

Zielona Góra, dn. 28.07.2023 r.

prof. dr hab. inż. Adam Wysokowski
Kierownik Zakładu Dróg, Mostów i Kolei
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Zielonogórski
e-mail: awysokowski@infra-kom.eu

Przyjął
03/08/2023
DZIĘKUJĘ
Wydziału Inżynierii Lądowej
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

WPEŁYNIŁO

Dnia 02.08.2023
L. dz. II. PW. 416 / 2023

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ Pana mgr inż. Tomasza Gajdy

pt.:

„Kryteria oceny trwałości i skuteczności napraw obiektów mostowych zaprawami typu PCC”

1. UWAGI FORMALNE

Recenzję opracowano na prośbę Pana prof. dr hab. inż. Konrada Lewczuka – Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport, Politechniki Warszawskiej, zgodnie z uchwałą nr 710/2023 Rady Naukowej z dnia 06.06.2023 r.

2. OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

2.1 Treść rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gajdy pt.: „Kryteria oceny trwałości i skuteczności napraw obiektów mostowych zaprawami typu PCC” liczy 228 stron. Integralną częścią pracy jest spis literatury, zawierający łącznie 209 pozycji. Praca w szczególności zawiera 21 rysunków, 50 fotografii i 25 tabel. Jej zawartość merytoryczna odpowiada tytułowi, a tytuł recenzowanej rozprawy jest ogólnie zgodny z zawartym w opracowaniu zakresem tematycznym i merytorycznym.

W rozprawie autor oparł się na dostępnych pracach z zakresu przedmiotu, zgodnie z zestawieniem zawartym w spisie literatury przedstawionym na końcu rozprawy.

Praca ma charakter badawczo - teoretyczny, choć z uwagi na szeroki zakres badań i analiz dotyczących zapraw naprawczych, może mieć również, - co zasługuje na podkreślenie – charakter praktyczny.

Recenzowana rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów oraz załącznika, który jest poprzedzony wykazem ważniejszych terminów oraz oznaczeń i symboli stosowanych w pracy.

W pierwszym rozdziale autor przedstawia genezę podjęcia tematu, cel i zakres rozprawy, zdefiniowaną tezę rozprawy oraz układ pracy.

Drugi rozdział zawiera informacje dotyczące materiałów do naprawy betonu, ze szczególnym uwzględnieniem zapraw naprawczych, które służą do wypełniania ubytków w elementach betonowych oraz do ich reprofiliacji. Przedstawione są w nim m.in. właściwości, konstrukcja typowego systemu

do napraw konstrukcji betonowych z użyciem zapraw naprawczych oraz wpływ zastosowania spoiwa polimerowo-cementowego na właściwości zaprawy, takie jak wytrzymałość na ściskanie, zginanie i przyczepność do podłoża. Rozdział ten prezentuje również klasyfikację zapraw naprawczych według różnych kryteriów, w tym głównie związanych z wytrzymałością na ściskanie.

Trzeci rozdział poświęcony jest metodom badań zapraw naprawczych i składa się z pięciu podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale autor przedstawia serię norm PN-EN 1504, których wprowadzenie miało na celu kompleksowe podejście do tematyki dotyczącej napraw i ochrony konstrukcji betonowych. Kolejne podrozdziały omawiają metody badawcze związane z zaprawami naprawczymi, w tym badania starzeniowe zgodnie z PN-EN 13687 oraz wytyczne krajowe dotyczące badań starzeniowych, zwłaszcza mrozoodporności.

Czwarty rozdział prezentuje zasady projektowania i wykonywania napraw konstrukcji betonowych za pomocą zapraw naprawczych. Zawiera on informacje na temat projektowania naprawczego, zwłaszcza w odniesieniu do obiektów mostowych, oraz sześć głównych faz projektu naprawczego.

Rozdział piąty koncentruje się na zjawisku mrozoodporności zapraw naprawczych i betonu, czyli odporności na cykliczne procesy zamrażania i odmrażania. Przedstawia mechanizmy mrozowego niszczenia, które zachodzą na dwóch poziomach: wewnętrznym i zewnętrznym.

