



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



UCZELNIA
BADAWCZA

WPLYNĘŁO - WBLIW

Katedra Konstrukcji Inżynierskich
dr hab. inż. Maciej Niedostatkiwicz, prof. PG

26-04-2024

24.01.2024r.

nr/48/2024

I.dz. 04/01/2024/KKI

Recenzja rozprawy doktorskiej pt.

**Wpływ odpadowej mączki granitowej i krzemionkowego popiołu lotnego
na wybrane właściwości kompozytów cementowych**

autorstwa **mgr inż. Adriana Chajec**

wykonanej na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej
w dyscyplinie „Inżynieria lądowa, geodezja i transport”

1. Podstawa opracowania

Podstawą sporządzenia recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny „Inżynieria lądowa, geodezja i transport” prof. dr hab. inż. Wojciecha Puły z dnia 14 lipca 2023r. (l. dz. W2/907/2023) i dołączona do niego rozprawa doktorska mgr inż. Adriana Chajec pt. „Wpływ odpadowej mączki granitowej i krzemionkowego popiołu lotnego na wybrane właściwości kompozytów cementowych” wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Łukasza Sadowskiego, Prof. PWr jako Promotora oraz dr inż. Magdaleny Piechówki – Mielnik jako Promotora Pomocniczego .

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy bardzo aktualnej współcześnie tematyki wpływu stosowania dodatków okołoprodukcyjnych i poprodukcyjnych na właściwości mieszanek betonowych. Tematyka ta jest szczególnie ważna z uwagi na współczesne bardzo silne tendencje i trendy w zakresie technologii betonu do zmiany składu mieszanek betonowych pod kątem zmniejszenia ilości cementu. Recenzowana rozprawa doktorska opiera się na założeniu, że odpowiednio opracowany dodatek odpadu okołoprodukcyjnego jakim jest mączka granitowa oraz odpadu poprodukcyjnego jaki jest krzemionkowy popiół lotny mogą przyczynić się do polepszenia właściwości mieszanki betonowej.

Recenzowana rozprawa doktorska napisana jest w języku polskim. Dysertacja ma postać wydawnictwa zwarteo, zbroszurowanego, o formacie charakterystycznym dla prac doktorskich przygotowywanych na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Rozprawa doktorska liczy 220 numerowanych stron formatu A4 i składa się z 7 Rozdziałów poprzedzonych spisem treści, wykazem ważniejszych oznaczeń stosowanych w rozprawie oraz wykazem ważniejszych definicji stosowanych w rozprawie:

- (1) *Wprowadzenie w problematykę rozprawy,*
- (2) *Cele i zakres rozprawy,*

POLITECHNIKA GDAŃSKA
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Konstrukcji Inżynierskich
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Kierownik Regionalnego Laboratorium Budownictwa
Kierownik Zespołu Diagnostyki i Monitoringu Obiektów Budowlanych
tel. +48 58 347-22-31
e-mail: maciej.niedostatkiwicz@wilis.pg.gda.pl
www.wilis.pg.edu.pl

Sekretariat Katedry
tel. +48 58 347-10-57
e-mail: malgorzata.zaborska@wilis.pg.gda.pl

- (3) *Rozpoznanie literaturowe,*
- (4) *Opis badanych materiałów, zakres badań własnych i stosowana w rozprawie metodologia,*
- (5) *Wyniki badań i ich analiza,*
- (6) *Wdrożenie uzyskanych rezultatów z badań własnych,*
- (7) *Podsumowanie, wnioski i uwagi końcowe,*

Bibliografia obejmuje 192 pozycje literatury. Na uwagę zasługuje fakt, że znaczna część pozycji literaturowych wykorzystanych jako literatura przedmiotu to publikacje zagraniczne pochodzące z ostatniego okresu.

W pracy brak jest wyodrębnienia jako osobnego zestawienia spisu przepisów normowych do których odniósł się Autor w treści rozprawy doktorskiej.

Powyższy fakt nie wpływa w jakikolwiek sposób na wartość naukową recenzowanej rozprawy doktorskiej.

