

Dr hab. inż. Krzysztof Żółtowski prof. uczelni
Politechnika Gdańska
Katedra Transportu Szynowego i Mostów

Gdańsk, 23.09.2020

Ryszard Tem 18/10/2020
DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Lądowej
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

WPRZYNEŁO
18.10.2020

640-2020

Opinia o rozprawie doktorskiej mgr inż. Radosława Oleszka „Rezerwy nośności betonowych obiektów mostowych a ich modele obliczeniowe”

1. Podstawa formalna opracowania

Opinię opracowano na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej, przesłany w piśmie z dnia 15.07.2020r.

2. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa dotyczy zagadnień związanych z modelowaniem teoretycznym betonowych konstrukcji mostowych oraz określeniem wpływu typu i jakości modelu na otrzymane wyniki sił wewnętrznych, a tym samym na bezpieczeństwo i rezerwy nośności projektowanych lub analizowanych konstrukcji. W dobie cyfryzacji proces analizy konstrukcji zdominowały metody numeryczne oparte na ogólnej Metodzie Elementów Skończonych.

Celem głównym pracy jest zbadanie wpływu przyjętego modelu teoretycznego konstrukcji na jego nośność i tym samym na poziom bezpieczeństwa. Teza pracy brzmi następująco:

Istnieje jakościowy i ilościowy wpływ przyjętej klasy modelu numerycznego konstrukcji mostowej, na możliwości zaprojektowania obiektu z globalnym współczynnikiem rezerwy bezpieczeństwa, odbiegającym dodatnio lub ujemnie od wartości postulowanej w normach i przepisach projektowania.

W celu udowodnienia tezy przeprowadzono również szereg testów, w których pokazano istotę prawidłowego i świadomego modelowania konstrukcji.

Tematyka pracy jest wysoce aktualna. Obecnie narzędzia numeryczne wyposażone są w szereg udogodnień zmniejszających istotnie pracochłonność stworzenia modelu, ale jednocześnie pozbawiających użytkownika programu wpływu na szereg elementów modelu mogących mieć znaczenie jakościowe. Dlatego praca jest aktualna i potrzebna szczególnie w czasie, gdy powszechnie sprowadza się proces projektowania do atrakcyjnego dzisiaj określenia: BIM.

Charakteryzując ogólnie pracę należy podkreślić, że jest ona połączeniem rozważań teoretycznych i numerycznych badań eksperymentalnych. Stanowi zatem komplet zagadnień potrzebnych tym, którzy będą krytycznie podchodzić do procesu tworzenia modeli numerycznych konstrukcji.

Opiniowana rozprawa liczy 345 stron maszynopisu i składa się z 5 rozdziałów, spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu bibliografii oraz jednego załącznika.

W rozdziale 1 przedstawiono ogólne informacje o tematyce podejmowanej w pracy i motywacjach autora oraz sformułowano cel i tezę rozprawy. Opisano metodykę postępowania i materiał badawczy na tle dotychczasowego stanu wiedzy związanego z podjętą problematyką.

W rozdziale 2 sformułowano pojęcie nośności obiektu mostowego. Zwrócono uwagę na różnorodność pojęć, określeń i definicji związanych w pojęciem nośności konstrukcji obiektu mostowego.

W rozdziale 3 przedstawiono przegląd stosowanych dawniej i obecnie metod wykonania obliczeń statycznych przęseł mostowych. Skupiono się na opisie analiz mostów betonowych. Przedstawiono metody analityczne i numeryczne. Zwrócono uwagę na tworzenie modeli i interpretację wyników.

W rozdziale 4 przedstawiono wyniki analizy porównawczej modeli numerycznych o rosnącym stopniu skomplikowania, wykonanych dla siedmiu betonowych obiektów mostowych. Razem wykonano 49 modeli wykorzystujących schematy belkowe, rusztowe, powłokowe i mieszane, złożone z elementów powłokowych i belkowych. Przedstawiono skuteczność poszczególnych sposobów modelowania i ich wpływ na dokładność otrzymanych wyników.

W rozdziale 5 przedstawiono wnioski z przeprowadzonych analiz. Omówiono wpływ przyjętego systemu statycznego (modelu numerycznego) na uzyskane rezerwy nośności projektowanych obiektów na podstawie norm projektowania. Przedstawiono propozycję ujęcia tego wpływu w procedurach projektowych.

Praca zawiera bogatą bibliografię dotyczącą poruszanych zagadnień. Przywołanie i omawianie wielu pozycji z literatury uporządkowanych tematycznie stanowi niepodważalny dowód na przeprowadzenie rzetelnych studiów nad dotychczasowymi dokonaniem w poruszanej tematyce.

Uwagi ogólne.

