

prof. dr hab. inż. Jan BILISZCZUK
Byków, al. Spacerowa 25; 55-095 MIRKÓW

tel./fax: +48 71 320 35 45 **tel. kom.** +48 603 595 115
e-mail: jan.biliszczuk@pwr.wroc.pl

Byków, 25 września 2017 rok

RECENZJA

pracy doktorskiej mgra inż. Pawła Ponety
pt.: *Dźwigary mostowe z kompozytów FRP – kształtowanie i badania ich zachowania pod obciążeniem statycznym*

1. Uwagi formalne

Recenzję opracowałem na prośbę Dziekana Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej – dra hab. inż. Piotra Koszelnika, prof. PR., działającego zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej tego Wydziału.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Pawła Ponety pt.: *Dźwigary mostowe z kompozytów FRP – kształtowanie i badania ich zachowania pod obciążeniem statycznym*, wydana w postaci opracowanego maszynopisu.

3. Treść rozprawy

Treść pracy podzielonej na 10 rozdziałów uzupełnionych 2 załącznikami oraz spisem literatury pomieszczono na 317 stronach maszynopisu.

W rozdziale 1 *Wstęp* (10 stron) podano podstawowe definicje, krótką historię zastosowań kompozytów w technice oraz przedstawiono problem badawczy i przedmiot rozprawy. Zdefiniowano cel i tezy pracy, a także określono jej zakres.

Rozdział 2 *Kompozyty konstrukcyjne FRP jako materiał do budowy mostów* obejmuje 61 stron i zawiera informacje ogólne o kompozytach i ich składnikach oraz charakterystyki i właściwości konstrukcyjne.

W rozdziale 3 *Technologie wytwarzania elementów konstrukcyjnych z kompozytów FRP* liczącym 27 stron omówiono technologie wytwarzania takich elementów.

Przegląd obiektów mostowych z kompozytów – rozdział 4 (41 stron) – poświęcono na przegląd konstrukcji mostowych wykonywanych na świecie z tego materiału. Doktorant udokumentował, że na świecie zbudowano już prawie 50 takich obiektów.

Rozdział 5 (37 stron) zatytułowany *Projekt konstrukcyjny kompozytowego dźwigara mostowego* zawiera elementy projektu kompozytowego dźwigara mostowego. Podano także założenia do analizy statycznej i przedstawiono wyniki obliczeń według programu ESAComp.

W rozdziale 6 (19 stron) – *Wytworzenie pełnowymiarowego modelu badawczego dźwigara kompozytowego* – opisano sposób jego zbudowania.

Badania modeli dźwigara kompozytowego pod obciążeniem statycznym to tytuł rozdziału 7 (33 strony). W rozdziale tym opisano program badań dźwigara pod obciążeniem statycznym i przedstawiono wyniki tych badań.

Rozdział 8 – *Model numeryczny dźwigara kompozytowego i jego walidacja* (24 strony). W rozdziale przedstawiono model numeryczny przęsta, podano wybrane wyniki obliczeń i porównano otrzymane rezultaty z wynikami otrzymanymi na drodze teoretycznej.

Rozdział 9 – *Kształtowanie konstrukcyjne i technologiczne mostowych dźwigarów kompozytowych* (12 stron). W rozdziale podano podstawowe zasady konstrukcyjne oraz wytyczne odnośnie technologii wykonywania dźwigarów kompozytowych.

Pracę zamyka rozdział 10 (8 stron) – podsumowanie i wnioski końcowe rozprawy.

Integralną częścią rozprawy stanowi spis literatury (nieponumerowany) i dwa załączniki.

4. Ocena merytoryczna pracy

4.1. Ważność podjętej tematyki

Wydaje się, że dalszy postęp w budownictwie, a tym samym w mostownictwie związany jest z poszukiwaniem nowych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych. Trwają prace badawcze i wdrożeniowe nad nowymi gatunkami stali, stopami aluminium, betonami nowej generacji i tworzywami kompozytowymi.

Tworzywa kompozytowe znalazły zastosowanie w konstrukcji samochodów, samolotów, statków, urządzeń związanych z techniką kosmiczną oraz w przemyśle. Coraz większe zainteresowania tymi materiałami wykazują inżynierowie zajmujący się budownictwem. Na świecie zabudowano już kilkadziesiąt obiektów mostowych wykorzystując różnego rodzaju kompozyty.

Tak więc praca związana z wprowadzeniem materiałów kompozytowych do mostownictwa mieści się w jednym z ważnych nurtów badawczych realizowanych obecnie na świecie, a jej rezultaty znajdą odbiorców nie tylko w kraju, ale też za granicą.

Tematyka pracy ma też istotny wymiar gospodarczy, gdyż obiekty mostowe wykonane z kompozytów z uwagi na powolne procesy korozyjne zachodzące w tych materiałach będą wymagać niewielkich nakładów na utrzymanie.

