

Recenzja

pracy doktorskiej mgr. inż. Bartosza Świerzewskiego

**pt. „BETONOWA PŁYTA PREFABRYKOWANA PRZEZNACZONA DO
ODTWARZANIA USZKODZONYCH, LOKALNYCH NAWIERZCHNI
LOTNISKOWYCH”**

Podstawę do opracowania recenzji pracy doktorskiej mgr. inż. Bartosza Świerzewskiego stanowi pismo nr RNB – 15/2021 Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 19.04.2021 r.

Praca zawiera 221 stron i podzielona jest na 13 rozdziałów poprzedzonych spisem treści, wykazem użytych skrótów i ważniejszych oznaczeń, a zakończona bibliografią liczącą 87 pozycji literaturowych, 32 aktów prawnych i dokumentów normatywnych, 20 stron internetowych (netografia), związanych z tematem pracy, wykazem rysunków i tabel oraz streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim.

1. Omówienie pracy

Praca mgr. inż. Bartosza Świerzewskiego dotyczy stworzenia nowatorskiego projektu oraz koncepcji konstrukcyjno-technicznej, związanej ze stosowaniem naprawy nawierzchni polegającej na wbudowaniu prefabrykowanej płyty lotniskowej w miejscu nadmiernej degradacji nawierzchni płyt istniejących. Ze spisu literatury wynika, że Doktorant jest autorem dwóch prac oraz współautorem jednej pracy cytowanych w rozprawie.

W rozdziale pierwszym, który jest wstępem do pracy, Autor definiuje nawierzchnię lotniskową oraz przedstawia specyfikę jej pracy. Określa jednocześnie rodzaje nawierzchni lotniskowych stosowanych w Polsce. W rozdziale tym sformułowany został cel, tezy oraz zakres pracy. Celem pracy jest wprowadzenie nowej, modułowej technologii remontu betonowych nawierzchni lotniskowych z wykorzystaniem prefabrykowanej płyty lotniskowej, która będzie stanowiła skuteczną i szybką metodę prowadzenia napraw na lotniskach. Tezy, które stawia Doktorant w pracy to:

1. Prefabrykowana płyta lotniskowa o zaproponowanej geometrii i parametrach fizyko mechanicznych jest w stanie spełnić warunki wytrzymałościowe (stateczności i nośności) porównywalne z istniejącą, monolityczną nawierzchnią lotniskową.
2. Wykonywana naprawa nawierzchni lotniskowej o lokalnym charakterze ma porównywalne cechy eksploatacyjne z otaczającymi ją fragmentami istniejących nawierzchni.
3. Usuwanie uszkodzeń nawierzchni lotniskowych przy wykorzystaniu technologii napraw z użyciem prefabrykowanej płyty lotniskowej zapewnia bezpieczne

wykonywanie operacji lotniczych, bez konieczności czasowego wyłączenia lotniska z eksploatacji.

Zakres pracy obejmuje projekt konstrukcyjno-techniczny budowy prefabrykowanej płyty lotniskowej, a następnie weryfikację rozwiązania w aspekcie:

- a. nośności naprawianej w ten sposób nawierzchni i porównanie jej z nośnością otaczającej nawierzchni;
- b. uzyskania wymaganych parametrów eksploatacyjnych (równość, szorstkość, tekstura), zgodnych z dokumentacją normatywną;
- c. uzyskania pożądanych właściwości materiałowych płyty w zakresie jej trwałości, która wyrażać się będzie poprzez wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie, nasiąkliwość oraz mrozoodporność.

W rozdziale drugim został przedstawiony stan wiedzy technicznej i eksploatacyjnej zarówno lotniskowych, jak i drogowych nawierzchni prefabrykowanych w Polsce. Doktorant przedstawił również technologie stosowane za granicą.

