

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Radwańskiego
pt. „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego”**

1. Podstawa formalna

Recenzja została opracowana na zlecenie zawarte w piśmie z dnia 15.06.2023 r. zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej (14.06.2023). Dokumenty umowy z dnia 27.07.2023 r. Podstawę opracowania recenzji stanowi rozprawa doktorska wydana przez Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej, 2023 r. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Izabela Skrzypczak, prof. Ucz.

2. Charakterystyka i zakres rozprawy

Rozprawa dotyczy oryginalnego i niełatwego zagadnienia dotyczącego tematyki trwałości nawierzchni z betonu wałowanego w ocenie statystycznej. Autor w rozprawie podjął się zatem trudnego zadania polegającego na przeanalizowaniu wielu elementów zarówno pod względem technologicznym jak i analitycznym. Dodatkowo przeprowadził wnikliwe analizy trwałości konstrukcji nawierzchni drogowej z uwzględnieniem autorskiej analizy niezawodności.

Na szczególną uwagę zasługuje zaangażowanie Autora w badania własne. Dzięki temu Autor mógł przeanalizować cechy materiałowe, niejednorodność oraz ocenić kluczowe elementy weryfikowane podczas projektowania mieszanki betonowej. Wyznaczenie wartości różnych parametrów, pozwoliły także ocenić niezawodność konstrukcji nawierzchni z betonu wałowanego.

W rozprawie przeprowadzono szereg obliczeń numerycznych i dyskusji z zakresu zmęczenia i analizy statystycznej wyników, a w szczególności zajęto się tematyką niezawodności konstrukcji. Pozyskaną i usystematyzowaną wiedzę m.in. z metod szacowania niezawodności, technologii nawierzchni drogowych, metod badawczych nad betonem wałowanym wykorzystano do wskazania celów rozprawy, a następnie do udowodnienia postawionej tezy.

Autor wykazał się znajomością technologii budowy dróg asfaltowych i betonowych w aspekcie ilościowej optymalizacji rozwiązań technologicznych z wykorzystaniem metod statystycznych: normalizacji danych Hellwiga oraz autorskiej – hybrydowej. Należy zwrócić uwagę, że dotychczasowe analizy w większości oparte są na ocenach jakościowych.

Autor wykonując analizy statystyczne wykazał, że trudno jest opracować spójne metody badań laboratoryjnych z uwagi na specyficzną technologię betonu wałowanego.

Zagadnienia dotyczące niezawodności i trwałości Autor zaimplementował w analizach różnych konstrukcji nawierzchni. Wykazał, że zastosowanie technologii betonu wałowanego w budowie nawierzchni dróg lokalnych, jest co najmniej równoważne pod względem trwałości i niezawodności w porównaniu do technologii tradycyjnych (asfaltowej i z betonu cementowego).

Na recenzowaną rozprawę o łącznej objętości 201 stron składa się 7 rozdziałów merytorycznych, spis bibliografii (+ normy i przepisy) obejmujący 166 pozycji, streszczenie w języku polskim i angielskim wraz ze słowami kluczowymi.

Dokument rozprawy zawiera liczne wzory matematyczne, 83 tabele oraz 46 rysunków w formie wykresów oraz schematów. W rozprawie Autor starał się językiem przyjaznym opisać różne skomplikowane zagadnienia z dziedziny mechaniki nawierzchni oraz technologii nawierzchni.

W rozdziale pierwszym Autor wprowadza w tematykę, przedstawia ogólne założenia oraz zakres rozprawy.

Drugi rozdział rozprawy pozwala czytelnikowi zapoznać się z problematyką nawierzchni drogowych. Autor cytuje literaturę i odnosi się do aktualnego stanu wiedzy. W szczególności interesujące są zagadnienia dotyczące metod szacowania niezawodności nawierzchni drogowych oraz dyskusje na temat niezawodności i trwałości.

Mimo wyodrębnionego rozdziału „przegląd literatury” Autor często w różnych rozdziałach dodatkowo komentuje różne informacje prezentując publikacje naukowe. Pozwala to oczywiście zrozumieć prezentowaną tematykę, jednak wydaje się, że lepiej mogłoby to być zebrane w jednym początkowym rozdziale, a dalsza część pracy mogłaby wykazywać wyłącznie samodzielne osiągnięcia.

Pod koniec rozdziału drugiego sformułowano tezę, cel główny oraz cele dodatkowe jakie autor postawił sobie przy realizowaniu zagadnienia naukowego rozprawy.