W rozdziale szóstym następuje porównanie wybranych metod badań mrozoodporności zapraw naprawczych, uwzględniając metody powszechnie stosowane na rynku polskim oraz PN-EN 1504-3, na podstawie przeprowadzonych badań własnych. Na potrzeby tych badań wykonano 24 objekty badawcze (próbki) do oznaczenia przyczepności doraźnej i trwałej oraz 108 obiektów badawczych (próbek) do oznaczenia wytrzymałości trwałej na ściskanie i zginanie oraz dla sprawdzenia ubytku masy.

Rozdział siódmy stanowi podsumowanie zagadnień przedstawionych w rozprawie oraz wyników badań własnych, w odniesieniu do tezy przyjętej we wstępie. Wskazane są również kierunki dalszych badań zapraw naprawczych. Rozdział ósmy zawiera spis bibliografii, a rozdział dziewiąty spis norm, procedur badawczych i instrukcji.

Całość uzupełnia załącznik, prezentujący szczegółowe wyniki badań zapraw naprawczych oraz wzory do określenia właściwości użytkowych, które były przedmiotem badań.

Struktura rozprawy ogólnie jest prawidłowa. Układ pracy został podzielony na część teoretyczną - dotyczącą ogólnych informacji na temat zapraw naprawczych i wymagań technicznych w kontekście napraw konstrukcji betonowych, oraz część praktyczną - badań własnych autora. Jednocześnie, zdaniem recenzenta, układ dysertacji posiada charakter praktycznych zaleceń dla profesjonalistów związanych z tą dziedziną. Wynika to prawdopodobnie, według wiedzy recenzenta, z posiadanego wieloletniego doświadczenia doktoranta w opracowywaniu tego typu dokumentów.

2.2 Ocena rozprawy

Rozprawa doktorska będąca przedmiotem recenzji wpisuje się w aktualny nurt prac naukowo - badawczych dotyczących zagadnień zwiększania trwałości eksploatacyjnej obiektów budowlanych.

Zaprawy naprawcze do betonu odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu, naprawie i wzmacnianiu istniejących obiektów budowlanych w tym infrastrukturalnych. W ostatnich latach, modyfikowane zaprawy naprawcze oparte na polimerach (Polymer Cement Concrete, PCC) zyskały na popularności ze względu na swoje doskonałe właściwości mechaniczne, trwałość i elastyczność. Polimery dodawane do cementu znacznie poprawiają niektóre właściwości betonu, takie

jak wytrzymałość na ściskanie, odporność na działanie czynników atmosferycznych, oraz redukują jego skurcz. Ponadto materiały polimerowe poprawiają trwałość napraw. Nowoczesne zaprawy PCC charakteryzują się znacznie wyższą wytrzymałością mechaniczną w porównaniu do tradycyjnych zapraw cementowych typu CC. Dzięki temu są bardziej odporne na obciążenia dynamiczne, a także mogą być stosowane w miejscach o dużym natężeniu ruchu czy obciążeniach statycznych. Zaprawy tego typu wykazują również właściwości elastyczne, co pozwala na lepsze dopasowanie się strefy naprawianej do drgań struktury betonowej, minimalizując ryzyko powstania rys i pęknięć. Są one również bardziej odporne na działanie czynników atmosferycznych, agresywne środowisko chemiczne i inne uszkodzenia eksploatacyjne.

Zaprawy te charakteryzują się, co jest szczególnie ważne, wysoką przyczepnością do powierzchni betonowych, co jest kluczowe dla skutecznej naprawy uszkodzeń i wzmocnienia konstrukcji wykonanych z tego materiału.

Pomimo, że zaprawy z grupy PCC są stosowane już od lat 50-tych ubiegłego wieku, i do dnia dzisiejszego wykonano z powodzeniem wiele prac rozwojowych dotyczących składu, i poprawy właściwości fizycznych tych zapraw, to w dalszym ciągu istnieje szereg zagadnień niezbędnych do rozpoznania, jak na przykład dotyczących docelowej trwałości eksploatacyjnej napraw z wykorzystaniem tych materiałów. Badania takie są niezwykle istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa naprawianych obiektów budowlanych, zwłaszcza głównych nośnych elementów konstrukcyjnych mostów.

