

Dr hab. inż. Jan Bień, prof. PWr  
Politechnika Wroclawska  
Instytut Inżynierii Lądowej  
Zakład Mostów  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
Tel.: 71 320 2356  
E-mail: [jan.bien@pwr.wroc.pl](mailto:jan.bien@pwr.wroc.pl)



Politechnika  
Wroclawska

Wrocław, 12.01.2010

## RECENZJA

### ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGRA INŻ. PIOTRA ŁAZIŃSKIEGO PT. „PROCEDURA MODELOWANIA OBIEKTÓW RZECZYWISTYCH W POSTACI PEWNEGO TYPU KONSTRUKCJI MOSTOWYCH”



#### 1. Podstawa formalna i przedmiot recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na prośbę Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej – Pana dra hab. inż. Jerzego Sękowskiego, prof. Pol. Śl. – wyrażoną w piśmie nr RB-0/4020/09/10 z dnia 26 października 2009 r.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Piotra Łazińskiego pt. „Procedura modelowania obiektów rzeczywistych w postaci pewnego typu konstrukcji mostowych” opracowana na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej, pod kierunkiem Pana dra hab. inż. Jerzego Weselego, prof. Pol. Śl. jako promotora.

Opiniowana praca doktorska została przedstawiona w formie zwartej wydawnictwa formatu A4, firmowanego przez Zakład Mostów Katedry Dróg i Mostów, Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Praca została wydana w roku 2009.

#### 2. Tematyka, treść i forma rozprawy

Tematyka opiniowanej rozprawy dotyczy zagadnień modelowania i statycznej analizy wybranych typów autostradowych betonowych wiaduktów drogowych w powiązaniu z doświadczalnymi badaniami rozpatrywanych typów konstrukcji. Podjęta tematyka badawcza wynika z aktualnych potrzeb inżynierii mostowej w zakresie zwiększenia precyzji numerycznych modeli obiektów mostowych wykorzystywanych w procesie ich badań odbiorczych pod próbnymi obciążeniami statycznymi. W przypadku wielu obiektów obserwuje się znaczne różnice wartości przemieszczeń i odkształceń konstrukcji mierzonych w trakcie próbnego obciążenia w porównaniu z wartościami wyznaczanymi teoretycznie w projektach badań pod próbnym obciążeniem. Oszacowania wartości wielkości statycznych wykonywane przy wykorzystaniu modeli obliczeniowych, w których nie uwzględnia się wpływu elementów wyposażenia na sztywność konstrukcji oraz w których nie uwzględnia się precyzyjnie określonych cech betonu, prowadzą z reguły do znacznego zawyżenia wyznaczanych teoretycznie przemieszczeń i odkształceń obiektu. Wymienione wyżej przyczyny rozbieżności pomiędzy wynikami badań doświadczalnych i rezultatami obliczeń

teoretycznych są powszechnie znane, ale głównie w sensie jakościowym. Podjęta przez Doktoranta próba rozwiązania zagadnienia w ujęciu ilościowym uważam za działanie ważne zarówno z poznawczego, jak i technicznego punktu widzenia.

W świetle powyższych uwag stwierdzam, że tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej została trafnie dobrana, rozpatrywany problem naukowy jest interesujący od strony poznawczej, a jednocześnie posiada bezpośrednie odniesienia praktyczne. Tytuł pracy jest generalnie zgodny z merytoryczną zawartością rozprawy.

Recenzowana praca doktorska liczy 180 stron formatu A4 i jest podzielona na 9 rozdziałów, które uzupełnia bibliografia licząca 169 pozycji. Na początku rozprawy (bezpośrednio po spisie treści) przedstawiono *Stosowane oznaczenia i skróty*. W tekście pracy zamieszczono 144 rysunki oraz 44 tablice.

