

Dr hab. inż. Jacek HULIMKA prof. Pol. Śl.

Gliwice, czerwiec 2017r.

Politechnika Śląska
Katedra Inżynierii Budowlanej
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANA MGRA INŻ. KONRADA RODACKIEGO „NOŚNOŚĆ BELEK ZESPOLONYCH DREWNIANO-SZKLANYCH PODDANYCH OBCIĄŻENIOM WIELOKROTNIE ZMIENNYM”

Podstawa formalna i przedmiot recenzji

Niniejszą recenzję opracowałem na prośbę Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, Pana profesora Andrzeja Szaraty, wyrażoną w piśmie z dnia 24 kwietnia 2017 roku, nawiązującym do uchwały Rady wymienionego Wydziału, podjętej w dniu 19 kwietnia 2017r.

Formalną podstawą recenzji jest umowa z dnia 24 kwietnia 2017r.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana magistra inżyniera Konrada Rodackiego pt. „Nośność belek zespolonych drewniano-szklanych poddanych obciążeniom wielokrotnie zmiennym”. Praca ta została przygotowana na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej pod kierunkiem Pana prof. dra hab. inż. Kazimierza Furtaka jako promotora i Pana dra inż. Bogusława Zajęca jako promotora pomocniczego.

Opiniowana dysertacja zawarta jest w jednym tomie, liczącym 170 stron.

Problematyka rozprawy

Jako tematykę swojej rozprawy Doktorant wybrał problematykę nośności belek drewniano-szklanych pod działaniem obciążenia wielokrotnie zmiennego. Jest to zagadnienie bardzo słabo rozpoznane w zakresie elementów obciążonych doraźnie (jednorazowo), a praktycznie niebadane w zakresie wielokrotnie powtarzalnych obciążeń. Pomimo unikatowego charakteru badanych elementów bywają one jednak stosowane w praktyce – i w tym aspekcie problem nośności zmęczeniowej jest istotny z punktu widzenia możliwości bezpiecznego, a jednocześnie ekonomicznego zaprojektowania takich belek.

W powyższym kontekście Doktorant postawił cztery tezy, a mianowicie (w skrócie):

DZIEKANAT
Wydziału Inżynierii Lądowej

Wpłynęło dnia... 20.07.2017

L.dz. 777 podpis... Górnalski

- (1) nośność zmęczeniowa na zginanie zespolonych belek drewniano-szklanych z połączeniem z podatnego kleju poliuretanowego jest większa od momentów wywołanych obciążeniem eksploatacyjnym,
- (2) w belkach takich osiągnięcie zniszczenia jest sygnalizowane, dzięki nośności postkrytycznej,
- (3) kleje poliuretanowe w połączeniu szkła z drewnem mają wytrzymałość zmęczeniową większą od naprężeń wywołanych obciążeniem użytkowym; teza ta wydaje się zbyt ogólna, bowiem wyniki są tutaj uzależnione zarówno od rodzaju kleju, jak i od kształtu i wymiarów połączenia,
- (4) pętle histerezy klejów poliuretanowych przy obciążeniach zmiennych w połączeniu ścinanym dochodzą do wartości asymptotycznej przy niewielkiej liczbie cykli obciążenia; w tezie tej niepotrzebny jest zapis „przy obciążeniach zmiennych”.

W opisanym stanie rzeczy temat badawczy podjęty przez Doktoranta należy uznać jako aktualny i ważny.

Treść rozprawy

Treść rozprawy zawarta jest w dziewięciu rozdziałach, uzupełnionych wykazem cytowanej literatury (133 pozycje), spisem rysunków i spisem tablic (te trzy pozycje również numerowane jako rozdziały).

Rozdział 1 (5 stron) zawiera uzasadnienie wyboru tematu, sformułowanie tez pracy oraz krótkie przedstawienie jej zakresu. W tym rozdziale Autor przedstawia też szczegółowe cele pracy rozpisane na 11 zagadnień oraz ograniczenia prowadzonych analiz (w odniesieniu do poszczególnych tez).

W rozdziale 2 (5 stron) Autor przedstawia, w bardzo skrótowej formie, ogólne uwagi na temat zjawiska zmęczenia materiałów.

Rozdział 3 (16 stron) zawiera przegląd stanu wiedzy w zakresie dotyczącym poruszanego tematu. Cytowane są zarówno prace dotyczące elementów drewniano-szklanych, jak i poświęcone innym elementom zespolonym z użyciem szkła oraz klejom.

