

Kielce dn. 25 maja 2016r.

Dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, prof. PŚk  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Katedra Wytrzymałości Materiałów, Konstrukcji Betonowych i Mostowych  
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce

## RECENZJA

### **rozprawy doktorskiej mgr inż. Elżbieta HABIERY - WAŚNIEWSKIEJ „Redystrybucja sił wewnętrznych w podwójnie zespolonych belkach dwuprzęsłowych”**

#### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała nr 718 Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 24 marca 2015 r. (zgodnie z pismem z dnia 12 kwietnia 2016 r. Dziekana Wydziału prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina)

#### **2. Przedmiot oceny**

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska opracowana przez mgr inż. Elżbietę Habiera - Waśniewską na temat:

„ Redystrybucja sił wewnętrznych w podwójnie zespolonych belkach dwuprzęsłowych”

Promotorem pracy jest Pan Profesor dr hab. inż. Artem Czkwianianc. Praca powstała na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej. Rozprawa doktorska liczy 112 stron tekstu plus 16 stron spisów: treści, rysunków, tablic, ważniejszych oznaczeń i zestawienie bibliografii zawierające 61 pozycji oraz jednostronicowe streszczenia w języku polskim i angielskim. W tekście pracy zamieszczono 107 rysunków i wykresy oraz 17 tablic. Do pracy dołączono załącznik liczący 61 stron plus 2 strony spisu treści - stanowiący zestawienie, uzyskanych wyników z badań własnych, obejmujące: reakcje podporowe, odkształcenia i ugięcia, przemieszczenia, szerokość oraz morfologię rys dla 6 zespolonych belek dwuprzęsłowych wraz z parametrami wytrzymałościowymi zastosowanych materiałów.

#### **3. Charakterystyka rozprawy**

Przedmiotowa praca ma charakter badawczo-teoretyczny i składa się z 7 rozdziałów, w których:

- W rozdziale 1 tj. w krótkim wprowadzeniu Doktorantka przedstawiła zalety konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych, w których współpracują ze sobą elementy stalowe i beton

zbrojony lub/i sprężony, a także zwróciła uwagę na to, że w naszym kraju brak jest uregulowań normowych dotyczących projektowania belek zbrojonych kształtownikami całkowicie obetonowanymi. Stwierdzono także, że w literaturze związanej z tematyką belek zespolonych dominują badania elementów statycznie wyznaczalnych i brakuje informacji na temat wpływu zespolenia na pracę elementów wieloprzęstowych. Biorąc to pod uwagę, Doktorantka określiła cel pracy, którym jest analiza zachowania się obciążanych do zniszczenia dwuprzęsłowych belek sprężonych podwójnie zespolonych, w których głównym zbrojeniem nośnym są sztywne profile stalowe, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia redystrybucji sił oraz współpracy elementów nośnych w przekroju, w strefie podpory pośredniej. W rozdziale tym, na podstawie obserwacji badań zespolonych belek dwuprzęsłowych, sformułowane zostały tezy pracy.

