



Poznań, dnia 9 września 2014 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Kozłowskiego

pt.: „Experimental and numerical analysis of hybrid timber-glass beams” („Analiza doświadczalno-numeryczna hybrydowych belek drewniano-szklanych”)

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dnia 30.06.2014r., w ślad za Uchwałą Rady Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dnia 25.06.2014r.

1. WSTĘP

Ostatni rozwój architektonicznych i technologicznych trendów przyniósł bezprecedensowe możliwości i znaczne zmiany w zastosowaniu szkła w budynkach. Uwzględniają one również zastosowanie dużych powierzchni szklanych oraz użycie szkła w obszarach tradycyjnie zarezerwowanych dla innych materiałów konstrukcyjnych takich, jak dachy, stropy, schody i różnego rodzaju ściany. Ostatni ogromny wybór ulepszonych wyrobów szklanych oraz szeroki zakres nowych podparć i szczegółów połączeń doprowadza do coraz szerszego zastosowania szkła, jako materiału konstrukcyjnego. Konsekwencją tych ekscytujących aplikacji jest to, że szkło jest coraz częściej poddawane znacznie bardziej złożonym stanom naprężeń. Ponadto szkło nie może brać udziału w integralności całej konstrukcji. W konsekwencji niepowodzenie jego zastosowania może być tym większe. Większa powszechność stosowania szkła jako materiału konstrukcyjnego doprowadziła już do pierwszych badań kompozytowych elementów szklanych.

W związku z powyższym należy podkreślić, że tematyka rozprawy dotyczy jednego z najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych, a tym samym jest zgodna z aktualnymi kierunkami badań.

2. ZAWARTOŚĆ PRACY

Praca składa się z części wstępnej (12 stron) i części zasadniczej (112 stron) oraz jest bez jakichkolwiek załączników. Praca została bardzo ładnie wydana i jest w całości napisana w języku angielskim.

Recenzowana praca obejmuje:

- Część wstępną (przedmowa, streszczenie, podziękowania, spis treści i wykaz oznaczeń – 12 stron).
- Część zasadniczą (112 stron), składającą się z:
 - wstępu – nazwanego wprowadzeniem do badań (6 podrozdziałów - 7 stron),
 - przeglądu literatury (4 podrozdziały – 8 stron),
 - badań materiałowych (4 podrozdziały – 26 stron),
 - badań doświadczalnych elementów mało-rozmiarowych (5 podrozdziałów – 9 stron),
 - badań doświadczalnych elementów naturalnej wielkości (5 podrozdziałów – 9 stron),
 - modelowania numerycznego (6 podrozdziałów – 25 stron),
 - rozważań analitycznych (4 podrozdziały – 8 stron),
 - wniosków i dalszych kierunków badań (1 podrozdział – 3 strony),
 - bibliografii (6 stron),
 - spisu rysunków (4 strony),
 - spisu tabel (2 strony).

Oryginalną część rozprawy stanowią rozdziały 3-7. W rozdziale 3 przedstawiono szczegółowe badania materiałowe, obejmujące badania wszystkich zastosowanych materiałów, czyli szkła, drewna i klejów konstrukcyjnych. Rozdział 4 zawiera wyniki badań belek o pomniejszonych wymiarach, rozdział 5 wyniki badań belek o wymiarach rzeczywistych, rozdział 6 przedstawia proponowane modelowanie numeryczne wraz z walidacją na bazie wcześniejszych badań doświadczalnych, a rozdział 7 przedstawia proponowane przez autora podejście analityczne.

Bibliografia załączona do pracy zawiera 79 pozycji oraz 6 norm, w tym 10 pozycji w języku polskim, 7 pozycji w języku niemieckim i aż 68 pozycji w języku angielskim. Dodatkowo należy podkreślić aktualność wykorzystanych pozycji literaturowych, gdyż 85% bibliografii jest wydana przed 15 laty, a aż 71% przed 10 laty. Jedynie 15% pozycji jest wydanych przed rokiem 1999, z czego głównie są to pozycje będące już „klasykami literatury” lub jeszcze niezaktualizowanymi normami. Na podkreślenie również zasługuje fakt, że autorem i współautorem 12 pozycji w załączonej bibliografii jest autor rozprawy doktorskiej. W tym miejscu należy podkreślić, że w zanalizowanej literaturze znalazło się tylko 9 pozycji z listy filadelfijskiej, 2 z listy ministerialnej B, 12 książek, prace doktorskie i magisterskie i aż 24 publikacje konferencyjne krajowe i zagraniczne. Oznacza to, że 87% prezentowanej literatury jest traktowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jako literatura bezwartościowa i nie mająca wpływu lub mająca tylko częściowy wpływ na kategoryzację jednostek naukowych w Polsce. A jednak analizowaną bibliografię należy uznać za bardzo wartościową i skończoną. Na podkreślenie zasługuje fakt, że znajdują się tu takie kamienie milowe (napisane przez praktyków) dotyczące szkła jako materiału konstrukcyjnego, jak monografia napisana przez zespół autorów z Institution of Structural Engineers pod przewodnictwem Davida Alsopa, który niestety nie dożył zakończenia tej monografii i praca Haldimanna i in., członków International Association for Bridge and Structural Engineering.