W rozdziale 1. pod tytułem *Cel i zakres pracy*, liczącym 2 strony, przedstawiono zasadnicze cele oraz zakres i układ pracy. Sformułowano także tezę rozprawy doktorskiej, której nadano następujące brzmienie: „*Próbné obciążenie jest doświadczeniem identyfikacyjnym, w którym model obliczeniowy powinien odzwierciedlać rzeczywistą pracę konstrukcji. Występujące różnice relacji ugięć w badanych obiektach rzeczywistych i modelach obliczeniowych nie są zapasem nośności konstrukcji rzeczywistej, lecz modelu obliczeniowego. Dlatego badania próbných obciążeń należy przeprowadzać opierając się na adekwatnym modelu obliczeniowym eliminującym różnice sztywności pomiędzy obiektem rzeczywistym i obliczeniowym*”.

W rozdziale 2. zatytułowanym *Próbné obciążenia obiektów mostowych* (9 str.) zaprezentowano przegląd oraz porównanie przepisów dotyczących próbných obciążeń obiektów mostowych, uzupełnione własnymi komentarzami.

Rozdział 3. pod nazwą *Przegląd literatury* liczy 7 stron i zawiera tabelaryczne zestawienia materiałów związanych z tematyką rozprawy, których alfabetyczny spis zamieszczono na końcu pracy. Do prezentowanych zestawień, podzielonych tematycznie, dodano bardzo syntetyczne omówienia.

W najobszerniejszym (57 str.) rozdziale 4. o bardzo ogólnym tytule *Badania własne* zamieszczono wyniki badań przeprowadzonych przez Doktoranta w kilku obszarach związanych z tematyką rozprawy doktorskiej. Przedstawiono procedurę i wyniki statycznych obciążeń próbných wybranych 6 typów przęseł mostowych, najczęściej stosowanych obecnie w Polsce jako konstrukcje wiaduktów nad autostradami. W dalszej części rozdziału, a także całej pracy, główną uwagę skoncentrowano na dwuprzęsłowych konstrukcjach z betonu sprężonego ukształtowanych w przekroju poprzecznym w postaci dwóch dźwigarów trapezowych połączonych płytą pomostową. Przedstawiono wyniki standardowych badań 8 obiektów mostowych tego typu oraz niestandardowe, rozszerzone badania jednego z obiektów przeprowadzone w różnych fazach jego wznoszenia. Zaprezentowano także procedury i wyniki badań cech betonów stosowanych do budowy autostradowych obiektów mostowych, a szczególną uwagę zwrócono na zmiany tych cech w funkcji czasu.

W rozdziale 5. zatytułowanym *Modele obliczeniowe* na 34 stronach przedstawiono pięć typów modeli obliczeniowych, które mogą być stosowane w analizie rozpatrywanych w pracy przęseł mostowych. Zaprezentowane modele różnią się sposobem odwzorowania geometrii konstrukcji. Poszczególne modele zastosowano do analizy statycznej tej samej dwuprzęsłowej, dwudźwigarowej konstrukcji wiaduktu z betonu sprężonego, a uzyskane wyniki porównano między sobą oraz z rezultatami badań doświadczalnych modelowanego obiektu. Na tej podstawie wybrano model najwierniej reprezentujący badaną konstrukcję.

Rozdział 6. (*Analiza wpływu zmienności cech betonu*) liczy 31 stron i zawiera ocenę wpływu wieku betonu, rodzaju kruszywa i sposobu pielęgnacji na jego wytrzymałość oraz moduł sprężystości, a także procedury prognozowania wartości modułu sprężystości betonu w zależności od wieku tworzywa. Znane z literatury algorytmy porównano z wynikami własnych badań Doktoranta i na tej podstawie do dalszych analiz przyjęto rozwiązania zawarte w Eurokodach.

W rozdziale 7. pod tytułem *Analiza wpływu wyposażenia badanego obiektu* na 11 stronach podjęto próbę oszacowania wpływu płyt chodnikowych na sztywność konstrukcji prześel rozpatrywanego typu. Zaproponowano sposób wyznaczania stopnia zespolenia płyt chodnikowych z konstrukcją nośną prześel.

Treść rozdziału 8., liczącego 7 stron, oddaje jego tytuł: *Propozycja adekwatnej procedury modelowania i planowania badań odbiorczych omawianego typu obiektów rzeczywistych*.

