

RECENZJA
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANA MGRA INŻ. DAWIDA KISAŁY
„NOŚNOŚĆ I UGIĘCIA BELEK ZESPOLONYCH
TYPU STALOWA BLACHA-BETON”

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 22 stycznia 2018 roku, nawiązującym do uchwały Rady wymienionego Wydziału, podjętej w dniu 17 stycznia 2018r.

Formalną podstawą recenzji jest umowa z dnia 22 stycznia 2018r.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana magistra inżyniera Dawida Kisały pt. „Nośność i ugięcia belek zespolonych typu stalowa blacha-beton”. Praca ta została przygotowana na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej pod kierunkiem Pana prof. dra hab. inż. Kazimierza Furtaka jako promotora.

Opiniowana dysertacja zawarta jest w jednym tomie, liczącym 173 strony.

Problematyka rozprawy

Jako tematykę swojej rozprawy Doktorant wybrał problematykę nośności i sztywności belek żelbetowych z dodatkowym zbrojeniem w postaci dolnej blachy stalowej, zespolonej z elementem żelbetowym. Jest to rozwiązanie konstrukcyjne praktycznie nierozpoznane badawczo oraz obliczeniowo, a mogące mieć zastosowanie w praktyce.

W powyższym kontekście Doktorant postawił dwie tezy, a mianowicie:

- (1) wpływ poślizgu na nośność na zginanie belek zespolonych typu stalowa blacha-beton jest pomijalnie mały,

(2) wpływ poślizgu na ugięcie belek zespolonych typu stalowa blacha-beton jest na tyle istotny, że wymaga uwzględnienia w obliczeniach.

Tezy poprzedzone są krótkim opisem, w którym sprecyzowane, że chodzi w nich o poślizg blachy wobec betonu, wynikający z podatności łączników wiotkich.

Zdaniem recenzenta pierwsza z cytowanych tez jest zbyt ogólna, bowiem zastosowanie zbyt wiotkich łączników musi doprowadzić do stanu, w którym współpraca blachy z elementem żelbetowym będzie znikoma, a zatem równie znikomy będzie wpływ blachy na nośność; w tym kontekście teza powinna być uzupełniona o zapis mówiący o sztywności łączników, powyżej której teza będzie prawdziwa.

Pomimo powyższego zastrzeżenia temat badawczy podjęty przez Doktoranta należy uznać jako aktualny i ważny, a postawione tezy jako generalnie prawidłowe.

Treść rozprawy

Treść rozprawy zawarta jest w ośmiu rozdziałach, uzupełnionych wykazem cytowanej literatury (86 pozycji), spisem rysunków i spisem tablic, oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim (te pozycje nie są numerowane jako rozdziały).

Rozdział 1 (2 strony) zawiera wprowadzenie z krótkim opisem ewolucji konstrukcji zespolonych typu stal-beton, a w tym konstrukcji typu stalowa blacha-beton.

W rozdziale 2 (16 stron) Autor przedstawia, w bardzo skrótovej formie, stan wiedzy na temat belek zespolonych typu stalowa blacha-beton (w zasadzie bazujący na jednych, opublikowanych badaniach obcych), uzupełniony o wiadomości z zakresu obliczania nośników wiotkich. Rozdział ten zakończony jest podsumowaniem, z którego wynikają cele i tezy pracy.

Rozdział 3 (2 strony) zawiera opis celu pracy, jej zakresu i cytowanych już tez. Zwykle tego typu wiadomości znajdują się na początku pracy – umieszczenie ich jednak po przeglądzie stanu wiedzy jest o tyle uzasadnione, że bazują one na wynikach tego przeglądu.

W rozdziale 4 (65 stron) Autor przedstawił badania doświadczalne belek zespolonych oraz badania uzupełniające. Właściwe badania obejmowały sześć belek o stałym przekroju żelbetowym 240×490 mm i rozpiętości teoretycznej 5000 mm, różniących się grubością blachy, rozstawem łączników i zbrojeniem. Elementy te nawiązywały geometrią do opisanych w rozdziale 2 badań obcych. W rozdziale przedstawiono sposób wykonania belek, procedurę ich badania oraz uzyskane wyniki. Wszystkie rezultaty badań zostały w tym rozdziale przedyskutowane, z wyciągnięciem stosownych wniosków. W badaniach wykazano

nieznaczny wpływ poślizgu w zespoleniu na nośność elementów, przy wyraźnym wpływie na ich ugięcia.

W ramach badań uzupełniających Autor przedstawił w sposób szczegółowy procedury oraz wyniki badań betonu, stali zbrojeniowej, stali konstrukcyjnej (blachy) oraz łączników sworzniowych.