3. Treść rozprawy

Rozdział 1 (*Wprowadzenie w problematykę rozprawy*) stanowi wprowadzenie w tematykę rozprawy doktorskiej z uwzględnieniem aktualnych, dla okresu gdy powstawała rozprawa doktorska, uwarunkowań społeczno – gospodarczych i rynkowych dotyczących branży budowlanej.

W Rozdziale 2 (*Cele i zakres rozprawy*) zdefiniowano cele i zakres rozprawy.

Rozdział 3 (*Rozpoznanie literaturowe*) obejmuje analizę aktualnego stanu wiedzy w zakresie tematyki rozprawy doktorskiej, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu dodatków jakimi są mączka granitowa oraz krzemionkowy popiół lotny na właściwości mieszanek betonowych. Przeprowadzona analiza literaturowa uwzględnia ilościowy wpływ wymienionych dodatków i ich wzajemną współzależność na właściwości świeżej, jak również stwardniałej mieszanki betonowej.

W Rozdziale 4 (*Opis badanych materiałów, zakres badań własnych i stosowana w rozprawie metodologia*) opisano wykorzystaną w badaniach metodologię badawczą oraz scharakteryzowano plan badawczy.

W Rozdziale 5 (*Wyniki badań i ich analiza*) przedstawiono wyniki badań własnych wraz z ich analizą. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych dla próbek referencyjnych oraz udoskonalonych opartych na autorskim składzie recepturowym. W rozdziale tym poruszono również aspekt ekonomiczny oraz ekologiczny w odniesieniu do modyfikacji mieszanek betonowych dodatkiem mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego.

Rozdział 6 (*Wdrożenie uzyskanych rezultatów z badań własnych*) stanowi opis aplikacji opracowanych receptur mieszanek betonowych w skali naturalnej w ramach badań terenowych (polowych).

W Rozdziale 7 (*Podsumowanie, wnioski i uwagi końcowe*) zamieszczono podsumowanie oraz wnioski z przeprowadzonych badań oraz przeprowadzonych na ich podstawie analiz. W Rozdziale tym nakreślono również ogólne kierunki dalszych badań związanych z tematyką rozprawy doktorskiej.

4. Ocena rozprawy

Problemem naukowym, będącym celem pracy było określenie rzeczywistego wpływu mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego na cechy fizyczne mieszanki betonowej.

W ocenie Recenzenta podjęta w pracy tematyka jest aktualna i ważna z praktycznego punktu widzenia, a zakres pracy w odniesieniu do badań laboratoryjnych można uznać za specjalistyczne badania pilotażowe.

Zdaniem Recenzenta za podjęciem badań stanowiących przedmiot rozprawy doktorskiej przemawiały następujące fakty:

- wybitnie negatywna tendencja panująca na rynku budowlanym co do obniżania kosztów produkcji mieszanek betonowych poprzez zmniejszanie ilościowego udziału cementu,
- ogólnosiwiatowy trend w aplikacji do mieszanek betonowych dodatków będących odpadami okołoprodukcyjnymi oraz poprodukcyjnymi,
- brak spójnych i jednoznacznych procedur projektowania mieszanek betonowych z zastosowaniem mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego,
- niedostateczne rozpoznanie badawcze przedmiotowej tematyki na modelach laboratoryjnych, jak również w skali naturalnej.

Zakres, jaki obejmuje rozprawa doktorska związany jest z celem pracy i można go przedstawić w następujących punktach:

- dokonanie krytycznego przeglądu literaturowego w zakresie zasad projektowania mieszanek betonowych z dodatkami,
- próba usystematyzowania bazy wiedzy dotyczącej roli odpadów okołoprodukcyjnych i poprodukcyjnych jako elementów składowych mieszanek betonowych,
- wskazanie na podstawie prac studialnych mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego jako materiałów mogących zmniejszyć ilość cementu w mieszankach betonowych bez obniżenia ich parametrów jakościowych,
- stworzenie i wdrożenie do realizacji własnego (autorskiego) programu badań laboratoryjnych przeprowadzonych na modelach laboratoryjnych,
- przeprowadzenia wstępnych badań pełnoskalowych,
- przeprowadzenie analiz teoretycznych na podstawie uzyskanych wyników,
- sformułowanie wniosków.