Godne podkreślenia jest tutaj nie tylko cytowanie szeregu badań, ale również ich krytyczna analiza, przeprowadzona pod kątem sformułowania tez pracy oraz zaplanowania badań. Jest to szczególnie cenne, bowiem często w pracach naukowych spotyka się przeglądy literatury będące jedynie suchym zestawieniem danych.

W rozdziale 4 (44 strony) Autor przedstawił badania materiałowe w zakresie drewna, klejów i szkła. Wszystkie prezentowane badania wykonane zostały w sposób kompleksowy, z rozpoznaniem szeregu właściwości poszczególnych materiałów, a wyniki zaprezentowane

zostały w sposób jasny i czytelny, każdorazowo z krótkim podsumowaniem. Rozdział ten sam w sobie stanowi poważne osiągnięcie badawcze Autora, zwłaszcza w zakresie badania klejów i szkła. Na uwagę zasługuje tutaj optyczna metoda pomiaru odkształceń w elementach szklanych.

W rozdziale 5 (22 strony) opisano przebieg badań własnych prowadzonych przez Autora rozprawy doktorskiej. Obejmowały one sześć belek o wysokości 220 mm i długości 3100 mm, z których trzy zbadano pod obciążeniem quasistatycznym, a kolejne trzy poddano obciążeniom wielokrotnie zmiennym (100.000 cykli), a następnie zniszczono pod obciążeniem quasistatycznym.

Dobór wielkości elementów nie był przypadkowy, bowiem po części bazował na możliwości porównania z podobnymi elementami z badań obcych.

W rozdziale przedstawiono sposób wykonania belek, procedurę ich badania w obydwu sposobach obciążenia oraz uzyskane wyniki. Wszystkie wyniki zostały w tym rozdziale przedyskutowane, z wyciągnięciem stosownych wniosków.

W rozdziale 6 (12 stron) przedstawiono model numeryczny podwójnego złącza zakładkowego (połączenie ścinane), badanego wcześniej w ramach rozpoznania cech materiałowych (Rozdział 4). Ten fragment pracy pozwolił na rozpoznanie sposobu modelowania kleju, co Autor wykorzystał w kolejnym rozdziale.

W Rozdziale 7 (19 stron) przedstawiono model numeryczny belki zespolonej, wykonany w programie Abaqus. Autor omówił tutaj modele materiałowe szkła (nieco na wyrost), a dalej przedstawił sposób modelowania belki zespolonej oraz uzyskane wyniki – w tym w porównaniu z wynikami badań modelowych.

Rozdział 8 (12 stron) to porównanie wyników projektowania metodami analitycznymi belek zespolonych, z wynikami badań modelowych i analizy MES. Jest to o tyle cenne, że relatywnie proste metody analityczne wciąż są niezastąpione w szybkiej analizie projektowej elementów konstrukcyjnych.

W rozdziale 9, liczącym 4 strony, Autor zawarł podsumowanie i wnioski, odnosząc je do postawionych wcześniej tez, a także przedstawił plany dalszych badań.

Merytoryczna ocena rozprawy

Już na początku tej części recenzji stwierdzam, że opiniowaną rozprawę doktorską Pana magistra inżyniera Konrada Rodackiego oceniam pozytywnie. Za taką oceną przemawiają poniższe argumenty.

- Temat rozprawy jest dobrany trafnie, ma bowiem zarówno znaczenie poznawcze, jak i bezpośrednie odniesienie do praktyki projektowej (pomimo dość niszowego typu

elementów konstrukcyjnych). Jest to, w moim pojęciu, szczególnie cenne, świadczy bowiem o umiejętności sformułowania tematu badawczego powiązanego z rzeczywistymi problemami konstrukcyjnymi.