Rozdział 4 sam w sobie stanowi poważne osiągnięcie badawcze Autora, zwłaszcza w zakresie badań modeli belek. Na uwagę zasługuje tutaj optyczna metoda pomiaru odkształceń, będąca już znakiem rozpoznawczym badań prowadzonych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

W rozdziale 5 (21 stron) przedstawiono analizę teoretyczną badanych belek, w zakresie nośności i zarysowań, w tym z uwzględnieniem wpływu poślizgu na zachowanie się elementów. Porównanie uzyskanych tutaj wyników z wielkościami uzyskanymi z badań pokazało generalnie dobrą zgodność w zakresie nośności, przy zadowalającej zgodności ugięć (w zakresie do około połowy obciążenia niszczącego).

W rozdziale 6 (15 stron) przedstawiono model numeryczny belki zespolonej, wykonany w programie Ansys. Autor omówił tutaj modele materiałowe, a dalej przedstawił sposób modelowania belki zespolonej oraz uzyskane wyniki – w tym, w porównaniu z wynikami badań modelowych (z dopasowaniem parametrów modelu numerycznego do parametrów konkretnej belki). Pomimo złożoności zagadnienia, uzyskane wyniki można uznać za dobrze odwzorowujące rzeczywistość badawczą.

W Rozdziale 7 (19 stron) przedstawiono analizę porównawczą wszystkich wcześniej uzyskanych wyników (badania modelowe, analiza teoretyczna, analiza numeryczna) w zakresie nośności belek oraz ich ugięć. Analizowano zarówno badania własne, jak i obce. Autor przeanalizował również wpływ poszczególnych parametrów zmiennych na uzyskane wyniki.

W rozdziale 8, liczącym 3 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 Dawida Kisały 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 bardzo niszowego typu elementów konstrukcyjnych).

- Autor wykazał umiejętność sformułowania oryginalnego zagadnienia badawczego (w tym też oraz samych badań) na podstawie wiedzy uzyskanej z obcych 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 bardzo 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 cenne, bowiem najlepiej nawet opracowane wyniki bez odpowiedniej interpretacji pozostają jedynie zbiorem liczb i wykresów. Autor wykazał również umiejętność rozsądnego upraszczania pewnych zagadnień, co pozwoliło na uniknięcie nadmiernie rozbudowanych teorii, prowadzących do nieznacznego uszczegółowienia wyników.
- Autor w sposób uczciwy zaprezentował także te wyniki i analizy, które nie wykazywały zadowalającej wzajemnej zgodności, a nawet zawierały błędy (np. str. 75, 87).

Wśród szczegółowych osiągnięć poznawczych pracy wymienić należy:

- wykazanie ilościowego wpływu poślizgu na nośność badanych belek (w zakresie przyjętej zmienności danych),
- wykazanie ilościowego wpływu poślizgu na sztywność badanych belek (w zakresie przyjętej zmienności danych),
- wykazanie możliwości wiarygodnej analizy numerycznej badanych belek,
- zaproponowanie modelu analitycznego pozwalającego na wiarygodne oszacowanie nośności i sztywności belek badanego typu, na „inżynierskim” poziomie dokładności,
- wykazanie wysokiej wiarygodności wyników optycznych pomiarów odkształceń i przemieszczeń, wskazujące na ogromny potencjał tej metody w odniesieniu do badań modelowych,
- wykonanie analizy parametrycznej bazującej na posiadanych wynikach.

Godna pochwały jest świadomość Doktoranta dotycząca konieczności walidowania modeli numerycznych na wynikach badań rzeczywistych elementów. Jakkolwiek wydaje się to oczywiste, to praktyka wskazuje na nadmierne zaufanie młodych badaczy do wyników analiz komputerowych prowadzonych w oderwaniu od badań.

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

- Teza 1 jest zbyt szeroka (o czym już pisałem), bowiem wpływ poślizgu na nośność można pominąć tylko w przypadku, gdy wielkość poślizgu jest ograniczona, co wymaga przyjęcia pewnej granicznej sztywności łączników.
- W przypadku „niefizycznych” wzorów konieczne jest podanie jednostek do podstawień i jednostki wyniku.
- Treść punktów 3.3.3, 3.3.4 i 3.3.5 w założeniu powinna opisywać zakres pracy, a brzmi jak wnioski z jej realizacji.
- Opis metod optycznych, jakkolwiek interesujący, nie jest konieczny w tak szerokim zakresie. Idąc tą drogą należałoby też szczegółowo opisać zasadę działania tensometrów elektrooporowych i wszelkich innych czujników i urządzeń użytych podczas badań.
- Konstrukcje zespolone typu stalowa blacha-beton są od dawna stosowane w postaci płyt na blasze fałdowej; należało o tym wspomnieć w przeglądzie literatury.
- Wymieniając zalety badanego rozwiązania, należy też odnieść się do jego wad, np. bardzo niskiej odporności ogniowej.
- Pierwszy akapit rozdziału 2.4 jest słuszny, jeśli wspomni się o konieczności wykalibrowania modelu numerycznego na odpowiednio szerokim zestawie danych z badań modelowych.
- Nie można porównywać wyników badań betonu wykonanych po ponad 3 miesiącach z wartościami deklarowanymi po 28 dniach (zapis na str. 37, Tablica 4.6); podobnie Tabl. 4.8; częściowo tłumaczy to zapisy w punkcie 4.4.
- Na ile skurcz betonu mógł wpłynąć na zachowanie się belek i uzyskane wyniki?
- Które wartości z Tablicy 4.28 są, zdaniem Doktoranta, wiarygodne?
- Opis Laboratorium na str. 71, jakkolwiek spójny z zakresem badań wykonanych w ramach pracy doktorskiej, brzmi trochę jak folder reklamowy.
- Niepokojące jest zaniżenie wyliczonych ugięć belek w stosunku do wyników badań (Tablica 107 i następujące po niej rysunki).
- Czy podyktowane było zastosowanie strzemion $\varnothing 12$ mm?
- W badaniach modelowych i w analizie numerycznej brakuje naprężeń w stali zbrojeniowej oraz ich porównania z naprężeniami w blasze. To jeden z ciekawszych wyników, niestety pominięty.