Przeprowadzone w ramach realizacji niniejszej rozprawy doktorskiej badania laboratoryjne oraz wstępne badania polowe pozwoliły na aproksymację ilościowego udziału mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego jako dodatku do mieszanki betonowej przy jednoczesnej redukcji wagowego udziału cementu w mieszance i jednoczesnym nie pogorszeniu jej właściwości fizycznych, zarówno w przypadku świeżej, jak i stwardniałej mieszanki betonowej – powyższe stwierdzenie można by uznać za tezę rozprawy doktorskiej, która co do zasady nie została sformułowana w treści pracy.

Recenzent ma nieodparte wrażenie, że wyniki przeprowadzonych prac badawczych, w szczególności badań laboratoryjnych wykonanych na małych ciałach próbnych przedstawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej stanowią jedynie fragment wieloetapowego programu badawczego nad optymalizacją receptur mieszanek betonowych który powinien być kontynuowany.

W odczuciu Recenzenta za najważniejsze oryginalne elementy rozprawy można uznać:

- uporządkowany i bardzo szczegółowy przegląd literatury tematycznie związanej z przedmiotem rozprawy doktorskiej umożliwiający już na wstępnym etapie czytania pracy wyrobienie sobie opinii o aktualnym poziomie wiedzy (informacji) odnośnie stosowania dodatków w mieszankach betonowych dodatkowo mających na celu obniżenie kosztów wytworzenia m³ mieszanki betonowej, bez jednoczesnego pogarszania się jej właściwości,
- próbę uporządkowania zasad stosowania mieszanek betonowych modyfikowanych poprzez aplikację dodatków okołoprodukcyjnych oraz poprodukcyjnych,
- wykonanie wysokojakościowych badań doświadczalnych na podstawie rozbudowanego autorskiego programu badawczego obejmującego testy na elementach (próbkach) w małej skali,
- zastosowanie w badaniach doświadczalnych nowoczesnego sprzętu badawczo – pomiarowego np. skaningowego mikroskopu elektronowego,
- wykonanie wstępnych badań pełnoskalowych,
- świadome sformułowanie wniosków na podstawie wykonanych badań.

5. Uwagi ogólne

Poniżej zamieszczono uwagi ogólne odnoszące się do całości opracowanej rozprawy doktorskiej.

5.1 Tytuł samej rozprawy jest dyskusyjny. Mączka granitowa została określona jako produkt będący odpadem, natomiast nie został w ten sposób scharakteryzowany krzemionkowy popiół lotny. W ocenie Recenzenta zarówno pierwszy, jak i drugi materiał są produktami odpadowymi, co do zasady mączka granitowa jest odpadem okołoprodukcyjnym, powstającym na etapie obróbki kamieni granitowych, natomiast popiół lotny jest odpadem wybitnie poprodukcyjny powstającym na końcowym etapie procesu spalania.

W tytule rozprawy pojawia się określenie *kompozyty cementowe*. W dalszej części pracy Autor definiuje to pojęcie jako *materiał utworzony z dwóch lub większej liczby różnych materiałów, w taki sposób, że ma właściwości wyjątkowe i/lub lepsze w stosunku do komponentów składowych osobno lub wynikających z prostego sumowania ich właściwości. Podstawowym jego składnikiem jest cement*. Podczas wstępnej analizy treści rozprawy trudno zorientować się czy pod pojęciem kompozytu cementowego Autor rozumie samą mieszaninę cementu z dodatkami (wypełniaczami), czy też ma na myśli gotową mieszankę betonową. Powszechnie określeniem kompozytu cementowe określa się mieszankę betonową z wypełniaczami których zadaniem jest redukcja dominujących składników mieszanki betonowej, głównie cementu i kruszywa. Często też w praktyce inżynierskiej jako kompozyt cementowy określa się gotowy wyrób wykonany z modyfikowanego betonu.

Zagadnie czytelności tytułu rozprawy doktorskiej omawiane będzie jeszcze w dalszej części recenzji.