Autor dysertacji będącej przedmiotem recenzji, dokonał próby analizy zagadnień związanych trwałością i tym samym skutecznością napraw z użyciem zapraw typu PCC. Jako kluczowe czynniki przy doborze zapraw naprawczych wskazał właściwości użytkowe, dotyczące zasadniczych charakterystyk zaprawy w zakresie przyczepności trwałej do podłoża oraz wytrzymałości trwałej na zginanie i ściskanie, oceniane po próbie mrozoodporności w komorze klimatycznej. Rozważania te poprzedził wynikami przeprowadzonych badań oraz własnymi doświadczeniami praktycznymi z realizacji napraw dla tego typu konstrukcji, które od wielu lat są dalej eksploatowane. Na bazie przeprowadzonych analiz doktorant przedstawił naukowe podejście do zagadnienia związanego z określeniem metodyki i rodzajem koniecznych badań zapraw naprawczych typu PCC, gwarantujących odpowiednie właściwości użytkowe z punktu widzenia trwałości i skuteczności napraw dla konstrukcji mostowych. Dodatkowo w dysertacji sformułowano praktyczne zalecenia dotyczące projektowania i wykonywania napraw konstrukcji betonowych za pomocą zapraw PCC, z uwzględnieniem aspektu ekonomicznego wynikające z wykonanych przez autora wybranych analiz.

Autor w pracy wykazał, że przyczepność trwała zaprawy do podłoża po próbie mrozoodporności, nie jest parametrem wystarczającym do oceny trwałości i skuteczności naprawy. W wyniku przeprowadzonych badań i analiz wykazano, że dodatkowym, kluczowym parametrem potwierdzającym właściwości materiałowe z punktu widzenia trwałości i skuteczności napraw jest również wytrzymałość trwała na zginanie i ściskanie. Ma to szczególne znaczenie w przypadku uzupełniania (naprawy) ubytków powierzchniowych otuliny prętów zbrojeniowych, gdzie materiał naprawczy jest szczególnie narażony na zginanie zewnętrznych jego włókien. Tym samym doktorant potwierdził założoną w dysertacji tezę główną.

Potwierdzenie założonej tezy przynosi nie tylko satysfakcję samemu doktorantowi, ale również przyczynia się do uzupełnienia dotychczasowego stanu wiedzy w dziedzinie nauki z zakresu zapraw „Polymer Cement Concrete” - PCC.

Badania przeprowadzone przez autora, mające na celu zweryfikowanie i potwierdzenie postawionej tezy, wymagały dużego nakładu pracy, systematyczności i czasu poświęconego tym działaniom wraz z odpowiednim zaangażowaniem ze strony doktoranta. Osiągnięcie pozytywnego wyniku tych działań stanowi dowód na staranność, rzetelność oraz trafność wybranych metod badawczych, co jest ważne i godne podkreślenia.

Przeprowadzone badania stanowią istotny wkład w rozwijanie i poszerzanie istniejącej wiedzy w dziedzinie trwałości materiałów naprawczych z grupy PCC. Uzyskane wyniki mogą być pomocne w rozwiązywaniu problemów technicznych w praktyce oraz dalszego zwiększania efektywności stosowania zapraw naprawczych. Co więcej, potwierdzenie założonej tezy może stanowić punkt wyjścia dla kolejnych badań i analiz, w tym dla samego autora, które mogą jeszcze bardziej rozwinąć aspekt trwałościowy napraw, szczególnie biorąc obecne tendencje związane ze zrównoważonym rozwojem w budownictwie.

