

dr hab. inż. Janusz Szelka, prof. UZ
Zakład Dróg i Mostów Instytutu Budownictwa
e-mail: j.szelka@interia.pl

Zielona Góra, 4.09.2017 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Macieja Kulpy

pt. „Nośność i sztywność warstwowych pomostów kompozytowych w mostach drogowych”
wykonanej pod kierunkiem dr. hab. inż. Tomasza Siwowskiego, prof. PRz.

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest zlecenie Prodziekana ds. Nauki i Rozwoju Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej dr. hab. inż. Bartosza Millera, prof. PRz. (pismo z dnia 19 lipca 2017 r.).

1. OCENA TRAFNOŚCI PODJĘCIA TEMATU

Podjęty przez Doktoranta temat dotyczący wykorzystania kompozytów polimerowych w pomostach mostowych uważam za trafny i bardzo potrzebny w prezentacji osiągnięć z tej dziedziny mostownictwa.

Dużym problemem konstrukcji mostowych jest ich trwałość, a zazwyczaj najczęściej ulegającym zniszczeniu w pierwszej kolejności jest płyta pomostowa. Jej korozja powoduje degradację kolejnych elementów konstrukcji i w efekcie obniżenie nośności obiektu, a w dalszej kolejności konieczność szybkiego wzmocnienia mostu bądź remontu.

Wychodząc naprzeciw zbyt szybkim uszkodzeniom tradycyjnych płyt pomostowych wykonywanych z betonu i stali, wynikających z oddziaływania ruchu drogowego oraz agresywności środowiska, Doktorant zaproponował nowy system konstrukcyjny pomostu, który z powodzeniem zastąpi poprzednie, zapewniając jednocześnie uzyskanie wymaganych parametrów użytkowych oraz trwałości obiektów mostowych.

Zaproponowane w pracy pomosty kompozytowe wykonane z kompozytu FRP (ang. fibre reinforced polimer), mają właściwe cechy, takie jak: trwałość, odporność na czynniki atmosferyczne i chemiczne oraz duże tłumienie materiałowe drgań. Właśnie te zalety sprawiają iż zastosowanie konstrukcyjnych kompozytów zdobywa uznanie w coraz szerszych kręgach specjalistów różnych branż, nie tylko mostowych. Uzasadnieniem do dalszych badań nad zastosowaniem polimerów kompozytowych w mostownictwie jest fakt ich zastosowania w mobilnych mostach wojskowych (np. amerykański Composite Army Bridge – CAB), od których wymaga się dużej wytrzymałości, a jednocześnie muszą to być konstrukcje lekkie, ponieważ przenoszone są drogą powietrzną i zapewniają przenoszenie obciążeń czołgowych o masie 70 ton.

Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej już od wielu lat należy do przodujących Ośrodków Naukowo-Badawczych w Polsce, zajmujących się badaniem kompozytów stosowanych w mostownictwie, dlatego uważam, że dobrym przykładem działalności kadry tego Wydziału jest recenzowana przeze mnie praca doktorska mgr. inż. Macieja Kulpy, przyczyniająca się do postępu wiedzy w tej problematyce.

2. ZAWARTOŚĆ MERYTORYCZNA I STRUKTURA ROZPRAWY

Recenzowana praca doktorska została wydana na Politechnice Rzeszowskiej w roku 2017, w postaci obszernego, 499 stronicowego opracowania. Zasadniczą część rozprawy Autor podzielił na 10 rozdziałów (w tym Wstęp, Podsumowanie i Wnioski), i Załącznik Z-1 (na 35 stronach) oraz Streszczenie. W spisie literatury znajduje się 209 pozycji, w tym 12 prac których współautorem jest Doktorant. Całość poruszanej problematyki została zilustrowana na 414 rysunkach i w 98 tabelach.

Poszczególne rozdziały (podrozdziały) rozprawy zawierają.

We Wstępie podano przyczyny uszkodzeń płyt pomostowych obiektów mostowych wynikające z: oddziaływania ruchu drogowego, agresywności środowiska i błędnych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych. Następnie przedstawiono wymagania jakie powinny spełniać systemy konstrukcyjne płyt pomostowych, które mogą być alternatywą dla dotychczasowych (betonowych i stalowych) oraz zaprezentowano przykłady zastosowań paneli kompozytowych do wymiany płyt pomostu i prowadzonych badań prototypów, a także pierwsze polskie mosty kompozytowe (rys.1.2 – 1.5). Końcowa część Wstępu to przedstawienie procedury metodologicznej rozprawy i jej podstawowych elementów.

