Dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI, prof. PRz
Politechnika Rzeszowska
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Zakład Dróg i Mostów
35-959 Rzeszów, ul. W.Pola 2
e-mail: siwowski@prz.edu.pl

Rzeszów, 24.05.2018 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pana mgr inż. Piotra Klikowicza
pt. "Pośrednie wyznaczanie reakcji podporowych w obiektach mostowych poddanych specyficznym warunkom eksploatacji"

1. Przedmiot i podstawa formalna recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. **„Pośrednie wyznaczanie reakcji podporowych w obiektach mostowych poddanych specyficznym warunkom eksploatacji"**, przygotowana przez Pana mgr inż. Piotra Klikowicza w Katedrze Mechaniki i Mostów na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Salamaka, prof. PŚl. Zgodnie z *Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.* (Dz.U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) celem niniejszej recenzji jest ocena spełnienia przez rozprawę doktorską warunków określonych w art.13 ust.1 *Ustawy* j.w.

Recenzję wykonałam na podstawie następujących dokumentów:

[1] Zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, Pani Profesor Joanny Bzówki z dnia 26.04.2018 r. (pismo nr RB-0/4020/17/18);
[2] Umowy o działo nr UMC/2357/2018 z dnia 9.05.2018 r. zawartej pomiędzy Politechniką Śląską a recenzentem;
[3] Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra Klikowicza pt. *„Pośrednie wyznaczanie reakcji podporowych w obiektach mostowych poddanych specyficznym warunkom eksploatacji*", Gliwice 2018 r.

2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Klikowicza jest metoda wyznaczania wartości reakcji podporowych w obiektach mostowych za pośrednictwem pomiaru odkształceń betonowych ciosów podłożyskowych. Rozprawa liczy łącznie 157 stron podzielonych na 7 rozdziałów, przedmowę, słownik pojęć, bibliografię i streszczenia w języku polskim i angielskim. Tekst rozprawy zawiera 188 rysunków i wykresów, 46 tabel, a spis cytowanego piśmiennictwa obejmuje 114 pozycji, w tym: 10 stron internetowych oraz 18 różnego typu instrukcji sprzętu pomiarowego, który Doktorant zastosował w badaniach własnych. Wśród cytowanych publikacji są 3 prace, których współautorem był Doktorant.

W pierwszym rozdziale Doktorant przedstawił wprowadzenie do tematu rozprawy, określił jej cele i sformułował jedną tezę oraz opisał zakres rozprawy. Rozdział drugi obejmuje przegląd współczesnych technik pomiarowych i systemów monitoringu technicznego konstrukcji (ang. *structural health monitoring*, SHM) i na tym tle omówienie sposobów pomiaru reakcji podporowych, jako jednego z potencjalnych składników systemu SHM. W trzecim rozdziale Doktorant przedstawił specyfikę obiektów mostowych, eksploatowanych w specyficznych warunkach: dużym zakrzywieniu w planie, skosie lub na deformującym się podłożu. Kolejne trzy rozdziały stanowią zasadniczą, merytoryczną część rozprawy. Doktorant

zaprezentował w nich wyniki analizy numerycznej, badań wytrzymałościowych oraz badań in-situ ciosów podłożyskowych obiektu mostowego wyposażonych w autorski system pomiaru reakcji podporowych. Ostatni rozdział rozprawy zawiera jej podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

3. Ogólna ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Zasadność podjęcia tematu

Monitoring stanu technicznego konstrukcji (SHM) staje się obecnie coraz ważniejszą częścią różnego rodzaju systemów zarządzania infrastrukturą techniczną (ang. *asset management*), których bardzo szybki rozwój obserwujemy obecnie w obszarze drogownictwa. Infrastruktura drogowa w wielu krajach składa się z dużej liczby wyeksploatowanych obiektów mostowych, których stan techniczny wymaga regularnych przeglądów w celu oceny bezpieczeństwa ich użytkowania. Jest to szczególnie ważne w sytuacji permanentnego braku wystarczających środków na ich utrzymanie na odpowiednim standardzie, gwarantującym bezawaryjną pracę obiektu oraz powstrzymanie dekapitalizacji majątku. Standardowe oględziny wizualne są uzupełniane okresowymi lub ciągłymi badaniami diagnostycznymi. W przypadku coraz liczniejszej grupy obiektów mostowych administracja drogowa coraz częściej decyduje się na wprowadzenie ciągłego, zautomatyzowanego diagnozowania stanu technicznego obiektów przez kontrolę wytężenia newralgicznych elementów konstrukcyjnych. Wczesne i precyzyjne wykrycie przeciążeń i/lub uszkodzeń, powstających podczas eksploatacji, umożliwia podjęcie prewencyjnych działań naprawczych oraz utrzymanie ruchu na obiekcie. Docelowo system ciągłego monitoringu stanu technicznego prowadzi do wydłużenia okresu eksploatacji mostu oraz zmniejsza znacząco koszty jego utrzymania.

