



Dr hab. inż. Katarzyna Rzeszut, prof. PP

Poznań 30.06.2022 r.

Zakład Konstrukcji Budowlanych

Instytut Budownictwa

Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

Politechnika Poznańska

Tel: 61 6652097

E-mail: katarzyna.rzeszut@put.poznan.pl

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr inż. Pauliny Siwowskiej

pt. „Nośność i sztywność belek stalowych wzmacnianych taśmami CFRP”

1. Podstawa formalna i przedmiot opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Siwowskiego z dnia 27.04.2022 roku oraz umowa o dzieło nr NR NN/14/2022 na wykonanie niniejszej recenzji. Recenzja została opracowana na podstawie wytycznych zawartych w ¹ i ².

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Siwowskiej pt. „Nośność i sztywność belek stalowych wzmacnianych taśmami CFRP”, przygotowana pod kierunkiem Promotora prof. dr hab. inż. Aleksandra Kozłowskiego.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa została napisana w języku polskim i składa się z 7 rozdziałów spisu literatury (227 pozycji) oraz streszczenia. Tekst rozprawy liczy 322 strony formatu A4, w którym zawarto 185 rysunków, 79 tabel oraz 256 wzorów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka omówiła podstawowe problemy dotyczące zagadnień związanych ze wzmocnieniem bezpośrednim i pośrednim obiektów budowlanych o konstrukcji stalowej. Szczególną uwagę zwróciła na wykorzystanie

¹ Ustawa z dnia 14 marca 2003r., „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. Nr 65, poz. 595).

² Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2011 nr 204 poz. 1200).

materiałów kompozytowych, takich jak: taśmy, kształtki i maty kompozytowe, do wzmacniania i utrzymania obiektów budowlanych. Podkreśliła liczne ich zalety obejmujące dużą wytrzymałość na rozciąganie, kilkakrotnie większą od stali konstrukcyjnej, blisko czterokrotnie mniejszy ciężar jednostkowy w porównaniu ze stalą konstrukcyjną, wysoką trwałość i wytrzymałość zmęczeniową oraz łatwość montażu, a także niskie koszty utrzymania elementów z kompozytów. W rozdziale tym, Autorka przedstawiła przedmiot, cel i zakres pracy oraz sformułowała podstawowe problemy badawcze.

W kolejnym rozdziale, Autorka dokonała wnikliwego przeglądu literatury, ze szczególnym uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy w zakresie czynników wpływających na nośność i sztywność belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP. Obszerna część przeglądu literatury dotyczy analizy czynników obejmujących parametry materiałowe i geometryczne taśm CFRP, stopień wstępnego naciągu taśm oraz parametry materiałowe i geometryczne belek stalowych. Wiele uwagi poświęcono jakościowej i ilościowej ocenie wpływu poszczególnych czynników na nośność ze względu na zginanie oraz na sztywność wzmocnionej belki. Na uwagę zasługuje obszerna analiza wpływu na nośność i efektywność wzmocnienia parametrów geometrycznych skleiny takich jak jej grubość oraz sposób jej wykończenia na końcach taśm.

W rozdziale trzecim zawarto propozycję wyznaczenia nośności belki stalowej wzmocnionej biernie lub czynnie taśmami CFRP, opracowaną na podstawie przeglądu literatury oraz własnych analiz Doktorantki. Zaproponowana analiza teoretyczna umożliwiła ocenę nośności belki wzmocnionej taśmami CFRP z uwzględnieniem różnych mechanizmów zniszczenia takich jak: nośność graniczna belki wzmocnionej taśmą ze względu na pęknięcie taśmy, odspojenie końców taśmy (end debonding) lub jej środkowej części (intermediate debonding), zniszczenie zakotwienia taśmy oraz uplastycznienie pasa belki. Opracowane procedury obliczeniowe umożliwiają wyznaczenie nośności granicznej belki wzmocnionej taśmami CFRP, dla założonych parametrów materiałowych, geometrii belki i wzmocnienia oraz poziomu siły sprężającej, tak jak ma to miejsce w przypadku projektowania wzmocnienia istniejącej konstrukcji.