W ostatnim rozdziale 9. zatytułowanym *Wnioski* na 4 stronach przedstawiono syntetyczne podsumowanie wyników zaprezentowanych w rozprawie oraz zamieszczono jeden krótki wniosek mówiący, że „zasadnicze cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte, a postawiona na wstępie teza pracy została udowodniona”. Zarysowano także proponowane kierunki dalszych prac.

Pracę zamyka bibliografia rozprawy obejmująca publikacje głównie z okresu ostatnich 10 lat, ale zawierająca także ważniejsze opracowania z lat wcześniejszych. Dobór źródeł literaturowych świadczy o dobrym rozeznaniu Doktoranta w problematyce stanowiącej przedmiot dysertacji.

Podsumowując należy stwierdzić, że podział rozprawy na rozdziały oraz ich kolejność są logicznie uzasadnione i konsekwentnie dokumentują realizację założonych celów.

Pod względem edytorskim praca jest zróżnicowana. Zamieszczone liczne ilustracje graficzne są generalnie czytelne i komunikatywne. Zwraca uwagę jedynie obniżona jakość techniczna rysunków zaczerpniętych z innych publikacji (prawdopodobnie skanowanych), jak na przykład rysunki 6-1 do 6-10 oraz rysunki 6-15 do 6-17. Pewien niedosyt budzi natomiast niezbyt staranne opracowanie redakcyjne tekstu pracy, objawiające się między innymi stosunkowo dużą liczbą błędów literowych, pozostawieniem pojedynczych znaków na końcach wierszy, a także błędami stylistycznymi. Ważniejsze uwagi szczegółowe dotyczące między innymi formy opracowania zamieściłem w punkcie 4. recenzji.

### **3. Merytoryczna ocena rozprawy**

Pod względem merytorycznym recenzowaną pracę doktorską Pana mgra inż. Piotra Łozińskiego oceniam pozytywnie. O jej wartości merytorycznej decydują przede wszystkim cechy zestawione poniżej.

- a) Tematyka rozprawy została trafnie dobrana – jest ciekawa z poznawczego punktu widzenia, wymaga kompleksowego podejścia, a rozwiązywane zagadnienie naukowe jest powiązane z potrzebami praktyki inżynierskiej.
- b) Doktorant zaprezentował dobre rozeznanie stanu wiedzy w obszarze stanowiącym przedmiot rozprawy, wykazał dużą biegłość w numerycznej analizie konstrukcji oraz umiejętność planowania i przeprowadzania badań doświadczalnych obiektów mostowych, a także dużą sprawność w interpretacji, analizie i ocenie uzyskanych wyników badań.
- c) Teza rozprawy przedstawiona w pierwszym rozdziale wydaje się pozornie dość oczywista, ale przede wszystkim w ujęciu jakościowym. Ukierunkowanie pracy na zagadnienia ilościowe oraz na ujednoczenie procedur badań obiektów mostowych

pod próbnymi obciążeniami statycznymi pozwalają uznać, że teza jest sformułowana prawidłowo.