3. MERYTORYCZNA OCENA ROZPRAWY

Od razu i jednoznacznie stwierdzam, że opiniowaną rozprawę Mgr inż. Marcina Kozłowskiego oceniam wysoce pozytywnie. Chciałbym to uzasadnić następującymi, ujętymi w punktach argumentami.

3.1. Tematyka zespolonych konstrukcji belkowych drewniano-szklanych, podejmowana już wcześniej, jest ujęta oryginalnie i ukierunkowana nie tylko na nośność, morfologię zarysowania i ugięcia, ale również na ważny efekt skali. Temu też służy starannie przemyślany program badawczy. Tego typu badania, szczególnie dotyczące konstrukcji belkowych drewniano-szklanych, są rzadkością i należy podkreślić, że mają one duże znaczenie nie tylko poznawcze, ale i bezpośrednie odniesienie praktyczne, na co z resztą autor zwraca uwagę chociażby na okładce swojej pracy i we wstępie do niej.

- 3.2. Przedstawione analizy numeryczne zostały wykonane w pełni poprawnie i zostały walidowane, a propozycja inżynierskiego podejścia analitycznego jest bardzo praktyczna.
- 3.3. Obszerny program badawczy został konsekwentnie i bardzo kompetentnie zrealizowany, a wyniki badań są czytelnie przedstawione oraz należycie zinterpretowane. Wszystko to świadczy o dojrzałości badawczej doktoranta.
- 3.4. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie znaczących wniosków. Doktorant szczegółowo przeanalizował wpływ różnego rodzaju klejów konstrukcyjnych i rodzaju zastosowanego szkła na nośność zespolonych belek drewniano-szklanych. Wykazał, że zastosowanie różnych klejów konstrukcyjnych w przypadku belek o pomniejszonych wymiarach ma zdecydowanie różny wpływ, a w przypadku belek o rzeczywistych wymiarach już nie.
- 3.5. Należy również zwrócić uwagę na rozdział 2, który stanowi zwarte kompendium wiedzy na temat konstrukcji ze szkła, różnych szklanych konstrukcji zespolonych, od konstrukcji stalowo-szklanych do konstrukcji betonowo-szklanych, poprzez konstrukcje szklano-szklane i drewniano-szklane. Autor przedstawił stan badań nad konstrukcjami drewniano-szklanymi, ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju kleju konstrukcyjnego, rodzaju zastosowanego szkła oraz sposobu wzmocnienia elementami drewnianymi. Całość rozdziału została ograniczona do elementów belkowych.
- 3.6. Do oryginalnych osiągnięć doktoranta niewątpliwie zaliczyć trzeba:
- wykonanie i porównanie badań elementów o pomniejszonych wymiarach oraz elementów o wymiarach rzeczywistych, po raz pierwszy uwzględniając wpływ efektu skali dla konstrukcyjnych elementów drewniano-szklanych;
 - przedstawienie analizy numerycznej wraz z modelem numerycznym konstrukcji belkowej drewniano-szklanej opartej na MES, a także jej walidację na bazie przeprowadzonych wcześniej badań,
 - zaproponowanie analitycznego podejścia inżynierskiego do projektowania belek drewniano-szklanych.

4. UWAGI OGÓLNE

Pozytywna ocena opiniowanej rozprawy nie oznacza, że nie można w odniesieniu do niej sformułować uwag krytycznych czy raczej dyskusyjnych, które przedstawiono poniżej.