W rozdziale czwartym przedstawiono własne badania eksperymentalne Doktorantki, obejmujące badania materiałowe i testy pełnoskalowe przeprowadzone na 10 belkach o przekroju dwuteowym typu HEB 280, o całkowitej długości 5,20 m i rozpiętości teoretycznej między punktami podparcia 4,8 m. Pierwsza z belek była niewzmocniona i pełniła rolę belki referencyjnej, trzy kolejne wzmocniono biernie taśmami CFRP, natomiast pozostałe belki wzmocniono taśmami wstępnie naprężonymi. Głównym celem badań była doświadczalna ocena ilościowa efektywności wzmocnienia belek stalowych taśmami CFRP oraz sprawdzenie wpływu wybranych parametrów, tj.: modułu sprężystości kompozytu, zastosowania zakotwień mechanicznych oraz poziomu wstępnego naprężenia taśm na efektywność wzmocnienia taśmami CFRP. Ponadto, dla każdej belki określono oraz opisano postać zniszczenia wzmocnienia. Analizę mechanizmów zniszczenia oparto na wykresach rozkładu odkształceń kompozytu na długości taśm w zależności od poziomu obciążenia. Należy podkreślić, że ważnym efektem tej części pracy, było pozyskanie zbioru wyników badań doświadczalnych, który w kolejnym etapie prac posłużył do weryfikacji procedur obliczeniowych, opracowanych na podstawie analiz teoretycznych opisanych w rozdziale 3.

Rozdział piąty poświęcony został w całości weryfikacji analitycznych procedur wyznaczenia nośności belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP oraz analizie parametrycznej ich nośności granicznej. Weryfikację procedur przeprowadzono na podstawie wyników badań doświadczalnych. Wyniki analizy porównawczej obliczeń

analitycznych i badań laboratoryjnych przedstawiono w postaci wykresów $P-\delta$ oraz $P-\varepsilon$ oraz tabelarycznie. Do szczegółowej analizy poszczególnych belek podczas obciążenia aż do ich zniszczenia, zaproponowano i wyznaczono kilka wskaźników opisujących zachowanie wzmocnionej belki. Ważnym efektem prowadzonych badań było sformułowanie wniosków dotyczących zakresu stosowania procedur obliczeniowych zaproponowanych w rozdziale 3.

Rozdział szósty dotyczy oceny efektywności wzmocnienia istniejącego mostu stalowego wykonanego za pomocą wstępnie naprężonych taśm CFRP. Rozważania przeprowadzono na przykładzie rzeczywistego przęsła mostu pod obciążeniem statycznym i dynamicznym w dwóch etapach: przed i po wzmocnieniu belek mostu taśmami CFRP. Efektywność wzmocnienia oceniono na drodze eksperymentu numerycznego i badań „in situ”, przez porównanie przemieszczeń, odkształceń i parametrów dynamicznych przęsła oraz porównując wyężenie belek mostu przed i po jego wzmocnieniu. Celem eksperymentu było także sprawdzenie „in situ” systemu wzmocnienia belek (NPS II) wstępnie naprężonymi taśmami CFRP oraz jego aplikacji technologicznej w warunkach rzeczywistych. Natomiast celem obliczeniowej oceny efektywności wzmocnienia przęsła mostu była weryfikacja opracowanych procedur analitycznych.

Rozdział siódmy zawiera podsumowanie i wnioski wyciągnięte z podjętych w rozprawie doktorskiej badań. W rozdziale tym potwierdzono słusność założeń postawionych na początku pracy. Doktorantka sformułowała także kierunki dalszych badań, niezbędnych do skutecznego wdrożenia proponowanej procedury obliczeniowej związanej z nową technologią wzmocnienia. Pracę kończy spis literatury obejmujący książki, artykuły naukowe oraz normy projektowe, które przywołano w treści rozprawy.