Rozdziały 2 i 3 stanowią przegląd „state of the art.” w zakresie zastosowań kompozytów FRP do wytwarzania pomostów obiektów mostowych. W rozdziale drugim przedstawiono materiały z których są budowane pomosty kompozytowe oraz technologie ich wytwarzania, a w trzecim zaprezentowano konstrukcje dotychczas stosowanych paneli pomostów kompozytowych oraz wybrane przykłady ich zastosowań do budowy nowych oraz rehabilitacji i modernizacji istniejących obiektów mostowych. W wyniku tego przeglądu Doktorant dokonał wyboru właściwych składników struktury kompozytu FRP, konstrukcji panelu oraz technologii jego wytworzenia, które przyjął do dalszych prac badawczych. W rozdziale czwartym skupiono się na kształtowaniu materiałowo-konstrukcyjnym autorskiego warstwowego pomostu kompozytowego. Na podstawie analizy porównawczej i badań trzech paneli dokonano wyboru racjonalnego panelu pomostowego pod względem jego nośności i sztywności, który stał się głównym przedmiotem dalszych badań wytrzymałościowych i analiz obliczeniowych.

Rozdziały 5-10 stanowią zasadniczą część rozprawy, poświęconą pracom własnym Doktoranta nad zaprojektowaniem, wytworzeniem i badaniem pod obciążeniem statycznym panelu warstwowego wykonanego z kompozytu FRP. Rozdział 5 poświęcony jest analizie teoretycznej nośności i sztywności panelu autorskiego z wykorzystaniem konwencjonalnej teorii płyt cienkich (rozwiązanie ścisłe) oraz metody MES (rozwiązanie przybliżone). Porównanie wyników obydwu rozwiązań wskazało Autorowi właściwą metodę analizy tych konstrukcji mostowych i w efekcie do zaprojektowania konstrukcji panelu pomostu oraz opracowania jego profesjonalnego modelu numerycznego. W rozdziale 6 zawarto opis badań panelu pomostu pod obciążeniem statycznym i ich wyniku wg schematów LM1 i LM2 w dwóch etapach, a także ocenę sztywności i nośności oraz wnioski z tychże badań. Rozdział 7 zawiera analizę numeryczną panelu badawczego, a w nim opis modelu numerycznego panelu i wyniki analizy w układzie dwuprzęsłowym w dwóch etapach i schematach obciążeń oraz podobnie jak w R.6, ocenę sztywności i nośności panelu na podstawie analizy numerycznej, kończąc wnioskami. W rozdziale 8 porównano wyniki badań wytrzymałościowych i analizy numerycznej panelu badawczego oraz walidacji autorskiego modelu MES tegoż panelu. Wyniki badań i analiz zilustrowano w tabelach 8.1-8.14 i rysunkach 8.1-8.12. Tenże model autorski poddany został w rozdziale 9 ocenie nośności i

sztynności panelu w rzeczywistym układzie projektowym, co było właśnie głównym celem rozprawy.

W Podsumowaniu Autor odniósł się do celów i tez rozprawy przedstawionych we Wstępie oraz co zawarł w poszczególnych rozdziałach pracy, a także kierunki dalszych badań pomostów kompozytowych w aspektach (materiałowym, technologicznym i konstrukcyjnym).

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Po przeanalizowaniu literatury przedmiotu dotyczącej zachowania się klasycznych płyt pomostowych w obiektach mostowych pod obciążeniem pojazdami samochodowymi, mając także doświadczenie badawcze (w zakresie zastosowań kompozytów FRP w mostownictwie), w projektach: PANTURA, KŁADKA i COM-BRIDGE Doktorant uznał, że zachodzi potrzeba zastosowania tych nowoczesnych konstrukcji pomostów z wykorzystaniem kompozytów które z powodzeniem zastąpią dotychczas stosowane, najczęściej z betonu i stali.

Jako problem badawczy przyjęto „... szeroko pojęta przydatność płyt (paneli) pomostowych z kompozytów włóknistych FRP do budowy lub modernizacji obiektów mostowych jako rozwiązania alternatywnego w stosunku do płyt z betonu lub pomostów ze stali...” (s.21-22).

Chciałbym zaznaczyć, że problem naukowy powinno się wyrażać w postaci pytania (zespołu pytań), na które należy znaleźć odpowiedzi w drodze badań naukowych. Przy prezentacji pracy proponuję przedstawić problem badawczy we właściwej formie.