- W rozdziale 2, przedstawiono historię rozwoju konstrukcji zespolonych począwszy od patentu na zbrojenie stropów i łukowych konstrukcji mostowych za pomocą stalowych dwuteowników uzyskanego przez J. Melana w 1893 roku. Następnie dokonując przeglądu literatury z zakresu rozwoju konstrukcji zespolonych Doktorantka przedstawiła kolejne zastosowania tych konstrukcji, takie jak most stalowo-betonowy Echelsbacher'a, hangar w Warszawie, ramowe szkielety nośne budynków wysokich, obiektów przemysłowych i mostowych, płyty monolityczne na belkach stalowych, stropy zespolone na blasze fałdowej, a następnie elementy wstępnie sprężane - belki Preflex i dźwigary o znacznych rozpiętościach Flexstress - podwójnie sprężone, a także złożone elementy zbrojone sztywnymi profilami stalowymi. Kolejne zastosowane pomysły rozwiązania konstrukcji zespolonych zostały przedstawione zarówno pod kątem ich zalet, technologii wykonania, jak i wskazania czynników powodujących poszukiwanie coraz bardziej nowatorskich rozwiązań prowadzących do poprawy zdefiniowanych cech użytkowych.
- Rozdział 3 zatytułowany „Badania eksperymentalne elementów jednoprzęsłowych”, poświęcono przedstawieniu programów badawczych dotyczących zespolonych elementów zbrojonych sztywnymi wkładami, które prowadzone były w Polsce, a także badania belgijskie stanowiące inspirację zrealizowania badań w Politechnice Łódzkiej. W ramach badań prowadzonych w Polsce przedstawione zostały badania elementów belkowych wykonane w Instytucie Techniki Budowlanej pod kątem sprawdzenia opracowanych zaleceń wydanych jako: „Wytyczne projektowania i wykonywania konstrukcji stalożelbetowych” oraz badania Zespołu z Centralnego Ośrodka Badawczo-Projektowego Konstrukcji Mostowych „Mostostal”, Politechniki Częstochowskiej i Politechniki Białostockiej związane z realizacją zadania programu badawczego pt. „Konstrukcje stalowo-betonowe o różnym stopniu zespolenia”. Dalsze przedstawione przez Doktorantkę badania elementów zespolonych, to wykonane w końcu dwudziestego wieku w Belgii badania nowatorskiego elementu nośnego będącego sprężonym pomostem podwójnie zespolonym, w kształcie litery U, który zaprojektowano do budowy sieci kolejowej dużych prędkości oraz badania przeprowadzone w Politechnice Łódzkiej, zaprojektowanego przez Zespół Profesora A.Czkwianianca, prefabrykowanego dźwigara sprężonego, ze zbrojeniem w postaci specjalnie przygotowanego profilu z kształtowników i płaskowników stalowych. Można uznać, że rozdział ten stanowi kontynuację prezentowanej w rozdziale 2 historii rozwoju konstrukcji zespolonych, a także przeglądu literatury w tym zakresie oraz zasad projektowania tych elementów. Wszystkie badania zostały przedstawione bardzo czytelnie w formie sprawozdań zawierających rysunki elementów, opis technologii ich wykonania, schemat obciążania, jak i uzyskiwane wyniki wraz z ich interpretacją oraz wnioskami, które powodowały kolejne pomysły nowatorskich rozwiązań przekrojów zespolonych. Sposób opracowania sprawozdań świadczy o dużej dojrzałości naukowej Doktorantki

w zakresie prowadzenia badań i opracowywania wyników, a także znajomości tematyki konstrukcji zespolonych.

- W rozdziale 4, opisano zagadnienie redystrybucji w żelbetowych belkach wieloprzęstowych, gdzie słusznie stwierdzono, że w konstrukcjach żelbetowych proces redystrybucji sił wewnętrznych związany jest ze zmianami sztywności poszczególnych odcinków na długości elementu, w procesie ich obciążania. Ustosunkowano się także do modeli stosowanych w analizie konstrukcji żelbetowych, a szczególnie belek żelbetowych, które to elementy związane są bezpośrednio z podjętą tematyką pracy doktorskiej, zwracając uwagę na uwzględnianie redystrybucji momentów. Odniesiono się także do zapisów dotyczących zjawiska redystrybucji sił wewnętrznych w elementach statycznie niewyznaczalnych w wytycznych normowych, przedstawiając przegląd przepisów ujętych w polskiej normalizacji począwszy od normy PN-B-03264 z 1976 roku. W ostatnim punkcie tego rozdziału będącym jednocześnie uzasadnieniem programu podjętych badań belek zespolonych w strefie podpory pośredniej, omówiono lokalną postać redystrybucji sił wewnętrznych, uwzględniającą wpływ na zachowanie się przekroju żelbetowego pod obciążeniem, jego sąsiedztwa. Stwierdzoną, w belkach żelbetowych, możliwość współpracy w przenoszeniu obciążeń pomiędzy wszystkimi prętami, nawet nieciąglymi, ale odpowiednio zakotwionymi Doktorantka odniosła do elementów ze zbrojeniem w postaci sztywnych kształtowników i przewiduje możliwość przenoszenia sił wypadkowych pomiędzy zbrojeniem nośnym na pewnym odcinku, pomimo ich lokalnej nieciągłości.

