Poznań, 26.07.2022 r.

dr hab. inż. Włodzimierz Bednarek
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Zakład Budowy Mostów i Dróg Kolejowych
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań
e-mail: wlodzimierz.bednarek@put.poznan.pl
+48 61 665 2407

R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Doroty Błaszkiewicz-Juszczęć pt:
„ ANALIZA STATECZNOŚCI TORU KOLEJOWEGO W ŁUKU O MAŁYM PROMIENIU "

1. PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Recenzja została wykonana na podstawie uchwały Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 18 maja 2022 roku oraz pisma zlecającego nr L0.510.4.2.2022 z dnia 24.05.2022 r., podpisanego przez Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej prof. dr hab. inż. Andrzeja Szaratę.

2. PRZEDMIOT RECENZJI

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Doroty Błaszkiewicz-Juszczęć pod tytułem „Analiza stateczności toru kolejowego w łuku o małym promieniu" jest napisana w języku polskim i zawarta została w jednym tomie. Jest to dysertacja wykonana pod promotorstwem prof. dr hab. inż. Włodzimierza Czyczuły, wykonana w Instytucie Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.
Rozprawa została przygotowana w formie książki w formacie A4 i składa się ze 148 stron (w tym 14 stron to Bibliografia oraz Spis rysunków i tabel), 114 Rysunków i 20 Tabel. Bibliografia obejmuje 93 pozycje, w tym 4 rozporządzenia, 1 normę i 2 instrukcje techniczne.

3. OCENA ZASADNOŚCI PODJĘCIA TEMATU

Stosowna analiza i ocena stateczności toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej w łuku o małym promieniu stanowi podstawowe zagadnienia zarówno dla jego pracy w okresie wysokich temperatur jak i w aspekcie bezpieczeństwa ruchu i podróżnych. Zagadnienie to było przedmiotem wielu rozważań, jednak ze względu na stały rozwój w zakresie komputeryzacji oraz rozwój możliwości badawczych zachodzi konieczność doskonalenia w tym zakresie i prowadzenia dalszych analiz i prac badawczych. W analizowanej pracy Kandydatka podejmuje ważne i trudne zagadnienie (o czym świadczy brak obecnie ścisłej, wiążącej, parametrycznej metody szczegółowo zawartej w przepisach czy instrukcjach). Efektem rozważań jest wykorzystanie teoretyczno-eksperymentalnej analizy do oceny efektywności różnych sposobów zwiększania stateczności położenia toru w łukach kołowych o małym promieniu. Rozwiązania zawarte w pracy dają duże możliwości aplikacyjne, zarówno z technicznego jaki technologicznego punktu widzenia, dla prawidłowej pracy eksploatowanego toru kolejowego. W pracy zostało przedstawione bardzo kompleksowe podejście do rozwiązywanego zagadnienia pracy bezstykowego toru kolejowego w łuku kołowym o małym promieniu.
Dlatego wybór tematu rozprawy uważam za zarówno aktualny, ważny i cenny z naukowego punktu widzenia, jak i posiada wartość utylitarną.

4. OMÓWIENIE TREŚCI ROZPRAWY

Przyjęty przez Doktorantkę układ pracy uznaję za właściwie zestawiony i obejmujący badany problem naukowy. Rozprawa składa się z 9 rozdziałów o bardzo zróżnicowanej wielkości, których zakres krótko omówiono w rozdziale 3 rozprawy. Wszystkie rozdziały rozprawy stanowią spójną

DZIEKANAT
Wydziału Inżynierii Lądowej
Wpłynęło dnia 02 SIE 2022
L. dz. L0.510.4.4.2022
podpis

