokalizacjach konferencji (jak w przypadku pozycji nr [67] powinno być „Kraków-Mogilany” zamiast „Kraków – Mogilny” dla konferencji MATBUD z 2000 roku). Zdarza się w opisie bibliograficznym mieszanie określeń „vol.”, „nr” oraz „t.” w celu oznaczania wolumenu czasopisma. Odnosi się wrażenie, że w zamiśle skrót „vol.” używany był przez Autora rozprawy w odniesieniu do wydawnictw anglojęzycznych, a „nr” dla wydawnictw polskich. Przeczy temu jednak pozycja literaturowa [130], gdzie dla Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej użyto skrótu „vol.”. Niekiedy po skrócie „vol.” nie ma kropki (jak w przypadku pozycji nr [104]), a niekiedy po skrócie „nr” jest kropka (patrz pozycja nr [82]). W niektórych przypadkach (patrz pozycja nr [103]) Autor rozprawy nie przedstawił z kolei pełnych danych bibliograficznych, a jedynie nazwę czasopisma i rok wydania. Z kolei w przypadku pozycji literaturowej nr [98] brakuje numerów stron.
- 8) W tekście rozprawy zauważa się błędy stylistyczne i gramatyczne oraz sporo literówek. Na przykład: na stronie 9 zamiast „popiołów lotne” zdaje się, że powinno być „popioły lotne”, na stronie 10 jest spacja przed kropką na końcu drugiego akapitu oraz brakuje kropki na końcu akapitu trzeciego, na stronie 11 brakuje wcięcia akapitowego przed słowem „Wpływ...” i brak jest spacji po powołaniu literaturowym [16], na stronie 15 brak jest kropki po słowie „stykowym”, na stronie 25 brak jest akapitów przed słowami „W normie [123]...” oraz „Definicja popiołów...”, na stronie 27 zamiast słowa „Struktur” powinno być chyba „Struktura”, na stronie 29 zamiast „krzmionkowymi” powinno być „krzemionkowymi”, na stronie 30 brakuje przecinka w sformułowaniu „stwierdzono że”, a jest on przed słowem „pozwoliła”, na stronach 31, 32 i 40 brak średników po każdym

punktorze, na stronie 51 jest niezrozumiałe sformułowanie „wydzielono dodatkowy rozdział 4”, brak punktorów na stronach 61 i 176, nie jest jasne dlaczego na stronie 114 słowo „wyznaczono” zostało napisane kursywą, itp. Tego typu przypadków w rozprawie jest wiele i w znacznym stopniu utrudnia to jej lekturę.

- 9) Na stronie 9 Autor rozprawy nawiązuje do pojęcia technologii trwałości (ang. durability technology). Proszę o dokładniejsze wyjaśnienie tego terminu i podanie źródła literaturowego, z którego został on zaczerpnięty.
- 10) Pewne wątpliwości recenzenta budzi fakt, że podczas mieszania kompozytów cementowych temperatura powietrza mieściła się w szerokim zakresie od 20 do 24°C, a wilgotność względna od 32 do 70% (patrz informacja podana na stronach 48 i 49).
- 11) Proszę o wyjaśnienie, dlaczego w podrozdziale 4.1.2 jako charakterystykę zastosowanego kruszywa grubego Autor rozprawy podkreśla fakt, że „wysoka zawartość dwutlenku krzemu w postaci kwarcu i związanej krzemionki sprawia, że kruszywo charakteryzuje się dużą odpornością na działanie kwasów” podczas gdy z tab. 4.3 wynika, że kruszywo grube zawiera w swym składzie jedynie 30,477% SiO₂, przy dominującym udziale CaO wynoszącym 54,616%? Nie jest zatem jasne jakiego rodzaju kruszywo grube zastosowano i dlaczego takie wybrano.
- 12) Nie jest jasne dlaczego Autor rozprawy siarczany, azotany i chlorki nazywa „solami budowlanymi”. Ta nomenklatura pojawia się w rozdziale 8 i we wnioskach w rozdziale 11.
- 13) Na rys. 7.12 przedstawiono zależność liczby wolnych przestrzeni w kompozycie (w sztukach) od średnic tych przestrzeni. Korzystając z okazji proszę o sprecyzowanie, co Autor rozprawy rozumie pod pojęciem „wolnych przestrzeni w betonie”. Czy pod tym pojęciem należy rozumieć pory powietrzne? W przedstawionych badaniach mikrostrukturalnych z wykorzystaniem micro-CT nie przedstawiono jaka jest zawartość „wolnych w przestrzeni” w kompozycie rozumiana jako procent objętości w stosunku do objętości próbki. Proszę się odnieść do sformułowania zawartego na stronie 148, że na podstawie wyników przedstawionych na Rys. 7.12. stwierdzono, że „beton zawierający w swoim składzie jedynie mikrokrzemionkę zgęszczoną, charakteryzuje się najniższą zawartością porów w zakresie 200–500 μm w stosunku do pozostałych próbek”. Ponadto wątpliwość recenzenta budzi fakt, że jak wynika to z rys. 7.12, analizowano „wolne przestrzenie” w zakresie od 0,2 mm do 2,5 mm w sytuacji, gdy wielkość badanych próbek wynosiła 40x40x160mm a wielkość maksymalnego wtrącenia, w tym przypadku ziarna kruszywa, wynosiła 8 mm. Proszę o przedstawienie statystycznego dowodu na reprezentatywność badanych w micro-CT próbek. Ponadto nasuwa się pytanie o zasadność badania „wolnych przestrzeni” większych niż 200 μm w sytuacji, gdy wymiar ziarna mikrokrzemionki jest niemal dziesięciokrotnie mniejszy.