- W rozdziale 5, przedstawiono program badań własnych obejmujących sześć dwuprzęstowych belek podwójnie zespolonych, których jednoprzęstowe sprężone prefabrykaty wykonano w zakładzie prefabrykacji, a łączenie dwóch jednakowych prefabrykatów w elementy dwuprzęstowe, zbrojenie nadbetonu i betonowanie wykonano w laboratorium badawczym Wydziału. Belki różniły się wysokością części prefabrykowanej i monolitycznej (250 i 150 mm), ilością zbrojenia górnego nad podporą środkową (stopień zbrojenia 0,013, 0,020 i 0,026) oraz ilością zbrojenia gwintowanego w strefach podparcia podpór skrajnych i środkowej. Podczas obciążania na stanowisku badawczym belek czterema siłami wykonywane były pomiary reakcji podporowych za pomocą siłomierzy tensometrycznych, odkształceń za pomocą ekstensometrów mechanicznych nasadowych, pomiary przemieszczeń za pomocą czujników indukcyjnych oraz szerokości rys. Wykonane zostały także badania zastosowanych materiałów: betonu części prefabrykowanej oraz nadbetonu, stali zbrojeniowej, stali sprężającej oraz stali kształtowej. W punkcie 5.7 opisano rezultaty badań dla każdej z belek. Wyniki wykonanych badań opracowane w sposób bardzo czytelny dla każdej badanej belki oraz parametry wytrzymałościowe zastosowanych materiałów przedstawiono w Załączniku do pracy.

Opracowany program badań własnych jest kontynuacją prac zrealizowanych przez Zespół Profesora A.Czkwianianca, których celem było znalezienie optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego w postaci zespolonego sprężonego elementu prefabrykowanego, który będzie mógł być zastosowany w obiektach kubaturowych z silnie obciążonymi podciągami lub w obiektach mostowych. Doktorantka opisując w rozdziale 3 badania Czkwianianca, Bodzaka i Pawlicy przytoczyła wnioski z kolejno wykonanych, w celu doskonalenia zaprojektowanego przekroju zespolonego - serie I, II i IIB badanych elementów, dotyczące przyjętych wymiarów przekroju, profilu stalowego, zaprojektowanego zbrojenia, rozmieszczenia cięgien sprężających, zastosowania dodatkowego zbrojenia w strefach podparcia w postaci nagwintowanych prętów żebrowych oraz wyniki prowadzonych analiz opartych na zapisach normowych. Wnioski z badań

i analiz oraz zgłoszonego w Urzędzie Patentowym zastrzeżenia zaprojektowanej belki zespolonej zostały uwzględnione przy opracowaniu elementu badawczego i programu badań służących dalszej analizie zachowania się zaproponowanego rozwiązania w patencie Czkwianianca, Bodzaka i Pawlicy, ale już jako elementu wieloprzęstowego.

- W rozdziale 6, przedstawiona została analiza wyników, która dotyczyła 6.1- strefy zakotwienia, 6.2 - globalnej redystrybucji sił wewnętrznych, 6.3 – założeń modelu obliczeniowego, 6.4 –wyników w przęśle, 6.5 – lokalnej redystrybucji sił w strefie podpory środkowej oraz 6.6 – wpływu rozwarstwienia styku na lokalną redystrybucję sił. W strefie zakotwienia stwierdzono, że pełne przekazanie siły sprężającej na beton nastąpiło w odległości około 0,6 m od czoła belki, co potwierdzają przedstawione wykresy odkształceń na długości belki, a także wykresy rozkładu siły sprężającej dla serii belek z częścią prefabrykowaną o wysokości 250mm, a także 150mm. W celu wykonania analizy porównawczej (eksperymentu i obliczeń) dotyczącej zachowania się elementów pod wpływem działania obciążenia, w całym zakresie aż do zniszczenia, zdefiniowano zależności naprężenie – odkształcenie ( $\sigma - \epsilon$ ) dla materiałów, z których zbudowany był element zespolony, co umożliwić miało wyznaczenie globalnych związków konstytutywnych (moment - krzywizna) dla przekroju zespolonego. Wyznaczenie pełnej zależności moment – krzywizna z wykorzystaniem przyjętych modeli materiałowych wykonano modyfikując do analizy elementów zespolonych, metodę opracowaną przez Profesorów A.Czkwianianca i M.Kamińską przedstawioną w pracy „*Metoda nieliniowej analizy żelbetowych elementów prętowych*”, KILiW PAN IPPT Warszawa 1993. Dla betonu ściskanego przyjęto krzywoliniową zależność naprężenie – odkształcenie z częścią opadającą uwzględniającą dane uzyskane z badań wytrzymałości betonu na ściskanie na próbkach kostkowych. Pozostałe charakterystyczne parametry zależności  $\sigma - \epsilon$  uzależniono od otrzymanej z badań wytrzymałości oraz szybkości narastania odkształcenia. Tak jak w metodzie Profesorów A.Czkwianianca, M.Kamińska związek pomiędzy naprężeniami i odkształceniami dla betonu ściskanego zdefiniowano zależnością sformułowaną przez Carreira i Chu, a dla betonu rozciąganego przyjęto do obliczeń zależność naprężenie odkształcenie w postaci krzywej łamanej, która charakteryzuje się punktem załamania przy odkształceniu  $0,1 \cdot 10^{-3}$ , szybkim zmniejszaniem się naprężeń po przekroczeniu tego odkształcenia i łagodnym opadaniem odkształceń do wartości granicznej przyjętej na poziomie  $15 \cdot 10^{-3}$ , co umożliwia uwzględnienie efektu „tension-stiffening”. Dla stali kształtowej i prętowej przyjęto zależności naprężenie – odkształcenie z wykonanej próby rozciągania, a dla stali sprężającej z aprobaty technicznej. Przekrój wzdłuż wysokości dzielono na warstwy, a zbrojenie traktowano jako odrębne warstwy o znanym położeniu i znanym polu. W obliczeniach uwzględniono dwuetapowość wykonania elementów zespolonych. Postępując „krok po kroku” w drodze kolejnych iteracji otrzymano ciągłe zależności moment krzywizna (M-K) oraz moment – odkształcenie (M- $\epsilon$ ) w całym zakresie obciążenia. Analizę obliczeniową wyników w przęśle wykonano dzieląc elementy na strefy. W strefie Ia o długości 925mm od podpory skrajnej, stosując analizę uproszczoną (brak zarysowania) oraz w strefie Ib (odcinek o długości 925mm – do miejsca przyłożenia siły) uzyskano pełną zgodność wyników doświadczalnych z obliczeniowymi, w strefie II – odcinek 400mm pomiędzy siłami, uznano, że zgodność wyników doświadczalnych z teoretycznymi jest satysfakcjonująca, gdyż tylko większe rozbieżności są dla jednej belki, w której styk prefabrykatów został wykonany nieprawidłowo. W strefie momentów ujemnych podpory środkowej (występowania lokalnej redystrybucji sił między zbrojeniem), analizę obliczeniową wykonano dwukrotnie w przekroju nad podporą, stąd nie uwzględniono ciągnięć sprężających. W pierwszej kolejności w obliczeniach uwzględniono tylko górne pręty