całość, tzn. poszczególne rozdziały wprowadzają Czytelnika do tematyki rozprawy i wzajemnie uzupełniają się.
Niniejsza praca doktorska ma dwa zasadnicze cele – naukowy, jak i praktyczny, które omówiono w rozdziale 3. Głównym celem pracy o charakterze naukowym jest opracowanie metody oceny różnych sposobów zwiększania stateczności położenia toru w łukach kołowych o małym promieniu. Praktycznym celem jest wykorzystanie teoretyczno-eksperymentalnej analizy do oceny efektywności różnych sposobów zwiększania stateczności położenia toru w łukach kołowych o małym promieniu. Wyznaczenie zastępczych parametrów sztywności ramowej rusztu torowego i oporu poprzecznego podłoża podsypkowego umożliwia opisanie pracy konstrukcji toru kolejowego. Oba cele reprezentują interesujące i ambitne zagadnienia, które, z jednej strony, stanowią ciekawe podejście do analizy stateczności toru kolejowego, potrzebne w polskiej przestrzeni naukowej oraz z drugiej strony istotne w sensie praktycznym, uwzględniające niezbędne parametry w aspekcie potrzeb diagnostyki i utrzymania eksploatowanych torów kolejowych w Polsce.
Autorka dysertacji stawiając tezy w rozprawie, jednocześnie wskazuje efekty pracy dla torów położonych w łukach o małym promieniu:
1) naukowe – rozszerzenie klasy modeli do analizy, opracowanie efektywnych narzędzi teoretyczno-eksperymentalnych do oceny nawierzchni szynowych z uwagi na stabilność położenia toru,
2) utylitarne – opracowanie metody oceny efektywności różnych sposobów zwiększających stabilność położenia toru i poszukiwanie nowych sposobów zwiększania stabilności położenia toru.

Rozdział 1 stanowi 2 stronicowy wstęp, w którym autorka opisuje zakres stosowania toru bezstykowego w łukach o małych promieniach w warunkach polskich i zagranicznych. Wskazuje stosowane obecnie metody zwiększania stabilności położenia toru w łukach o małych promieniach.
Rozdział 2 stanowi wprowadzenie do zagadnień na temat podstawowych problemów eksploatacji nawierzchni w łukach o małych promieniach. Na podstawie przeglądu literatury, dokonano przeglądu doświadczeń eksploatacyjnych, badania doświadczalne i modelowe, gdzie omówiono: obciążenia termiczne nawierzchni kolejowej, zużycie szyn, degradację przytwierdzeń, nierówności pionowe toru, sztywność ramową rusztu torowego, opór poprzeczny podsypki, przegląd stosowanych modeli obliczeniowych oraz przegląd stosowanych rozwiązań w zakresie wzmocnienia pracy konstrukcji w płaszczyźnie poziomej. Przegląd literatury jest syntetyczny i zawiera elementy uwzględniające złożoną problematykę eksploatacji nawierzchni w łukach o małych promieniach.
Rozdział 4 prezentuje badania laboratoryjne i pół-poligonowe w zakresie badań pracy podkładów stalowych typu *V* oraz badań oporów poprzecznych dla podkładów strunobetonowych z dodatkowym wzmocnieniem.
Rozdziały 5 i 6 stanowią najważniejsze elementy recenzowanej rozprawy. Te rozdziały bardzo dobrze opisują przykład samodzielnej pracy naukowej mgr inż. Doroty Błaszkiewicz-Juszczęć.
W Rozdziale 5 zostały szczegółowo przedstawione analizy teoretyczne i numeryczne. W analizie teoretycznej opisano różne parametry konstrukcji nawierzchni, przyjęte założenia, ujęcie zmiennej wartości zastępczego momentu bezwładności i oporu poprzecznego. W modelu numerycznym podano opis analizowanego modelu i identyfikację parametrów modelu stateczności toru na podstawie eksperymentów numerycznych. W rozdziale 6 podano kryteria oceny efektywności różnych sposobów wzmocnienia konstrukcji nawierzchni w łuku kołowym w aspekcie stateczności toru (kryterium temperatury minimalnej i bezpieczeństwa eksploatacji toru bezstykowego przy wzroście temperatury powyżej ΔT_{min}).
Każdy rozdział (od rozdziału 2) zakończony jest stosownymi wnioskami wynikającymi z syntetycznej egzegezy prezentowanych badań, analiz i zagadnień zamieszczonych w poszczególnych rozdziałach rozprawy. Całość rozprawy zamyka rozdział 7 (podsumowanie i wnioski z całej pracy) oraz rozdziały 8 i 9, w których zawarto bibliografię i spis rysunków i tabel.

5. OCENA ROZPRAWY

Ocena rozprawy została przedstawiona w dwóch częściach. W pierwszej części znajduje się ogólna ocena merytoryczna z wyszczególnieniem wybranych oryginalnych, według recenzenta, aspektów rozprawy. Natomiast w drugiej części oceny zawarto szczegółowe, również wybrane uwagi recenzenta zarówno natury merytorycznej, jak i redakcyjne oraz pytania do Doktorantki.

