WPŁYNĘŁO 2017 -04- 24

Bydgoszcz, 20.04.2017

Recenzent:
prof. dr hab. inż. Adam Podhorecki
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Katedra Mechaniki Konstrukcji
Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Adresat Recenzji:
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechniki Poznańskiej
ul. Piotrowo 5, 60-565 Poznań

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr. inż. Rafała Maciaszka**
pt. ***„Problematyka zgodności modelowania przęseł płytowo-belkowych z wynikami badań"***

1. Podstawa formalna

Niniejszą Recenzję sporządzono na wniosek Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej, pismo WB/38/2017 z dnia **07.02.2017 roku**.

2. Podstawa prawna

- Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595, z póź. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2014, poz. 1383)

3. Sentencja Recenzji

W opinii Recenzenta przedłożona Rozprawa pt. „*Problematyka zgodności modelowania przęseł płytowo-belkowych z wynikami badań*", spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 11 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) i może być uznana za rozprawę doktorską. To powoduje, że Recenzent wnosi o dopuszczenie Rozprawy do publicznej obrony.

4. Ocena Rozprawy

4.1. Opis Rozprawy

Rozprawa została przedłożona w formie zwartego jednostronnie zadrukowanego skryptu. Całość zawartości skryptu znajduje się na 174 stronach.

Praca została podzielona na 8. rozdziałów z zamykającą bibliografią liczącą 104 pozycji, 1 stronę internetową i 19 norm. Początek Rozprawy zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim. Poza rozdziałami wyróżniono:

- wykaz podstawowych oznaczeń i skrótów
- cel, zakres i tezy pracy

4.2. Ocena merytoryczna Rozprawy

a. Przedmiot, cel, tezy badawcze

Przedmiotem Rozprawy jest identyfikacja faktycznej konstrukcji mostowej (w szczególności przęseł płytowo-belkowych) z modelami obliczeniowymi tych konstrukcji (ale nie napisano tego wprost, w sposób jawny).

Celem pracy jest:

„1. Zebranie i omówienie podstawowych zagadnień związanych z problematyką tworzenia obliczeniowych modeli wiaduktów drogowych.

2. Dokonanie przeglądu i porównanie różnych modeli obliczeniowych przęseł, drogowych wiaduktów płytowo-belkowych i ich weryfikacja pod kątem przydatności do obliczania ugięć konstrukcji przy badaniach pod próbnym obciążeniem statycznym.

3. Uzupełnienie procedur oraz określenie wskazówek i wytycznych, które pomocne byłyby przy tworzeniu modeli obliczeniowych przęseł wiaduktów płytowo-belkowych".

Sformułowano następującą tezę badawcze:

„Na poprawność oceny przydatności (stanu technicznego) konstrukcji przęseł płytowo-belkowych na podstawie próbnych obciążeń istotny wpływ ma dobór odpowiedniego modelu obliczeniowego".

Podano że *„Dostępne wyniki badań obejmują 10 obiektów mostowych* (...)."

Uwagi Recenzenta

1. Nie podano w sposób jawny, co jest w istocie przedmiotem Rozprawy.
2. Celem Rozprawy lub każdej innej pożytecznej pracy nie może być raczej zebranie i omówienie, dokonanie przeglądu itp. czegokolwiek, natomiast może być np. znalezienie, opracowanie efektywnego (lepszego, dokładniejszego) sposobu modelowania konstrukcji.
3. Teza badawcza jest mało czytelna. Można odnieść wrażenie, że faktyczny stan techniczny konstrukcji przęseł zależy od przyjętego modelu obliczeniowego, a tak na pewno nie jest!
4. Nie podano zakresu Rozprawy z uwypukleniem pracy własnej Doktoranta.

b. Charakterystyka i ocena poszczególnych rozdziałów Rozprawy

Rozdział 1. pt. „*Wprowadzenie*" obejmuje informacje o modelowaniu i metodach analizy konstrukcji, o próbnych obciążeniach obiektów mostowych (próbne obciążenie statyczne, próbne obciążenie dynamiczne) oraz o wymaganiach normowych i przepisach prawnych dotyczących wykonywania próbnych obciążeń statycznych. Rozdział zawiera szeroki przegląd literatury i obowiązujących norm.

Uwagi Recenzenta

1. Rozdział jest wyczerpująco opracowany, dobrze „*trzymany*" jest ciąg logiczny.
2. Szkoda, ze rozdział ten nie kończy się jednoznacznym podsumowaniem.