Zdaniem recenzenta, doktorant wprowadza nowy element w spojrzenie na problematykę dotyczącą zapraw PCC. Ponadto, co wykazano w niniejszej recenzji, dysertacja ma w dużym stopniu również charakter zaleceń, co czyni ją niezwykle wartościowym narzędziem w kontekście implementacji wyników badań w praktyce inżynierskiej. W opinii recenzenta, wyniki zawarte w dysertacji mogą stać się również punktem odniesienia dla przemysłu, umożliwiając podjęcie działań mających na celu dalszą optymalizację produktów w postaci zapraw naprawczych w zakresie zwiększania ich trwałości eksploatacyjnej.

Należy zauważyć, że autor nie uniknął błędów redakcyjnych, stylistycznych, a także związanych ze sczytaniem pracy. Zdaniem opiniodawcy ich uwzględnienie poprawiłoby z pewnością w odpowiednim stopniu czytelność opiniowanej dysertacji.

3 UWAGI DO RECENZOWANEJ ROZPRAWY

Poniżej, autor recenzji zestawil podstawowe, wybrane merytoryczne i redakcyjne uwagi dotyczące recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Gajdy.

3.1. Uwagi ogólne

- Zdaniem recenzenta układ oraz forma recenzowanej pracy doktorskiej jest ogólnie prawidłowa. Treść recenzowanej monografii jest dostatecznie przejrzysta a układ pracy logiczny. Trzeba jednak nadmienić, że w recenzowanej pracy jest wiele fragmentów zaczerpniętych bezpośrednio z norm. Zdaniem recenzenta nie wpływa to dobrze na przejrzystość dysertacji, ponieważ informacje te powinny być podane jedynie jako tło przeprowadzonych badań.
- Zdaniem recenzenta, ze względu na główny obszar zastosowania zapraw PCC, tytuł rozprawy doktorskiej powinien być zmieniony na: „*Kryteria oceny trwałości i skuteczności napraw betonowych obiektów mostowych zaprawami typu PCC*”. Oczywiście jest to subiektywna uwaga recenzenta.
- Zdaniem recenzenta, powoływanie norm powinno odbywać się poprzez stosowanie jedynie ich przywoływania w formie cytowania. Na stronie 31 podano spis norm wraz z ich nazwami, co zdaniem recenzenta jest zbędne w dysertacji. Można by było zestawić je np. w formie tabelarycznej.
- Zdaniem recenzenta z uwagi na to, że praca ma charakter teoretyczno-badawczy, rozdział nr 6 pt. „Porównanie wybranych metod badań mrozoodporności zapraw naprawczych” powinien nawiązywać bezpośrednio do części badawczej autora (którą rozgranicza na wstępie),

gdyż analizując jego treść dotyczy on głównie analiz naukowo-badawczych przeprowadzonych przez doktoranta. Można by było dopisać np. „Porównanie wybranych metod badań mrozoodporności zapraw naprawczych – badania własne”, lub „Badania mrozoodporności zapraw naprawczych, jako główny czynnik trwałości napraw z użyciem PCC”. Taka redakcja zapisu uwypukliłaby z pewnością osiągnięty wkład badawczy autora pracy.

- Zdaniem recenzenta we wnioskach (rozdział 7. „Wnioski końcowe i kierunki dalszych badań”) nie ma potrzeby powtarzania tezy pracy, a jedynie powołanie się na zapisy tezy podanej na początku dysertacji. Może mieć to istotne znaczenie jedynie np. w przypadku dużej liczby tezy które udowadnia praca doktorska.
- Dla ogólnej czytelności wniosków wynikających z przeprowadzonych badań, celowe byłoby ich uporządkowanie np. w formie punktów.

