

Dr hab. inż. Mirosław Graczyk, prof. IBDiM

Warszawa, 11.08.2021r.

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Ul. Instytutowa 1

03-302 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Dominika Pokropskiego

pt.

WPLYW PARAMETRÓW PODPÓR BLOKOWYCH NA WYTRZYMAŁOŚĆ BEZPODSYPKOWEJ NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ

1. PODSTAWA WYKONANIA RECENZJI

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport” Wojskowej Akademii Technicznej (pismo Nr WYCH/N/00255/2021 z dnia 10.06.2021r.).

2. PODSTAWA MERYTORYCZNA RECENZJI

Podstawą opracowania recenzji była rozprawa doktorska pt. „WPLYW PARAMETRÓW PODPÓR BLOKOWYCH NA WYTRZYMAŁOŚĆ BEZPODSYPKOWEJ NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ”, wydana 2021 roku na Wojskowej Akademii Technicznej.

3. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Dominika Pokropskiego dotyczy badań i analiz wpływu dodatków do betonu w postaci 3 rodzajów włókien do wykonania podpór blokowych na wytrzymałość i trwałość bezpodsypankowej nawierzchni kolejowej.

Celem pracy było wykazanie możliwości udoskonalenia konstrukcji kolejowej nawierzchni bezpodsypankowej poprzez modyfikację betonu w podporach blokowych.

Do przedstawionego celu Autor postuluje tezę pracy:

Zmiana parametrów betonu wykorzystywanego do produkcji podpór blokowych poprzez zastosowanie włókien do betonu ma korzystny wpływ na konstrukcję bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej z uwagi na poprawę wytrzymałości na naprężenia pochodzące od sił pionowych.

Pracę można podzielić na trzy części: wstępną, merytoryczną i podsumowującą. Część pierwsza wstępną obejmuje streszczenia, wstęp oraz rozdziały 1 i 2, gdzie przedstawiono zasadność budowy nawierzchni bezstykowych i zidentyfikowano problemy w eksploatacji tego typu konstrukcji. Część główna merytoryczna przedstawiona została w rozdziałach 3-6, w niej to opisano realizację głównego celu dysertacji tzn. projektowanie i badania betonu do wykonania podpór blokowych, badania połączeń elementów nawierzchni kolejowej oraz modelowanie, obliczenia MES do analizy naprężeń występujące przy różnych rozwiązaniach technologicznych. Pracę kończy podsumowanie i wnioski oraz literatura..

Pierwsza część - część wstępna, zawiera „Streszczenie” pracy w dwóch językach - polskim i angielskim, „Wstęp”, w którym podano uzasadnienie podjęcia w dysertacji przedmiotowej tematyki oraz rozdziały 1 pt. „Charakterystyka nawierzchni niekonwencjonalnych”, gdzie opisano zasadność budowy nawierzchni bezpodsypkowych dla kolei dużych prędkości, występujące problemy eksploatacyjne oraz trzy systemy nawierzchni (RHEDA 2000, ÖBB-PORR, EBS) z określeniem ich typowych uszkodzeń, a także rozdział 2 „Wymagania konstrukcyjne dla nawierzchni bezpodsypkowej”, gdzie Autor podał tezę pracy doktorskiej, która wynika z zidentyfikowania najsłabszych elementów konstrukcji kolejowej nawierzchni bezpodsypkowej.