Podsumowując należy podkreślić, że rozprawa napisana jest bardzo starannie, w sposób przejrzysty, językiem prostym i zrozumiałym, a układ rozdziałów i podrozdziałów umożliwia śledzenie procesu analizy, dedukcji i syntezy prowadzącej Doktorantkę do wniosków i konkluzji zawartych w recenzowanej pracy. Na uznanie zasługuje fakt umieszczenia krótkich wstępów (na początku) i wniosków (na końcu) poszczególnych rozdziałów, co wydatnie porządkuje uzyskane wyniki i ułatwia analizę pracy. Bardzo cennym elementem pracy jest zamieszczenie w dysertacji wykazu najważniejszych oznaczeń oraz kierunków dalszych badań.

Nieliczne błędy językowe i stylistyczne nie obniżają naukowo-dydaktycznych walorów rozprawy. Szczegółowe uwagi dotyczące powyższych zastrzeżeń zamieszczono w punkcie 4 (Uwagi krytyczne) niniejszej recenzji.

3. Ocena doboru tematu i naukowej wartości rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy wzmacniania istniejących konstrukcji stalowych taśmami kompozytowymi CFRP. Zagadnienie to bardzo dobrze wpisuje się w aktualny problem badawczy, dotyczący możliwości przedłużania czasu życia konstrukcji przez wzmacnianie elementów uszkodzonych lub poddanych nadmiernym obciążeniom. Jest to niezwykle skomplikowany obszar wiedzy z uwagi na trudność zdefiniowania parametrów geometryczno-fizycznych trwale połączonych ze sobą różnych materiałów użytych w elementach wzmacnianych i wzmacniających. Ponadto wiele trudności stwarza uwzględnienie istniejącego we wzmacnianym elemencie stanu naprężeń, ponieważ zwykle pracuje on w obiekcie obciążonym. Niezwykle problematyczne jest też określenie warunków w jakich realizowany jest proces wzmocnienia konstrukcji, takich jak dostęp, usytuowanie i przygotowanie powierzchni, na które nakładane są elementy wzmacniające, a także stosowane rozwiązania technologiczne. Należy podkreślić, że metoda wykorzystania taśm CFRP do wzmacniania elementów konstrukcyjnych jest dobrze

rozpoznana w przypadku konstrukcji żelbetowych, jednakże w przypadku konstrukcji stalowych, metoda ta wymaga jeszcze wielu badań i analiz. Niewątpliwą zaletą tej metody jest bezinwazyjne połączenie elementu wzmacniającego z wymagającą wzmocnienia konstrukcją, co w przypadku konstrukcji stalowych jest szczególnie przydatne. W praktyce inżynierskiej bardzo istotne jest pytanie, jak należy formułować kryteria nośności, użytkowości i trwałości, aby konstrukcja bezpiecznie spełniała stawiane jej wymagania. Przy rozwiązaniu tego zagadnienia kluczowe jest zrozumienie wszystkich możliwych mechanizmów zniszczenia oraz rozpoznanie wad i zalet technologii wzmacniania istniejących konstrukcji stalowych taśmami kompozytowymi CFRP.

W opiniowanej rozprawie Doktorantka podjęła próbę rozwiązania powyższego problemu i jasno określiła cele pracy, z których dwa można uznać za najważniejsze tj.

- **identyfikacja i ocena wpływu czynników materiałowych, geometrycznych i technologicznych na nośność i sztywność belek stalowych wzmocnionych na zginanie za pomocą taśm kompozytowych CFRP,**
- **opracowanie szczegółowych zasad analitycznej oceny nośności granicznej belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP na podstawie przeglądu piśmiennictwa i analiz własnych wraz z weryfikacją tych zasad opartą na wynikach badań doświadczalnych.**

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Autorki można zaliczyć:

- wnikliwe rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego zagadnień związanych ze wzmocnieniem bezpośrednim i pośrednim obiektów budowlanych o konstrukcji stalowej, ze szczególnym uwzględnieniem wzmacniania belek stalowych za pomocą taśm CFRP. Należy podkreślić, że spis literatury obejmuje aż 227 krajowych i zagranicznych pozycji bibliograficznych, wśród których można znaleźć opracowania poświęcone identyfikacji czynników wpływających na nośność i sztywność belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP,
- dokonanie przeglądu wybranych metod oceny nośności granicznej belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP oraz zaproponowanie przydatnego w praktyce inżynierskiej, autorskiego algorytmu analitycznej oceny nośności belki wzmocnionej biernie lub czynnie taśmami CFRP z uwzględnieniem różnych mechanizmów zniszczenia takich jak: nośność graniczna belki wzmocnionej taśmą ze względu na pęknięcie taśmy, odspojenie końców taśmy lub jej środkowej części, zniszczenie zakotwienia taśmy lub uplastycznienie pasa belki,
- przeprowadzenie i analiza eksperymentu niszczącego w naturalnej skali obejmującego 10 belek o przekroju dwuteowym typu HEB 280, o całkowitej długości 5,20 m, z których pierwsza była niewzmocniona i pełniła rolę belki referencyjnej, trzy kolejne wzmocniono biernie taśmami CFRP, natomiast pozostałe belki wzmocniono taśmami wstępnie naprężonymi,
- dokonanie doświadczalnej oceny ilościowej efektywności wzmocnienia belek stalowych taśmami CFRP oraz sprawdzenie wpływu wybranych parametrów, tj.: modułu sprężystości kompozytu, zastosowania zakotwień mechanicznych oraz poziomu wstępnego naprężenia taśm, na efektywność wzmocnienia taśmami CFRP wraz analizą mechanizmów zniszczenia,

- weryfikacja wyników obliczeń analitycznych na podstawie pełnoskalowych badań doświadczalnych wraz z oceną efektywności wzmocnienia oraz ilościowa ocena nośności i sztywności belek stalowych wzmocnionych za pomocą taśm CFRP w sposób bierny i czynny, a także sformułowanie wniosków dotyczących zakresu stosowania zaproponowanych procedur obliczeniowych,
- ocena skuteczności wdrożenia nowego systemu wzmocniania NPS II do konstrukcji stalowych na istniejącym obiekcie mostowym na przykładzie rzeczywistego przęsła mostu pod obciążeniem statycznym i dynamicznym przed i po wzmocnieniu belek mostu taśmami CFRP.

Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia Doktorantki oraz fakt, że założony cel pracy został osiągnięty pozytywnie oceniam naukową wartość recenzowanej rozprawy.

4. Uwagi krytyczne

Podczas lektury i analizy wyników przedstawionych w recenzowanej rozprawie doktorskiej nasuwają się pewne pytania i uwagi krytyczne, wymagające skomentowania przez Autorkę w trakcie publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

4.1. Uwagi merytoryczne

- 1) W recenzowanej pracy Doktorantka sformułowała szereg problemów badawczych i celów pracy, które praktycznie mają identyczne brzmienie. Oczywiście problem badawczy powinien pozostawać w zgodzie z celem pracy i jednoznacznie go precyzować. Jednakże problem badawczy to pytanie, czy też inaczej hipoteza badawcza, której słuszność powinna być udowodniona lub nie. Zatem problemem badawczy powinien być sformułowany w formie pytania wskazującego braki w dotychczasowej wiedzy, na które szukamy odpowiedzi na drodze badań naukowych.

W ocenie recenzenta, brak jasnego rozgraniczenia między celem pracy i problemem badawczym wprowadza pewien chaos myślowy, być może wynikający z różnorodnych interpretacji poprawnego formułowania założeń dysertacji naukowych i dość swobodnego stosunku do podstaw metodyki prac naukowych. Dlatego też warto pokusić się o sformułowanie problemów badawczych, tak aby nosiły one znamiona hipotezy badawczej, czyli pytania.

- 2) Rozdział 2. zawiera obszerny przegląd literatury dotyczącej czynników wpływających na nośność i sztywność belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP. W rozdziale tym Autorka przywołuje badania dotyczące nie tylko elementów stalowych występujących w konstrukcjach prętowych, ale także odnoszące się do konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych. Biorąc pod uwagę fakt, że wzmocnianie konstrukcji zespolonych nie stanowi tematu rozprawy, w rozdziale tym brakuje odpowiedniego komentarza wyjaśniającego kryteria wyboru poszczególnych pozycji literatury.
- 3) Analogicznie, odpowiedniego komentarza wymagają także dane dotyczące postaci zniszczenia, zestawione w bardzo ciekawych i wartościowych tabelach (2.1 - 2.5). W obecnej formie opisują one decydujący mechanizm zniszczenia z pominięciem wskazania rodzaju konstrukcji. Natomiast wiadomym jest, że forma zniszczenia elementu stalowego, taśmy CFRP czy skleiny silnie zależy od przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego. Dlatego też w tabelach (2.1 - 2.5) warto wyraźnie zaznaczyć, które dane odnoszą się do stalowych konstrukcji prętowych, a które do konstrukcji zespolonych.