zbrojeniowe, a następnie uwzględniono także w przenoszeniu obciążeń kształtowniki profilu stalowego. W celu uwzględnienia ścinania na podporze środkowej dokonano kolejnej modyfikacji modelu obliczeniowego wzorując się również na metodzie Profesorów A.Czkwianianca i M.Kamińskiej. Analizując wyniki poszczególnych belek (wyłączając belkę z niewłaściwie wykonanym stykiem), stwierdzono, że pojawienie się lokalnej redystrybucji sił wypadkowych pomiędzy zbrojeniem wpływa na proces globalnej redystrybucji sił wewnętrznych. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że wykorzystanie w strefach podparcia rozwiązania opatentowanego przez Czkwianianca, Bodzaka i Pawlicę okazało się skuteczne, gdyż w żadnej z belek bezpośrednio nad podporami (na odcinkach zastosowania gwintowanych prętów żebrowych) nie doszło do wzajemnego przemieszczenia betonu prefabrykatu i nadbetonu. Wykonana analiza zależności moment – odkształcenie i moment – krzywizna w strefie podporowej wykazała, że rozwarstwienie styku nie wpłynęło na lokalną redystrybucję sił wypadkowych pomiędzy zbrojeniem w przekroju podporowym.

- W rozdziale 7, zamieszczono ogólne podsumowanie dotyczące redystrybucji sił wewnętrznych w podwójnie zespolonych belkach dwuprzęsłowych oraz wnioski końcowe potwierdzające słuszność sformułowanych tez pracy. Wskazano także jakie dalej badania i analizy powinny być prowadzone i zakończono może twórczą refleksją dotyczącą możliwości zastosowania w konstrukcjach elementów, w których zbrojenie zespołami połączonych kształtowników mogłoby być stosowane.

