

Prof. dr hab. inż. Jerzy Jasieńko

Instytut Budownictwa

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wrocławska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Rafała Nowaka pt.: „Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych, ceglanych nadproży łukowych” opracowanej na Wydziale Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, w Katedrze Budownictwa Ogólnego pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Romualda Orłowicza.

1. Podstawa Opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie Pani Prof. Marii Kaszyńskiej zawarte w piśmie WBiA/-A/132/2013/14.

2. Charakterystyka i treść rozprawy

Rozprawa składa się z ośmiu rozdziałów uzupełnionych o bibliografię – łącznie 107 pozycji, w tym 67 obcojęzycznych, w znakomitej większości przywołanych właściwie z punktu widzenia zakresu i celu rozprawy oraz wykazu ważniejszych oznaczeń.

W rozdziale pierwszym („Wstęp”) Autor przedstawił ogólnie tematykę rozprawy i jej znaczenie w kontekście poszerzenia wiedzy zorientowanej na poznanie mechanizmów destrukcji murów ceglanych w obszarze nadproży łukowych.

W rozdziale 2 („Cel, teza i zakres pracy”) sformułował główny cel rozprawy związany z analizą czynników mających wpływ na nośność nadproży łukowych, opracowaniem metody oceny ich nośności oraz sposobów wzmocnienia, oraz następującą tezę rozprawy:

„Istotnym czynnikiem mającym wpływ na nośność ceglanych nadproży łukowych są warstwy muru ponad łukiem, przy czym, początkowe zarysowania i spękania nadproża nie są jeszcze

symptodem stanu awaryjnego, gdyż nadproże w takim stanie może mieć jeszcze duże zapasy nośności”, z którą, co do istoty problemu, należy się zgodzić jakkolwiek sformułowania: „początkowe zarysowania i spękania” czy „duże zapasy nośności” należałoby podać bardziej precyzyjnie. Następnie Autor szczegółowo opisał zakres pracy, w którym za kluczowe obszary należy uznać próbę klasyfikacji zarysowań nadproży, wybór modelu materiału oraz kryterium nośności granicznej, analizy prowadzone na bazie badań doświadczalnych własnych i obcych, weryfikujące analizy numeryczne oraz propozycje sposobów wzmacniania ceglanych nadproży łukowych.

Rozdział 3 („Stan wiedzy”) ma charakter studialny i obejmuje znane obecnie modele teoretyczne obliczania łuków, specyfikację rodzajów zarysowań nadproży oraz analizę badań obcych.

Rozdział 4 („Wstępna analiza teoretyczna”) zawiera głównie założenia do obliczeń analitycznych. W rozdziale przedstawiono ponadto dyskusję na temat roli mikromodelowania i makromodelowania w analizie numerycznej konstrukcji murowanych. Na uwagę zasługuje tu syntetyczny podrozdział dotyczący powszechnie stosowanych hipotez wyężeniowych.

Rozdział 5 („Badania doświadczalne”) obejmuje opis i wyniki badań materiałowych a także modeli nadproży (modele typu A i B) z uwzględnieniem wpływu warstw muru nad łukiem. W końcowej części rozdziału przedstawiono analizę porównawczą wyników badań doświadczalnych oraz numerycznych wykonanych w środowisku Abaqus.

Rozdział 6 („Badania numeryczne”) jest kontynuacją rozdziału 5-ego. W rozdziale przedstawiono założenia a następnie wyniki i wnioski z zastosowania w badaniach numerycznych do obliczeń konstrukcji murowanych przy użyciu metody elementów skończonych (MES-FEM), indywidualnie opracowanego programu komputerowego. Prowadząc analizę zbieżności (siatki) Autor odnosi się tu, w pewnym stopniu, do środowiska Abaqus na którego tle przedstawia swój autorski program.

Wyniki analiz przedstawiono w oparciu o badanie numeryczne fragmentu ściany numerowanej z nadprożem łukowym obciążonym siłą skupioną. Wydaje się, że bardziej przydatnym byłoby tu środowisko programu ANSYS, zwłaszcza przy mikromodelowaniu, gdzie podstawą jest interakcja pomiędzy zaprawą a elementem oraz analiza stanu naprężenia w samej cegle i zaprawie (prace P.B. Lourenço czy R. van der Pluijm’a). W przyszłych pracach ważne byłoby pogłębione opisanie modelu materiałowego (np.: Willam-Warnke’a oraz kryterium zniszczenia (np.: Manna-Müller’a) oraz przyjęcie modelu muru ze spoinami jako continuum.

W rozdziale 7 („Zastosowanie wyników badań”) Autor głównie zajmuje się przedstawieniem metod naprawy i wzmacniania zarysowanych nadproży łukowych oraz przedstawia własną specyfikację sposobów napraw przyporządkowanych typowym uszkodzeniom nadproży.