Druga część pracy - merytoryczna to rozdziały 3 – 6. W rozdziale 3 pt. „Projektowanie betonu” Autor przedstawił aspekt projektowania mieszanki betonowej pod kątem własności, które mają spełniać wymagania dla podpór blokowych nawierzchni bezpodsypkowej. Rozdział 4 - „Badania laboratoryjne” poświęcony został wszechstronnym badaniom laboratoryjnym zaprojektowanych: betonów w tym: betonu (Z1) C35/45 do płyty torowej i 4 typów betonu (Z2-Z4) C50/60 do podpór blokowych. Trzy mieszanki betonowe do podpór blokowych różniły się dodatkami rodzajów włókien i dodatkowo była jedna mieszanka bez włókien (Z5). Zastosowano włókna: stalowe (Z2), polimerowe (Z3) i szklane (Z4). Wykonane według pięciu

recept mieszanki i próbki betonowe poddano następującym badaniom: oznaczenie konsystencji, wytrzymałości na ściskanie (po 7 i 28 dniach dojrzewania), mrozoodporności (150 cykli - XF4) i oznaczenie modułu sprężystości. W kolejnym rozdziale pt. „Badania połączenia elementów nawierzchni kolejowej” Doktorant w celu oceny zjawiska odłupywania betonu na połączeniu podpory blokowej (Z2-Z5) z płytą torową (Z1) zaprezentował badania wykonane na próbkach modelujących rzeczywiste połączenie w nawierzchni kolejowej tj.: badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu i pull-off oraz przeprowadził badania wytrzymałości na rozciągania na modelu konstrukcji nawierzchni bezpodsypkowej w przekroju poprzecznym (belki z podporami blokowymi i belki bez podpór blokowych) i podłużnym. W przypadku badań wytrzymałości na modelu nawierzchni w przekroju podłużnym dodatkowo zastosowano analizę zdjęć poklatkowych procesu przemieszczeń pionowych i poziomych w czasie obciążania próbek. Ostatni z rozdział merytoryczny opisuje modelowanie numeryczne, z wykorzystaniem MES z analizą występujących naprężeń w charakterystycznych punktach (8 punktów przy przekroju poprzecznym i 16 punktów w przekroju podłużnym) konstrukcji bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej obciążonej kołami rzeczywistej lokomotywy. W modelowaniu przedstawiono cztery warianty typów betonu z włóknami, korespondujące z poprzednio wykonanymi badaniami laboratoryjnymi (wykorzystano wyniki wytrzymałości na ściskanie i moduł sprężystości) betonu podpór blokowych i płyty podporowej. Rozdział kończy porównanie wyników z badań laboratoryjnych i analizy numerycznej.

Część końcowa dysertacji to rozdział 7 pt. „Podsumowanie i wnioski”, w którym Autor przedstawia wnioski i podsumowanie z całości przeprowadzonej pracy wykazując potwierdzenie założonej tezy podanej w rozdziale 2 oraz zestawienie literatury z 74 pozycjami.

W głównej części pracy zamieszczono 54 rysunki, 59 tabel i 27 zdjęć.

Rozprawa ma charakter badawczo-obliczeniowo-analityczny.

4. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Nawierzchnia kolejowa poddawana jest zmiennym obciążeniom dynamicznym pochodzącym od ruchu taboru kolejowego. Takie oddziaływania w takcie długotrwałej eksploatacji powodują w nawierzchniach kolejowych ich stopniową degradację. W kolejowych nawierzchniach bezpodsypkowych pierwszymi objawami takiej degradacji są uszkodzenia nawierzchni

objawiające się przede wszystkim w postaci pęknięć w betonowej płycie torowej szczególnie na połączeniu z betonowymi podporami blokowymi, co w konsekwencji wpływa na obniżenie poziomu jakości ruchu kolejowego.

Odporność na uszkodzenia występujące w płycie torowej, które wpływają na przyspieszenie degradacji konstrukcji bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej, zależą od parametrów betonu w podporach blokowych.