Do grupy obiektów mostowych, w których stosowanie monitoringu pracy i stanu technicznego jest uzasadnione są konstrukcje o skomplikowanej geometrii (łuk poziomy, duży skos itp.) i/lub konstrukcje posadowione na deformującym się podłożu. Nietypowe, a czasami nieoczekiwane siły wewnętrzne, generowane podczas eksploatacji tych obiektów mogą prowadzić do powstawania uszkodzeń i awarii, skutkujących ograniczeniami w eksploatacji i wzrostem kosztów utrzymania. Wcześniejsze wykrycie takich zmian oraz stosowana interwencja utrzymaniowa może skutecznie zniwelować te ograniczenia i koszty. W tej grupie obiektów, nazwanych przez Doktoranta „*obiektami poddanymi specyficznym warunkom eksploatacji*”, najlepszą oraz najbardziej efektywną z punktu widzenia celu monitoringu metodą kontroli jest pomiar reakcji podporowych. Zarówno w obiektach o skomplikowanej geometrii (ze względu „odrywanie” przęsła) jak również w konstrukcjach posadowionych na deformującym się podłożu (ze względu osiadanie podpór) ocena zmienności w czasie reakcji podporowych wydaje się być jednym z lepszych mierników prawidłowej pracy konstrukcji.

Górny Śląsk jest bez wątpienia obszarem w Polsce o największym nasyceniu sieci drogowej „*obiektami poddanymi specyficznym warunkom eksploatacji*”. Wysokie zurbanizowanie wymaga tam budowania obiektów o skomplikowanej geometrii, a szkody górnicze są stałą przyczyną deformacji podłoża. Dlatego właśnie na Politechnice Śląskiej są w sposób ciągły prowadzone prace naukowo – badawcze nad wpływem tych niekorzystnych warunków na infrastrukturę drogową i kolejową. Powszechnie znane i doceniane są prace w tym zakresie profesorów: Głomba, Rosikonia, Weselego, Kłoska, a ostatnio Salamaka, promotora rozprawy. Jednakże pomimo bogatego dorobku pracowników PŚl, temat np. bezpiecznego postanawiania obiektów mostowych na szkodach górniczych wydaje się być daleki od ostatecznego rozwiązania – jeżeli ono w ogólne istnieje. Dlatego kontynuacja badań w tym zakresie przez Doktoranta jest jak najbardziej uzasadniona. Do dorobku poprzedników Doktorant wnosi swój wkład w postaci badań naukowych nad zastosowaniem nowoczesnych metod SHM

wspomagających zarzadzanie tą nietypową i wrażliwą na warunki eksploatacji częścią infrastruktury komunikacyjnej.

3.2. Teza, cele i zakres rozprawy

Doktorant sformułował jedną tezę rozprawy, która jest bezpośrednim odniesieniem do jej przedmiotu. Teza brzmi: *„Wyznaczenie wartości reakcji podporowych w obiektach mostowych jest możliwe za pomocą pomiaru odkształceń betonowych ciosów podłożyskowych”*. Na pierwszy rzut oka teza wydaje się być trywialna, bo przecież każdy pomiar odkształceń (ε) może służyć do bezpośredniego lub pośredniego wyznaczania obciążenia (P), które je wywołało. Jednakże do oceny praktycznej zasadności stosowania zależności P (ε) jest niezbędna ocena stopnia dokładności jej wyznaczenia w konkretnym elemencie konstrukcyjnym. W elementach betonowych niejednokrotnie jest to dość trudne ze względu na błąd pomiaru odkształceń (w szczególności wewnątrz struktury betonu). Dopiero sprecyzowanie parametrów i dokładności pomiaru oraz jego walidacja może świadczyć o przydatności metody. To zadanie Doktorant moim zdaniem wykonał, przez co udowodnił postawioną tezę.