Ocena merytoryczna

Dobór tematyki, cele badawcze oraz zakres prac recenzowanej rozprawy dobrze adresują obecne potrzeby naukowe w dziedzinie stateczności torów bezstykowych w płaszczyźnie poziomej. Zagadnienie jest potraktowane poprawnie i kompleksowo. Praca zawiera przegląd literatury w zakresie podstawowych problemów eksploatacji nawierzchni w łukach o małych promieniach (obciążenia termiczne nawierzchni kolejowej, sukcesywne zużycie szyn, degradacja przytwierdzeń, nierówności pionowe toru, sztywność ramowa rusztu torowego, opór poprzeczny podsypki, przegląd stosowanych modeli obliczeniowych oraz przegląd stosowanych rozwiązań w zakresie wzmocnienia pracy konstrukcji w płaszczyźnie poziomej) oraz implementację opracowanych analiz (teoretycznych i numerycznych) i metod do oceny efektywności różnych sposobów zwiększających stabilność położenia toru jak i poszukiwanie nowych sposobów zwiększania stabilności położenia toru.
Rozprawa stanowi dobre ujęcie zagadnienia i efektywną próbę analizy pracy konstrukcji nawierzchni kolejowej (z różnymi sposobami wzmocnienia konstrukcji w płaszczyźnie poziomej) przy uwzględnieniu zmiennego zastępczego momentu bezwładności i oporu poprzecznego podłoża podsypkowego z wykorzystaniem badań, analiz teoretycznych i numerycznych. Doktorantka wykonała bardzo zaawansowane i obszerne w swoim zakresie analizy wykorzystania badań laboratoryjnych w rozważaniach teoretycznych i prezentowanym modelu numerycznym.
Autorka przedstawiła ciekawe rozwiązania wzmocnienia konstrukcji toru i autorskich procedur obliczeniowych, w tym: kompleksową procedurę obliczeń analitycznych, zakończoną kryteriami oceny efektywności różnych sposobów wzmocnienia konstrukcji nawierzchni w łuku kołowym w aspekcie stateczności toru w płaszczyźnie poziomej.
Ostatecznie Doktorantka przedstawiła ważne kryteria oceny efektywności wzmocnienia konstrukcji toru w aspekcie jego stateczności. Kryterium temperatury minimalnej i bezpieczeństwa eksploatacji toru bezstykowego przy wzroście temperatury powyżej ΔT_{min} stanowią ważne, z technicznego i technologicznego punktu widzenia, kryteria zapewniające prawidłową pracę eksploatowanego zakrzywionego bezstykowego toru kolejowego położonego w łuku kołowym o małym promieniu.
Na zakończenie ogólnej oceny merytorycznej należy wspomnieć, że recenzowana rozprawa jest przygotowana na wysokim poziomie merytorycznym, demonstrująca zaawansowane umiejętności badawcze, teoretyczno-analityczne i numeryczne Doktorantki.
Należy dodać i podkreślić, że niektóre elementy opracowanej metody wzmocnienia nawierzchni w łukach kołowych o małych promieniach czy identyfikacji parametrów dla modelu stateczności toru na podstawie eksperymentów numerycznych zostały już zweryfikowane podczas recenzji do czasopism z zakresu dróg kolejowych, gdzie Doktorantka opublikowała artykuły jako autor i współautor.
Postawione cele pracy zostały zrealizowane i opisane w sposób przekonujący i przejrzysty. Niewątpliwą zaletą pracy jest wykazanie biegłości Doktorantki w zakresie badań, wykonania i weryfikacji analiz teoretycznych i symulacji komputerowych, a także umiejętności analizowania i interpretacji obszernych zbiorów danych przy wykorzystaniu odpowiednich algorytmów obliczeniowych. Przedstawione wnioski końcowe, nazwane przez Autorkę podsumowaniem i wnioskami, znajdują potwierdzenie w ocenianym tekście i odnoszą się do najważniejszych osiągnięć badawczych rozprawy.

Uwagi merytoryczne i redakcyjne

Praca została napisana poprawnym językiem naukowo-technicznym, rzetelnie pod względem edycyjnym, dotyczy to zarówno stylu pisania pracy, odwołań do literatury, odniesień do rysunków i tabel, jak i jakości zamieszczonych zdjęć i rysunków.
Po zapoznaniu się z treścią recenzowanej rozprawy, polemiczne uwagi i sugestie przedstawiono w kolejności do odpowiednich stron dysertacji:
1. Str 16 – określenie *temperatura naturalna* – chodzi raczej o temperaturę neutralną szyny ?
2. Str. 19 – określenie *ciasne łuki* – chodzi o łuki kołowe o małych promieniach ?
3. Str. 40 – Jak można interpretować badania dla rozstawu osiowego podkładów o wartości 116 mm (w stosunku do standardowego rozstawu podkładów ok. 60 cm) ?
4. Str. 45 – Czy DTS i DGS to ten sam proces ?
5. Str. 47 – Jaki jest cel podbijania podkładów w aspekcie stateczności toru w płaszczyźnie poziomej (opór poprzeczny maleje – rys. 2.35) ?