Rozdział 2, pt. „*Synteza i analiza wybranych wyników badań wiaduktów płytowo-belkowych*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 2.1, pt. „*Wiadukty płytowo-belkowe*", w którym zapowiada się, a zostaną omówione wyniki próbnych obciążeń statycznych kilkudziesięciu drogowych wiaduktów płytowo-belkowych.
- Podrozdział 2.2, pt. „*Wiadukty na autostradzie A2 (obwodnica Poznania odcinek Poznań – Konin)*". Zestawiono podstawowe dane dotyczące badanych obiektów mostowych (wiaduktów), procedurę przeprowadzenia próbnych obciążeń. Podano, że analiza statyczna zawarta w projektach i wynikająca z próbnych obciążeń została dokonana z użyciem programu Robot V6. Na tej podstawie dokonano porównania ugięć sprężystych. We wiaduktach sprężonych otrzymano mniejsze ugięcia rzędu 69÷85%, a w żelbetowych

– 94÷122,3%, a przy pominięciu zarysowań – 61÷86%.

- Podrozdział 2.3 pt. „*Wiadukty na autostradzie A (odcinek Nowy Tomyśl – Komorniki)*". Zestawiono podstawowe dane wiaduktów. Otrzymano ugięcia sprężyste wynoszące 57÷77% ugięć teoretycznych, wynikających z projektów próbnych obciążeń.
- Podrozdział 2.4, pt. „*Wiadukty na autostradzie A4 (odcinek Wrocław – Nogowczyce)*" dotyczy 38. obiektów mostowych. Podano, że z próbnych obciążeń wynikały przemieszczenia niniejsze od przemieszczeń z obliczeń teoretycznych. Nie podano ilościowych różnic.
- Podrozdział 2.5, pt. „*Wiadukty na autostradzie A$ (odcinek Kleszczów – Sośnica)*" dotyczy 8. obiektów mostowych. Podano, że ugięcia z próbnych obciążeń stanowiły 50÷78% obciążeń teoretycznych.
- Podrozdział 2.6, pt. „*Podsumowanie wyników badań*" podano, że we wszystkich przedstawionych obiektach o konstrukcji sprężonej, jak i żelbetowej, ugięcia przęseł były mniejsze od wyników teoretycznych, w skrajnym wypadku wynosiło to aż 48%. Podano, że wynikać to może z dwóch powodów:
  - większa sztywność obiektów rzeczywistych od założonej w projektach;
  - niedokładne modele obliczeniowe.

Uwagi Recenzenta

Szkoda, ze przy danych odnoszących się do analizowanych wiaduktów nie podano podstawowych danych i założeń do faktycznie przyjętych modeli obliczeniowych celem ustalenia ugięć teoretycznych.

Rozdział 3, pt. „*Modele obliczeniowe przęseł płytowo-belkowych*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 3.1, pt. „*Modelowanie geometrii przęsła*" zawiera dane, że modele obliczeniowe oznaczają w istocie dobór wymiaru elementu skończonego lub/i wymiaru przestrzeni, w której usytuowane są elementy tworzące model. Podano też jakie założenia upraszczające wprowadza się w klasycznym modelu obliczeniowym.
- Podrozdział 3.2, pt. „*Kształtowanie przęsła w planie*" zawiera krótkie informacje na temat możliwości idealizacji przęseł ukośnych w planie.

- Podrozdział 3.3, pt. „*Modelowanie materiału*" podano w zasadzie tylko, że to jeden z ważniejszych etapów tworzenia modelu obliczeniowego i że modelowanie żelbetu nastręcza dużo trudności. Potem charakteryzuje się beton (model fizyczny, wytrzymałość na ściskanie, model sprężystości, wpływ kruszywa, współczynnik Poissona, wpływ wieku betonu), stal (stal zbrojeniowa, stal sprężająca). Nie podano jednak jak modelować kompozyt składający się z betonu i stali.
- Podrozdział 3.4, „*Modelowanie obciążeń*" podaje jakie obciążenia należy uwzględnić wg Eurokodu i wg nieobowiązującej już normy PN-85/S-10030. Brakuje jakiejkolwiek rekomendacji.
- Podrozdział 3.5, pt. „*Modelowanie elementów niekonstrukcyjnych (wyposażenia)*" zawiera informację o znaczeniu wyposażenia obiektów mostowych, kapie chodnikowej (płycie chodnikowej) i gzymsach, nawierzchni, barierach ochronnych. To istotny podrozdział, gdyż z tego wynika, że te elementy powodują zauważalne zwiększenie sztywności obiektu mostowego.
- Podrozdział 3.6, pt. „*Wpływ zarysowania konstrukcji*" podano informacje na temat wpływu zarysowania na redukcję sztywności oraz sposoby uwzględniania tej redukcji w modelu obliczeniowym żelbetu.

