

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak  
Politechnika Krakowska

Kraków, 05.01.2024 r.

WPEŁYNIŁO - WBLIW

11-01-2024

17/01/2024

## Recenzja

**pracy doktorskiej mgr inż. Błażeja Bartoszka**  
**pt. „Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem**  
**zewnętrznym”**

Recenzję opracowałem na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Wrocławskiej; pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej z dnia 20 października 2023 roku". Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. **Błażeja Bartoszka** pt. „**Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym**". Promotorem rozprawy jest Prof. dr hab. inż. Wojciech Lorenc.

### 1. Charakterystyka pracy

Opiniowana praca doktorska liczy – bez Załączników – 225 stron. W tej objętości mieszczą się streszczenia (w języku polskim i angielskim) oraz bibliografia. Bibliografia obejmuje 92 pozycje; z tego tylko dwie nie są cytowane [42] i [92]. Zasadnicza część pracy zawiera w sumie 198 rysunków (wraz z fotografiami) 3 tablice i 134 wzory.

W Załączniku nr 1 przeprowadzono analizę krzywych materiałowych (wartości parametrów mechanicznych) oraz wpływu zbrojenia na naprężenia niszczące oraz analizy nieliniowe tarczy poddanej różnym rodzajom oddziaływania, a w Załączniku nr 2 zaprezentowano zmodyfikowaną analizę mechanizmów zniszczenia tarczy obciążonej krawędziowo ze zbrojeniem w postaci fizycznych prętów (TRUSS) i BEMESS.

Rozprawa w zasadniczej części składa się z 6 rozdziałów, obejmujących:

- wstęp,
- motywację podjęcia tematyki,
- cel i zakres pracy,
- aktualny stan wiedzy,
- analizy numeryczne,
- badania niszczące belek o przekroju hybrydowym,
- analizę interakcji mechanizmu rozwarstwienia pionowego i mechanizmu przenoszenia siły poprzecznej pod kątem wymiarowania strzemion,
- wymiarowanie przekrojów hybrydowych na przykładzie rzeczywistych obiektów mostowych,
- podsumowanie i wnioski.

Na końcu podana jest bibliografia i streszczenia oraz dwa Załączniki.

Opiniowana rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny. Jest ona – pomimo dużej części teoretycznej – osadzona w realiach praktycznych.

Układ pracy jest prawidłowy. Podane treści stanowią zwartą całość. Wypełniają zwyczajowe elementy typowych prac doktorskich. Ważną pozytywną cechą pracy jest jasność przedstawianych problemów oraz konsekwentne dążenie do realizacji postawionych celów. Dotyczy to przede wszystkim zagadnień związanych bezpośrednio z tematyką pracy. Świadczy to o dobrym przygotowaniu Autora do prowadzenia badań naukowych.

## **2. Ocena merytoryczna pracy**

### **2.1. Ocena doboru tematu pracy**

Ciągły rozwój metod obliczeniowych oraz coraz dokładniejsze określenie właściwości mechanicznych materiałów stwarza możliwości szukania nowych coraz to racjonalniejszych rozwiązań konstrukcyjnych. Dotyczy to również elementów zespolonych, które z powodzeniem są stosowane już ponad sto lat.

Pomimo tak długiego już czasu stosowania konstrukcji zespolonych typu stal-beton ciągle poszukuje się nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Dotyczą one łączników oraz części stalowej dźwigarów, a zwłaszcza wzajemnego połączenia części stalowej i żelbetowej w przekroju poprzecznym. W tym nurcie współczesnych poszukiwań nowych, racjonalnych rozwiązań umiejscowiona jest opiniowana praca. Jest to tym bardziej zrozumiałe, że Doktorant jest praktykującym inżynierem.

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka znajduje się w nurcie prac badawczych, które uściślają stosowane w praktyce rozwiązania związane z wykorzystaniem współczesnych możliwości jakie dają będące obecnie do dyspozycji obliczeniowe programy komputerowe oraz coraz dokładniejsza aparatura pomiarowa.

Stosowanie coraz to dokładniejszych metod analizy statycznej, wzrost stopnia wykorzystania właściwości wytrzymałościowych materiałów na etapie projektowania, zbliżenie wartości wytrzymałości obliczeniowych do wartości naprężeń rzeczywiście występujących w najbardziej wyężonych przekrojach, a także coraz większy udział obciążeń użytkowych w obciążeniu całkowitym sprawiają, że ważną rolę we współczesnej inżynierii odgrywa poszukiwanie racjonalnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych. W tym nurcie umiejscowiona jest rozprawa doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka.

