

Dr hab. inż. Łukasz Drobiec

Gliwice, 22.06.2015 r.

Katedra Konstrukcji Budowlanych

Zespół Konstrukcji betonowych i murowych

Wydział Budownictwa

Politechnika Śląska

Ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Tkacza

pt. „Ocena wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych z uwzględnieniem badań *in situ*”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 29.04.2015 r. (zgodnie z pismem L.dz. WBiA –A/41/2/2014/15 z dnia 4 maja 2015 r. Dziekana Wydziału Budownictwa dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej, prof. ZUT).

2. Charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Tkacza pt. „Ocena wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych z uwzględnieniem badań *in situ*”. Praca ma

charakter teoretyczno-badawczy i składa się z 9 rozdziałów, z czego 7 rozdziałów obejmuje tekst główny rozprawy, rozdział 8 zawiera spis piśmiennictwa, a rozdział 9 zawiera załączniki. Bibliografia obejmuje 111 pozycji piśmiennictwa (w tym 1 pozycja autorska i 4 pozycje współautorskie Doktoranta) oraz 22 pozycje zawierające normy i 12 cytowanych stron internetowych. Tekst rozprawy liczy łącznie z załącznikami 120 stron, w tym 77 rysunków, 20 tabel oraz 23 wzory.

W rozdziale 1, tj. w krótkim wprowadzeniu, Doktorant omówił podstawowe problemy związane z określaniem wytrzymałości muru w budynkach istniejących. Zwrócił uwagę na to, że zgodnie z informacjami publikowanymi przez Główny Urząd Nadzoru Budowlanego najwięcej katastrof budowlanych występuje właśnie w budynkach murowanych. Związane jest to z degradacją materiału oraz nieodpowiednim planowaniem i prowadzeniem robót remontowych i modernizacji. Podczas takich robót winno się bowiem w sposób wiarygodny określić wytrzymałość muru, co jest zadaniem trudnym z uwagi na zróżnicowanie wytrzymałości i odkształcalności elementów murowych i zapraw. Skłoniło to Doktoranta do podjęcia przyjętej w rozprawie tematyki.

W rozdziale 2 przedstawiono przegląd literatury związanej z tematem rozprawy. Opisano badania niszczące, małoniszczące, nieniszczące i teoretyczne. Na podstawie analizy aktualnego stanu wiedzy sformułowano cel i tezę rozprawy. Za cel rozprawy postawiono analizę możliwości oceny wytrzymałości muru na ściskanie metodą *in situ*, ze szczególnym uwzględnieniem metod niekonwencjonalnych. Teza pracy brzmi następująco: miarodajna ocena wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych może być dokonana na podstawie wiedzy o wytrzymałości cegły i zaprawy określonych badaniami *in situ*, w tym metodami niekonwencjonalnymi.

Rozdział 3 dotyczy zachowania się muru przy ściskaniu. Rozdział ten stanowi kontynuację rozdziału 2 i obejmuje przegląd literatury dotyczącej odkształcalności muru, mechanizmów zniszczenia muru, czynników wpływających na wytrzymałość muru oraz przegląd zaleceń normowych dotyczących sposobów określania wytrzymałości muru na ściskanie.

W rozdziale 4, zatytułowanym metody badań wytrzymałości cegły, zamieszczono wyniki autorskich badań cegły pobranej z kamienicy przeznaczonej do rozbiórki, z budynku

przemysłowego oraz fabrycznie nowych cegieł o deklarowanych przez producenta wytrzymałościach równych 15, 25 i 35 MPa. Wykonano badania całych elementów murowych na ściskanie (łącznie 89 próbek) i zginanie (łącznie 107 próbek), przeprowadzono badania sklerometryczne przy różnych położeniach młotka Schmidta (łącznie 186 próbek), oraz badania na ściskanie próbek walcowych odwierconych z powierzchni główkowej, wozówkowej i wspornej cegieł (łącznie 151 próbek).

Rozdział 5 (Metody badań wytrzymałości zaprawy) zawiera opis metod prowadzenia badań zapraw oraz wyniki badań autorskich. Przebadano pięć serii zapraw produkowanych fabrycznie na zginanie i ściskanie zgodnie z normą związaną z Euokodem 6 (odpowiednio 100 i 185 próbek). Dodatkowo wykonano badania zapraw pobranych z muru. Badaniu poddano małe próbki prostopadłościenne zaprawy, złożone z dwóch płytek o grubości około 10 mm i długości boku około 40 mm zespolonych zaprawą (53 próbki). Drugim typem badania było ściskanie krążków zaprawy (63 próbki).