Podjętą przez Doktoranta tematyka praca jest bardzo aktualna i ważna, przede wszystkim ze względu na obecny rozwój w Polsce kolei dużych prędkości, gdzie może być wykorzystywana konstrukcja nawierzchni bezpodsypkowej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Dominika Pokropskiego pt. „Wpływ parametrów podpór blokowych na wytrzymałość bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej” obejmuje opis konstrukcji bezpodsypkowych nawierzchni kolejowych ze zidentyfikowaniem problemu typowych uszkodzeń, które występują w trakcie długotrwałej eksploatacji i przedstawieniem badań naukowych do rozwiązania problemu technicznego

Teza dysertacji dotyczy potencjalnej możliwości poprawy parametrów betonu w podporach blokowych poprzez zastosowanie włókien, co ma wpłynąć na zwiększenie wytrzymałości na naprężenia pochodzące od sił pionowych, a tym samym na zwiększenie trwałości konstrukcji bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej.

Należy pochwalić cenną inicjatywę podjętą przez Doktoranta wykonania pracy badawczej odnoszącej do tego istotnego problemu nawierzchni bezpodsypkowych.

Doktorant na początku przedstawił różne rodzaje nawierzchni bezpodsypkowej i przeprowadził analizę występujących problemów w ich eksploatacji. Tym sposobem wyspecyfikowane zostały główne uszkodzenia, które Doktorant słusznie przyjął jako punkt wyjściowy dysertacji. Podstawowy wniosek z przeglądu literatury współgra z przedstawioną przez Autora tezą pracy. W dalszej części pracy przedstawione zostały wymagania dla nawierzchni bezpodsypkowej, w szczególności dotyczące podbudowy, płyty torowej, podpory, przytwierdzenia i szyny oraz opisano obciążenia nawierzchni siłą pionową od taboru kolejowego. Tę część kończą dwie istotne konkluzje: I – siły pionowe przekazywane są na małą powierzchnię co skutkuje wystąpieniem wysokich wartości naprężeń na styku podpory i płyty torowej i II – płyta torowa powinna być oparta całą powierzchnią na podbudowie, ponieważ w innym przypadku występuje w miejscach braku podparcia nadmierne zginanie płyty, co prowadzi do powstania

spękań w betonie płyty. Część główna merytoryczna zawiera opis sposobu doboru materiałów i projektowania mieszanki betonowej dla płyty torowej i podpór blokowych. Autor przedstawił szeroki wachlarz badań laboratoryjnych dla zaprojektowanych pięciu rodzajów betonów, w tym jeden typ do płyty torowej C35/45 (bez dodatku włókien Z1) i cztery do podpór blokowych C50/60, gdzie różnica między nimi polega na rodzaju dodanych włókien lub bez włókien (3 z dodatkiem włókien: Z2 – włókna stalowe (25 kg/m^3), Z3 – włókna polimerowe ($4,5 \text{ kg/m}^3$), Z4 – włókna szklane (1 kg/m^3), Z5 – bez dodatku włókien). Należy pozytywnie ocenić zastosowanie dwóch metod do określenia modułu sprężystości tradycyjnej tensometrycznej i nowej metody rezonansowej, gdzie wykorzystana jest zależność częstotliwości drgań i modułu Younga.

Następnym etapem były badania modeli elementów nawierzchni bezpodsytkowej tj płyty podtorowej z podporą blokową. Przeprowadzone badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu, pull-off oraz wytrzymałości na rozciąganie w przekroju poprzecznym i podłużnym miały na celu udowodnienie, że stosowanie dodatku włókien do betonu poprawia istotnie charakterystyki wytrzymałościowe konstrukcji kolejowej nawierzchni bezpodsytkowej. Godne podkreślenia jest zastosowanie przez Doktoranta w badaniach nowatorskiej metody analizę zdjęć poklatkowych procesu przemieszczeń pionowych i poziomych w czasie obciążania belek w przekroju podłużnym.