Biorąc pod uwagę podane informacje można stwierdzić, że praca doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka dotyczy ważnej współczesnej problematyki badawczej i dlatego jej temat oceniam pozytywnie. Dodatkowym argumentem za tym przemawiającym jest kompleksowość ujęcia rozpatrywanej w pracy tematyki, z uwzględnieniem zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych oraz obliczeniowych, a także jej usytuowanie w realiach praktycznych.

W opiniowanej dysertacji Doktorant jednoznacznie i poprawnie sformułował tezy pracy, jej cele i zakres oraz zadania do rozwiązania, aby cele pracy osiągnąć, a zakres zrealizować. Zadania te zostały tak określono, aby ich realizacja stanowiła spójne rozwiązanie problemów zdefiniowanych w pracy.

## 2.2. Ocena wartości naukowej pracy

Najważniejsze elementy wartości naukowej opiniowanej pracy doktorskiej – w mojej ocenie – to:

- zdefiniowanie mechanizmu przenoszenia siły poprzecznej przez element o przekroju hybrydowym stalowo-betonowym,
- opracowanie modelu mechanicznego metody ogólnej,
- wykazanie, że nachylenie obliczeniowych krzyżulców w elementach hybrydowych zależy od udziału części betonowej i stalowej, a przede wszystkim podanie sposobu uwzględnienia tych udziałów,
- podanie sposobu uwzględnienia strzemion zbrojących doweł oraz strzemion zakotwionych poniżej łączników przy obliczaniu nośności na ścinanie,
- ocena wpływu stosunku wysokości części stalowej i żelbetowej na wartość ramienia sił wewnętrznych w przekroju hybrydowym,
- podanie mechanizmu przenoszenia siły poprzecznej przez belkę o przekroju hybrydowym,
- określenie wpływu szerokości średnicy betonowego na sposób zniszczenia elementu hybrydowego,
- potwierdzenie założenia metody ogólnej i uzasadnienie możliwości jej wykorzystania do wymiarowania na ścinanie konstrukcji rzeczywistych.

Pozytywnym elementem pracy jest jednoznaczne i uzasadnione wyrażanie przez Autora opinii na temat ocenianych i proponowanych rozwiązań. Na pozytywną ocenę zasługuje kompleksowe ujęcie tematyki, uwzględniające specyfikę elementów hybrydowych stalowo-betonowych.



Praca – w zakresie omawianej w jej treści – jest kompletna; zawiera wyniki przeprowadzonej własnej analizy teoretycznej (wieloaspektowej) i badań doświadczalnych. Wykorzystano przy tym współczesne narzędzia obliczeniowe i aparaturę pomiarową. Wysoko należy ocenić przeprowadzenie badań wstępnych, a dopiero później badań zasadniczych. Pozwoliło to na racjonalne zaprogramowanie tych ostatnich.

### 3. Uwagi krytyczne

#### 3.1. Uwagi ogólne

Podczas czytania pracy – oprócz podanych w punkcie drugim – nasunęły się następujące uwagi natury ogólnej:

1. Zawartość pracy nie odpowiada tytułowi. W tytule jest zapowiedź stanów granicznych konstrukcji hybrydowych. Tymczasem w pracy ograniczono się praktycznie tylko do nośności na ścinanie. Nie analizowano szczegółowo nośności na zginanie oraz stanów granicznych użytkowalności (ugięcia i zarysowanie).
2. Przy ocenie wyników pomiarów powinien być określany błąd względny. Wówczas łatwiej jest ocenić dokładność uzyskanych rezultatów.
3. W pracy są używane sformułowania nieostre, jak na przykład (strona 189, wiersz 1 od góry) *wpływ naprężeń ściskających na kąt  $\theta$  staje się wyraźnie zauważalny*.
4. Tytuły podrozdziałów nie są wystarczająco wyeksponowane.
5. Rozdział 7 liczy niecałą stronę. Można go było włączyć – jako podrozdział – do jednego z rozdziałów. Rozdział tak małej objętości nie powinien być wyodrębniony. Tym bardziej, że Autor stwierdza, iż analiza opisywanego zagadnienia wykracza poza zakres pracy.
6. Pisanie wzorów w środku zdania jest nowością (dla mnie czymś nowym), ale tej innowacji nie pochwalam.