- 5.2 Nawiązując do wcześniejszych rozważań należy zauważyć, że w recenzowanej pracy występuje problem z nomenklaturą elementów w których stosowane są modyfikowane mieszanki betonowe. Co prawda w początkowej części rozprawy Autor definiuje pojęcie podłogi oraz posadzki, natomiast w dalszej części pracy nie zachowuje konsekwencji nazewnictwa, w szczególności w odniesieniu do opisu pilotażowych badań w skali naturalnej.

Powszechne w praktyce inżynierskiej jest to, że nieprawidłowo stosuje się określenie posadzki, jako wszystkich warstw podłogi, obejmujących zarówno warstwy wykończeniowe, podkład betonowy na którym zostały one wykonane, oraz pozostałe warstwy znajdujących się poniżej (aż do poziomu konstrukcyjnej przegrody poziomej - w przypadku elementów wykonanych na stropach między kondygnacyjnych albo warstwy gruntu rodzimego - w przypadku elementów wykonanych na gruncie). Nie jest to poprawne nazewnictwo z technicznego punktu widzenia, które skutkuje wieloma sporami między stronami procesu budowlanego, dlatego tak bardzo istotnym zagadnieniem jest właściwie zdefiniowanie podstawowych różnicę między podłogą i posadzką.

Definicja podłogi w różnych źródłach technicznych, popularno-naukowych oraz pozatechnicznych ulegała zmianom w czasie, poniżej zestawiono najbardziej znane, dostępne jej definicje i określenia:

- według *Małego słownika terminów budowlanych* [1] podłoga to warstwowy element wykończeniowy poziomej przegrody budynku, nadający jej odpowiednie, wymagane przez użytkownika cechy eksploatacyjne, np. nośność, równość, szorstkość (antypoślizgowość), chemoodporność, zmywalność, izolacyjność cieplną, przewodność elektryczną (dla podłóg antystatycznych) itp. oraz bardzo często najważniejsze to walory estetyczne,
- według *Ilustrowanego leksykonu architektoniczno-budowlanego* [2] podłoga to element wykończenia budowli, ułożony na podłożu podkład podłogowy, będący dla niej oparciem konstrukcyjnym, przekazującym obciążenie z podłogi bezpośrednio na lub przez inne element budowli, np. strop. Podłoga składa się z jednej, dwóch lub więcej warstw, z których górna, o wierzchniej powierzchni płaskiej jest odpowiednio przystosowana do wymagań użytkowych. Zasadniczymi częściami składowymi podłogi są: posadzka i podkład podłogowy oraz izolacja termiczna lub akustyczna.
- według portalu internetowego *Wikipedia* [3] (*obecny stan publikacyjny*) podłoga to element wykańczający górną część stropu, posadzka jest elementem składowym podłogi. Zapewnia izolację termiczną, akustyczną i przeciwwilgociową, przenosi obciążenia równomiernie rozłożone i skupione, jest płaska i przystosowana do tego, aby mógł po niej odbywać się ruch. Podłogę dzielimy na cztery warstwy: 1-posadzka, 2-jastrych, warstwa wyrównująca, warstwa podkładowa, 3-izolacja termiczna, izolacja przeciwwilgociowa, 4-strop (pełniący rolę podłoża).
- *Encyklopedia PWN* [4] nie podaje definicji podłogi.

Podobnie jak definicja podłogi, również definicja posadzki, ulegała zmianom w czasie, co potwierdzają zamieszczone poniżej najbardziej znane określenia:

- według *Małego słownika terminów budowlanych* [1] posadzka to wierzchnia warstwa podłogi i stanowiąca jej zewnętrzne wykończenie,

- według *Ilustrowanego leksykonu architektoniczno-budowlanego* [2] posadzka to najważniejsza część podłogi będąca jej wierzchnią warstwą przejmująca obciążenia i jednocześnie jest jej zewnętrznym wykończeniem, decydującym o cechach użytkowych podłogi,
- według portalu internetowego *Wikipedia* [3] (*obecny stan publikacyjny*) posadzka to zewnętrzna, wierzchnia, ostatnia warstwa podłogi będąca jej wykończeniem,
- według *Encyklopedii PWN* [4] posadzka to rodzaj podłogi z płyt kamiennych, cegły, betonu lub drewna.