- d) Za najważniejsze oryginalne elementy rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Piotra Łozińskiego uważam:
- udział w planowaniu i przeprowadzeniu badań doświadczalnych oraz wykonanie analiz numerycznych sześciu typowych rozwiązań konstrukcyjnych wiaduktów autostradowych z porównaniem i oceną uzyskanych wyników;
  - opracowanie programu i przeprowadzenie niestandardowych badań typowego wiaduktu autostradowego pod próbnym obciążeniem w trzech fazach jego budowy z porównawczą analizą wyników;
  - wykonanie szerokiej analizy wpływu sposobu modelowania geometrii obiektu na wartości wyznaczanych wielkości statycznych (w szczególności przemieszczeń) oraz określenie najbardziej racjonalnych technik odwzorowywania geometrii konstrukcji;
  - przeprowadzenie własnych badań cech betonu i ich zmienności w czasie, z uwzględnieniem różnych warunków pielęgnacji próbek, a także porównanie różnych procedur prognozowania zmian cech betonu i ich konfrontacja z wynikami własnych badań laboratoryjnych;
  - podjęcie próby oszacowania wpływu płyt chodnikowych na sztywność konstrukcji przęseł mostowych i opracowania propozycji określania poziomu zespolenia elementów chodnikowych z pozostałą częścią konstrukcji;
  - opracowanie własnej propozycji ujednoliconej procedury przeprowadzania badań rozpatrywanego typu autostradowych obiektów mostowych pod próbnymi obciążeniami statycznymi oraz zasad i technik modelowania konstrukcji w poszczególnych fazach badań.
- e) Na podkreślenie i pochwałę zasługuje dążenie Doktoranta do harmonijnego łączenia teoretycznych i doświadczalnych metod badawczych w poszukiwaniu rozwiązań analizowanego problemu naukowego.
- f) Pracę doktorską uzupełnia publikacyjny dorobek Doktoranta w dziedzinie związanej z tematyką dysertacji. W bibliografii rozprawy wymieniono 6 publikacji, których autorem lub współautorem jest Doktorant, w tym: 1 publikację w czasopiśmie, 1 na konferencji zagranicznej, 4 na konferencjach krajowych, a także 2 raporty z projektów badawczych oraz liczne projekty i sprawozdania z próbnych obciążeń obiektów mostowych.

Zagadnieniem do dyskusji jest, moim zdaniem, zaproponowany sposób uwzględniania wpływu płyt chodnikowych na pracę konstrukcji przęseł poprzez procentowe określenie części pola powierzchni przekroju płyt współpracującego z głównymi elementami nośnymi, co wydaje się niezgodne z fizyczną istotą zjawiska. Dla pełniejszego poznania rozpatrywanego zagadnienia warto chyba rozpatrzyć zróżnicowanie w modelu obliczeniowym poziomu współpracy płyt chodnikowych w strefach, gdzie płyty te są ściskane oraz w strefach, w których są rozciągane (nad podporami pośrednimi), co może prowadzić do ich zarysowania i znacznego zmniejszenia sztywności.

Za pewien mankament pracy uważam także brak analizy i oszacowania poziomu błędów wyników prezentowanych badań doświadczalnych, z uwzględnieniem zarówno niepewności wynikającej z cech wykorzystywanych układów pomiarowych, jak i związanej ze stosowanymi sposobami obciążania konstrukcji. Niedostatek ten zauważył także Doktorant, który w ostatnich zdaniach punktu 7-3 pisze: „*aspekt ten będzie omówiony w dalszej części*

pracy”, ale już w końcu punktu 7-4 stwierdza, że „niepewność pomiarów terenowych będzie omówiona w dalszych pracach”.

#### 4. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe przedstawiam w kolejności ich formułowania w trakcie studiowania pracy, nie są one uporządkowane według znaczenia merytorycznego lub redakcyjnego.