Uwagi Recenzenta

Rozdział nie kończy się syntezą, żadnym podsumowaniem. Nie wiadomo, czy stosowane modele obliczeniowe są dostatecznie efektywne itp.

Rozdział 4, pt. „*Analiza porównawcza wybranych modeli prętowych*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 4.1, pt. „*Porównanie modeli ze względu na sposób dyskretyzacji przekroju poprzecznego przęsła*" przedstawia dane dotyczące charakterystyki modeli obliczeniowych (wraca się do przykładów przedstawionych w rozdziale 2. Rozprawy), analizy ugięć przęseł, analizę momentów zginających przęseł.
- Podrozdział 4.2, pt. „*Porównanie modeli*" przedstawia modele rusztowe i ich porównanie.

- Podrozdział 4.3, pt. „*Porównanie modeli ze względu na sposób podparcia przęsła*" przedstawia rodzaj zastosowanych łożysk (łożyska garnkowe) i ich charakterystykę. Następnie przedstawiono wyniki dla różnych blokad obrotów tych łożysk.
- Podrozdział 4.4, pt. „*Podsumowanie*" przedstawia następujące wnioski:
  - W modelach rusztowych wiaduktów o niedużym skosie sposób dyskretyzacji przęseł w niewielkim stopniu wpływa na wyniki obliczeń.
  - W modelach rusztowych wiaduktów o dużym skosie, najprostsze modele rusztowe mogą prowadzić do wyników mało dokładnych.
  - Dla większości wiaduktów sposób usytuowania elementów poprzecznych rusztów (proste lub skośne) nie wpływa istotnie na średnią zgodność ugięć.

  Zgodność ugięć obliczeniowych z wynikami próbnych obciążeń nie jest zadawalające, zwłaszcza w przypadku wiaduktów sprężystych, stąd w dalszej części pracy poszukiwać się będzie dalszych przyczyn tego zróżnicowania.

Uwagi Recenzenta

Brak uwag.

Rozdział 5, pt. „*Analiza wpływu rzeczywistych cech betonu na wyniki obliczeń*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 5.1, pt. „*Wyniki badań wiaduktów na autostradzie A2*" przedstawia wyniki badań betonu w trakcie budowy wiaduktów omawianych w rozdziale 2. Zestawiono wytrzymałość betonów (próbek) po 28 dniach, nasiąkliwość, przepuszczalność i mrozoodporność, temperatury powietrza w 28. dniowym okresie po betonowaniu. Stwierdzono zróżnicowane wyniki badań próbek przechowywanych na budowie i w warunkach laboratoryjnych. Próbowano uchwycić powody tego zróżnicowania.
- Podrozdział 5.2, pt. „*Określenie wartości modelu sprężystości betonu na podstawie badań*" przedstawia moduły sprężystości obliczane na podstawie znajomości wytrzymałości betonu na ściskanie. Zestawiono wyniki dla poszczególnych wiaduktów (dla płyt nośnych i kap chodnikowych).

- Podrozdział 5.3, pt. „*Ugięcia przęseł przy uwzględnieniu prawdopodobnej wartości modułu sprężystości*" przedstawia wyniki obliczeń teoretycznych po uwzględnieniu „*rzeczywistych*" wartości modułów sprężystości. Spowodowało to spadek ugięć o 4,7÷18%.
- Podrozdział 5.4, pt. „*Podsumowanie*" przedstawia pobieżnie to, że rzeczywiste parametry fizyczne materiału (betonu) mogą w znacznym stopniu odbiegać od przyjętych na etapie projektowania,

Uwagi Recenzenta

Podsumowanie jest zbyt pobieżne, brakuje uogólnień, wniosków itp.

Rozdział 6, pt. „*Analiza wpływu elementów niekonstrukcyjnych na wartości ugięć wiaduktów*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 6.1, pt. „*Kapa chodnikowa (płyta chodnikowa) i gzymsy*" przedstawia wpływ płyty chodnika na spadek ugięcia w wysokości 5,4÷26,2%.
- Podrozdział 6.2, pt. „*Nawierzchnia*" pokazuje, że uwzględnienie nawierzchni zwiększa nieco sztywność przęseł 4÷8%.
- Podrozdział 6.3, pt. „*Bariery i balustrady*" informuje o braku danych na ten temat.
- Podrozdział 6.4, pt. „*Podsumowanie*" przedstawia wnioski sprawdzające się do stwierdzenia, że elementy niekonstrukcyjne zwiększają sztywność konstrukcji obiektów mostowych, co skutkuje zmniejszeniem wartości ugięć. Podano ponadto na co dodatkowo należy zwrócić uwagę przy próbnych obciążeniach (np. pomiar temperatury nawierzchni, inwentaryzacja elementów niekonstrukcyjnych).