Rozdziały trzeci i czwarty zawierają informacje dotyczące diagnostyki nawierzchni płyty lotniskowej, tj. ocenę stanu płyt wykonanych z betonu cementowego w oparciu o wskaźniki charakteryzujące ich uszkodzenia spowodowane np. złuszczeniami płytkami, pęknięciami szczelinowymi itp. Jednocześnie Doktorant opisuje właściwości fizykochemiczne materiałów używanych do napraw betonowych. Rozdział czwarty definiuje takie parametry jak nośność, równość i szorstkość nawierzchni. Wszystkie te parametry mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo wykonywanych operacji lotniczych.

W rozdziale piątym Doktorant opisuje metodykę oceny nośności ACN-PCN (Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number), służącą do oceny nośności nawierzchni lotniskowej – zgodnie z przepisami i wytycznymi ICAO i EASA. W rozdziale tym zostają przedstawione główne założenia tej metody, tj. w jaki sposób zostaje wyznaczona liczba ACN (liczba klasyfikacyjna samolotu) oraz liczba PCN (liczba klasyfikacyjna nośności podłoża). Pełna informacja oceny nośności nawierzchni lotniskowej wg ACN-PCN powinna zawierać liczbę PCN, typ konstrukcji nawierzchni, kategorię nośności podłoża, kategorię ciśnienia w oponach, zastosowaną metodę oceny.

Rozdział szósty opisuje przykłady i koncepcje modeli wykorzystane w procesie analizy konstrukcyjnej. Doktorant dokładnie opisał jednoparametrowy i dwuparametrowy model podłoża gruntowego typu Winklera. Wykazał różnice między nimi oraz przedstawił zakres ich stosowalności. Dodatkowo przedstawił inercyjne podłoże Winklera uwzględniające drgania pręta. Ponadto, w rozdziale tym, Doktorant zawarł opis połączenia dyblowanego płyt lotniskowych i przedstawił charakterystykę samolotu obliczeniowego Boeing 737-800, który jest eksploatowany we wszystkich polskich portach lotniczych. W rozdziale zostały również wykonane obliczenia dla nowo zaprojektowanej prefabrykowanej płyty żelbetowej obciążonej do wskaźnika nośności PCN równego 60 w miejscu wyburzenia płyt monolitycznych.

Rozdział siódmy dotyczy obliczeń prefabrykowanej płyty lotniskowej, do których Doktorant wykorzystuje model płyty spoczywającej na podłożu sprężystym w modelu Winklera. Należy podkreślić, że użyta w obliczeniach metoda stanów granicznych MSG jest

metodą, która uwzględnia statykę, sposób podparcia i posadowienia płyty na przyjętym podłożu. Opisuje również sposób wykonania prefabrykowanej płyty.

W rozdziale ósmym Autor przedstawia metodykę wymiany zużytej – uszkodzonej płyty na prefabrykowaną płytę żelbetową. Opisany jest każdy etap prac począwszy od oceny konstrukcji istniejącej nawierzchni, poprzez prace rozbiórkowe, po montaż nowej płyty.

Rozdział dziewiąty jest kontynuacją badań nowo posadzonej płyty. Doktorant przeprowadza weryfikację ugięć sprężystych pod obciążeniem udarowym nawierzchni, a następnie badania laboratoryjne cech mechanicznych jak i fizycznych betonu, z którego prefabrykowana płyta została wykonana. W rozdziale zostały przedstawione wyniki badań w formie tabelarycznej i za pomocą wykresów. Wyniki poddano ocenie statystycznej dla rozkładu t-Studenta. Jednocześnie Autor wykazuje, że zastosowanie elementów prefabrykowanych znacząco wpływa na poprawę stanu nośności konstrukcji użytkowanej nawierzchni. Liczba dopuszczalnych operacji lotniczych po zastosowaniu nowo wbudowanych płyt prefabrykowanych wzrosła o 76%. Wykazano również prawidłową współpracę pomiędzy sąsiadującymi płytami.