W tej sytuacji zasadne jest pytanie dlaczego badaniom w micro-CT nie poddano zaczynów cementowych, w przypadku których badane próbki mogłyby być zdecydowanie mniejsze i można by uzyskać lepszą rozdzielczość skanowania i tym samym wychwycić większe zmiany wynikające z zastosowania dodatków pucolanowych.

- 14) Proszę o podanie dokładnych danych, w tym adresu internetowego, wykorzystanego do analiz ekonomicznych przedstawionych w rozdziale 9 portalu gospodarczego, z którego zaczerpnięto dane do oszacowania kosztu surowców wykorzystywanych do produkcji mieszanki betonowej. W tab. 9.1 podano koszt piasku i żwiru wynoszące odpowiednio 36,10 zł za 1 tonę piasku i 82,91 zł za 1 tonę żwiru. Jednocześnie pod tabelą Autor rozprawy wyjaśnia, że „po przyjęciu że 1m^3 piasku waży średnio 1600 kg oraz waga tej samej objętości żwiru 1800 kg, przyjęte ceny zł/t wynoszą odpowiednio: 22,56 oraz 46,06”. W takim układzie nie jest jasne jaki koszt wzięto do analiz. Ponadto nie jest zrozumiałe dla recenzenta dlaczego przyjęto w tych analizach, że ciężar żwiru wynosi 1800 kg/m^3 , a piasku wynosi 1600 kg/m^3 , podczas gdy określona przez Autora rozprawy na stronie 55 gęstość nasypowa w stanie luźnym i zagęszczonym, wyniosła dla żwiru: $1,52\text{ g/cm}^3$ oraz $1,73\text{ g/cm}^3$ i dla piasku $1,68\text{ g/cm}^3$ oraz $1,87\text{ g/cm}^3$. Na szczęście, w związku z tym, że zawartość kruszywa w badanych mieszankach była stała, powoduje to, że wykazany w rozprawie wniosek odnośnie do pozytywnych efektów ekologicznych i wyraźnego obniżenia kosztów produkcji kompozytu jest słuszny. Mimo, to uważam, że wymienione powyżej nieścisłości należałoby wyjaśnić.
- 15) Dyskusyjne jest stwierdzenie zawarte w p. 10.1 na stronie 179, że we wszystkich kompozytach stosowano stały wskaźnik w/c. Jak wynika z tab. 3.1 w rozdziale 3 zawartość wody w mieszankach była stała i wynosiła 141 kg/m^3 , a zawartość cementu wahała się od 352 kg/m^3 do 246 kg/m^3 . Tym samym wartość wskaźnika w/c również była zmienna.
- 16) Za nieprecyzyjne uznaję zawartą w rozdziale 11 drugą część wniosku 3, że „dodatek krzemionkowych popiołów lotnych powoduje nieznaczne pogorszenie tych właściwości” oraz wniosek 4, że „Dodatek krzemionkowych popiołów lotnych wpływa na obniżenie wskaźnika kruchości betonu.” Kompozytu z dodatkiem jedynie krzemionkowych popiołów lotnych nie badano bowiem w rozprawie. Za każdym razem bowiem dodatek krzemionkowych popiołów lotnych był dodawany do kompozytu równoległe z mikrokrzemionką i być może taki był zamiar Autora w formułowaniu tych wniosków.
- 17) W rozprawie Autor nie zdefiniował przewidywanych kierunków dalszych badań. Proszę aby Autor rozprawy, uwzględniając powyższą uwagę, zaproponował je podczas obrony publicznej w odpowiedzi na uwagi recenzenta.

5. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Damiana Gila rozwiązuje postawione zadanie naukowe dotyczące znalezienia odpowiedzi na pytanie jaki wpływ ma synergia oddziaływań mikrokrzemionki zagęszczonej i krzemionkowych popiołów lotnych na strukturę i parametry fizykomechaniczne kompozytów z matrycą cementową. Stwierdzam, że sformułowane w rozprawie cele są zasadne, oryginalne i zostały osiągnięte.

W tym miejscu chciałbym również zaznaczyć, że liczne 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 z tej tematyki. Należy w tym miejscu podkreślić, że zdaniem recenzenta wykonany przez Autora rozprawy niezmiernie szeroki zakres badań laboratoryjnych i uzyskane na tej podstawie wyniki stanowią bardzo mocną podstawę do ich opublikowania w czołowych czasopism naukowych krajowych i zagranicznych. Mając powyższe na uwadze można uznać rozprawę za przygotowaną na odpowiednim poziomie.

Moim zdaniem Autor rozprawy wykazał się wystarczającą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, a także zadowalającą umiejętnością programowania i prowadzenia badań doświadczalnych. Na szczególnie pozytywną ocenę zasługuje o zrealizowanie bardzo obszernego zakresu badań, które umożliwiło otrzymanie wartościowych rezultatów. W efekcie finalnym rezultaty te po krytycznej ocenie i przeanalizowaniu umożliwiły Mu wyciągnąć poprawne wnioski. To świadczy o Jego dobrym przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo - badawczych.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa wnosi w przedmiotowym temacie wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie uprawianej przez Autora. Poza znaczeniem naukowym rozprawy na szczególną uwagę zasługuje jej wysokie znaczenie praktyczne i aplikacyjne.

Moim zdaniem recenzowana rozprawa spełnia wymogi ustawowe określone w Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 pkt. 1, ust. 2 pkt. 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.), rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim ... (Dz. U. poz. 261) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