Uwagi Recenzenta

Brak uwag.

Rozdział 7, pt. „*Analiza wpływu zarysowania konstrukcji*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 7.1, pt. „*Określenie stopnia zarysowania przęseł*" przedstawia sposób określenia (oszacowania) stopnia zarysowania. Stwierdzono, że dla wiaduktów żelbetowych zgodność ugięć rzeczywistych z ugięciami obliczeniowymi pogarsza się wraz ze wzrostem liczby przekrojów zarysowanych.

- Podrozdział 7.2, pt. „*Uwzględnienie zarysowania poprzez redukcję sztywności belek*". Zaproponowano współczynnik redukcyjny sztywności wynoszący 0,50.
- Podrozdział 7.3, pt. „*Podsumowanie*" przedstawia w konkluzji, że istnieje duży wpływ zarysowania konstrukcji na wartości ugięć. Podaje się, że „*Redukcja sztywności przekrojów dźwigarów zarysowanych o stały współczynnik w_l jest jednym z możliwych sposobów uwzględniania zarysowania belek* (...)".

Uwagi Recenzenta

Brak uwag.

Rozdział 8, pt. „*Podsumowanie*" zawiera następujące podrozdziały:

- Podrozdział 8.1, pt. „*Podsumowanie i wnioski*" przedstawia co następuje:
  - W modelach rusztowych o większym skosie, sposób dyskretyzacji w MES wpływa na dokładność obliczeń.
  - Uzależnienie sposobu podparcia od istnienia poprzecznic podporowych lub ich braku umożliwia poprawę zgodności uzyskania kątów obrotu dźwigarów głównych, ale sposób usytuowania elementów poprzecznych rusztu nie wpływa istotnie na średnią zgodność ugięć.
  - Podano wpływ poszczególnych czynników na zgodność w modelu obliczeniowym z ugięciami pomierzonymi:
    - sposób podparcia przęsła: do 3,6%
    - wytrzymałość betonu: 0,8÷14,8%
    - wiek betonu: 1,7÷2,9%
    - kapa chodnikowa: 7,6÷22,2%
    - nawierzchnia: 1,4÷5,9%
    - zarysowania: 16,8÷35,6%
  - Podano zalecenia odnoszące się do prowadzenia próbnego obciążenia.
  - Podano, że prętowe modele rusztowe dobrze odwzorowują ugięcia płytowo-belkowych wiaduktów, ale trzeba uwzględnić dodatkowe czynniki, które w Rozprawie wyspecyfikowano.

- Podrozdział 8.3 (powinno być 8.2, przyp. aut.), pt. „*Proponowana procedura obliczeniowa ugięć do próbnych obciążeń*"
- Podrozdział 8.4. (powinno być 8.3, przyp. aut.), pt. „*Kierunki dalszych badań*" przedstawia zalecenia, m.in.:
  - analizy przestrzennych modeli prętowych przęseł;
  - analizy modeli obliczeniowych z wykorzystaniem elementów płytowych i powłokowych;
  - analizy wpływu zbrojenia na ugięcia;
  - doskonalenie metod pomiarowych;
  - adekwatność rzeczywistych właściwości betonu w konstrukcji i z badanych próbek.

Uwagi Recenzenta

Brak uwag.

Rozdział pt. „*Literatura*" zawiera rozdzielone publikacje, monografie, podręczniki, referaty, itp. (104 pozycji); 1. strona internetowa; 19 norm.

Uwagi Recenzenta

Zupełnie niepotrzebnie do publikacji i monografii wprowadzono różnego rodzaje wytyczne, rozporządzenia, protokoły , rękopisy itp. (np. poz. 14, 15, 16, 26, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 54, 55, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 83, 85, 90, 91, 92).

Załączniki:

- Z-1: Zestawienie wyników obliczeń dla modeli typu 1-5.
- Z-2: Zestawienie wyników badań betonu.

Głównego waloru Rozprawy, Recenzent upatruje w zebraniu wyników z badania wiaduktów na autostradach A2 i A4 (10 wiaduktów), tj. wyników badania betonu (wbudowanego i z badań laboratoryjnych), porównania wyników z próbnego obciążenia (ugięć) z wynikami obliczeń teoretycznych i dokonania użytecznego wnioskowania.