- 4) W rozdziale trzecim Doktorantka wspomina, że procedurę wyznaczania nośności belki stalowej wzmocnionej biernie lub czynnie taśmami CFRP opracowała na podstawie przeglądu literatury oraz własnych analiz. W prawdzie Doktorantka wskazuje pozycje literaturowe na których opierała wyprowadzenie poszczególnych wzorów, jednakże nie jest jasne, w jakim zakresie przedstawiony algorytm jest oryginalnym osiągnięciem Doktorantki. Dlatego też bardzo proszę o uściślenie, na czym polegał wkład własny Doktorantki w opracowanie zaproponowanego algorytmu?
- 5) Program badań obejmujący 10 belek o przekroju dwuteowym typu HEB 280 w naturalnej skali, przedstawiony syntetycznie w tabeli 4.6, wymaga pewnego komentarza odnośnie celu jaki przyświecał przy planowaniu różnicowania parametrów wzmocnienia. Czy równoczesne różnicowanie kilku parametrów np. w grupie G1 dla belki S2 i S8 tj.: typu taśmy CFRP, grubości kleju czy długości taśmy CFRP było zamierzone?

Podobne pytanie nasuwa się w przypadku grupy G2 gdzie jedynie dla belki S4 poziom naprężania taśmy był znacząco niższy niż dla pozostałych 3 belek.

W ocenie recenzenta, w celu przeprowadzenia wiarygodnej identyfikacji czynników wpływających na nośność i sztywność belek stalowych wzmocnionych taśmami CFRP, powinno się różnicować tylko jeden parametr wzmocnienia, a w celu uniknięcia przypadkowości uzyskanych wyników należałoby badać, dla danej konfiguracji wzmocnienia, co najmniej po dwie belki.

- 6) Doktorantka bardzo precyzyjnie opisała wyniki badań eksperymentalnych dla każdej belki określając obciążenie niszczące, przemieszczenie, nośność graniczną oraz formę zniszczenia. Jednak pewien niedosyt pozostawia interpretacja uzyskanych wyników, które mogą być zaskakujące lub nieoczywiste.

Pierwsze pytanie nasuwa się w przypadku belek S2 i S8 i brzmi następująco: który parametr wzmocnienia (typ taśmy CFRP, grubość kleju czy długość taśmy CFRP) spowodował zmianę postaci zniszczenia z „pęknięcia taśmy” (S2) na „odspojenie” (S8) przy zbliżonej nośności granicznej i znacząco różniących się przemieszczeniach?

W przypadku grupy G2, w której jedyne różnice dotyczyły poziomu naprężenia taśmy, zaskakujące jest to, że dla belki o najniższym poziomie naprężenia taśmy (S4) i najwyższym (S7) uzyskano ten sam mechanizm zniszczenia tj. „poślizg w zakotwieniu”, podczas gdy dla pozostałych belek (S5 i S6) było to „pęknięcie taśmy”.

Jeszcze bardziej zastanawiający jest różny mechanizm zniszczenia belki S9 i S10 w grupie G3, w której wszystkie parametry wzmocnienia były identyczne.

Wprawdzie Doktorantka podjęła próbę interpretacji tych wyników, tłumacząc je wadą strukturalną taśmy czy specyficzną budową zakotwienia systemu Neoxe. Rodzi się jednak pytanie, czy parametry te były w pracy w jakikolwiek sposób zidentyfikowane i czy rzeczywiście mogą mieć one znaczący wpływ, jeśli we wszystkich czynnych wzmocnieniach wykorzystywano ten sam system?