W obliczu narastającej ekspansji wirtualnych modeli konstrukcji, zawartych w złożonych systemach typu BIM, warto krytycznie odnieść się do możliwości i metod zawartych w tych systemach. Sprawa jest istotna, tym bardziej że zachodzi proces postrzegania metod numerycznych jako „czarne skrzynki”, które produkują wyniki często bezkrytycznie przyjmowane przez ich użytkowników. Łatwo, nie mając wiedzy i doświadczenia w modelowaniu zrobić błąd, który może bardzo negatywnie wpłynąć na analizowaną konstrukcję. Z tego punktu widzenia pracę należy uznać za niezwykle aktualną i przydatną w środowisku projektowym oraz akademickim.

Należy też podkreślić, że w analizie teoretycznej istotne są trzy elementy mające wpływ na prawidłowe oszacowanie nośności. Są to:

1. Schemat statyczny konstrukcji
2. Modele materiałów konstrukcyjnych
3. Obciążenia i oddziaływania

W ocenianej pracy skupiono się na schematach statycznych. Jest to zrozumiałe ze względu na zakres ewentualnych dalszych prac. Niemniej jednak należy mocno podkreślić, że pozostałe dwa aspekty są równie ważne w prawidłowym oszacowaniu nośności konstrukcji.

Skupiając się na schematach statycznych można wydzielić dwa obszary oceny ich przydatności. Obszar pierwszy to założenia teoretyczne opisujące dany element schematu. Przykładem trywialnym może być model belki z uwzględnieniem lub bez uwzględnienia odkształceń postaciowych. Rozwijając ten temat można wydzielić szereg elementów skończonych odwzorowujących cięgno, pręt, belkę, powłokę lub bryłę na różne sposoby, tak jak to opisał autor rozprawy w rozdziale trzecim. Obszar drugi to wykorzystanie wcześniej wymienionych elementów do tworzenia modeli analitycznych lub numerycznych. Tak jak to opisano w pracy, możliwe są różne schematy statyczne (modele) wykorzystujące te elementy i ich kombinacje. Autor nie zajął się w pracy obszarem pierwszym, związanym z typem elementów skończonych i ich wpływem na wyniki. Przedstawił encyklopedyczny przegląd zagadnień z tym związanych, ale nie odniósł się krytycznie do ich wpływu na dokładność obliczeń lub nośność.

Obiektem analiz stały się natomiast schematy statyczne i ich wpływ na nośność. Wszystkie analizy przeprowadzono w środowisku MES SOFiSTiK. Skupiono się na doborze typów elementów i technice dyskretyzacji. Wykorzystano także analityczne modele pręseł oparte na klasycznych teoriach związanych z określeniem rozdziału poprzecznego obciążenia.

Uwagi szczegółowe.

W rozdziale 3 pod pojęciem „model obciążeń” zawarto elementy matematycznego opisu odkształceń lub przemieszczeń analizowanego modelu konstrukcji. Przedstawione opisy pasują bardziej do „modeli geometrii”, które zdaniem recenzenta powinny być nazwane modelami statycznymi.

Str. 136, pierwszy akapit. Autor pisze: „Należy pamiętać, że rozwiązanie zagadnienia za pomocą modelu dyskretnego MES w przypadku odwzorowań innych niż belkowe prowadzi do rozwiązania przybliżonego (...)”. Moim zdaniem, wszystko byłoby dobrze, gdyby wykreślono fragment „w przypadku odwzorowań innych niż belkowe”. A może autor jest innego zdania?

Str. 137, pierwszy akapit. Autor pisze: „zagęszczenie siatki powinno się dokonywać w miejscach karbów (...) przyłożenia sił skupionych, podparć punktowych (...)”. Powstaje pytanie: Czy w naturze występują siły skupione i podparcia punktowe? Czy nie należałoby omówić także zagadnienia modelowania obciążenia na powłokach i podparcia w modelach powłokowych lub bryłowych? Ta sama uwaga dotyczy akapitu pierwszego na str.139.

P.4.1. Ustrój belkowo-płytowy typu Płóńsk. W opisie brakuje rysunku konstrukcyjnego przedstawiającego połączenie belek między sobą i połączenie nad podporami. Akapit pierwszy, str. 141. Czy może istnieć warstwa wyrównawcza z betonu zbrojonego o grubości 1÷12 cm? Rysunek konstrukcyjny detalu dużo by wyjaśnił.

Ostatecznie zgromadzone wyniki dają dobry pogląd na skuteczność poszczególnych sposobów modelowania. W większości przypadków widać, że rzeczywista konstrukcja jest sztywniejsza niż rozpatrywane modele. Czym autor to tłumaczy?

P.4.2.3. str. 206. Autor pisze: „Uwzględnienie mimośrodowego usytuowania wsporników względem głównej części nośnej przęśla płytowego, generuje oprócz momentów zginających, pojawienie się dodatkowych, stowarzyszonych sił osiowych w pasmach podłużnych płyty co komplikuje procedury wymiarowania zbrojenia elementów (...)”. Trzeba zauważyć, że wspomniane siły osiowe są faktem i rzeczywiście występują w konstrukcji i należy je uwzględnić w wymiarowaniu. Nie jest to zatem mankament (taki jest wydzźwięk

zapisu) tylko uszczegółowienie pracy konstrukcji.