Niekonwencjonalne metody określania wytrzymałości cegły i zaprawy zawiera rozdział 6. Zamieszczono tu wyniki badań cegły wykonanych metodą pull-off (łącznie 92 próbki), wyniki badań cegły na rozciąganie przy rozłupywaniu (łącznie 45 próbek), wyniki badań wytrzymałości zaprawy na próbkach walcowych utworzonych z 3 krążków o średnicy 50÷60 mm połączonych zaprawą (łącznie 21 próbek) oraz wyniki badań wytrzymałości zaprawy na próbkach zespolonych (łącznie 67 próbek). W rozdziale 7 zamieszczono również wyniki badań na ściskanie elementów próbnych muru, pobranych z rozbieranego budynku i wykonanych z fabrycznie nowych cegieł.

W rozdziale 7 zamieszczono podsumowanie, wnioski końcowe oraz program dalszych badań.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionych celów rozprawy

Miarodajne określenie wytrzymałości muru w budynkach istniejących jest poważnym problemem, z którym powszechnie stykają się rzeczoznawcy i projektanci podczas opracowywania ekspertyz i projektów modernizacji obiektów. Obecnie nie ma ujednoczonych wytycznych normowych dotyczących sposobu określania wytrzymałości muru na ściskanie. Prowadzi to do sytuacji, w której wytrzymałość muru bywa przy modernizacjach obiektów określana w sposób przybliżony (bez prowadzenia badań) lub jest w ogóle pomijana i co za tym idzie nośności konstrukcji murowych często niestety nie sprawdza się.

Badania wytrzymałości muru w istniejącej konstrukcji wymagają pobierania próbek i zbadania ich w laboratorium lub wykonania takich badań bezpośrednio na obiekcie. Z reguły pobiera się próbki komponentów muru: elementów murowych i zaprawy, gdyż pozyskanie fragmentu ściany i jej transport do laboratorium jest zadaniem trudnym, podobnie zresztą jak prowadzenie badań dużych ścian *in situ*. Należy jednak pamiętać, że właśnie badania całych ścian dają najlepszą informację o wytrzymałości muru. Przy badaniach komponentów muru samo badanie jest obarczone błędem zastosowanej metody badawczej, a uzyskany wynik (wytrzymałość na ściskanie elementu murowego i zaprawy) stanowi podstawę do przeprowadzania obliczeń wytrzymałości muru według jakiegoś wzoru (np. potęgowego lub Oniszczyka), który sam jest pewnym dopasowaniem do uśrednionych wyników badań. Dodatkowo zaprawa pobrana do badań z istniejącej konstrukcji dojrzewa w innych warunkach niż normowe próbki przygotowywane podczas wznoszenia muru. Dlatego nie można wyników badań takich zapraw bezkrytycznie stasować we wzorach na wytrzymałość muru. Potrzebne są współczynniki korelacyjne, których wielkości nie są znane.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta temat rozprawy jest oryginalny i aktualny, a zdefiniowany główny cel i zakres pracy są jasne, zasadne i ważne tak z naukowego jak i z praktycznego punktu widzenia.

3.2. Teza rozprawy

Na bazie głównych celów i zamierzeń pracy sformułowano tezę rozprawy. Tezę sformułowano poprawnie, a przyjęty zakres badań doświadczalnych potwierdziły jej prawdziwość. Przyjęta teza ma znaczenie poznawcze oraz praktyczne i świadczy o oryginalności podjętego tematu.

3.3. Ocena naukowej wartości rozprawy

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowe Autora uznają:

- ▣ Przeprowadzenie badań na murach oraz komponentach muru pobranych z istniejących budynków,
- ▣ Zaproponowanie nowych metod badawczych do określania wytrzymałości zaprawy i elementów murowych, w szczególności: badania cegły metodą pull-off oraz badania zaprawy na próbkach zespolonych.
- ▣ Wykonanie licznych badań muru i jego komponentów. W sumie przeprowadzono około 1200 badań.
- ▣ Określenie korelacji między poszczególnymi metodami badań.

Należy tu podkreślić, że autorskiej metodzie badań zaprawy na próbkach zespolonych został udzielony decyzją Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej patent na wynalazek.

4. Uwagi krytyczne

Jak każda praca, taki i recenzowana rozprawa nie jest wolna od drobnych błędów, niedopowiedzeń czy niedociągnięć. Uwagi do pracy recenzent podzielił na ogólne oraz na uwagi szczegółowe.