6. Str. 48 – Co oznacza metoda, skrót STPT ?
7. Str. 60 – Brak wyraźnie opisanego zakresu pracy.
8. Str. 61 – Co to jest badanie pół-poligonowe ?
9. Str. 65 – Jaka była długość analizowanego toru podczas badań (widocznego na rys. 4.4) ?
10. Str. 66 – Co to jest *procedura specjalna* ?
11. Str. 66 – Pomierzony opór podłużny to 15,4 kN czy kN/m ?
12. Str. 67 – Prezentowane są wyniki symulacji łuku kołowego (natomiast na rys. 4.4 widoczny jest odcinek prosty toru). Czy można wykorzystywać badania z toru prostego na tor położony w łuku ?
13. Str. 70 – prezentowany typ wzmocnienia nie był rozważany w dalszej części pracy (zamieszczony tylko w celach informujących ?)
14. Str. 71 – Jak wpływa wzmocnienie w formie sztaby w części środkowej na pracę podkładu w płaszczyźnie pionowej (zwłaszcza w tym przekroju) ?
15. Str. 76-79 – Jak można interpretować wykonane badania na odcinku prostym na analizowany w rozprawie łuk kołowy ?
16. Str. 83 – Co oznacza siła N_t – z uwzględnieniem oddziaływań pozatermicznych ?
17. Str. 84 – Skąd otrzymano graniczny opór poprzeczny podsypki o wartości r_0 = 122 kN/m (na str. 88 przyjmowane są mniejsze wartości) ?
18. Str. 87 – Jak wygląda wykres siły H na długości toru, szczególnie łuku ?
19. Str. 88-105 – Jaki wpływ ma model sprężysto-plastyczny (por. rys. 4.8) na analizowane w rozprawie zjawisko ?
20. Str. 106 – Rodzaj użytej szyny ma wpływ na temperaturę wyboczenia. Jaki wpływ ma sukcesywne zużycie szyny ?
21. Str. 112 – Jak uwzględniono wpływ energii ściskania i wpływ zakrzywienia łuku R w rozprawie ?
22. Str. 119 – Dla $r_{śr}$ = 10 kN/m to ΔT_{min} ok. 45 [°C] (Tabl. 6.1). Czy można stwierdzić, że dla eksploatacyjnych wartości oporu czy momentu bezwładności, stateczność toru jest zapewniona dla łuków o promieniu $R \geq 300$ [m] ?
23. Str. 122 – W Tabl. 6.4 stwierdzono, że dla nawierzchni o standardowych parametrach, analizowanych w dysertacji, to minimalny promień łuku to R_{min}=210 [m]. Czy proponowane i analizowane rozwiązania w rozprawie stanowią wyraźne źródło możliwości zmniejszania promienia łuku kołowego w torze ?
24. Str. 126 – Czy możliwy jest wzrost temperatury szyny ponad temperaturę neutralną o 65,9 [°C] w warunkach polskich ?

Pytania do Doktorantki:
1. Czy zastosowanie elementów elastycznych w nawierzchni kolejowej (np. stosowane w podkładach kolejowych *USP (Under Sleeper Pads)*) może stanowić wyraźne źródło poprawy stateczności bezstykowego toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej ?
2. Czy, zdaniem Doktorantki, duży wpływ na ewentualne wyboczenie toru ma opór podłużny podłoża podsypkowego i uziarnienie samej podsypki ?
3. Czy obserwowana tendencja, w ostatnich latach, „zawężania" uziarnienia podsypki tłuczniowej (z 22-63 [mm] do 31,5-50 [mm]) jest czynnikiem sprzyjającym bezpieczeństwu pracy toru w łukach o małych promieniach ?
4. Czy koincydencja zastosowania kotew zarówno na końcu podkładu jak i w jego części środkowej podkładu jest szczególnie polecanym rozwiązaniem ?
5. Jaki wpływ na bezpieczeństwo pracy toru w łukach o małych promieniach ma sukcesywnie zmieniająca się geometria toru (np. nierówności poziome, wichrowatość toru, różnica wysokości toków szynowych czy syntetyczny wskaźnik jakości toru J) oraz aktualny stan podsypki ?
6. Czy wspomniane w rozprawie zużycie elementów nawierzchni kolejowej (szczególnie szyny czy podkładu) podczas eksploatacji ma istotny wpływ na zachowanie stateczności bezstykowego toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej ? Czy wpływ postępującej degradacji toru wskutek eksploatacji (np. *wiszące* podkłady, wichrowatość toru, uderzenie koła w szynę) ma znaczący wpływ na pracę toru w łuku o małym promieniu i jak należy te czynniki uwzględniać w analizie teoretycznej rozważanego problemu w rozprawie ?
7. Specyfika kształtowania układu geometrycznego w łukach wymaga projektowania np. przechyłki czy poszerzenia toru. Czy taka swoista różnica wysokości toków szynowych wpływa na stateczność toru w łuku o małym promieniu? Czy tzw. *przechyłka odwrotna* powstająca podczas eksploatacji poprawia czy osłabia stateczność bezstykowego toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej ?