3.2. Uwagi szczegółowe

- Strona 32: „Rys.1 Miejsce zapraw naprawczych w strukturze zbioru norm serii PN-EN 1504 wg [21]”. Proponuję zmianę na: „Rys.1 Struktura zbioru norm serii PN-EN 1504 wg [21] w odniesieniu do zapraw naprawczych”.
- Strona 74: „Fot. 2. Widok zawilgoconej i skorodowanej spodniej płyty pomostu, w tym ubytki otuliny betonowej”. Proponuje zmianę na: „Fot. 2. Widok zawilgoconej i skorodowanej płyty pomostu, w tym ubytków otuliny betonowej”.
- Strona 83: „Tablica 13. Orientacyjne koszty wykonywania napraw, z podziałem na zadania” Zdaniem recenzenta podawanie szacunkowych cen jednostkowych robót w jednostce walutowej nie jest wskazane, ze względu na utratę aktualności podanych danych. Lepiej by było podać to w wartości procentowej w postaci różnic kosztów napraw zaprawami PCC w odniesieniu do ceny mieszanki betonowej.
- Strona 94: „...na fot. 11 przedstawiono pomiar pH betonu za pomocą aplikatora typu Rainbow Test”. Recenzent nie znalazł informacji dotyczących zalecanych głębokości określania pH warstwy powierzchniowej. Jest to istotne z uwagi na karbonatyzację betonu w głębszych warstwach otuliny. O ile wartość pH na samej powierzchni betonowej może być poniżej wartości dopuszczalnej, to na głębokości 1,0 cm wartość ta może być zgodna z wymaganiami, co wskazuje na ograniczony zasięg karbonatyzacji i jednocześnie ogranicza docelowy zakres prac naprawczych.
- Strona 119: „Fot. 17. Białe wykwyty w miejscach naprawianych za pomocą zapraw naprawczych.” Proponuje się zmianę na: „Fot. 17. Wykwity węgla wapnia w miejscach naprawianych za pomocą zapraw naprawczych.”.
- Strona 202 (załącznik): „... przyczepności doraźnej w_{0d} wg [200], [MPa]” Jednostki miar powinny być podawane bez nawiasów kwadratowych np.: „... przyczepności doraźnej w_{0d} wg [200] wyrażonej w MPa.”
- Recenzent stwierdził występowanie „zawieszonych” spójników i przyimków typu „lub”, „niż”, „na”, itp. Występują również pogarszające czytelność przeniesienia tekstu na kolejne strony.

Ze zrozumiałych względów autor pracy nie musi odnosić się do powyżej zestawionych uwag szczegółowych i redakcyjnych podczas publicznej obrony, ale dobrze, jeśli się z nimi zapozna i uwzględni w dalszych swoich pracach.

4 PODSUMOWANIE

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gajdy pt.: „**Kryteria oceny trwałości i skuteczności napraw obiektów mostowych zaprawami typu PCC**”, z całą pewnością, zdaniem recenzenta, wnosi wkład do stanu wiedzy w dziedzinie mostownictwa w zakresie stosowania materiałów naprawczych z grupy PCC w infrastrukturze komunikacyjnej, szczególnie w odniesieniu do tytułowego zagadnienia dotyczącego aspektów związanych z trwałością eksploatacyjną tych materiałów.

Jednym z kluczowych atutów przeprowadzonych przez autora badań i analiz jest ukierunkowanie ich na praktyczne problemy i potrzeby w zakresie napraw mostowych konstrukcji betonowych.

Autor wykazał się umiejętnością krytycznej analizy uzyskanych wyników badań i ich interpretacji na tle literatury przedmiotu oraz wymagań normowych.

Poprzez badania własne, które są dobrze uzasadnione naukowo i oparte na rzetelnej analizie danych, doktorant może znacząco wpłynąć na efektywność działań praktyków, pomagając im podejmować bardziej świadome i trafne decyzje w procesie doboru materiałów naprawczych.

Doktorant wykazał się dużą wiedzą, szczególnie praktyczną w zakresie przedmiotu, a stwierdzone w niniejszej recenzji uwagi i uchybienia, są rekompensowane przez cel dydaktyczny, jaki ta praca spełniła dla jej autora w postaci umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Podsumowując przedmiotową recenzję, opiniodawca stwierdza, że rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gajdy spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i tym samym może stanowić podstawę dopuszczenia autora do jej publicznej obrony.

Ponadto, z uwagi na uporządkowany warsztat badawczy dotyczący sposobu przeprowadzenia analiz o charakterze naukowym i wynikający z niego wkład merytoryczny w Dyscyplinę Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport, proponuję rozważenie wyróżnienia recenzowanej pracy doktorskiej.



Zielona Góra - Zmigrod 28/07/2023r.