Rozdział trzeci zawiera wielokryterialną ocenę wybranych technologii budowy dróg. Autor przedstawia rozwiązania z wykorzystaniem metod statystycznych: normalizacji danych Hellwiga oraz autorskiej – hybrydowej. Wskazano na potrzebę wyboru technologii w ujęciu ilościowym, a w szczególności technologii budowy nawierzchni z betonu wałowanego dla dróg lokalnych. Autor interesująco zaprezentował ranking technologii budowy dróg z wykorzystaniem autorskiej hybrydowej metody wielokryterialnej.

Niewątpliwie swoją wiedzą i zaangażowaniem Autor wykazał się w rozdziale czwartym przeprowadzając badania własne mieszanki oraz betonu wałowanego. W dość mocno rozbudowanym rozdziale autor skrupulatnie przedstawia wszelkie wyniki oraz procedury badawcze. Program badań obejmował badania podstawowe – oznaczenie cech fizyko-mechanicznych dla próbek wykonanych w warunkach laboratoryjnych, a także rdzeni pobranych z poligonu badawczego – Miejsce Piastowe oraz ze zrealizowanego w technologii betonu wałowanego. Badania te zasługują na szczególne uznanie, gdyż dostarczają cennych informacji w celu poznania wpływu poszczególnych składników i metod przygotowania próbek na zagęszczenie mieszanki. Autor skupił uwagę także na wpływie kruszywa. Wykonane analizy statystyczne wybranych zbadanych cech betonu wałowanego próbek laboratoryjnych i rdzeni wykazały, że uzyskiwane wartości parametrów, dla próbek są na przyjętym poziomie ufności 0,95 istotnie różne. Wyciągnięto wniosek, że normowe procedury zagęszczania próbek z betonu wałowanego należy zmodyfikować.

Rozdział piąty dotyczy analiz niezawodności i trwałości. Autor dobrze przeprowadził powiązanie tych elementów w ocenie różnych konstrukcji nawierzchni drogowych. Zaprezentowano autorskie przykłady szacowania niezawodności różnymi metodami. Autor skupił analizy porównawcze na nawierzchniach asfaltowych i z betonu wałowanego co dotychczas nie było tak przeprowadzane. Poszerzono zatem wiedzę w zakresie szacowania niezawodności nawierzchni w technologii betonu wałowanego.

W rozdziale szóstym, Autor modelując nawierzchnie drogową z wykorzystaniem narzędzia MES, dokonał oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego.

Podsumowanie z przeprowadzonych analiz oraz właściwie sformułowane wnioski zawarto w końcowym rozdziale siódmym.

Pod koniec rozprawy zestawiono bibliografię oraz spis rysunków i tabel.

3. Uwagi ogólne (w tym krytyczne) dotyczące rozprawy

Recenzowana rozprawa mgr inż. Wojciecha Radwańskiego dotyczy ważnego i nieanalizowanego dokładnie problemu szacowania niezawodności nawierzchni w technologii betonu wałowanego występującego w drogownictwie. Mimo, iż tematyka i technologia była i jest rozpoznawana przez wielu badaczy, Autor rozprawy podjął się trudnego i ambitnego zadania, którego efektem było określenie trwałości nawierzchni z betonu wałowanego. Przedstawione w rozprawie badania i analizy wskazują, że nawierzchnie z betonu wałowanego spełniają wymagania trwałości stawiane drogom lokalnym o kategorii ruchu KR2 i mogą stanowić alternatywę do nawierzchni asfaltowych.

Rozprawa ma ważne znaczenie dla rozwoju technologii nawierzchni z betonu wałowanego oraz może być przydatna przy mechanicznym projektowaniu nawierzchni drogowych. Docenić należy podejście interdyscyplinarne z uwzględnieniem różnych aspektów pracy nawierzchni drogowej a w szczególności z uwzględnieniem ocen statystycznych i analiz niezawodności.

Zakres merytoryczny, cel, zakres, wnioski ujęte w rozprawie

1. W rozdziale „2.6 Cele i teza pracy” teza i cel są wyraźnie wyartykułowane. Recenzent zaproponował jednak korektę stylistyczną, która nie zmienia treści a polepsza brzmienie na bardziej „odważne” i „zdecydowane”.
2. Podane cele pośrednie są jak najbardziej słuszne i zasadniczo dobrze sformułowane.
3. Warto docenić właściwie opracowaną przez Autora tematykę wielokryterialnej oceny wybranych technologii budowy dróg. We wnioskach tego rozdziału warto było zaznaczyć ograniczenie stosowania technologii betonu wałowanego oraz dla jakiej kategorii zastosowana metoda hybrydowa daje takie pożądane rozwiązania.
4. Autor badania własne przeprowadził rzetelnie i praktycznie dobrze opracował, bez przesadzonego przeladowania informacjami.
5. W rozdziale „obliczeniowym” Autor szczegółowo analizuje wybrane konstrukcję. Zbyt duża liczba wariantów i sposób przedstawienia wyników wyłącznie w formie tabelarycznej nie pozwala łatwo przeanalizować i ocenić uzyskanych wyników.