Przedmiot rozprawy dotyczący płyt pomostowych mostów i wiaduktów, wykonanych w całości z kompozytów FRP mogą stanowić alternatywę dla dotychczas stosowanych z betonu i stali (s.23), w pełni odpowiada dalszej części pracy doktorskiej.

Podjęty cel główny jak i cele szczegółowe (s.24), zostały właściwie przedstawione i szeroko opisane w treści pracy, a ich realizację oceniono w Podsumowaniu i Wnioskach (s.432).

Według Doktoranta udowodnienie przedstawionych trzech tez (s.24-25), będzie miało szczególne znaczenie w krajowych warunkach rozwoju budownictwa mostowego tzn. (projektowanie, wytwarzanie i wdrażanie), pomostów kompozytowych w obiektach mostowych jest możliwe i wskazane. Realizację tych założeń Autor opisał w Podsumowaniu (s.432-436), a następnie podał kierunki dalszych badań w zakresie (materiałów, technologii wytwarzania pomostów i rozwiązań konstrukcyjnych).

Zebrany i opracowany materiał badawczy w rozprawie przedstawiono w postaci:

- przeglądu materiałów i technologii stosowanych do produkcji elementów kompozytowych w pomostach obiektów mostowych (R.3);
- prezentacji sposobów wykonania prototypów i badań koncepcji paneli pomostu (R.4)
- opracowania analiz porównawczych procedur projektowych tychże pomostów (R.5);
- projektu panelu pomostu z kompozytów FRP i weryfikacji prototypu (R.6);
- analizy numerycznej zachowania się prototypu panelu w czasie badań (R.7)
- opisu i walidacji modelu numerycznego MES pomostu z kompozytów z FRP (R.8);
- oceny nośności i sztywności własnego pomostu kompozytowego w rzeczywistym układzie projektowym, co jest zawarte w tytule pracy.

Świadczy to o dużej znajomości podjętej tematyki, opanowania techniki pomiarowej i umiejętności analizy wyników, wreszcie wyniki badań własnego projektu panelu pomostu z kompozytów FRP, wyznaczają wysoki poziom oryginalności pracy i dowodzą dojrzałości Doktoranta do podejmowania złożonych problemów naukowo-badawczych.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że Doktorant:

- dla trafnie dobranego tematu rozprawy postawił oryginalne cele i tezy (z uwagami przedstawionymi wyżej odnośnie problemu naukowego) oraz w sposób naukowy przedstawił ich realizację we wzorcowej formie;
- poprawnie rozwiązał zagadnienia modelowania i badań przyjętego modelu;
- wykorzystał nowoczesne narzędzia badawcze i analityczne oraz zastosował naukowe metody obliczeń i analiz numerycznych;
- wykazał dobrą znajomość właściwości konstrukcji mostowych i ich pracy w różnych warunkach.

Styl i język techniczny rozprawy na wysokim poziomie, dzięki czemu praca jest czytelna i zrozumiała dla czytelnika.

4. OCENA METODOLOGICZNA ROZPRAWY

Można postawić pytanie – czy istnieje jakiś uniwersalny schemat układu pracy naukowej? W zasadzie nie istnieje, natomiast wieloletnie doświadczenia autorów prac naukowych pozwalają wysunąć podane niżej sugestie odnośnie całości opracowania (w tym przypadku rozprawy doktorskiej), czy też kolejnych rozdziałów i ich treści.

Tytuł pracy powinien umożliwić jednoznaczne zrozumienie co jest jej przedmiotem. Uważam że zaproponowany przez Autora tytuł rozprawy nie budzi zastrzeżeń, tym bardziej, że został uzasadniony we Wprowadzeniu (s.11-21).

Wstęp ma przekonać czytelnika, że tekst wart jest lektury, dlatego powinien określać przesłanki, którymi kierował się autor. Stanowi wprowadzenie w temat, zapowiada zamiary autora wobec tematów badań i krótko opisuje konstrukcję pracy i strukturę jej treści. Chcąc spełnić powyższe wymogi Autor, we Wprowadzeniu krótko przedstawił stan wiedzy w zakresie dotychczasowych osiągnięć nauki i praktyki w świetle dostępnych źródeł informacji i własnych dokonań badawczych dotyczących zastosowań kompozytów FRP w budowie mostów (projekty PANTURA, KŁADKA i COM-BRIDGE – s.20). W końcowej części Wstępu, przedstawił: problem badawczy i przedmiot rozprawy oraz jej cele, tezy i zakres rozprawy.