W niniejszym recenzji, określenie *posadzka* odnosi się do wierzchniej warstwy *podłogi*, stanowiącej jest warstwę wykończeniową, natomiast sama *podłoga* to układ wszystkich warstw wykonanych na przegrodzie poziomej lub na gruncie.

- [1] Praca zbiorowa. *Mały słownik terminów budowlanych*. Wydawnictwo Warszawskie Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego Budownictwa, Ośrodek Szkolenia WACETOB Sp. z o.o., Warszawa 1997.
- [2] Skowroński W., *Ilustrowany leksykon architektoniczno-budowlany*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2008.
- [3] Wikipedia (portal internetowy).
- [4] Praca zbiorowa. *Encyklopedia PWN*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1977.

- 5.3 Nawiązując do spostrzeżeń zamieszczonych powyżej należy zauważyć, że wyniki badań przedstawione w rozprawie doktorskiej odnoszą się do analiz na temat możliwości zastosowania modyfikowanych mieszanek betonowych zwanych dalej kompozytami cementowymi jako materiału do realizacji wierzchnich części podłóg przemysłowych, określanych również w opracowaniach technicznych jako płyty posadzkowe podłóg przemysłowych.

Dlatego też wydaje się, że tytuł rozprawy powinien być inny, uszczegóławiający aplikacje analizowanych modyfikowanych mieszanek betonowych jako elementy podłóg przemysłowych np. *Wpływ mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego na wybrane właściwości betonowych płyt posadzkowych podłóg przemysłowych*

lub
Wpływ mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego na wybrane właściwości betonowych płyt posadzkowych w podłogach przemysłowych.

- 5.4 Rozprawa nie posiada jasno sformułowanej tezy pracy. Jej brak nie jest elementem który umniejsza wartość naukową wykonanych badań, ale utrudnia, podczas zapoznawania się z pracą, odnalezienie związku przyczynowo – skutkowego pomiędzy opracowanym i zrealizowanym programem badań, a ich celem. Należy tutaj nadmienić, że formułowanie tezy w rozprawach doktorskich jest obecnie powszechne w przypadku prac realizowanych w ramach dyscypliny naukowej *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*.
- 5.5 Recenzowana praca doktorska na formę raportu z badań obejmujących rozbudowane badania laboratoryjne oraz pilotażowe badania w pełnej skali. Wyniki badań uzupełnione są szczegółową analizą.

Zastosowane w badaniach metody badawcze są elementarnymi testami laboratoryjnymi wykonywanymi w odniesieniu do elementów składowych mieszanek betonowych, jak również ich poszczególnych komponentów. Zastosowany sprzęt pomiarowy stanowi wyposażenie większości współczesnych inżynierskich laboratoriów komercyjnych, na uwagę zasługuje jedynie zastosowanie skaningowego mikroskopu elektronowego którego nie można uznać za podstawowe urządzenie diagnostyczne. Praca nie zawiera jakichkolwiek obliczeń analitycznych, nie zamieszczono w niej również jakichkolwiek symulacji numerycznych. Oczekiwanym byłoby, aby w rozprawie która jest pracą dokorską o charakterze badawczym znalazły się propozycje udoskonalenia procedur normowych, badań laboratoryjnych albo propozycje nowych badań właściwych zastosowanym materiałom albo wynikające ze specyfiki docelowego użytkowania modyfikowanych mieszanek betonowych po ich wbudowaniu w płyty posadzkowe.