Doktorant wyznaczył sobie trzy zasadnicze cele do zrealizowania w rozprawie:

a) zbadanie technik wyznaczania reakcji podporowych w obiektach mostowych;
b) wskazanie rodzajów obiektów mostowych, w których pomiar reakcji może być uzasadnionym uzupełnieniem systemów SHM;
c) sprecyzowanie parametrów i dokładności pomiaru oraz jego walidacja.

Wszystkie postawione cele są oryginalne i istotne z punktu widzenia oceny stanu technicznego obiektów mostowych, w szczególności poddanych specyficznym warunkom eksploatacji. Ich właściwa realizacja w rozprawie wnosi nową wiedzę do przedmiotowej tematyki. Pierwszy i główny cel rozprawy został zrealizowany z zastrzeżeniem, że Doktorant zbadał jedną (a nie kilka) własną technikę wyznaczania reakcji pomiarowych i sformułował jej zalety i ograniczenia. Drugi cel był dość oczywisty (p. 3.1 recenzji), ale jego rozwinięcie w pracy zdecydowanie wykazało zasadność wyboru grupy obiektów, w których monitoring reakcji podporowych jest uzasadniony. Trzeci cel został zrealizowany metodami statystycznymi, chociaż jego wynik nie jest do końca satysfakcjonujący, co jednak moim zdaniem nie obniża wartości naukowej rozprawy.

Dla udowodnienia tezy i realizacji celów rozprawy Doktorant wykonał odpowiedni zakres prac naukowych. Po przedstawieniu przeglądu *state-of-the-art* w zakresie SHM obiektów mostowych oraz charakterystyki wybranej grupy obiektów mostowych, w których pomiar reakcji ma uzasadnienie, Doktorant przeprowadził własne badania naukowe: analizę numeryczną, badania wytrzymałościowe w laboratorium, badania *in-situ* wybranego obiektu mostowego oraz obróbkę statystyczną wyników pomiarów i analizę błędów i niepewności pomiarowej. Zrealizowany zakres rozprawy jest poprawny, adekwatny, spójny i zasadniczo wystarczający do realizacji celów i potwierdzenia tezy rozprawy.

Podsumowując ogólną ocenę rozprawy mogę stwierdzić, że praca zawiera czytelnie sformułowane cele i tezę, a zakres rozprawy i dobór źródeł pozwolił Doktorantowi na zrealizowane tych celów i potwierdzenie postawionej tezy.

3.3. Najważniejsze uzyskane wyniki

Do najważniejszych wyników uzyskanych przez Doktoranta w wyniku realizacji rozprawy doktorskiej zaliczam:

a) sprawdzenie metodami numerycznymi, doświadczalnymi i statystycznymi możliwości wyznaczania reakcji podporowych w obiektach mostowych za pomocą pomiaru odkształceń ciosów betonowych;
b) ocenę i skwantyfikowanie wpływu zmian modułu sprężystości betonu na dokładność proponowanej metody pomiarowej;
c) jakościową i ilościową (w mniejszym stopniu) ocenę zachowania się niestandardowych obiektów mostowych, tj. o skomplikowanej geometrii oraz posadowionych na deformującym się podłożu, poprzez pomiar reakcji podporowych;
d) sformułowanie propozycji i zasad uzupełnienia standardowych systemów SHM o pomiar reakcji podporowych wraz z podaniem technologii tego pomiaru.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki potwierdzają w sposób wystarczający jego ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej „budownictwo" oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3.4. Oryginalne osiągnięcia Doktoranta

Niewątpliwie najbardziej oryginalnym elementem rozprawy jest sam pomysł pomiaru reakcji mostowych poprzez ocenę odkształceń betonowych ciosów podłożyskowych. Doktorant przedstawił ten pomysł jako alternatywę dla stosowanych w uzasadnionych przypadkach łożysk z wbudowanym systemem pomiaru siły. W wyniku prac naukowych przeprowadzonych w rozprawie Doktorant zweryfikował swój pomysł, wyznaczył zakres dokładności proponowanej metody, wskazał jej ograniczenia i przedstawił kierunki jej dalszego rozwoju. Moim zdaniem nowa metoda pomiarowa, po zbadaniu czystości patentowej, mogłaby być przedmiotem zgłoszenia patentowego.