- a) Tytuł pracy „*Procedura modelowania obiektów rzeczywistych w postaci pewnego typu konstrukcji mostowych*” byłby – moim zdaniem – bardziej komunikatywny w skróconej formie, na przykład „*Procedura modelowania pewnego typu konstrukcji mostowych*”.
- b) Oznaczenia macierzy i wektorów podane na stronie 9 nie są zgodne z oznaczeniami stosowanymi w tekście pracy, na przykład we wzorach 5-1 do 5-5 na stronie 5-1.
- c) W pierwszym zdaniu punktu 1.1 (str. 1-1) jest mowa o „... rozbieżności ... między modelami obliczeniowymi, a wynikami badań ...” – chyba chodzi o rozbieżności między rezultatami analiz obliczeniowych a wynikami badań?
- d) Pojęcie „*oś obojętna*” nie jest w pracy używane poprawnie (patrz np. strony od 5-10 do 5-24, rys. 5-6, rys. 5-9, rys. 5-10, rys. 5-17, rys. 5-23, rys. 7-5). Określenie to jest z reguły definiowane jako miejsce geometryczne punktów, w których wartości naprężeń lub odkształceń są równe zeru, a więc jest to termin związany z rozkładem wielkości statycznych w przekroju poprzecznym elementu. Osie nazywane w recenzowanej pracy „*osiąmi obojętymi*” są związane z geometrią przekrojów i powinny być nazywane *osiąmi bezwładności*.
- e) Korekty wymaga klasyfikacja modeli geometrii rozpatrywanych w rozdziale 5. Zgodnie z systemem klasyfikacji przedstawionym w pracy [73], na który powołuje się Doktorant, *Model-1* powinien być zaliczony do klasy ( $e^1, p^3$ ), natomiast *Model-2* do klasy ( $e^1+e^2, p^3$ ).
- f) Na str. 5-10, 9wd (9. wiersz od dołu strony), zamieszczono informację, że „... zastosowano płytę o nieskończenie małej sztywności ...”. W jaki sposób udało się abstrakcyjne pojęcie nieskończoności uwzględnić w numerycznym modelu konstrukcji?
- g) Niektóre zawarte w pracy stwierdzenia są niepoprawne gramatycznie lub stylistycznie, na przykład:
  - str. 2-7, 21wg: „Pozwoli to przez różne jednostki badawcze gromadzić dane o obiektach, które będą przydatna w trakcie użytkowania”,
  - str. 3-5, 5wd: „Naturalne zjawiska termiczne w mostach zaczerpnięto z książki ...”,
  - str. 5-23, 8wd: „Tak mała różnica czyni ten wariant odwzorowania konstrukcji rzeczywistej w modelu obliczeniowym za adekwatny.”lub prowadzą do trudności w zrozumieniu treści przekazu, na przykład:
  - str. 4-11, 1wg: „... wykazując dużą różnicę w sztywności badanego obiektu i wyników teoretycznych.”,
  - str. 4-33, 1wg: „... dowolnemu naprężeniu  $\sigma$  odpowiada zmienna wartość  $E_c$  nazywana modułem chwilowym”,

- str. 5-10, 2wd: „*Połączenie konstrukcji z podłożem w osiach łożysk zamodelowano za pomocą więzi po których pozostałość odwzorowuje stopnie swobody tych łożysk.*”
- h) Przesadne wydaje się bardzo częste używanie w pracy przymiotnika „*rzeczywisty*” (na przykład pierwszy akapit punktu 3.1 lub 7.4). Rozpatrywane zagadnienia związane z próbnymi obciążeniami dotyczą z natury rzeczy konstrukcji rzeczywistych oraz ich modeli obliczeniowych, co nie wymaga częstego podkreślania.

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Łazińskiego pt. „*Procedura modelowania obiektów rzeczywistych w postaci pewnego typu konstrukcji mostowych*” jest pracą o znacznej wartości merytorycznej, zawiera oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego i świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych przez Doktoranta.

W recenzowanej pracy główną uwagę skoncentrowano na wiaduktach autostradowych o często stosowanych przęsłach z betonu sprężonego, ukształtowanych w przekroju poprzecznym w formie dwóch belek trapezowych połączonych płytą pomostową. W pracy wykorzystano wyniki badań doświadczalnych stosunkowo licznej grupy obiektów, co pozwala na rzetelną weryfikację rozpatrywanych modeli obliczeniowych oraz na uogólnienie uzyskanych rezultatów dla całej analizowanej klasy konstrukcji i zastosowanie ich w praktyce badawczej.

Autor rozprawy wykazał dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie próbnych obciążeń konstrukcji mostowych, a także zaprezentował umiejętności rozwiązywania problemów naukowych przy harmonijnym wykorzystywaniu narzędzi analizy teoretycznej i doświadczalnej, co zasługuje na szczególne podkreślenie.

Przedstawione wcześniej nieliczne uwagi krytyczne dotyczą głównie warstwy edytorskiej oraz językowej i nie mają istotnego wpływu na ogólnie wysoką ocenę recenzowanej rozprawy. Na podkreślenie zasługuje bogaty i starannie przygotowany materiał ilustracyjny, zapewniający dużą komunikatywność dysertacji. Cele pracy – określone w rozdziale 1. – zostały osiągnięte, a teza sformułowana na początku rozprawy została udowodniona.

Recenzowana praca spełnia, moim zdaniem, warunki stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z *Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. nr 65). W związku z powyższym wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