- 5.6 Czym spowodowane było zastosowanie w recepturze mieszanki betonowej, która potem została poddawana modyfikacji poprzez dodanie mączki granitowej i/lub krzemionkowego popiołu lotnego, tak dużej ilości cementu, dochodzącej do 540 kg/m^3 ? W praktyce inżynierskiej ilość cementu w betonach klasy B20 waha się od 250 do 280 kg/m^3 . Nawet w przypadku redukcji wagowej cementu o 30% jego waga nadal pozostaje w poziomie $\sim 370 \text{ kg/m}^3$, co skutkuje tym, że nadal materiałem dominującym pod względem właściwości mieszanki betonowej, zarówno nie związanej, jak również stwardniałej jest cement.
- 5.7 Dlaczego przyjęto graniczną ilość dodatków modyfikujących 20%, w szczególności krzemionkowego popiołu lotnego?
Dlaczego nie zaprojektowano i nie przebadano mieszanek z większą ilością dodatków modyfikujących, w szczególności popiołu lotnego?
Dlaczego nie przebadano dodatkowych próbek po 120, 150 i 180, a nawet 210 oraz 240 dniach tylko badania zakończono po 90 dniach?
- 5.8 W rozprawie brak jest analizy na temat wpływu błędów w aplikacji mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego na właściwości mieszanek betonowych.
- 5.9 Z treści rozprawy nie wynika jednoznacznie, czy opracowane receptury modyfikowanych mieszanek betonowych mają być rozwiązaniem alternatywnym dla receptur na podstawie których wykonywane są płyty betonowe zabezpieczone następnie posadzkami np. poprzez wykonanie ochronnych powłok malarskich, powłok z żywicy lub zastosowanie powszechnie stosowanego rozwiązania polegającego na wykonaniu utwardzenia górnej powierzchni płyty według rozwiązań technologii *DST (Dry Shake Topping)*.
- 5.10 Wnioski sformułowane na podstawie przeprowadzonych badań mają charakter opisowy (beletrystyczny), a nie inżynierski.

- 5.11 Proponowanie zastosowania techniki uczenia maszynowego do predykcji właściwości modyfikowanych mieszanek betonowych na obecnym etapie badań wydaje się przedwczesne. Żeby zastosować tego typu podejście konieczne jest istotne zwiększenie populacji wyników poprzez zdecydowane rozszerzenie zakresu parametrów zmiennych, np. rodzaju cementu i kruszywa, warunków przygotowywania mieszanek betonowych oraz sposobu ich pielęgnacji.
- 5.12 W pracy brak jest wyodrębnienia jako osobnego zestawienia, spisu przepisów normowych do których odniósł się Autor w treści rozprawy doktorskiej.
- 5.13 W rozprawie brak jest wykazu publikacji które powstały w okresie przygotowywania pracy doktorskiej a które świadczyły by o zawodowych i realizowanych przez Autora kierunkach działań inżynierskich.

6. Uwagi szczegółowe

Poniżej zamieszczono uwagi szczegółowe odnoszące się do opracowanej rozprawy doktorskiej

- 6.1 Dlaczego w pracy nie zamieszczono receptury podkładu betonowego o grubości 15 cm który został zastosowany w badaniach laboratoryjnych?
- 6.2 Jaka była frakcja kruszywa drobnego zastosowanego do przygotowania mieszanek betonowych w badaniach laboratoryjnych?
- 6.3 Dlaczego w badaniach laboratoryjnych nie zastosowano mostka szczepnego (mineralnego mostka szczepnego) pomiędzy warstwą podkładu betonowego a betonową płytą posadzkową?
- 6.4 Dlaczego w ramach badań laboratoryjnych nie wykonano badań przyczepności ochronnych powłok malarskich, żywic oraz posypki typu *DST* do stwardniałej modyfikowanej mieszanki betonowej z której wykonano betonową płytę posadzkową?
- 6.5 Dlaczego część próbek przygotowanych podczas badań laboratoryjnych nie poddana została ekspozycji w komorze starzeniowej, a następnie kompleksowo przebadana w uwzględnieniu parametru czasowego i związanych z nim zmian reologicznych? Dotyczy to w szczególności badań po 180 i 240 dniach dla przypadku gdy dodatek krzemionkowego popiołu lotnego będzie przekraczał 20%.
- 6.6 Dlaczego, przynajmniej dla części próbek, badania w zakresie ścieralności nie wykonano z zastosowaniem metody BCA (British Cement Association) (klasy AR – Abrasion Resistance, wg PN-EN 13892-4: 2004), a zastosowano jedynie metodę Boehmego (klasy A – Abrasion, wg PN-EN 13892-3:2015-02)? Wiadomym jest, że wymagało by to wykonania większych poletek badawczych, ale bezdyskusyjnie bardzo interesujące i oczekiwane byłoby porównanie tych wyników oraz uzyskanych klas ścieralności dla poszczególnych metod badawczych.