7. W pracy nie wskazano jednoznacznie kierunków dalszych badań i zagadnień do rozwiązania. Warto przy tym zauważyć, że nie jest to obligatoryjne.

### 3.2. Uwagi szczegółowe

Oprócz uwag krytycznych ogólnych, podanych w punkcie 3.1, można wymienić następujące uwagi szczegółowe:

1. Teza A nie ma charakteru tezy; jest tylko stwierdzeniem faktu.
2. Nie wszystkie symbole stosowane we wzorach są pod nimi zdefiniowane.
3. Doktorant zamiennie stosuje określenia wysokość użyteczna i użytkowa.
4. Pozycje literatury powinny być przywoływane w kolejności wzrastającej.
5. Opisy na części rysunków w rozdziale 8 są dokonane zbyt małymi czcionkami.
6. Dziwne są tablice 4.1 na stronie 69 i 5.1 na stronie 100.
7. Powinno się używać sformułowania *szerokość rysy*, a nie *rozwarcie rysy*.
8. Powinno się pisać *Mörcha*, a nie *Morscha*.
9. Rysy ukośne mają zmienne nachylenie na wysokości belki. Dlatego przy podawaniu kąta przebiegu tych rys powinno się podawać wysokość dla jakiej kąt ten został podany.
10. Brak jest uzasadnienia dla przyjętych wymiarów charakteryzujących geometrię belek przygotowanych do badań (strona 143).
11. Na stronie 209 jest przywołana pozycja literatury [9b], której nie ma w spisie.
12. Nieszczęśliwe sformułowanie na stronie 213 *rozwartość zespolenia*.

### 4. Ocena strony formalnej pracy

Praca jest napisana jasno i czytelnie, tylko z niewielką liczbą błędów językowych, które nie mają wpływu na ogólną ocenę pracy. Układ pracy jest poprawny. Następstwo rozdziałów jest właściwe. Również podział rozdziałów na podrozdziały nie budzi zastrzeżeń. Treść poszczególnych punktów odpowiada ich tytułom.

Wszystkie zagadnienia Autor przedstawił w przystępny i prosty sposób. Ilustracje graficzne są na bardzo dobrym poziomie. Na wyjątki zwrócono uwagę we wnioskach szczegółowych.

W pracy występują nieliczne powtórzenia, co nie wpływa na jej objętość. Wynikają one zapewne z chęci jasnego, całościowego przedstawienia treści poszczególnych podrozdziałów, bez odwoływań do innych fragmentów pracy. To mogłoby utrudnić jej studiowanie i zrozumienie.

## **5. Wnioski końcowe**

Pomimo uwag krytycznych natury ogólnej i bardziej szczegółowych można jednoznacznie i z przekonaniem stwierdzić, że opiniowana praca stanowi udane rozwiązanie postawionego zadania naukowego. Autor wykazał się dobrym przygotowaniem i opanowaniem wiedzy z zakresu analizy konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych, umiejętnością rozwiązywania zagadnień teoretycznych i prowadzenia badań doświadczalnych, a także wykorzystywania wyników badań w odniesieniu do konstrukcji istniejących.

Tezy pracy (z wyjątkiem pierwszej) zostały poprawnie sformułowane. Zostały one udowodnione. Właściwie zdefiniowano cel i zakres pracy. Cel został osiągnięty, a zakres zrealizowany. Oprócz naukowych, sformułowano także wnioski praktyczne, możliwe do wykorzystania w praktyce inżynierskiej.

Zarówno tezy pracy jak również metodyka rozwiązywania problemów oraz wnioski mają z jednej strony walory naukowe i poznawcze, a z drugiej strony mogą być wykorzystane w praktyce inżynierskiej. Stanowią także wskazania dla innych badaczy oraz służb technicznych zajmujących się administrowaniem obiektów złożonych z elementów zespolonych.

Przy realizacji pracy Autor wykazał się umiejętnością organizowania i prowadzenia badań naukowych, a także logicznym wnioskowaniem. Są to cechy znamionujące predyspozycje do samodzielnego prowadzenia dalszej działalności naukowej na odpowiednio wysokim poziomie.

Biorąc pod uwagę podane wyżej informacje uważam, że przedłożona **praca doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka pt. „Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym”** stanowi twórczy wkład do nauki w zakresie dyscypliny *Inżynieria lądowa, geodezja i transport* oraz spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w stosownych przepisach. Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej dyskusji.