Rozdział 8 („Wnioski”) zawiera podsumowanie studiów oraz wyników badań doświadczalnych i numerycznych prowadzonych przez Autora oraz bardzo ogólne wskazanie dalszych kierunków badań.

3. Ocena merytoryczna rozprawy – uwagi polemiczne i krytyczne

Podjęta w rozprawie tematyka jest ważna i aktualna zarówno ze względów naukowych (poznawczych) jak i praktycznych. Waler praktyczny występuje tu w rozumieniu wykorzystania przedstawionych badań w interwencjach konserwatorskich – głównie chodzi tu o konserwację konstrukcyjną. Rozprawa z tego powodu, powinna w jeszcze większym stopniu nawiązywać do konserwacji zabytków oraz do głównych zasad doktryny konserwatorskiej, mocniej akcentując te zasady w związku z koniecznością dbałości o zachowanie charyzmy oryginału i nie zacieranie, w wyniku działań konstrukcyjnych, odbioru jego historycznych, technologicznych i formalnych rozwiązań (Rozdział 7).

Rozprawa jest napisana, na ogół, poprawnym językiem, jakkolwiek zawiera pewną ilość uchybień stylistycznych, gramatycznych czy terminologicznych, które, zdaniem recenzenta, nie wpływają na wartość merytoryczną pracy.

3.1. Uwagi szczegółowe

- a) Rozdział 8 („Wnioski”) ma, zdaniem recenzenta, charakter zbyt ogólny i jest, w zasadzie, podsumowaniem rozprawy. Z punktu widzenia wartości naukowej rozprawy w rozdziale tym należało przedstawić, w sposób pogłębiony, wnioski szczegółowe, formułowane w innym charakterze we wcześniejszych rozdziałach rozprawy.

W rozdziale tym Autor pisze m.in. „...pracę łuku ceglanego przejmuje powstający, wtórny łuk w warstwach muru powyżej nadproża”. Co do istoty zjawiska należy się zgodzić ze sformułowaniem Autora. Od wieków znane są wprost rozwiązania przy użyciu tzw. „łuków odciążających” natomiast w badaniach Autora te rozwiązania nie są analizowane, stąd analitycznie, obserwacja ta, powinna zostać we wnioskach rozbudowana z wyraźnym

określeniem stref murów nad łukami nadprożowymi, współpracujących w przenoszeniu obciążeń różnego typu.

W tym samym rozdziale Autor również napisał: „Nierównomierne osiadanie fundamentów nie ma znaczącego wpływu na pracę łuku ceglano-żelaznego...”. Sformułowanie to jakkolwiek może być, w pewnych przypadkach, prawdziwe, w kontekście badań Autora z oczywistych względów, zorientowanych na jedynie pewien typ ceglanych nadproży łukowych, nie powinno być uogólnieniem. Ocena wpływu osiadania na zarysowanie i spękanie nadproży ceglanych łukowych jest zagadnieniem rozbudowanym, wrażliwym m.in. na indywidualny charakter osiadania, geometrię łuku nadprożowego, strzałkę jego wyniesienia, układ cegieł w kluczu i wezłowniu nadproża czy wzajemną relację parametrów mechanicznych elementów składowych nadproża.

- b) W rozdziale 5, podrozdziale 5.1 („Badania pomocnicze”) nie wskazano jednoznacznie jaki typ zaprawy został przyjęty (skład) – wskazano jedynie klasę zaprawy i producenta (Atlas, Quick-Mix).

W rozdziale 5, podrozdział 5.2 („Metoda badań doświadczalnych fragmentów murów”) opisywane są dwa modele doświadczalne: model A – o niskiej przyczepności zaprawy do cegły oraz model B – o wysokiej przyczepności zaprawy do cegły, przy czym nie podano jednoznacznie założeń do wykonania wspomnianych typów zapraw. Przyczepność zaprawy do cegły może zależeć od wielu czynników, m.in. konsystencji, składu, technologii murowania, etc. Istotne byłoby również przyjęcie definicji opisującej pojęcia: zaprawa o niskiej i wysokiej przyczepności. Zgodnie z rys.5.20 i 5.23 w modelach o wysokiej przyczepności zaprawy do cegły praktycznie nie wystąpiły rysy ukośne a schemat zniszczenia bazuje na rozwarstwieniu spoin wspornych. Przydatna dla wniosków szczegółowych, co do wzmacniania, byłaby tu analiza przyczyn obserwowanych różnic w destrukcji oparta na zbudowaniu modeli fizycznych i analitycznych opisujących badane zjawiska.