Ostatnim elementem w merytorycznym w dysertacji jest przeprowadzenie modelowania i obliczenia numeryczne nawierzchni bezpodsytkowej obciążonej kołami lokomotywy. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem programu Autodesk Robot Structural Analysis. Celem analizy numerycznej było określenie wpływu zwiększenia wytrzymałości betonu na rozkład naprężeń w płycie torowej. W danych do analizy zastosowano wyniki z badań laboratoryjnych betonów Z1 – Z5. Do porównań zmiany naprężeń konstrukcji prawidłowo wyspecyfikowano punkty charakterystyczne: osiem do przekroju poprzecznego i szesnaście do przekroju podłużnego. Wybrane punkty są najbardziej wytężonymi miejscami w konstrukcji nawierzchni. Praca kończy się 4 wnioskami, ważne jest, że Doktorant słusznie zauważył, iż niewielka kilkuprocentowa zmian naprężeń rozciągających w płycie podtorowej ma istotne znaczenie w trwałości konstrukcji bezpodsytkowej nawierzchni kolejowej przy wielomilionowych obciążeniach od kół taboru kolejowego oraz podsumowaniem ze stwierdzeniem, że postawiona teza pracy została potwierdzona.

5. Dyskusyjne uwagi do rozprawy

Analiza rozprawy pozwala także na przedstawienie uwag dyskusyjnych i krytycznych, takich jak:

1. Wydaje się, że w pracy do badań laboratoryjnych wykorzystano minimalną liczbę próbek zwykle od 3 do 6. Tak nieliczna populacja jest mało reprezentatywna do prowadzenia pełnej analizy.
2. Czy zastosowanie połączenia z kotwami bądź zazębione między płytą a podporą blokową nie byłoby rozwiązaniem trwalszym niż stosowane połączenie na „zimno”?
3. W zakresie badań na modelach nawierzchni bezstykowej dobrze byłoby także włączyć badania zmęczeniowe, które być może mocniej wykazałyby sens stosowania włókien do betonu w tego typu konstrukcjach. Szczególnie, że w wykonanych badaniach uzyskano niewielkie różnice w wynikach wytrzymałości przy zastosowaniu różnych rodzajów włókien. W tym przypadku decydujące mogłyby się okazać wyniki z badań pod obciążeniem dynamicznym.
4. Mała różnica w wytrzymałości na rozciąganie w modelu nawierzchni może wynikać z procesu pęknięcia w betonie płyty, która nie była wzmocniona włóknami a w rzeczywistości jest zbrojona prętami stalowymi. Może warto w dalszych badaniach wprowadzić wzmocnienie płyty podtorowej włóknami analogicznie jak w podporach blokowych.
5. W zestawieniu literatury występuje 74 pozycji, które została wykorzystane w dysertacji z czego 19 pozycji to przywołane normy, a liczba pozycji zagranicznych to tylko 21 pozycji. W tym kontekście można zapytać czy nie są dostępne publikacje naukowe z badań z rozwoju kolei dużych prędkości np. we Francji, Japonii czy w Chinach?
6. Uwagi redakcyjne: w pkt 2.1 : „Celem pracy jest sprawdzenie dodania domieszek do betonu w podporach...” a powinno być dotatków zamiast domieszek; w Tab. 2.1 podano wytrzymałość na ściskanie 342,5 MPa, a powinno być 34,5 MPa; czy w tab. 2.2 powinno być XF1, czy też jak w Tab 2.4. - F150; str. 78 trzeci wiersz od dołu zamiast: „Podparciem” a powinno być „Poparciem”.

Reasumując, uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska jest osiągnięciem naukowym Autora, a zauważone niedociągnięcia nie obniżają jej dobrego poziomu merytorycznego.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

Doktorant zrealizował postawione w celu pracy problemy badawcze, wykorzystał do tego właściwe metody analiz, badań doświadczalnych, obliczeniowych, wnosząc autorski ciekawe naukowe elementy.

Oceniana przez mnie rozprawa doktorska mgr inż. Dominika Pokropskiego pt. „Wpływ parametrów podpór blokowych na wytrzymałość bezpodsypankowej nawierzchni kolejowej” spełnia warunki stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z 20 lipca 2018 roku (Dz. U z 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami)”.

Wnoszę o jej przyjęcie i Autora o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