4.1. Uwagi ogólne

Uwaga dotycząca tematu rozprawy i tezy rozprawy

Temat rozprawy brzmi „Ocena wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych z uwzględnieniem badań *in situ*”, tymczasem praca dotyczy jedynie wytrzymałości murów z cegły. Należy tu jeszcze zwrócić uwagę na błąd logiczny w stwierdzeniu „...*wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych...*”. Jak powszechnie wiadomo wytrzymałość jest cechą materiału, natomiast konstrukcja (ściana, filarek międzyokienny) z kolei cechuje się nośnością. Podobny błąd powtórzono zresztą w tezie pracy.

Termin „*in situ*” również nie do końca odpowiada zawartości rozprawy. Zdecydowana większość badań prowadzona była w laboratorium. Z pośród przeprowadzonych badań na obiekcie wykonano jedynie część badań elementów murowych metodą pull-off, choć i w tym wypadku wygodniejsze byłoby pobranie całej cegły, przywiezienie jej do laboratorium, przygotowanie do badań i samo badanie już w laboratorium.

W świetle powyższego zadaniem recenzenta temat rozprawy powinien brzmieć: „Ocena wytrzymałości na ściskanie murów z cegły, z uwzględnieniem badań obiektów istniejących”

Teza pracy powinna brzmieć: „Miarodajna ocena wytrzymałości na ściskanie muru z cegły może być dokonana na podstawie wiedzy o wytrzymałości cegły i zaprawy określanych badaniami, w tym metodami niekonwencjonalnymi”.

Ogólna uwaga dotycząca układu pracy

W rozprawie przyjęto dość rzadko stosowaną metodę ciągłego odnoszenia się do literatury przedmiotu. Oprócz zamieszczania wyników prac obcych w rozdziale dotyczącym stanu wiedzy (rozdział 2) praktycznie w każdym rozdziale omawiano stosowane w świecie metody badawcze. Takie podejście jest poprawne w wypadku porównywania wyników badań obcych z wynikami badań własnych. W prezentowanej rozprawie porównań takich nie wykonano. Recenzent rozumie intencje Doktoranta: z rozdziału drugiego (stan wiedzy)

wynika cel, zakres i teza pracy, a w rozdziałach zawierających badania własne (rozdziały 4, 5 i 6) wprowadza się w te badania poprzez opis osiągnięć obcych. W rozdziale 5.2 zamieszczono jednak opis badań za pomocą penetrometru X-drill, sklerometru Schmidta i metodą wycinania bruzdy. Badań takich Doktorant nie prowadził i dlatego podrozdział 5.2 powinien być znaleźć się w rozdziale 2. Podobnie jak rozdział 3, który powinien być częścią rozdziału nr 2.

Zbyt duża ilość opisów badań obcych, do których zresztą Doktorant nie odnosi się porównawczo powoduje, że pewnemu „rozmyciu” ulegają liczne badania własne i nie są one w pełni eksponowane. Rozdziały 4 i 5 powinny zdaniem recenzenta nosić tytuł „badania wytrzymałości ...”, a nie „metody badań wytrzymałości...”.

Uwaga dotycząca badań próbek muru

W rozdziale 6 oprócz niekonwencjonalnych metod określania wytrzymałości cegły i zaprawy zamieszczono wyniki badań próbek muru pobranych z rozbieranego budynku oraz wymurowanych z cegieł fabrycznie nowych. Badania te powinny być podstawą do porównań i analiz ponieważ na ich podstawie określa się normową charakterystyczną wytrzymałość muru na ściskanie, przyjmowaną do analiz obliczeniowych. W rozprawie badania te opisano zdawkowo i pobieżnie. Nie podano ilości murów pobranych z istniejącego budynku oraz ilości modeli wymurowanych w laboratorium. W wypadku murów laboratoryjnych nie podano rodzaju zaprawy i rodzaju elementów murowych, z których wzniesiono modele. Recenzent ma więc nadzieję, że w części porównawczej porównywano wytrzymałość z badań z wytrzymałością obliczoną ze wzorów na podstawie badań komponentów tych samych materiałów. Modele badawcze miały ponadto zbyt dużą bazę do pomiaru przemieszczeń pionowych. Baza ta jest większa od zalecanej w normie PN-EN 1052-1. Zdaniem recenzenta praca winna była być rozszerzona o dodatkowy rozdział, w którym powinny zostać szczegółowo opisane technika i sposób przygotowania próbek i prowadzenia badań oraz uzyskane wyniki.

