

Warszawa, 23 sierpnia 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Politechnika Warszawska  
Al. Armii Ludowej 16  
00-637 Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**Mgr inż. Danuty Bełłacz**  
**„Wpływ składu ziarnowego kruszywa na porowatość i wytrzymałość na**  
**ściskanie betonu do podbudowy drogowej ”**

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo prof. dr hab. Andrzeja Garbacza, przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej, z dn. 12 lipca 2024 r, wynikające z postanowienia uchwały Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej z dn. 12 września 2023 r.

Rozprawa doktorska będąca przedmiotem recenzji została przygotowana w Instytucie Techniki Budowlanej i w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów, promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski a promotorem pomocniczym – dr hab. inż. Michał Cwiąkała.

Niniejsza recenzja jest recenzją powtórną rozprawy i dotyczy wersji poprawionej i uzupełnionej.

**1. Charakterystyka ogólna pracy**

Rozprawa ma charakter badawczy i liczy 155 stron. Jest to wersja uzupełniona i poprawiona w wyniku wniosków recenzentów, zgodnie z uchwałą Rady naukowej ITB z września 2023 r. Praca została podzielona na 12 rozdziałów. Ponadto do pracy załączony jest nośnik elektroniczny, zawierający 5 załączników, stanowiących dokumentację przebiegu badań laboratoryjnych. Pracę kończy wykaz literatury, obejmujący 150 pozycji, w tym wykaz powołanych norm liczący 24 pozycje.

Praca zawiera streszczenia w językach polskim i angielskim. oraz wykaz oznaczeń i symboli.

W rozdziale 1 pracy Autorka przedstawia genezę tematu oraz formułuje cel i tezy badawcze a także omawia zakres pracy. Tezy są dwie i dotyczą dowiedzenia istnienia wpływu uziarnienia kruszywa na wytrzymałość na ścislenie oraz porowatość przepuszczalnego betonu do podbudów drogowych

Rozdział drugi – studium literaturowe – obejmuje przedstawienie konstrukcji nawierzchni drogowych i rozwinięcie zagadnienia podbudów przepuszczalnych z betonu, a następnie charakterystykę betonów jamistych oraz rozważania o porowatości betonu i metodach jej oznaczania. Uzupełnieniem tego studium jest rozdział 3 – dotyczący przeglądu praktyki i wymagań dla podbudów przepuszczalnych z betonu cementowego

Rozdział 4 zawiera cel, szczegółowy zakres i metody badań własnych, w rozdziale 5 przedstawiono syntetycznie ich wyniki, w rozdziale 6 podjęto próbę statystycznej analizy tych wyników. W rozdziale 6 przedstawiono analizę trwałości zmęczeniowej nawierzchni z podbudową z betonu jamistego, zaś rozdziały 7 i 8 są poświęcone konstrukcji takich nawierzchni, w tym modelowaniu stanu naprężeń w podbudowie oraz analizie trwałości zmęczeniowej. W rozdziale 9 przedstawiono przykłady rozwiązań konstrukcyjnych takich nawierzchni. Rozdziały 10-12 mają charakter podsumowujący efekty pracy wraz ze wskazaniem kierunków dalszych badań.

## **2. Ocena merytoryczna rozprawy**

### **2.1. Dobór tematu i cel rozprawy**

Tematem rozprawy są podbudowy drogowe z betonu jamistego, które mogą stanowić korzystne rozwiązanie wspomagające skuteczne odwadnianie nawierzchni i jednocześnie sprzyjające jej trwałości. Celem podjętych badań było określenie wpływu uziarnienia kruszywa na wytrzymałość i porowatość betonu wodoprzepuszczalnego do podbudów drogowych. W pracy sformułowano dwa założenia badawcze ujęte w formie twierdzących zdań: „uziarnienie ma wpływ na wytrzymałość [...]. [...] ma wpływ na porowatość betonu [...]”. Założonym efektem było „sformułowanie udokumentowanych badawczo reguł wiążących uziarnienie kruszywa z wytrzymałością i porowatością, które mogłyby stanowić podstawę projektowania takich betonów przeznaczonych do podbudów drogowych”.



Istotą badań autorki są poszukiwania związku pomiędzy kompozycją stosu okruczowego betonu jamistego do podbudowy drogowej a jego głównymi cechami technicznymi (wytrzymałościowymi i związanymi z przepuszczalnością oraz trwałością). Gdyby udało się opracować tego rodzaju zależności, mogłyby one stanowić narzędzie do projektowania betonu jamistego do podbudów.

Tak postawiony problem naukowy jest interesujący poznawczo, ambitny badawczo ale trudny do zrealizowania w praktyce, czego dowiodły obszerne badania Doktorantki.

Niemniej jednak sam temat i cel rozprawy oceniam pozytywnie - jest aktualny, niewyeksplotowany badawczo i ma potencjał naukowy.