6. Mimo to podczas pierwszego czytania rozprawy, prezentowana tematyka jest zrozumiała i specjalnie nie ma potrzeby częstego przemieszczania się po różnych częściach rozprawy w celu zrozumienia sensu i idei prezentowanych zagadnień.
7. Końcowe wnioski ujęte w rozprawie są właściwie posegregowane i wyartykułowane. Opisano osiągnięcia i konkretne dokonania Autora, występują drobne błędy stylistyczne.

Przegląd literatury

1. Przegląd stanu wiedzy w rozdziale 2, został dobrze podzielony na kilka tematycznych podrozdziałów. Rozdział nie jest „przeładowany” nadmiarem informacji, a Autor podaje kluczowe konkretne informacje i wymagania w zakresie nawierzchni z betonu wałowanego. Stwierdzono drobne błędy stylistyczne, w doborze słownictwa, braki powoływania się na niektóre rysunki. Nie rozwinięto tematyki kryteriów zmęczeniowych w tej części pracy. Zabrakło większego rozpisania się na temat zastosowania technologii betonu wałowanego jako kluczowego i ważnego dla dróg lokalnych o niskiej kategorii ruchu.
2. W wielu miejscach pracy (a w szczególności w części „autorskiej” rozprawy) niepotrzebnie powtarzane są znane informacje na temat trwałości zmęczeniowej, zasad pracy konstrukcji nawierzchni czy cech eksploatacyjnych.
3. Mimo iż tematyka ujęta jest rozlegle to jednak cytowanie pojedynczych, wybranych publikacji wydaje się być nieco skromne. Przegląd stanu wiedzy oczywiście zawiera dużo kluczowych publikacji oraz informacji (także znanych, ale także unikalnych).
4. Według recenzenta brakuje niektórych starszych, pionierskich publikacji. Warto promować także krajowy stan wiedzy: wykonane już doktoraty i prace habilitacyjne.
5. Stwierdzono drobne nieścisłości „datowe” przy podawaniu rozporządzeń i katalogów „krajowych” nawierzchni.

Strona techniczna, ogólne uwagi redakcyjne

1. Autor zredagował rozprawę zgodnie przyjętymi i powszechnie stosowanymi wymaganiami.
2. Występuje znikoma liczba błędów merytorycznych.
3. Małą liczbę uwag można mieć do stylistyki i budowania zdań. Autor nie stosuje skrótów myślowych. W większości przypadków dobrze dobiera słownictwo naukowe.
4. Niewiele stwierdzono błędów w powołaniach na rysunki i tabele.
5. Stwierdzono błędy w podawaniu modułu Younga podłoża gruntowego co dotyczy jednak podbudowy – uznano to za błąd redakcyjny a nie merytoryczny.
6. Forma graficzna rysunków-wykresów jest czytelna i w miarę jednolita pod względem stylów i jakości. Niepotrzebnie jednak stosuje się obramowanie dodatkowe wykresów. Wyniki końcowe mogłyby być zestawiane w formie wykresów kolumnowych.
7. Inne komentarze i uwagi (w liczbie kilkudziesięciu) zawarto w trybie komentarzy w pliku pdf. Nie zestawiano ich do niniejszej recenzji w formie wydruku. Nie wszystkie wymagają bezpośrednich odpowiedzi, celem podania ich do wiadomości Autora jest polepszenie przez niego przyszłej formy prezentacji swoich osiągnięć.

4. Zagadnienia nie wyjaśnione lub nie rozwinięte w rozprawie

1. Brakuje w Rozprawie lepszego opisanie stosowanych kryteriów zmęczeniowych, deformacyjnych oraz stosowanych do mieszanek związanych. Zabrakło podania jak się nazywają/ skąd pochodzą oraz pierwotnych materiałów źródłowych.
2. Dlaczego nie przeanalizowano i nie przedyskutowano kryterium dla nawierzchni betonowych stosowanych w katalogu nawierzchni oraz kryteriów dla mieszanek związanych?
3. Szkoda, że nie pokazano wyników trwałości deformacji strukturalnych dla podłoża przy analizie nawierzchni z betonu wałowanego.
4. Szkoda, że autor nie zdecydował się na jedno kryterium zmęczeniowe w analizach nawierzchni z betonu wałowanego. W rozprawie to niepotrzebnie zwiększa liczbę przypadków do analizowania.
5. Brakuje w obliczeniach MES dyskusji przyjęcia warstwy poślizgowej oraz współpracy międzywarstwowej co ma znaczenie w analizach termicznych.
6. Nieco wątpliwe jest przyjęcie superpozycji naprężeń od obciążenia i temperatury, skoro w modelowaniu MES skuteczniejsze i możliwe jest przeprowadzeni obliczeń dla obu typów obciążeń jednocześnie.
7. Nie wiadomo jaki przyjęto współczynnik reakcji podłoża w modelu Westergaarda, to ma istotny wpływ na wyniki obliczeń.