8. Zauważalny jest duży wpływ przekładek szynowych na analizowane zjawisko. Czy kształt górnej/dolnej powierzchni przekładki, jej sztywność, zastosowany materiał może stanowić wyraźne źródło poprawy analizowanego zjawiska w rozprawie ?
9. Czy rutynowa czynność regulacji toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej (np. podbicie toru kolejowego) podnosi czy obniża opór poprzeczny i podłużny podłoża podsypkowego ? Jakie wynikają z tego konsekwencje dla pracy toru w łuku o małym promieniu ?
10. Czy na analizę wpływu sił *Y/Q* ma znaczenie czas trwania największego impulsu ?

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Rozprawa ma charakter naukowy i jest świadectwem dużego wkładu Autorki w rozwój i aplikacje metod analizy pracy toru kolejowego w łukach o małych promieniach. Zauważalne jest szerokie wykorzystanie własnych badań i analiz teoretycznych oraz numerycznych w kompleksowym modelowaniu nawierzchni. Pomimo kilku moich uwag, niewielkiej liczby niejasności czy sformułowanych pytań do Kandydatki wspomnianych powyżej, dobrze oceniam zarówno zakres pracy oraz wykonanie samej rozprawy doktorskiej.
Pani mgr inż. Dorota Błaszkiewicz-Juszczęć wykazała się bardzo dobrymi umiejętnościami analitycznymi i przedstawiła kompleksową analizę stateczności toru kolejowego w łuku o małym promieniu. Jak napisałem w pkt. 3 niniejszej recenzji podjęty problem naukowy stanowi podstawowe zagadnienie zarówno dla pracy toru kolejowego w okresie wysokich temperatur jak i w aspekcie bezpieczeństwa ruchu i podróżnych. Postawiony cel w rozprawie został zrealizowany a tezy potwierdzone. Żywię nadzieje, że Pani mgr inż. Dorota Błaszkiewicz-Juszczęć będzie w przyszłości kontynuowała ten kierunek i udoskonalała zaproponowane przez siebie podejście do analizy stateczności toru kolejowego w łuku o małym promieniu. Zawarte moje uwagi czy pytania do Doktorantki, powinny być traktowane jako wskazanie innych, ważnych czynników do analiz w dalszych rozważaniach naukowych Doktorantki.
Praca doktorska powinna wnosić elementy nowości do nauki w danej dyscyplinie, przyczyniając się do jej sukcesywnego rozwoju lub skłaniać do dyskusji czy weryfikacji istniejących w nauce poglądów i informacji na dany, szczególnie ważny temat. Przedstawiona do recenzji dysertacja naukowa autorstwa mgr inż. Doroty Błaszkiewicz-Juszczęć zawiera takie elementy.
Niniejszym potwierdzam, że rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Dorota Błaszkiewicz-Juszczęć spełnia warunki Ustawy i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Jednocześnie recenzowana rozprawa wykazuje bardzo dobrą ogólną wiedzę teoretyczną mgr inż. Dorota Błaszkiewicz-Juszczęć i potwierdza Jej duże umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (zarówno w aspekcie badawczym jak i analizy teoretycznej oraz numerycznej).
Biorąc pod uwagę efekty przedstawionych w rozprawie analiz i badań, wykorzystane źródła literaturowe, poprawność zawartych rozważań naukowych, poziom analizy i trafność naukowej dedukcji, wnioskuję o przyjęcie recenzowanej rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Doroty Błaszkiewicz-Juszczęć do publicznej obrony.

Z poważaniem

(dr hab. inż. Włodzimierz Bednarek)