4.2. Uwagi szczegółowe

Poniżej wskazano na dyskusyjne lub ujemne strony rozprawy. Uwagi szczegółowe są następujące:

Strona 5. Doktorant pisze, że w pracy zawarto ... *analizy i syntezy znanych na świecie metod określania wytrzymałości muru na ściskanie w istniejących obiektach budowlanych oraz zaproponowano własne metody badawcze. W takim ujęciu próbę rozwiązania rozpatrywanego zagadnienia podjęto po raz pierwszy w kraju.* Recenzent nie może się zgodzić z takim stwierdzeniem. Obszerne prace dotyczące określania wytrzymałości muru na ściskanie od wielu lat publikuje dr inż. Piotr Matysek z Politechniki Krakowskiej. Jego prace zostały ostatnio zwieńczone monografią pt. „Identyfikacja wytrzymałości na ściskanie i odkształcalności murów ceglanych w obiektach istniejących” wydaną w 2014 r. przez Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Praca ta znajduje się w spisie literatury rozprawy pod numerem 53.

Strona 11. W punkcie 2.2. Doktorant cytuje dwie krajowe prace opisujące zastosowanie metody *flat-jack*. Pominięto tu ważną publikację prof. Lewickiego, powstałą o dekadę wcześniej niż cytowane prace, zamieszczoną zresztą w spisie publikacji rozprawy pod numerem 45.

Punkt 2.2. W opisie badań obcych prowadzonych przy zastosowaniu poduszek ciśnieniowych pominięto krajowe doświadczenia w tym zakresie. W Politechnice Krakowskiej prowadzone są obecnie prace nad rozprawą doktorską mgr inż. Dawida Łątki, który na Konferencji Doktorantów Wydziałów Budownictwa w 2014 i 2015 r. zdążył już opublikować pierwsze wyniki badań metodą *flat-jack* i metodą sklerometryczną.

Punkt 2.5. Opis metod teoretycznych oparto na zaledwie trzech krajowych publikacjach. W literaturze znaleźć można opisy wielu modeli murów ściskanych opartych na MES.

Punkt 3.4. Opisano tylko wzór Oniszczyka. Skoro punkt nazwano: ujęcia normowe należało wspomnieć o wzorze potęgowym (omówionym już wcześniej w punkcie 2.4).

Rys. 4.24b. Czy prezentowany rozkład statystyczny dotyczył badań fabrycznie nowych cegieł o jednakowej wytrzymałości? Prezentowany na rysunku histogram sugeruje, że razem zebrano wyniki z badań próbek o trzech wytrzymałościach 15, 25 i 35 MPa.

Tablica 5.1. Normowe badanie próbek zaprawy na zginanie i ściskanie polega w pierwszej kolejności na zginaniu belki zaprawy o wymiarach 40x40x160 mm. W wyniku zginania uzyskuje się przepołowienie próbki na dwie części, które z kolei poddaje się badaniu na ściskanie. Zazwyczaj próbek badanych na ściskanie jest zatem dwa razy więcej niż próbek zginanych. Recenzent może sobie wyobrazić sytuację, w której podczas badania na zginanie część połówek belek ulega uszkodzeniu i wówczas liczba próbek na ściskanie jest mniejsza niż podwojona liczba próbek na zginanie. Recenzent nie może jednak zrozumieć dlaczego w badaniach zaprawy VM01 liczba próbek na ściskanie jest ponad dwukrotnie większa od liczby próbek na zginanie.

Tablica 5.3. W większości tablic zamieszczonych w rozprawie próbki z wyburzonej kamienicy oznaczano jako (a). W tablicy 5.3. próbki z wyburzonej kamienicy oznaczano jako (b) co utrudnia porównanie wyników.

Punkt 6.4. Nie podano jaka zaprawą zespalano pozyskane z istniejących konstrukcji próbki zaprawy.

5. Wnioski końcowe

W recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Piotr Tkacz rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, polegające na zaproponowaniu metod badawczych zaprawy i elementów murowych służących do pośredniego określania wytrzymałości na ściskanie istniejącego muru. Stwierdzam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, umiejętnościami planowania i prowadzenia badań zarówno laboratoryjnych jak i w obiektach rzeczywistych oraz rozwiązywania problemów teoretycznych. Przeprowadził w szerokim zakresie badania doświadczalne oraz analizy numeryczne, a do rozwiązania postawionego problemu zastosował poprawne metody badawcze. Uzyskał oryginalne wyniki oraz wykazał,

że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Widzi również kierunki dalszych badań. Świadczy to o Jego odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowobadawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne Autorowi podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Oceniam, że rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdza, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi w przedmiotowym zagadnieniu wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie 'budownictwo'. Rozprawa ma bardzo duże znaczenie praktyczne.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Piotra Tkacza pt. „Ocena wytrzymałości na ściskanie konstrukcji murowych z uwzględnieniem badań in situ” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki" (Dz. U. z 2003 r., Nr 65, poz. 595) oraz w ustawie z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2011 r., Nr 84, poz. 455). W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