- Jak interpretować kolumnę C w Tablicy 7.3, w zakresie wzajemnej relacji oznaczeń X, Y, Z?

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

- niezręczne sformułowania, np.: „Konstrukcje belkowe tego typu...” w pierwszym akapicie rozdziału 2.1, „w przybliżeniu odkształcenia mają liniowy rozkład” (str. 16), „test typu push-out ... składa się z dwóch części” (str. 18), „mające na celu ułatwić zastosowanie” (str. 19), „badania ... pozwalają dostarczyć” (str. 24), „zagadnieniem, które ma kluczowe znaczenie ... to określenie” (str. 153),
- w punkcie 2.2.1 dopiero sięgnięcie do bibliografii wyjaśnia, że cytowane są badania obce,
- stosowanie w opisach geometrycznych jednostki [cm], czasami w sposób niekonsekwentny (te same wielkości raz są w [cm], a za chwilę w [mm], np. rozpiętość na stronach 14-15); szczególnie razi to w przypadku opisu próbek stali (str. 48); podobnie, na Rys. 4.32 i dalszych,
- nadużywanie określenia „w oparciu”,
- błędne sformułowania, np.: „wyznawania wykazania” (str. 18),
- określenie wartości policzalnych słowem „ilość”, np. „przy zastosowaniu większej ilości łączników niż czterech” (str. 18), „ilości łączników” (str. 22, dwukrotnie), „mniejszej ilości łączników” (str. 24), „ilość próbek” (str. 50), także w innych miejscach,
- niekonsekwentny opis wielokrotnych cytowań, jako [#, &, @] albo [#], [&], [@], czasami w obrębie sąsiadujących akapitów (np. str. 25),
- niepotrzebne cytowanie banalnych wzorów, np. (4.2), (4.3), (4.4),
- błędy w nagłówkach Tablic 4.9 i 4.10; do badań, jak wynika z Rys. 4.9, użyto próbek walcowych, a w opisie tablic figurują próbki prostopadłościennych,
- klasa betonu może być „wyższa”, a nie „większa” (str. 41),
- kolizja opisu osi z wartościami na Rys. 4.25,
- powtórzenia, np. „badanie wykonane z wykorzystaniem prasy wytrzymałościowej z wykorzystaniem sterowania...” (str. 65), „Różnice ... pokazują znaczące różnice” (str. 134),
- mało czytelne wymiary na Rys. 4.40,
- brak jednostki ugięć w Tablicy 5.2,
- powołanie na rozdział 0 (str. 118),

- dziwne rozdzielanie rysunków 7.4 (oznaczenia linii na wykresach) i kolejnych (wykresy), utrudniające czytanie wykresów; na każdym z rysunków 7.5 – 7.10 było mnóstwo miejsca na legendę,
- czcionka w opisie oznaczenia „b” (str. 145),
- pisanie kolejnych pozycji po dwukropku z dużej litery, jako niezależnych zdań,
- określenie „funkcja eksponentalna” zamiast „eksponencjalna” (str. 154),
- niekonsekwentne stosowanie apostrofu w odmianie nazwisk obcych (powinien być tylko tam, gdzie ostatnia litera nazwiska w podstawowej formie nie jest czytana),
- użycie słowa "posiada" w odniesieniu do przedmiotów; powinno być "ma",
- spacje pomiędzy liczbą i symbolem %,
- drobne błędy literowe i interpunkcyjne.

Nie jestem wielkim zwolennikiem układu bibliografii w kolejności cytowania (to raczej typowe dla krótkich opracowań), jednak wybór przyjętej konwencji jest prawem Autora.

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 Dawida Kisały pt. „Nośność i ugięcia belek zespolonych typu stalowa blacha-beton” stanowi cenny wkład w rozwój wiedzy w zakresie możliwości projektowania nietypowych elementów zespolonych.

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 Dawida Kisały do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

.....

 dr hab. inż. Jacek Hulimka prof. PŚ