- Autor wykazał dobrą znajomość poruszanej tematyki, wyrażoną w krytycznym przeglądzie stanu wiedzy. Wnioski z tego przeglądu posłużyły Autorowi do sformułowania tez i zaplanowania badań.
- Program badań i obliczeń został prawidłowo dobrany i umiejętnie zrealizowany. Na szczególne podkreślenie zasługuje tutaj wykonanie szczegółowych badań własnych, a w tym udane próby zastosowania nietypowych metod pomiarowych.
- Wyniki badań i analiz zostały przedstawione w sposób szczegółowy, co pozwala na ich wykorzystanie przez innych badaczy i wykonanie odrębnych analiz.
- Autor wykazał się umiejętnością prawidłowego i logicznego wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników badań i analiz. Jest to cenna umiejętność, bowiem najlepiej nawet opracowane wyniki bez odpowiedniej interpretacji pozostają jedynie zbiorem liczb i wykresów.
- Autor w sposób uczciwy zaprezentował także te wyniki i analizy, które nie wykazywały zadowalającej wzajemnej zgodności.

Wśród szczegółowych osiągnięć poznawczych pracy wymienić należy:

- wykazanie wysokiej nośności zmęczeniowej badanych belek w określonym zakresie obciążeń,
- wykazanie praktycznie braku wpływu wielokrotnych obciążeń zmiennych na nośność i sztywność elementów badanych później pod obciążeniem quasistatycznym,
- wykazanie zasadności użycia podatnego kleju poliuretanowego do łączenia elementów szklanych i drewnianych w belce zespolonej,
- wykazanie wysokiej nośności postkrytycznej badanych belek,
- wykazanie możliwości wiarygodnej analizy numerycznej badanych belek,
- zaproponowanie modelu analitycznego pozwalającego na wiarygodne oszacowanie nośności i sztywności belek badanego typu,
- wykazanie wysokiej wiarygodności wyników optycznych pomiarów odkształceń i przemieszczeń, wskazujące na ogromny potencjał tej metody w odniesieniu do badań modelowych.

Obowiązkiem recenzenta jest także sformułowanie pytań i uwag krytycznych, w tym o charakterze dyskusyjnym. Poniżej przedstawiono wybrane uwagi (w nieco przypadkowej kolejności).

- Teza 3 jest zbyt szeroka, bowiem wytrzymałość zmęczeniowa zależy nie tylko od typu kleju, ale także od charakteru złącza; wykazał to zresztą Autor w swoich badaniach, bowiem znaczna redukcja wytrzymałości i sztywności uzyskana na niewielkich próbkach złącza zakładkowego nie znalazła potwierdzenia w badaniach belek.
- Rozdział 2 można było pominąć, bowiem zawiera on niewiele danych, z których najistotniejsze można było przytoczyć w innych miejscach pracy.
- Badania laboratoryjne drewna przeprowadzono zgodnie z zestawem norm PN-D; czy są odpowiednie normy PN-EN, a jeśli tak, to dlaczego Autor zdecydował się na ich pominięcie?
- W kilku tablicach wyników odrzucono wartości znacznie odbiegające od pozostałych wyników. Czy odbyło się to na podstawie testu eliminacji wartości skrajnej, czy też uznaniowo?
- Z czego wynika brak danych w pierwszym wierszu Tablicy 4.5?
- Rozbieżności uzyskane przez Autora w badaniach drewna, a wskazane w punkcie 4.1.4, po części wynikają z użycia drewna jodłowego, podczas gdy zwykle stosuje się drewno sosnowe lub świerkowe. Bardzo wysokie wyniki badań wytrzymałości nie mogą być podstawą zakwalifikowania drewna do klasy C40 (jak pisze Autor), bowiem klasa drewna wynika z jego wad strukturalnych w skali elementu, a nie z wytrzymałości uzyskanej w badaniach małych próbek, z definicji pozbawionych takich wad. Tym samym to wady elementu determinują jego przyporządkowanie do danej klasy, a wytrzymałości przypisane danej klasie uwzględniają ich osłabiający wpływ na element.
- Skąd niezgodność procentowego wyężenia elementów z przemieszczeniem końca elementu – na rysunku 4.29? Z porównania z wcześniejszymi rysunkami wynika, że zakres przemieszczenia powinien sięgać wartości 240µm.
- W punkcie 4.2.2.6. nie jest wytłumaczone ograniczenie badań jedynie do kleju Sika®PS. Tłumaczenie takie pośrednio można znaleźć dopiero na stronie 63.
- Wniosek, że klej Sika®PS zapewnia większą nośność na rozrywanie niż nośność zastosowanej szyby na zginanie (str. 62-63) ma małą wartość merytoryczną, bowiem opisany przypadek zależy od szeregu parametrów, w tym od wielkości i grubości szyby oraz średnicy krążka.