Cechy oryginalności mają także zakres, program i realizacja badań in-situ reakcji podporowych oraz ciosów podłożyskowych, w tym przypadku z wbudowanym systemem pomiarowym. Standardowy zakres badań mostów dość rzadko obejmuje wyznaczanie reakcji i badania łożysk oraz ciosów podpór. Brak takiego zakresu w programie badań odbiorczych mostu może prowadzić w konsekwencji do późniejszych problemów eksploatacyjnych w przypadku grupy mostów, wskazanych przez Doktoranta. Zrealizowane badania na wybranym obiekcie i sposób analizy ich wyników z wykorzystaniem modelu numerycznego może stanowić swoisty „*benchmark*" dla przyszłych wykonawców badań odbiorczych.

Oryginalny, aczkolwiek nieprzedstawiony wystarczająco przekonywująco, jest postulat uzupełnienia standardowych systemów SHM o pomiar reakcji podporowych. Doktorant wskazał grupę mostów, w których taki monitoring uważa za uzasadniony.

Uzyskane przez Doktoranta osiągnięcia naukowe są oryginalne i stanowią moim zdaniem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, będącego przedmiotem pracy.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

4.1. Uwagi ogólne

Doktorant przedstawił własną metodę pomiarową jako alternatywę dla stosowanych w uzasadnionych przypadkach łożysk z wbudowanym systemem pomiaru siły. Jako główne uzasadnienie celowości stosowania metody własnej Doktorant postawił tezę o „*znacznym wzroście ceny i obniżeniu trwałości*" łożysk z wbudowanym systemem pomiarowym (p.2.4.2). Jednocześnie w pracy nie ma żadnego potwierdzenia tej tezy, natomiast jest wiele informacji o powszechności stosowania takich systemów pomiarowych (np. w łożyskach Maurera). Czy

zatem metoda autorska, która przecież wymaga równie drogiego towarzyszącego systemu pomiarowego (SHM), jest konkurencyjna i może znaleźć zastosowanie praktyczne?

Idea metody pomiarowej opracowanej przez Doktoranta została bardzo powierzchownie opisana w p.2.4.2. Z drugiej strony piśmiennictwo naukowe dotyczące analitycznego opisu zależności σ-ε w betonie (żelbecie) ściskanym jest bardzo szerokie. Wydaje się, że pracy naukowej, jaką jest dysertacja doktorska, analityczny opis przedmiotowego problemu naukowego oraz jego weryfikacja doświadczalna są niezbędne. Tym bardziej, że wykonana przez Doktoranta analiza numeryczna (r. 3) ma również charakter wstępny, ograniczony, a jej wyniki nie zostały poddane walidacji na podstawie wyników badań wytrzymałościowych. Doktorant nie stworzył w rozprawie stosownych narzędzi (analitycznych, numerycznych) do projektowania i stosowania metody, co może w praktyce ograniczyć jej upowszechnienie.

Doktorant podkreśla w rozprawie swoją świadomość wpływu pełzania betonu i temperatury na dokładność pomiarów. Zapewnia, że są one możliwe do oszacowania, lecz nie przeprowadza żadnej analizy i/lub badań na uzasadnienie tej tezy, proponując je jako kierunki dalszych badań. Moim zdaniem jest to problem o fundamentalnym znaczeniu dla praktycznego wykorzystania pomysłu Doktoranta w monitoringu obiektów mostowych, dlatego pozostawienie go bez głębszego komentarza i/lub występnej analizy jest poważnym brakiem w rozprawie.