4.2. Usytuowanie prowadzonych badań w dużych programach badawczych

Badania prowadzone w ramach recenzowanej pracy były prowadzone w ramach 4 dużych programów badawczych finansowanych przez Komisję Europejską i MNiSW. Jest to bardzo ważne, gdyż efektem końcowym badań było przemysłowe wdrożenie wyników badań.

4.3. Uzyskane wyniki

Doktorant analizował przedmiotowy problem bardzo szeroko poczynając od ustalenia precyzyjnego programu badań, a następnie realizował go wykazując duże zaangażowanie i dojrzały warsztat badawczy.

W szczególności:

- a) Opracował zasady kształtowania mostowych dźwigarów kompozytowych biorąc pod uwagę aspekty materiałowe, konstrukcyjne u technologiczne. Jest to ważny problem albowiem zespół badawczy zaczynał swoją pracę w Polsce właściwie od zera.
- b) Wykonał wszechstronne badania zaprojektowanego i wykonanego dźwigara kompozytowego pod obciążeniem statycznym.
- c) Sporządził model numeryczny dźwigara, który pozwolił na wykonanie szeregu testów i sprawdzenie wyężenia dźwigara w skali globalnej i lokalnej.
- d) Dokonał walidacji opracowanego modelu na podstawie przeprowadzonych badań przez porównanie rezultatów obliczeń i badań.
- e) Opracował katalog mostowych dźwigarów kompozytowych.

4.4. *Oryginalne osiągnięcia Doktoranta*

Do oryginalnych osiągnięć Autora rozprawy można zaliczyć:

- Wytworzenie pełnowymiarowego modelu badawczego dźwigara kompozytowego. Stosowano kompozyt szklano-epoksydowy wzmocniony odcinkowo włóknami węglowymi. Wbrew pozorom samo wytworzenie takiego dźwigara jest na pewno osiągnięciem badawczym, gdyż wymagało przeprowadzenia szeregu analiz optymalizacyjnych i określenia nośności granicznej przy zastosowaniu adekwatnych dla stosowanego materiału hipotez wytrzymałościowych. Ważne też było opracowanie technologii wytwarzania dźwigara.
- Przeprowadzenie badań wielkogabarytowego dźwigara pod obciążeniem statycznym. Badano dźwigar o rozpiętości 12,00 m, a po zniszczeniu strefy położonej w środku jego rozpiętości z nieuszkodzonych części utworzono dwa mniejsze modele wykorzystane w dalszych etapach badań. Określono nośność graniczną dźwigara przy zginaniu oraz nośność strefy podporowej na ścinanie. Wykazano, że zniszczenie przy zginaniu ma charakter kruchy to znaczy, że kompozyt odkształca się liniowo-sprężysto, aż do zniszczenia i nie wykazuje żadnych cech plastycznych. Jest to ważna informacja dla projektantów, gdyż wskazuje, że zniszczenie elementu nie jest wcześniej niczym sygnalizowane.
- Walidacja opracowanego modelu numerycznego dźwigara kompozytowego. Istotną częścią modelu jest zastosowany model materiału kompozytowego, którego parametry fizyczne zostały wcześniej określone w badaniach. Porównanie wyników badań i obliczeń uwiarygodniło zaproponowany model.

5. **Uwagi krytyczne**

Twórczą część pracy stanowią rozdziały od 5 do 10 (około 50% treści). Wydaje się, że początkowe rozdziały zawierające ogólne informacje o kompozytach i przykłady mostów z kompozytów można było potraktować bardziej skrótowo.

Wymienione w rozdziale 1.3 tezy pracy zawierają prawdy oczywiste, z którymi zgodzi się każdy inżynier bez prowadzenia badań.

Dźwigary kompozytowe charakteryzują się mniejszą masą od odpowiadających im dźwigarów stalowych lub betonowych, w związku z czym obiekty mostowe z kompozytów łatwiej pobudzić do drgań. Co prawda ten problem był poza obszarem zainteresowań Autora, ale warto było chociaż o nim wspomnieć.

6. Podsumowanie

Opiniowania praca stanowi pierwszy krok we wdrożeniu do polskiego mostownictwa materiałów kompozytowych. Krok zakończony sukcesem, gdyż powstał pierwszy most w Nowej Wsi koło Rzeszowa przy projektowaniu i budowie, którego wykorzystano wyniki badań i opracowaną technologię wytwarzania dźwigarów kompozytowych.

Kilkakrotnie na różnych konferencjach wskazywałem, że wdrożenie kompozytów do polskiego mostownictwa przebiegało modelowo: idea, badania, wdrożenie. Trzeba jednak pamiętać, że jest to pierwszy krok i badania oraz poszukiwanie optymalnych dla kompozytowych materiałów rozwiązań konstrukcyjnych muszą być dalej prowadzone.

7. Wniosek końcowy

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Ponety spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 roku, art. 13 ust. 1, Dz.U.65 poz. 595 i na jej podstawie może się on ubiegać o nadanie mu stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