- 4.1. Trochę niezrozumiałe i chyba na wyrost jest nazywanie zespolonych belek drewniano-szkłanych hybrydowymi. Tytuł pracy, przy jej aktualnej zawartości, zupełnie dobrze i wystarczająco naukowo, wyglądałby jako „Analiza doświadczalno-numeryczna zespolonych belek drewniano-szkłanych” czy „Experimental and numerical analysis of composite timber-glass beams”.
- 4.2. Celem pracy było rozwinięcie wiedzy na temat zespolonych belek drewniano-szkłanych, ich zachowania pod obciążeniem oraz mechanizmu zniszczenia. Jednakże zaproponowana pierwsza teza wydaje się zbyt oczywista i myślę, że należałoby w niej może zwrócić większą uwagę na bezpieczeństwo tego rozwiązania w związku ze znacznymi wzrostami nośności po pierwszym zarysowaniu środka i ciągłym zachowaniem się belek; bo to, że te belki są: „...*praktycznym, wytrzymałym i ekologicznym produktem, który może być wykorzystywany jako element konstrukcyjny...*” jest w miarę oczywiste i wiadomo, to już z wcześniejszej literatury.
- 4.3. Badania belek drewniano-szkłanych o pomniejszych wymiarach zostały wykonane dla klejów: akrylowego, silikonowego i poliuretanowego oraz jednego rodzaju szkła, a dla belek o wymiarach rzeczywistych dla klejów: epoksydowego, akrylowego i silikonowego i dwóch rodzajów szkła. Ogranicza to możliwość szczegółowego przeanalizowania efektu skali tylko do żywicy akrylowej i silnikowej oraz jednego rodzaju szkła, gdy w tym czasie najlepsze efekty uzyskano dla żywicy epoksydowej.
- 4.4. Jednym z cenniejszych efektów analizowanej pracy jest możliwość szczegółowej oceny efektu skali, na bazie przeprowadzonych badań. Niestety w pracy nie poświęcono temu dostatecznego miejsca. Materiału do analizy jest tak dużo, analiza efektu skali powinna być osobnym rozdziałem lub podrozdziałem z podziałem na wpływ klejów konstrukcyjnych i oceny całościowego zachowania się belek. Niestety ocenę wpływu klejów konstrukcyjnych można ograniczyć jedynie do kleju akrylowego i silikonowego, a także nie ma możliwości oceny wpływu rodzajów szkła.
- 4.5. Zauważa się niezdecydowanie w traktowaniu przez doktoranta wykazu podstawowych oznaczeń i symboli, gdyż albo należy uznać, że podstawowe oznaczenia i symbole

znajdują się w wykazie i nie powtarzamy ich w wykazach pod wzorami, a umieszczamy tam tylko oznaczenia i symbole uzupełniające, albo wszystko umieszczamy w wykazie oznaczeń i symboli lub pod wzorami. Osobiście preferowałbym jedną z dwóch ostatnich opcji, co znacznie ułatwiłoby korzystanie z pracy.

4.6. Wielu autorów nie przykłada znaczącej wagi do przedstawienia dalszych kierunków badań, nie ustosunkowując się do nich w ogóle lub bardzo skrótowo. Natomiast autor rozprawy przedstawił bardzo szeroki zakres kierunków badań, jednakże warto by się pokusić o uszeregowanie ich ważności.

5. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Należy podkreślić, że praca napisana jest dobrym językiem angielskim i to dobrym językiem technicznym. Nieliczne literówki i błędy interpunkcyjne, a także parę nie do końca technicznie użytych słów nie mają wpływu na pozytywną jej ocenę oraz na jej jakość. W związku z tym zostały one przekazane bezpośrednio doktorantowi i nie umieszczano ich w recenzji.

Należy również podkreślić, że praca jest wyjątkowo starannie zredagowana. Praktycznie taki poziom redakcji spotyka się już bardzo rzadko, a świadczy to jednak o dużym nakładzie czasowym doktoranta na redakcję pracy.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Należy podkreślić, że tytuł pracy w pełni odzwierciedla jej treść, a postawione tezy zostały udowodnione.

Przeprowadzone badania eksperymentalne posłużyły do opisanie stanu zachowania się kompozytowych belek drewniano-szklanych, o różnych wymiarach i z zastosowaniem różnych klejów konstrukcyjnych, a także mogą posłużyć do szerszej analizy efektu skali. Badania zostały wykonane starannie i rzetelnie. Należy podkreślić, że badania autora są pierwszymi tego typu badaniami w Polsce i jednymi z pierwszych na świecie.

Do szczególnie wartościowej części rozprawy należy zaliczyć podrozdziały dotyczące badań laboratoryjnych, analiz numerycznych i propozycji podejścia analitycznego. Takie

wieloaspektowe podejście jest pierwszym podejściem w literaturze światowej, jeżeli chodzi o belkowe konstrukcje drewniano-szklane.

Cel rozprawy został osiągnięty a uzyskane wyniki są oryginalne i wartościowe. Należy podkreślić, że rozprawa wnosi nowe elementy do teorii konstrukcji zespolonych.

Przedstawione uwagi w żadnym stopniu nie umniejszają mojej wysokiej oceny opiniowanej rozprawy doktorskiej. W związku z tym chciałbym ocenianą rozprawę zgłosić do wyróżnienia, gdyż spełnia po temu wszystkie wymagane kryteria.

Po analizie rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Kozłowskiego stwierdzam, że rozprawa pt.: „Experimental and numerical analysis of hybrid timber-glass beams” („Analiza doświadczalno-numeryczna hybrydowych belek drewniano-szklanych”) spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Równocześnie stawiam wniosek o jej dopuszczeniu do publicznej obrony na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej.