Za pozytywną metodologicznie należy uznać także kolejność rozdziałów, ponieważ każdy poprzedni rozdział jest bazą do następnego. Zebrano w nich fakty mogące być odpowiedzią na pytanie – jak jest? (R.1). W kolejnych rozdziałach przedstawiono analizę teoretyczną problemu badawczego i badania modelowe, a następnie uogólniono wyniki – co zrobić żeby było lepiej?

Wyniki badań ujęto przejrzysto w formie tabel i wykresów oraz opisano w sposób naukowo poprawny.

Dobór materiałów źródłowych uważam za prawidłowy, obszerna bibliografia (w tym 12 pozycji jako współautor), dowodzi o wnikliwym, szczegółowym i starannym rozpoznaniu podjętej problematyki i profesjonalnym podejściu do badań przeprowadzonych przez Doktoranta.

Podsumowując nie wnoszę zasadniczych uwag do strony metodologicznej opracowania.

5. BŁĘDY DRUKARSKIE I REDAKCYJNE

Podczas edycji pracy Autor nie uniknął drobnych błędów redakcyjnych, które wynikają zapewne z przeoczenia i braku odpowiedniej korekty redakcyjnej. Błędy nie umniejszają jednak wartości merytorycznej. Poniżej wymieniam niektóre z zauważonych usterek, które mają inny charakter niż proste błędy drukarskie czy językowe

- s.23 – ostatni akapit ze Wstępu powielony w Streszczeniu(s.461);

- s.26, 13w od dołu – dwukrotnie użyto sformułowania „pomostów kompozytowych”. Lepiej byłoby ująć „... oraz wybrane przykłady ich zastosowań do budowy nowych ...”;
- s.59, 6w od d – jest „... w układach...”, powinno być „... w układach...”;
- s.65, 7w od g – jest „...mikrosys...”, powinno być „... mikrorys ...” oraz 2w od d - jest dwa razy „...typu ...”;
- 136, 5w od g – jest „...stawiały za cel...”. powinno być „...stawiały sobie za cel...”.

Kończąc, proponuję Doktorantowi aby przygotowując Autoreferat i Prezentację do obrony rozprawy, mając na uwadze zwięzłość przedstawianych treści, obszernie opisy podsumowań zastąpić w formie: map problemu, diagramów zależności(przy założonych kryteriach) czy też drzew decyzyjnych które będą także bardziej przejrzystym odzwierciedleniem Jego dokonań, przydatnym do podkreślenia dorobku. Ponadto uważam, że należałoby podkreślić swoje rezultaty pracy : poznawcze i praktyczne co jeszcze bardziej wzmocni wysoką pozycję Doktoranta w podejmowanej, tak ważnej obecnie tematyce drogowo-mostowej.

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Kompozytowe pomosty warstwowe wykonane z kompozytu FRP, zaproponowane przez Doktoranta, dzięki swoim walorom(materiałowym, konstrukcyjnym i technologicznym) mogą spełnić oczekiwania projektantów, wytwórców i wykonawców przy rozbudowie krajowej sieci drogowej – mostowej, dlatego problem przedstawiony w pracy doktorskiej jest bardzo ważnym zagadnieniem zarówno z technicznego jak i ekonomicznego punktu widzenia.

Opiniowana praca stanowi udane rozwiązanie zadania naukowego. Autor rozprawy wykazał się umiejętnością rozwiązywania zagadnień teoretycznych, tworzenia modeli numerycznych, korzystania z programów komputerowych wspomagających projektowanie racjonalnych konstrukcji mostowych i w końcu logicznym wnioskowaniem. Drobne usterki nie mają charakteru merytorycznego i nie wpływają na ogólną ocenę pracy. Zwraca uwagę samodzielność przygotowania planu badań, materiału badawczego, wybranych stanowisk badawczych i procedur obliczeniowych. Pozwala to stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska ma charakter oryginalnej pracy naukowej.

Reasumując, przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Macieja Kulpy pt. „Nośność i sztywność warstwowych pomostów kompozytowych w mostach drogowych” stanowi twórczy wkład do nauki w zakresie mostownictwa i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w „Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie nauki”(Dz. U. Nr 65 z 2013 r., poz. 595 z późn.zm.) oraz „Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego” z dnia 3 października 2014 roku (Dz. U. RP z 14.10.2014r., poz.1383). Mając powyższe na uwadze, stawiam wniosek o przyjęcie opiniowanej rozprawy do publicznej obrony przed stosowną Komisją.

Biorąc pod uwagę trafność podjętej tematyki, opis procedury badawczej, analizę i wyniki badań, a także stronę metodologiczną proponuję pracę wyróżnić.