- c) Autor, na str. 26 rozprawy przywołuje badanie sklepień kolebkowych (walcowych) przy współpracy zasyпки i odnosi się do warstw murów ponad nadprożem łukowym. W przypadku zasyпки istotną rolę odgrywa kąt tarcia wewnętrznego materiału (współczynnik Coulomba) – w przypadku warstw muru analogiczną rolę pełnić będzie przyczepność zaprawy do cegły, co Autor zauważa w rozdz. 5.2. Występuje tu jednak złożony stan odkształceń i naprężeń, ponadto zróżnicowanych dla różnych, możliwych do wystąpienia układów sił. Stąd ważna byłaby tu analiza oparta na modelach fizycznych, dla różnych przypadków obciążenia.
- d) W rozdziale 4.4. („Ustalenie rozkładu obciążeń na łuk ceglany”) przedstawiono wykresy naprężeń kontaktowych. Zasadne byłoby powiązanie wyników tych analiz z przypadkami

zarysowania nadproży w różnych układach obciążeń. Za kluczowe należałoby tu przyjąć statyczne analizy teoretyczne wpływu wyniesienia łuku na stan naprężeń i zasięg przemieszczeń w kluczu. Prace podnoszące ten problem były w przeszłości publikowane w materiałach Światowej Konferencji SAHC: Structural Analysis of Historical Constructions” a ostatnio w materiałach Konferencji PROHITEC 2014: International Conference on Protection of Historical Constructions, która odbyła się w Antalyi, w Turcji w tym roku.

- e) e) W rozdziale 7 rozprawy Autor przedstawia głównie znane metody wzmacniania nadproży. Zasadne byłoby jednoznaczne przeniesienie wyników własnych badań doświadczalnych i numerycznych (prowadzonych w aspekcie współpracy warstw muru nad łukiem nadprożowym) na rekomendowane przez Autora rozprawy, metody wzmacniania przy uwzględnieniu stanu zarysowania konstrukcji.
- f) W rozprawie nie poruszono zagadnienia rekonstrukcji nadproży łukowych, co jest często zabiegiem koniecznym, zwłaszcza w obiektach historycznych zlokalizowanych na terenach sejsmicznych, w wykorzystaniu zbrojenia spoin przy użyciu włókien rozproszonych, stalowych cięgien wiotkich czy siatek kompozytowych (z włókien węglowych, szklanych, bazaltowych, organicznych) czy siatek stalowych SRG. Autor, jedynie bardzo lakonicznie wspomina w rozdziale 8 o swoich przyszłych badaniach naukowych. Być może to zagadnienie – pracy statycznej (dynamicznej) nadproży rekonstruowanych mogłoby, w sposób naturalny, stać się obszarem kolejnych dociekań naukowych Autora.

W rozprawie występują, nieliczne, nieznaczące błędy, raczej o charakterze redakcyjnym. I tak, np.:

- przytaczane są wartości marki zaprawy (str.7, tab.3.2, str. 15) a następnie (rozdz.5.2) klasy zaprawy. Współczesne zaprawy klasyfikuje się używając terminu „klasa” (wg. PN-B-10104: 2014-03: „Wymagania dotyczące zapraw murarskich ogólnego przeznaczenia”);
- brak spójności w przypisie bibliograficznym na str.7 i 8 w odniesieniu do rys. 3.2, [51,63];
- błąd w opisie do rys. 3.5 (jest 3.4) – str. 12;
- brak korelacji opisu wymiaru „d” z rys. 3.7 (zgodnie z rysunkiem, $d=c+f+a$) – str.13;
- na str.7 Autor wspomina o katastrofach budowlanych, które następowały na skutek błędów w doborze kształtu nadproży łukowych nie podając jednak źródeł tych informacji.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Rozprawa Pana mgr inż. Rafała Nowaka dotyczy problemu, który ma istotne znaczenie poznawcze a przedstawione w rozprawie badania doświadczalne i teoretyczne mają walor aplikacyjny.

Pan mgr inż. Rafał Nowak, sformułował, opisał i rozwiązał zadanie naukowe, dobierając właściwie aktualną i ciekawą tematykę rozprawy doktorskiej oraz, na tym etapie badań, metodę.

Sformułowane powyżej uwagi merytoryczne i krytyczne, w mojej ocenie, nie podważają wartości naukowej rozprawy i mogą być wykorzystane w przyszłych publikacjach naukowych Autora.

Uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Rafała Nowaka pt.: „Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych, ceglanych nadproży łukowych” spełnia wymogi stawiane przez Ustawę z dn.14 marca 2013 roku „O stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. nr 65 z 2003 r. z późniejszymi zmianami) i stawiam wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Jerzy Jasieńko

Wrocław, 11 sierpnia 2014 roku