## **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

### **4.1. Ocena doboru tematu i postawionego celu**

Konstrukcje zespolone stalowo-betonowe powstają w wyniku odpowiedniego połączenia (zespolenia) stalowego elementu konstrukcyjnego z betonem zbrojonym lub/i sprężonym. W większości przypadków zespolenie oznacza połączenie mechaniczne, które nie zależy od przyczepności lub adhezji na powierzchni styku betonu i stali. W konstrukcjach takich sumują się zalety, a redukują wady konstrukcji składowych, czyli stalowych i betonowych, co powoduje ich coraz powszechniejsze stosowanie. Skutkuje to koniecznością rozwoju metod obliczeniowych, metod badawczych, analizy i uzupełniania normowych zapisów, a także projektowania nowatorskich zespolonych rozwiązań przekrojów, co umożliwia coraz szerszą gamę materiałów konstrukcyjnych i sposobów ich łączenia. Podjęta w pracy problematyka konstrukcji zespolonych jest więc bardzo istotna i na czasie, tym bardziej, że konstrukcje zespolone są coraz częściej stosowane nie tylko w budownictwie mostowym, ale także przemysłowym i ogólnym.

Można stwierdzić, że celem pracy jest analiza zachowania się obciążanych do zniszczenia dwuprzęsłowych belek sprężonych podwójnie zespolonych, w których głównym zbrojeniem nośnym są sztywne profile stalowe całkowicie obetonowane, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia redystrybucji sił oraz współpracy elementów nośnych w przekroju w strefie podpory pośredniej. Należy tu podkreślić, że przyjęty program badań został opracowany - wg Recenzenta - jako kontynuacja i rozwinięcie prac Zespołu Profesora A.Czkwianianca, związanych z zaprojektowaniem optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego w postaci zespolonego sprężonego elementu prefabrykowanego do zastosowań w obiektach kubaturowych. Ponieważ brakuje informacji na temat wpływu zespolenia na pracę elementów wieloprzęsłowych, realizacja badań doświadczalnych dwuprzęsłowych belek sprężonych podwójnie zespolonych, w których głównym zbrojeniem nośnym jest specjalnie przygotowany (na wzór patentu Czkwianianca, Bodzaka i Pawlicy) sztywny profil stalowy wraz z analizą obliczeniową, stanowi rozwój konstrukcyjny i technologiczny tego rozwiązania

do zastosowań w praktyce jako np. sprężone, zespolone elementy prefabrykowane uciągane na miejscu wbudowania.

#### **4.2. Tezy rozprawy**

W pracy postawione zostały dwie tezy dotyczące zachowania się wieloprzęstowych belek zespolonych pod wpływem działania obciążenia, a szczególnie zagadnienia redystrybucji sił oraz współpracy elementów nośnych w przekroju, w strefie podpór środkowych:

- Możliwa jest redystrybucja sił pomiędzy zbrojeniem nośnym w przekroju podwójnie zespolonym, zespolonym profilami sztywnymi, pomimo lokalnej nieciągłości tego zbrojenia.
- Przy prawidłowym zaprojektowaniu i zbrojonym połączeniu różnych faz w konstrukcjach podwójnie zespolonych, rozwarstwienie styku nie ma wpływu na proces redystrybucji sił pomiędzy zbrojeniem nośnym w przekroju podporowym.

Tezy te mają charakter naukowy i są w pracy konsekwentnie udowodnione. Do tego celu Doktorantka stosuje naukową metodykę, a mianowicie: studia literatury, w tym związanej z historią konstrukcji zespolonych żelbetowo-stalowych, norm i materiałów opisujących badania doświadczalne różnie zaprojektowanych zespolonych belek jednoprzęstowych, analizę wykonanych badań własnych oraz analizę obliczeniową z zastosowaniem autorskiego oprogramowania opartego o zmodyfikowany nieliniowy model warstwowego przekroju żelbetowego (Profesorów A.Czkwianianca i M.Kamińskiej), uwzględniający sprężysto-plastyczne charakterystyki materiałów i etapowości wykonania elementów.

#### **4.3. Ocena wartości naukowej rozprawy**

Recenzowana rozprawa wskazuje na kompetencję Doktorantki i umiejętność twórczego rozwijania wiedzy. Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia Autora uznaje:

- Opracowanie programu i przeprowadzenie badań własnych obejmujących dwie grupy belek prefabrykowanych, badanych po odpowiednim przygotowaniu jako dwuprzęstowe belki podwójnie zespolone,
- Modyfikację, nieliniowego modelu warstwowego przekroju żelbetowego Profesorów A.Czkwianianca i M.Kamińskiej, na potrzeby analizy elementów zespolonych wraz z opracowaniem programu,
- Zdefiniowanie pojęcia lokalnej redystrybucji sił wypadkowych w zbrojeniu w obszarze współpracującym,
- Wykazanie, że w dwuprzęstowych belkach podwójnie zespolonych może istnieć współpraca w przenoszeniu obciążeń pomiędzy różnymi typami zbrojenia w strefie podpory środkowej, pomimo lokalnej nieciągłości tego zbrojenia,
- Udowodnienie, że zastosowanie w strefach podparcia żebrowanych prętów gwintowanych połączonych płaskownikami zapobiegło zjawisku rozwarstwienia bezpośrednio w miejscu ich użycia, co potwierdziło skuteczność rozwiązania z patentu Czkwianianca, Bodzaka i Pawlicy.