Ocena przedmiotowej metody pomiaru wartości reakcji podporowych podczas badań obiektu mostowego *in-situ* wykazała stosunkowo duży błąd pomiarowy w zakresie od 7% do 29%. Małą dokładność pomiaru Doktorant tłumaczy nieodpowiednim skalowaniem układu pomiarowego, chociaż moim zdaniem na ten błąd wpływ może mieć także wynik analizy numerycznej (patrz p.4.2, poz.6 recenzji) oraz wpływ temperatury. Jednocześnie sugerowana przez Doktoranta metoda kalibracji wydaje się pozbawiona praktycznego sensu (próbne obciążenie ciosów podpór masą ponad 3 tony). Czy nie dyskwalifikuje to zatem całej metody pomiarowej, w szczególności w zastosowaniu do monitoringu, tj. pomiarów ciągłych? Doktorant nie przedstawia w rozprawie własnej wizji rozwiązania tego problemu, nawet formułując kierunki dalszych badań.

Moim zdaniem, dobrym kierunkiem rozwiązującym wykazane w rozprawie ograniczenia stosowania metody pomiaru reakcji (kalibracja, pełzanie betonu, częściowo wpływ temperatury) mogłaby rozwiązać prefabrykacja ciosów podłożyskowych, przeznaczonych do pomiaru reakcji. Prefabrykaty z odpowiednim układem pomiarowym można byłoby bez problemu kalibrować w laboratorium, po zakończeniu zasadniczego okresu pełzania betonu, a jakość i trwałość tak wykonanych elementów podpór znacząco zwiększyłaby niezawodność metody pomiarowej.

4.2. Uwagi szczegółowe

Oprócz uwag o charakterze ogólnym wnikliwa ocena pracy każe mi sprecyzować kilka uwag krytycznych o charakterze szczegółowym.

1. Opisane przykłady katastrof mostów Quebec i Tacoma (p.2.3.1) nie są właściwymi w kontekście „*konieczności ostrzegania przed pogarszającym się stanem konstrukcji*”.
2. Z przeglądu wdrożonych systemów monitoringu obiektów mostowych (r.2) nie wynika „*zapotrzebowanie na alternatywne sposoby pomiaru reakcji*”, jak stwierdził Doktorant w podsumowaniu (p.2.5). Wręcz przeciwnie, tylko w jednym przypadku na siedem opisanych taki pomiar jest wykonywany. Dlaczego?
3. Wprawdzie analiza numeryczna (r.4) miała bardzo ograniczony cel i zakres, to jednak w pracy naukowej powinny obowiązywać pewne podstawowe zasady jej przeprowadzania. Np. opis modelu powinien zawierać także opis modelu materiałowego, modelu obciążenia,

zakres i typ analizy itp. Każdy model numeryczny powinien być walidowany na podstawie wyników badań, czego Doktorant nie zrobił. Jaki byłby wynik walidacji w tym przypadku?

4. Czujniki o numerach 106 i 107 znajdują się w jednakowym polu odkształceń ściskających (wg analizy MES), więc ich odczyty powinny być zbliżone. Tak jednak nie jest, a Doktorant nie skomentował różnic w wynikach pomiarów tych czujników (rys.5.43 i 5.44).
5. Uzyskana na podstawie badań laboratoryjnych dokładność pomiaru wynosiła 9,3% dla obciążenia w zakresie 2900 kN. Tymczasem badany cios zaprojektowano dla obciążenia do wartości maksymalnej 4 MN (p.5.1.1). Jaka jest szacowana dokładność pomiaru w przypadku reakcji zbliżonej do maksymalnej nośności łożyska?
6. Dyskusyjny jest sposób walidacji (wg Doktoranta – aktualizacji) modelu obiektu mostowego, służącego do obliczenia reakcji podporowych badanego obiektu mostowego. Dostrajanie modelu przez poszukiwanie odpowiedniego modułu sprężystości betonu, w sytuacji, gdy ten moduł wyznaczono doświadczalnie, jest dyskusyjne. Może zgodności modelu z doświadczeniem należało szukać w jego lepszej dyskretyzacji i/lub uwzględnieniu np. elementów wyposażenia?
7. W wykorzystanym piśmiennictwie razi brak dorobku (z wyjątkiem poz. [98]) Pana dr inż. Andrzeja Niemierki z IBDiM, niekwestionowanego krajowego eksperta w sprawach łożysk mostowych. W szczególności Doktorant powinien się zapoznać z wydaną rok temu obszerną monografią pt. "*Współczesne łożyska mostowe - Teoria, projektowanie, badania*" (Studia i Materiały, zeszyt 77, IBDiM W-wa), gdzie zostały przedstawione m.in. systemy łożyskowania przęseł mostowych ukośnych i zakrzywionych w planie oraz dyskusja nad "klasyczną" i nową koncepcją łożyskowania takich mostów. Być może opisane tam prace naukowe zweryfikowałyby pogląd Doktoranta na konieczność monitoringu reakcji podporowych w obiektach o skomplikowanej geometrii?