- 7) Proszę o wyjaśnienie dlaczego wyniki uzyskane na podstawie obliczeń analitycznych dla belek S9 i S10 (tab. 5.13) są różne, skoro wszystkie parametry wzmocnienia są identyczne?
- 8) Walidacja modelu numerycznego MES została przeprowadzona jedynie w dziedzinie przemieszczeń uzyskanych z badań istniejącego mostu. Dlaczego nie przeprowadzono walidacji również w dziedzinie odkształceń, skoro Doktorantka zgromadziła bogatą bazę pomiarów odkształceń mostu „in situ”. Interesujące byłoby również doprecyzowanie, w jaki sposób numerycznie modelowano kinematyczne warunki brzegowe, obciążenie dynamiczne mostu i wstępne sprężenie belek oraz, jakie iteracyjne metody obliczeniowe były użyte do oceny efektywności wzmocnienia w modelu numerycznym?

4.2. Uwagi redakcyjne

Jak już wcześniej wspomniano recenzowana rozprawa została napisana bardzo starannie, tak pod względem językowym, jak i redakcyjnym. Niemniej, Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów gramatycznych i stylistycznych.

- 1) Str. 19 w 9d zamiast „systematyczne” – powinno być systematycznie”
– proponuję stosować zamiast przebudów – przebudowy, zamiast „działań utrzymaniowych” – „działań dotyczących utrzymania.
- 2) Str. 19 w 11g – po „Wynika to” brak przecinka.
- 3) Str. 24 w 13d – po „...wpływ” brak przecinka.
- 4) Str. 24 w 10d – zamiast „...oscyluje” powinno być „... zawiera się”.
- 5) Str. 24 w 3d – po „...taśm” brak przecinka.
- 6) Str. 25 w 4g – po „...ciężar” brak kropki, dalej z dużej litery „Do...”.
- 7) Str. 25 w 5g – po „...sprzęt” brak kropki, dalej z dużej litery „W...”.
- 8) Str. 28 w 15d – zamiast „...z dźwigarów walcowanych” proponuję „... ze stalowych dźwigarów walcowanych na gorąco”.
- 9) Str. 29 w 1g – zamiast „...rozpiętościach” proponuję „... rozpiętości”.
- 10) Str. 35 w 12d – zamiast „...z stałą” powinno być „... ze stałą”.
- 11) Str. 47 w 9g – po „...taśmami” powinno być „... o grubości”.
- 12) Str. 47 w 13g – po „...taśmą” powinno być „... o grubości”.
- 13) Str. 47 w 15g – po „...sprężystej” brak przecinka.
- 14) Str. 47 w 15d – zamiast „...na efektywność wzmocnienia” proponuję „... na jego efektywność”.
- 15) Str. 53 w 1g – jest powtórzenie $g_f=2,68\%$.
- 16) Str. 60 w 2 i 3g – zamiast „...na” powinno być „...do”.
- 17) Str. 60 w 6d – po „...się” brakuje „...on”.
- 18) Str. 157 w 2g – po „...CFRP” brak przecinka.
- 19) Autorka często stosuje i/lub. Lepiej jest zdecydować się na „i” lub „lub”.

5. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego i wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „inżynieria lądowa i transport”. Praca zakończona jest bardzo istotnymi z punktu widzenia praktyki inżynierskiej wnioskami. Z treści rozprawy wynika, że Autorka właściwie sprecyzowała cel pracy oraz konsekwentnie go zrealizowała. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki i umiejętnością planowania oraz prowadzenia badań naukowych, co świadczy o Jej odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4. nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Rozprawa jest bardzo interesująca z naukowego punktu widzenia i posiada ponadprzeciętną, wysoką wartość praktyczną.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa **mgr inż. Pauliny Siwowskiej pt. „Nośność i sztywność belek stalowych wzmacnianych taśmami CFRP”** spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w ¹ i ².

W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Rzeszowskiej.

Ponadto wnioskuję o jej wyróżnienie. Za wyróżnieniem rozprawy przemawiają moim zdaniem bogate badania laboratoryjne i uzyskane wartościowe rezultaty, ich wnikliwa analiza zwieńczona autorską propozycją procedury obliczeniowej oraz duże znaczenie aplikacyjne uzyskanych wyników.



Katarzyna Rzeszut