Po wprowadzeniu dotyczącym modelowania i analizy konstrukcji oraz podstawowych danych dotyczących próbnego obciążenia obiektów mostowych, przedstawiono wyniki badań wiaduktów płytowo-belkowych z syntetyczną analizą. Potem przedstawiono modele obliczeniowe przęseł płytowo-belkowych sprawdzające tego typu konstrukcję do rusztów. Modelo-

wanie to obejmuje także beton w szerokim ujęciu, stal oraz obciążenia. Potem przeanalizowano wpływ elementów niekonstrukcyjnych i zarysowania konstrukcyjne. Te różne elementy były oddzielnie analizowane, co pozwoliło uchwycić znacznie ilościowe tych różnych czynników. Wszystko kończy się czytelnymi i praktycznymi wnioskami i zaleceniami.

W opinii Recenzenta, przedstawiona w Rozprawie zweryfikowana doświadczalnie tematyka jest całkowicie poprawna pod względem merytorycznym. Zwraca się tutaj uwagę na sprzężenie rozważań teoretycznych, badań doświadczalnych i numerycznych obliczeń prowadzących do obiektywnej weryfikacji obliczeń teoretycznych. Tok rozumowania, dobrze „*trzymany*" ciąg logiczny i użyta argumentacja czynią zadość obowiązującej w nauce zasadzie weryfikalności. Doktorant swoje rozważania i koncepcje odnosi do literatury specjalistycznej. Zwraca się tutaj uwagę na wybór ciągle aktualnej, naukowej tematyki badawczej, o dużym znaczeniu utylitarnym. Poza tym udowodniono postawioną na wstępie tezę badawczą mówiącą o tym, że dobór obiektywnego modelu obliczeniowego wpływa istotnie na ocenę przydatności użytkowej konstrukcji obiektu mostowego na podstawie próbnych obciążeń.

Szczególnie cennym elementem Rozprawy jest uogólnienie procedury dotyczącej przeprowadzenia próbnego obciążenia obiektów mostowych, a tym uwzględnienie faktycznych cech materiałowych i wpływu elementów niekonstrukcyjnych na sztywność przęseł w trakcie próbnego obciążenia.

Zdaniem Recenzenta, Rozprawa spełnia wymogi stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) i dlatego Recenzent wnosi o dopuszczenie do publicznej obrony.

4.3. Uwagi polemiczne i krytyczne Recenzenta

1. Niektóre szczegółowe uwagi zamieszczono przy recenzowaniu poszczególnych rozdziałów Rozprawy (pkt. 4.2 Recenzji).
2. Uwagi szczególnie ważne odnoszące się do ocenianej Rozprawy przedstawia się poniżej:
   - Nie podano w Rozprawie w sposób jednoznaczny, co jest samodzielnie wykonanym elementem Rozprawy, a co wynika z materiałów i dokumentów archiwalnych, a rola Doktoranta sprowadzała się tylko do analizy i ewentualnego wnioskowania.

- Na str. 40 Rozprawy podano: „*Wadą modeli konstruowanych w przestrzeni dwuwymiarowej jest to, że w przypadku przęseł belkowych, płyta pomostowa, a dokładnie jej powierzchnia środkowa usytuowana w rzeczywistości mimośrodowo względem środków ciężkości belek podłużnych i poprzecznych, w modelu obliczeniowym znajduje się w tej samej płaszczyźnie co belki [89].*" To wymaga wyjaśnienia, gdyż osie belek nie pokrywają się faktycznie z powierzchnia środkową płyt, stąd nie da się „*uciec*" od mimośrodu lub jego rekompensaty.
- Dobór dyskretyzacji przekroju poprzecznego przęsła wg modeli typu 1, 2, 3 i 5 wymaga komentarza i merytorycznego uzasadnienia. Ogólnie można powiedzieć, że dyskretyzacja w ogólności może być dowolna, ale pod warunkiem spełnienia warunków ciągłości. Co z tymi warunkami?
- Wytrzymałość gwarantowana betonu na ściskanie po 28 dniach wynosiła 32,9÷48,4 MPa a średnia nasiąkliwość mieściła się w przedziale 3,7÷4,9%. Czy jest możliwym, aby przy takiej wytrzymałości, nasiąkliwość nie przekraczała 5%. Wymaga to wyjaśnienia. Nic nie wiadomo o mrozoodporności. Czy tej cechy nie badano? Tego nie żądała GDDKiA?
- Jest prośba, aby Doktorant wypowiedział się na temat dalszego stosowania modelu rusztu do analizy statycznej przęseł belkowo-płytowych obiektów mostowych (podczas obrony Rozprawy). Może warto od tego po prostu odejść.

A. Bolkowski