- Nie da się opisać sztywności postaciowej kleju wartością 2888852 kN/m^3 (str. 125). Realnie można tutaj przyjąć trzy, może cztery miejsca znaczące, zwłaszcza, że w kolejnym zdaniu inny parametr (energia pękania) przyjęty jest jako 10 J/m^2 , to jest z dużym przybliżeniem.
- Nie można twierdzić, że "analizy numeryczne nastawione były na walidację wyników badań eksperymentalnych" (str. 125), bowiem to wyniki eksperymentu są wielkością odniesienia, a walidować można co najwyżej modele numeryczne lub analityczne! Podobnie jest na str. 148.

W zakresie edytorskim praca stoi na bardzo dobrym poziomie, chociaż rażą pewne niedociągnięcia, a wśród nich:

- błędne sformułowania, np.: „Na rysunku 1.1 Rys 1.1” (str. 9), "zmierzeniu pomiarze" (str. 42),
- niezgodność cytowania w opisie i na rysunku 1.1 (str. 9),
- rozdzielne pisanie wyrazów, które powinny być pisane razem, np. „mikro zarysowań” (str. 10), "bez skurczowo" (str. 50), "nie mniej" (str. 61), "mikro rys" (str. 72), "w cale" (str. 118),
- pisanie rozwinięcia dziesiętnego w konwencji z kropką zamiast przecinka (jak w tekście anglojęzycznym), na dodatek nie zawsze konsekwentnie,
- pisanie kolejnych pozycji po dwukropku z dużej litery i kończenie ich średnikiem (powinny być z małej litery, zakończone przecinkiem),
- niekonsekwentne stosowanie apostrofu w odmianie nazwisk obcych (powinien być tylko tam, gdzie ostatnia litera nazwiska w podstawowej formie nie jest czytana),
- mylenie "drzewa" z "drewnem",
- błędne cytowanie rysunku 3.3 lub błędny podpis pod tym rysunkiem,
- zestawienie na rysunku 3.6 dwóch różnych badań, z brakiem powołania na jedno z nich,
- lokalnie złe zapisy jednostek, np. [Mpa], [Gpa],
- niepotrzebne wielokrotne cytowanie wzoru uzależniającego wytrzymałość drewna od jego wilgotności – wystarczyło podanie odpowiednich wartości współczynnika α ,
- błąd ortograficzny na stronie 42,
- wielokrotne użycie słowa "posiada" w odniesieniu do przedmiotów; powinno być "ma",

- niespójne skale sąsiadujących wykresów, utrudniające porównanie wyników (np. str. 86, 96),
- opis pod rysunkiem 8.1 nie koresponduje z jego treścią,
- na części wykresów (str. 140, 141) moment zginający ma jednostkę [kN],
- na rysunku 8.5, część prawa, na osi pionowej jest siła, a w opisie rysunku i na wykresie są naprężenia ścinające; to samo na rysunku 8.10,
- niefortunne sformułowania typu: "temperatura elementów (...) może osiągnąć znaczne temperatury" (str. 33),
- użycie słowa "trawersa" zamiast "trawers",
- szereg drobnych błędów literowych i interpunkcyjnych.

Cytowane wyżej drobne niedociągnięcia nie zaburzają czytelności opracowania, a zwróciłem na nie uwagę, aby ustrzec Autora przed powtórzeniem ich w przyszłych publikacjach, które, moim zdaniem, powinny powstać w celu upowszechnienia wyników pracy.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana magistra inżyniera Konrada Rodackiego pt. „Nośność belek zespolonych drewniano-szklanych poddanych obciążeniom wielokrotnie zmiennym” stanowi cenny wkład w rozwój wiedzy w zakresie możliwości bezpiecznego, a jednocześnie ekonomicznego projektowania nietypowych elementów zespolonych ze szklanym środkiem.

Pomimo sformułowanych wcześniej uwag krytycznych uważam recenzowaną pracę za oryginalną i cenną, spełniającą wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Ponadto, co istotne, recenzowana praca w pełni udowadnia spełnienie przez Doktoranta wymagań stawianych na ósmym poziomie uczenia się (wg Europejskich Ram Kwalifikacji) w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji.

Tym samym wnoszę o dopuszczenie Pana magistra inżyniera Konrada Rodackiego do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

.....
dr hab. inż. Jacek Hulimka prof. Pol. Śl.