### **5. Uwagi o pracy**

Uwagi o pracy można podzielić na:

#### **5.1. Uwagi formalne**

Praca napisana i opracowana pod względem graficznym jest bardzo starannie. Zwraca uwagę duża dbałość o czytelność pracy, na którą wpływają zamieszczone rysunki, zdjęcia, wykresy i tablice

ilustrujące tekst. Rysunki i tablice są ujęte w spisach i bardzo staranne, stosowane oznaczenia wielkości są zgodne z przedstawionymi w zestawieniu.

Z dostrzeżonych usterek formalnych rozprawy należy wymienić:

- str. 28 „ Kolejnym analizowaniem zagadnieniem”
- str. 33 „efektów pełzania i skurcz na zachowanie konstrukcji”
- str. 41 na zakończenie strony = i dalszy ciąg na następnej stronie,
- str. 42 „ gdzie profil stalowy znajdował powyżej”
- str.71 „W silnie nieliniowych konstrukcjach żelbetowych” – chyba zbyt duży skrót myślowy,
- str. Od 4 do 59 – czyjego są autorstwa rysunki, wykresy a zwłaszcza tablice z wynikami badań, Recenzent przyjął, że są one przedrukami z cytowanych pozycji bibliograficznych.

## 5.2. Uwagi krytyczne merytoryczne

Krytycznych uwag o charakterze merytorycznym nie mam.

## 5.3. Uwagi dyskusyjne

- Czym kierowano się przy przyjęciu sposobu obciążania belek, dwie siły przyłożone w odległości 400mm od siebie przy długości przęsła 4000mm.
- Czym i gdzie mierzone były szerokości rys zwłaszcza ukośnych.
- Wyjaśnienie jak należy rozumieć sformułowania:
  - (str. 980) „W strefie Ib dla wszystkich elementów uzyskano pełną zgodność obliczeń z pomiarami.”
  - (str. 102) „, zgodność wyników doświadczalnych z teoretycznymi jest satysfakcjonująca”

## 6. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej analizy recenzowanej rozprawy doktorskiej mgr inż. Elżbiety Habiery-Waśniewskiej pt. „Redystrybucja sił wewnętrznych w podwójnie zespolonych belkach dwuprzęsłowych”, stwierdzam, że:

Praca ma charakter naukowy, teoretyczno-badawczy. Zarówno tezy pracy, wykonane badania, jak i autorskie opracowania numeryczne oraz wnioski zawierają elementy naukowe i twórcze. Dotyczy ona skomplikowanego zagadnienia związanego z analizą zachowania się podwójnie zespolonych belek dwuprzęsłowych pod wpływem działania obciążenia ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia redystrybucji sił oraz współpracy elementów nośnych w przekroju, w obszarze podpory pośredniej.

Doktorantka wykazała się dużą wiedzą z zakresu podjętej tematyki i umiejętnością twórczego podejścia do zastanego poziomu wiedzy, a także udowodniła umiejętność prowadzenia badań i analizowania wyników oraz formułowania istotnych wniosków.

Moim zdaniem, przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a także wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez jej Autora.

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Elżbiety Habiery-Waśniewskiej spełnia wszystkie warunki Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U Nr 65 i z późniejszymi zmianami) i stawiam wniosek o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

**Biorąc pod uwagę:**

- Ciekawy sposób przedstawienia programu badawczego i analizy wyników na tle historii rozwoju konstrukcji zespolonych, z zastosowaniem do opracowań własnych wniosków z przytaczanych badań,
  - Realizację bardzo trudnego zarówno pod względem koncepcyjnym jak i technologicznym programu badań belek dwuprzęsłowych zespolonych, który ze względu na złożoność materiałową przekroju jest także trudny pod kątem interpretacji uzyskanych wyników,
  - Opracowanie Załącznika do rozprawy, który stanowi czytelne zestawienie wyników z przeprowadzonych badań własnych i może być wykorzystywany przez innych badaczy,
- wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Elżbiety Habiery-Waśniewskiej.

Barbara Goszczyńska