## **2.2. Ocena wartości naukowej rozprawy**

Wartość naukowa pracy – w wersji poprawionej – jest znacznie wyższa niż w poprzedniej edycji rozprawy.

Ważnym wzbogaceniem rozprawy jest rozdział 3, w tym tabela 3.2, w której sformułowano – po analizie dostępnych źródeł literaturowych – kryteria/wymagania wobec jamistego betonu podbudowy drogowej. Postawione wymagania stanowią podstawę realizacji planu badawczego i analizy wyników badań własnych.

Próba statystycznej analizy wyników została w pewnym stopniu uporządkowana, aczkolwiek nadal analizy te nie prowadzą do sformułowania statystycznie istotnych zależności. Nie jest to jednak mankament, a jedynie potwierdzenie faktu, że właściwości betonów jamistych nie poddają się łatwo modelowaniu matematycznemu. W szczególności modele wiążące cechy betonu z charakterystykami kruszywa, które powinny być pierwszoplanowe względem postawionego celu badań nie prowadzą do ustalenia istotnych zależności.

W stosunku do poprzednich wersji rozprawy autorka wzbogaciła zarówno przedstawiony materiał badawczy, jak i zakres analiz. Przedstawiono dodatkowe badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (tj. przy rozłupywaniu) jak i zestawione w rozdziale 5.7 „rzeczywiste składy mieszanek”.

Wartościowym uzupełnieniem jest rozdział 6.3, w którym Autorka, podsumowując niesatysfakcjonujące wyniki analiz statystycznych, podjęła próbę oceny eksperckiej uzyskanych wyników i sformułowania zaleceń co do kryteriów doboru kruszywa do betonów jamistych podbudowy. Zalecenia te ujęte w 3 punktach

na str. 124 rozprawy, stanowią własną interpretację Autorki i wydają się być istotnym efektem naukowo-praktycznym rozprawy.

Ważnym i cennym uzupełnieniem rozprawy, w stosunku do jej poprzednich wersji są analizy trwałości zmęczeniowej oraz analizy wielkości naprężeń w podbudowie, które – wraz z wynikami własnych badań, prowadzą do przedstawienia końcowego efektu pracy w rozdz. 9 i 10

**Na podstawie analiz i wyników badań własnych Autorka sformułowała propozycję zaleceń i wymagań dla podbudów z betonu jamistego wraz ze zbiorem wytycznych do ustalania składu spełniającego te wymagania (rozd. 10 tab. 10.1) oraz propozycje konstrukcji nawierzchni z podbudową z takiego betonu (rozd. 9).** Pozwala to uznać wartość naukową rozprawy za wystarczającą w kontekście wymagań Ustawy, pomimo pewnych zastrzeżeń merytorycznych i warsztatowych.

### **3. Uwagi krytyczne**

Wiele uwag krytycznych do pracy zawarto w recenzjach poprzednich wersji rozprawy. Część z nich Autorka wykorzystwała do wykonania poprawek i uzupełnień. Zdaniem recenzenta ich powtarzanie w kolejnej recenzji jest niecelowe.

### **4. Wniosek końcowy**

Oceniana rozprawa porusza problem istotny i nie rozwiązany dotąd zarówno w aspekcie naukowym, jak i praktycznym. Autorka przeprowadziła bardzo obszerne i trudne metodycznie badania, uzyskując imponującą bazę wyników. Sama baza wyników nie stanowi jednak wystarczającego osiągnięcia, które można by uznać za rozwiązanie przez Autorkę problemu naukowego. Autorka podjęła rozmaite próby analizy wyników, które jednak zawierają szereg niedociągnięć merytorycznych i niezręczności. Mimo to ocena wartości naukowej rozprawy jest pozytywna, z uwagi na to, że rozprawa kończy się zestawem kryteriów i opartymi o nie zaleceniami doboru składu betonu jamistego do podbudowy drogowej oraz propozycjami konstrukcji nawierzchni, co pozwala uznać rozprawę za wystarczającą w stopniu dostatecznym w świetle wymagań Ustawy.

Na pozytywną ocenę zasługuje wybór tematyki rozprawy, duży zakres wykonanych badań i potencjał spełnienia wymagań Ustawy, który wynika ze

zrealizowanego przez Autorkę zamierzenia badawczego. **Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wymagane w przypadku rozpraw doktorskich wg Ustawy, można uznać opracowanie na podstawie badań własnych i analiz numerycznych zaleceń dotyczących projektowania betonu jamistego i konstruowania nawierzchni z jego wykorzystaniem jako podbudowy.**

Podsumowując ponowną recenzję, stwierdzam, że wymagania Ustawy stawiane rozprawom doktorskim są spełnione w stopniu dostatecznym i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Danuty Bełacz do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Danuta Bełacz', is positioned to the right of the main text block.