5. Ocena strony formalnej i redakcji rozprawy

Układ i redakcja rozprawy są zasadniczo poprawne i logicznie wynikają z jej przedmiotu. Język rozprawy jest jasny, zrozumiały i poprawny technicznie. Poniżej przedstawiłem kilka ważniejszych uwag natury redakcyjnej, jakie sformułowałem na podstawie ocenianego tekstu rozprawy.

1. Tytuł rozdziału 2 nie jest adekwatny do jego treści.
2. Tytuł podrozdziału 2.2.1 jest błędny – w tekście chodzi o metody pomiaru odkształceń.
3. Powtarzający się w rozdziale 3 tytuł podrozdziałów „*Metody określania parametrów technicznych...*" (p.3.1.4, p. 3.2.2, 3.3.4) jest błędnie sformułowany i nie odpowiada podanej tam treści.
4. Opisy czujników ultradźwiękowych i technologii *Coda Wave* powinny znaleźć się w p.2.2.4 (stan wiedzy), a nie w p. 6.3.2, gdyż te pomiary i ich wykorzystanie nie były w zakresie pracy Doktoranta.
5. Spis piśmiennictwa został wykonany dość niestarannie, system opisu poszczególnych pozycji jest niejednolity i niezgodny z podstawowymi wzorami w tym zakresie, stosowanymi zwyczajowo w pracach naukowych.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Klikowicza bez wątpienia **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, jakim było opracowanie, badania i ocena metody wyznaczania wartości reakcji podporowych w obiektach mostowych za pośrednictwem pomiaru odkształceń betonowych ciosów podłożyskowych. Wprawdzie w wyniku

prowadzonych prac naukowych Doktorant wykazał, że jego metoda może mieć na razie bardzo ograniczony praktyczny zakres zastosowania, to wskazał również potencjalne kierunki dalszych prac badawczych, mogących znacząco wyeliminować wykazane w rozprawie ograniczenia metody. Jednocześnie ze względu na rosnące zapotrzebowanie na systemy monitoringu obiektów mostowych, zwłaszcza poddanych specyficznym warunkom eksploatacji, wyniki pracy Doktoranta są cennym wkładem w rozwój tej gałęzi budownictwa.

Przygotowanie rozprawy doktorskiej wymagało od Pana mgr inż. Piotra Klikowicza zdobycia szerokiej wiedzy teoretycznej i praktycznej w zakresie analiz numerycznych, badań elementów i obiektów mostowych oraz analiz statystycznych wyników badań. Doktorant wykazał się także umiejętnościami krytycznej analizy pismiennictwa technicznego oraz dobrym przygotowaniem do prowadzenia badań naukowych w zakresie konstrukcji budowlanych, a w szczególności obiektów mostowych. Zawartość i treść rozprawy w sposób zadowalający pokazują **ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej „*budownictwo*"** oraz zdobytą przez niego **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Tak więc recenzowana dysertacja naukowa spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.* (Dz.U. Nr 65, poz. 595).

Reasumując mogę jednoznacznie stwierdzić, że pomimo sformułowanych przeze mnie uwag krytycznych do merytorycznej zawartości rozprawy oraz do sposobu jej redakcji, oczywiste walory poznawcze rozprawy, oryginalne rozwiązanie postawionego problemu metodami numerycznymi, doświadczalnymi i statystycznymi, a także wykazana w pracy ogólna wiedza teoretyczna i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta, upoważniają mnie do postawienia wniosku do Rady Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej o **przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra Klikowicza oraz o dopuszczenie jej do publicznej obrony**.

Tomasz Siwowski,
Rzeszów, 24.05.2018 r.