P.4.3, P.4.6 i P.4.7. Uwaga ogólna: Celem ostatecznym analiz nie są momenty zginające, lecz naprężenia w przekroju lub punkcie. Ciekawe byłoby porównanie poziomów naprężeń rozciągających pomiędzy modelami rusztowymi i modelem belkowo-powłokowym. Chodzi o porównanie efektów związanych z szerokością współpracującą.

P.4.4 Uwaga ogólna: Wnioski Autora w nawiązaniu do tytułu pracy są nieprecyzyjne. Zdaniem recenzenta model powłoki ortotropowej powinien najlepiej opisywać zachowanie się przęsła. Modele rusztowe lub powłokowo-rusztowe pokazują mniejsze wartości sił wewnętrznych. Mogą być zatem niebezpieczne. Trzeba przyznać za Autorem, że występują trudności w określeniu parametrów ortotropii przy definiowaniu zadania. Można by bez dużego nakładu pracy wykonać referencyjny model bryłowy, który uwzględni lepiej złożoność problemu i pomoże w ocenie przydatności modeli prostrzych.

P.4.5 Uwaga ogólna: Zdaniem recenzenta modele płytowo-belkowe PB-2D i PB-3D są teoretycznie tożsame przy zastosowaniu pełnej definicji więzów kinematycznych w modelu PB-3D. Niewielkie różnice wyników mogą pochodzić lub wynikać z różnej dyskretyzacji powłoki.

Ocena ogólna pracy.

Praca jest ważnym przyczynkiem do technicznego wdrożenia metod numerycznych do projektowania mostów. Należy mocno podkreślić, że na ogół skupiano się głównie na modelach wymiarowania. Dyskutowano i spierano się między innymi co do rozkładu naprężeń w strefie ściskanej betonu lub nad współczynnikiem jego niejednorodności. Nie doceniano natomiast dokładności obliczeń statycznych i wyznaczania sił przekrojowych lub naprężeń. Dlatego recenzowana praca jest niesłychanie ważna dla praktyki projektowej. Jest zatem przykładem pracy naukowej rozwiązującej żywotne problemy techniczne występujące tu i teraz.

Pokazanie skuteczności przeróżnych modeli i uwypuklenie różnic w wynikach jest cennym i oryginalnym osiągnięciem Autora.

Współczesne oprogramowanie MES umożliwia generację modelu w prosty i intuicyjny sposób między innymi dzięki wykorzystaniu preprocesorów graficznych. Użytkownik oprogramowania często nie zdaje sobie sprawy z tego jaki model tworzy i jak ma interpretować wyniki. Dlatego każdy model numeryczny powinien być zweryfikowany na podstawie prostszego modelu analitycznego lub również numerycznego. To właśnie pokazuje Autor, jednocześnie wskazując na poziom niezgodności między modelami. Dzięki jego pracy można szacować poprawność złożonych modeli MES za pomocą prostych porównań.

Autor przeprowadził bogate studia literatury dotyczące historii i aktualnej wiedzy dotyczącej analizy teoretycznej konstrukcji. Dokonał przeglądu metod analitycznych i numerycznych, podając ich podstawy teoretyczne i bibliografię, usystematyzował również pojęcie nośności, będące przedmiotem jego badań.

Wniosek dotyczący wprowadzenia dodatkowego współczynnika bezpieczeństwa wynikającego z projektowania jest bardzo interesujący, chociaż na obecnym etapie sformułowany moim zdaniem zbyt odważnie. Należy pamiętać, że współczesne normy określają konsekwencje zniszczenia konstrukcji i narzucają w przypadku klasy CC3 dodatkowy współczynnik bezpieczeństwa oraz dodatkowe warunki dotyczące projektowania (niezależna weryfikacja) i budowy (podniesione standardy). Obiekty mostowe w dużej części powinny być zaliczane do klasy CC3.

W planowaniu dalszych prac badawczych warto by uwzględnić szereg ważnych zagadnień związanych z konstrukcjami betonowymi, dotyczących modelowania technologii budowy, sprzężenia i reologii.

5. Ocena końcowa pracy

Przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Radosława Oleszka pt. „Rezerwy nośności betonowych obiektów mostowych a ich modele obliczeniowe” ma wartość pracy naukowej i spełnia wymagania stawiane rozprawie doktorskiej. Dotyka bardzo aktualnych problemów współczesnego projektowania oraz podaje konkretne rozwiązania i wytyczne.

Oryginalnym elementem pracy jest krytyczne zestawienie metod modelowania konstrukcji mostowych z wykazaniem konsekwencji ich stosowania.

Na podstawie przedłożonej rozprawy stwierdzam, iż praca doktorska Pana mgr inż. Radosława Oleszka spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 roku (art. 13 ust.1, Dz.U.65 poz.595 z późniejszymi zmianami) i może stanowić podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora.

W związku z powyższym składam przed Wysoką Radą wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



Dr hab. inż. Krzysztof Żółtowski, prof. uczelni