5. Elementy zasługujące na uznanie

1. Opisano ważne zagadnienie w ujęciu statystycznej oceny trwałości technologii betonu wałowanego.
2. Wykazano, „równoważność” stosowania technologii nawierzchni z betonu wałowanego i technologii asfaltowej dla nawierzchni dróg lokalnych o niskiej kategorii ruchu.
3. Przeprowadzono kompleksowe badania fizyko-mechaniczne mieszanek i betonu wałowanego na próbkach laboratoryjnych oraz odwiertach rdzeniowych.
4. Przeprowadzono autorskie analizy niezawodności nawierzchni drogowych.
5. Opracowano autorską metodę oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego wykorzystującą charakterystyki zmęczeniowe.
6. Formułując wnioski wskazano podobne prawdopodobieństwo uszkodzenia nawierzchni dla dwóch analizowanych technologii w rozprawie.
7. Opracowany przez autora wykres trwałości nawierzchni z betonu wałowanego może być przydatnym narzędziem przy projektowaniu konstrukcji. Warto wyróżnić umiejętność zastosowania algorytmów numerycznych w systemie ANSYS.
8. Warto docenić skrupulatny przegląd stanu wiedzy z technologii betonu wałowanego.
9. Praca ma charakter teoretyczno-eksperymentalny i doskonałym jej zamknięciem byłaby przyszła weryfikacja w większych badaniach terenowych, co niewątpliwie wskazuje na dalszą ścieżkę kariery naukowej.
10. Autor zdaje sobie sprawę z problemów badawczych związanych z identyfikacją parametrów materiałów drogowych oraz problem ich weryfikacji w odpowiednich modelach co najprawdopodobniej uwzględni w swoich przyszłych pracach naukowych, a szczególnie w aspekcie anizotropii betonu wałowanego.

6. Ocena rozprawy i wniosek końcowy

Oceniana rozprawa ma charakter teoretyczno-eksperymentalny jednak zastosowano w niej istotne wyniki i analizy możliwe do wykorzystania praktycznego przy projektowaniu nawierzchni z betonu wałowanego.

W rozprawie zawarto oryginalne podejście w modelowaniu niezawodności nawierzchni drogowej. Mimo, iż brakuje pewnych drobnych wyjaśnień, należy uznać niniejszą rozprawę za oryginalne i aktualne opracowanie przydatne w przyszłym mechanistycznym projektowaniu konstrukcji drogowych z betonu wałowanego.

Wysoka jakość merytoryczna pracy świadczy o dużej wiedzy Autora i umiejętności poruszania się tematyce nawierzchni drogowych, technologii betonowej oraz w zakresie obliczeń numerycznych.

Mimo iż rozprawa dotyczy opisywanych w wielu książkach i podręcznikach zagadnień nawierzchni z betonu wałowanego, to jednak Autor potrafił zwrócić uwagę na nierozpoznane dotychczas problemy, potrafił je zebrać i przeanalizować. Wykazał się przy tym skutecznym warsztatem badawczym i dużą wiedzą naukową w zakresie prezentowanej dziedziny.

Przytoczone niektóre krytyczne uwagi ogólne i szczegółowe, nie obniżają wartości wysoko ocenianej przeze mnie rozprawy oraz nie podważają oryginalnego podejścia, pomysłowości i samodzielnego nakładu pracy Autora.

Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia prac badawczych i rozwiązywania problemów naukowych. Zaprezentowane klarowne dyskusje i podsumowanie, zaimplementowane modele, badania oraz obliczenia numeryczne stanowią niezaprzeczalnie oryginalne osiągnięcie Doktoranta.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Radwańskiego pt. „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego” spełnia moim zdaniem wymagania nałożone Ustawą „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z 14 marca 2003 roku wraz z późniejszymi zmianami w zakresie dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

W związku z powyższym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej pt. „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego” i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego do publicznej obrony.

Wrocław, 25.09.2023

Piotr Machniewicz