- 6.7 Z treści pracy nie wynika jednoznacznie który fragment podłogi podczas badań pełnoskalowych został wykonany z modyfikowanych mieszanek betonowych – czy chodzi o warstwę betonowej płyty podłogowej o grubości 15 cm?
- 6.8 Dlaczego w pracy nie zamieszczono receptury mieszanki betonowej która podczas badań pełnoskalowych poddana została modyfikacji poprzez dodanie mączki granitowej oraz krzemionkowego popiołu lotnego?
- 6.9 Czy pastyfikatory zastosowane do przygotowania mieszanki betonowej poddanej podczas badań pełnoskalowych modyfikacji były kompatybilne z mączką granitową i krzemionkowym popiołem lotnym i czy przeprowadzono badania tej kompatybilności?
- 6.10 Jakie kruszywo (rodzaj oraz frakcje) zastosowano w recepturze mieszanki betonowej zastosowanej do wykonania betonowej płyty posadzkowej podczas badań pełnoskalowych?
- 6.11 W jaki sposób uwzględnione zostało zjawisko skurczu podczas badań pełnoskalowych?
- 6.12 Dlaczego, podobnie jak w przypadku badań laboratoryjnych część próbek nie została przebadana po przeprowadzeniu sztucznego starzenia?
- 6.13 Dlaczego w pracy nie zamieszczono receptury podkładu betonowego zastosowanego w badaniach pełnoskalowych?
- 6.14 Jeżeli, zdaniem Autora zmodyfikowane mieszanki betonowe kwalifikują się do zastosowania jako materiał do wykonywania betonowych płyt posadzkowych w podłogach przemysłowych to dlaczego nie przebadana została, nawet w trybie rozpoznawczym odporność tych kompozytów cementowych na zaolejenie oraz długotrwałe negatywne oddziaływanie tzw. węglowodorów ciężkich.
- 6.15 W pracy brak jest informacji na temat kalibracji, ewentualnie autokalibracji, aparatury pomiarowej zastosowanej podczas badań.
- 6.16 W rozprawie nie zamieszczono analizy wpływu błędów pomiarowych na wyniki badań kontrolnych próbek przygotowywanych podczas eksperymentów laboratoryjnych, jak również testów pełnoskalowych – w praktyce nie wiadomo, czy Autor przeanalizował wpływ niedoskonałości przygotowania zarówno samych próbek, wpływ dokładności urządzeń pomiarowych oraz wpływ dokładności (staranności) przeprowadzonych eksperymentów na wyniki prac doświadczalnych.

7. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska świadczy o umiejętności samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych przez jej Autora. Pomimo sformułowanych i przedstawionych powyżej kilku uwag krytycznych oraz wątpliwości należy jednoznacznie stwierdzić, że Autor opiniowanej rozprawy doktorskiej przeprowadził badania i wynikające z nich analizy na odpowiednim poziomie merytorycznym. Na szczególną uwagę zasługuje rozbudowany autorski program badań laboratoryjnych - uzyskane na ich podstawie wyniki wskazują, że Autor posiada potencjał naukowy który należy rozwijać.

Zdaniem Recenzenta Autor rozprawy wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w przedmiotowym zakresie oraz umiejętnością planowania i prowadzenia zarówno badań doświadczalnych, jak również analiz teoretycznych. Uzyskane wyniki pracy świadczą o jej dobrym przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowo - badawczych.

Recenzowana praca ze względu na poruszaną tematykę doskonale wpisuje się w dyscyplinę „Inżynieria lądowa, geodezja i transport”.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam jednoznacznie, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U.2023.742, w wersji aktualnej na dzień sporządzenia niniejszej recenzji), określaną powszechnie jako Ustawa 2.0 i dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie pracy mgr inż. Adriana Chajec do publicznej obrony.

Jednocześnie uwzględniając treść recenzowanej rozprawy doktorskiej jako całości wnioskuję o wyróżnienie opiniowanej pracy zgodnie z przyjętymi zasadami nagradzania prac naukowych obowiązującymi w Politechnice Wrocławskiej.

dr hab. inż. *Maciej Niedostatkiwicz*
prof. Politechniki Gdańskiej