Rozdział dziesiąty zawiera opis metody elementów skończonych ze szczególnym uwzględnieniem programu ABAQUS®, który Doktorant wykorzystuje do analizy numerycznej obciążonych, prefabrykowanych płyt betonowych połączonych ze sobą poprzez dyblowanie w aspekcie naprężeń i odkształceń. Płyta lotniskowa została zamodelowana jako model powłokowy, natomiast dyble jako belkowe elementy skończone. Liczba elementów w modelu MES wynosiła 20 474. Doktorant dokonał analizy obciążeniowej prefabrykowanej płyty w dwóch wariantach: pierwszy dotyczył obciążenia płyty golenią główną samolotu w środkowej jej części, drugi – obciążenie zostało przyłożone przy krawędzi płyty w odległości 375 mm od jej krawędzi. Wyniki analiz zostały przedstawione w postaci map warstwicznych naprężeń i odkształceń głównych, przemieszczeń pionowych w modelu powłokowo-belkowym oraz naprężeń w dyblach dla obu wariantów.

Kończące pracę, rozdziały jedenasty i dwunasty stanowią podsumowanie wyników pracy oraz wnioski końcowe. Na szczególną uwagę zasługują oryginalne osiągnięcia Doktoranta, do których można zaliczyć:

- zaproponowane rozwiązanie techniczne jest optymalizacją stosowanych na świecie połączeń dyblowych z modyfikacją dotyczącą zastosowania zredukowanej liczby dybli,
- symulacja metodą MES potwierdza, że zastosowane rozwiązanie techniczne z wykorzystaniem połączenia dyblowanego zostało właściwie zaprojektowane, ponieważ korzystnie wpływa na redystrybucję obciążeń między współpracującymi płytami prefabrykowanymi,
- wyniki badań nośności potwierdzają, że nowo zastosowany układ z płytą prefabrykowaną posiada wyższą nośność względem układu istniejącego,
- zgodnie z metodą ACN-PCN liczba dopuszczalnych operacji lotniczych po wbudowaniu płyt prefabrykowanych (wskaźnik $PCN = 52/R/B/W/T$) wzrosła o 76%.

Doktorant wskazał również dalsze kierunki rozwoju badań.

2. Uwagi

We wzorach Doktorant używa różnych symboli opisujących znak mnożenia. Słowo "nawierzchnia" jest nadmiernie używane, brak użytych synonimów dla tego słowa.

Str. 11.

W akapicie drugim, w drugim zdaniu Autor powinien użyć sformułowania „[...] po nich statkach powietrznych” zamiast „[...] po nich statków powietrznych”.

Str. 37.

Autor pisze „[...] szereg różnych badań, testów, pomiarów i klasyfikacji stanów i zjawisk”. O jakich badaniach i stanach jest mowa? Co znaczy "szereg różnych badań"?

Str. 39.

Wzory 3.3 oraz 3.4 zostały źle zdefiniowane.

Str. 43.

Na rysunku 4.1. wprowadzono oznaczenia, ale nie podano ich interpretacji.

Str.45.

We wzorze 4.1 - wadliwość oznaczono małą literą "w" z indeksem "i", natomiast w opisie dużą literą bez indeksu.

Str. 56.

We wzorze 5.9 i 5.10 został użyty symbol " μ ", który nie został zdefiniowany w objaśnieniach, za to pojawia się tam liczba Poissona - pomyłono oznaczenia.

Str. 66.

Doktorant w pierwszym akapicie użył sformułowania "przyjęcie modelu podłoża o dwu parametrach". Powinno być "[...] o dwóch parametrach". We wzorze 6.10 operator Laplace'a w przestrzeni dwuwymiarowej został oznaczony symbolem delty.

Str. 68.

Opis pod rysunkiem 6.3 nie jest spójny. Na rysunku jest oznaczenie parametru masy jako " m_s ", natomiast pod rysunkiem jako " m ". Co oznacza parametr " α " we wzorze 6.12? Brak jednostek przy module Younga i polu przekroju pręta (wzór 6.13).

Str. 75.

We wzorze na promień względny sztywności płyty zamiast symbolu " ν " (liczba Poissona) użyto symbolu " μ ".

Str. 77, 82.

We wzorach 6.28 i 6.41 średnica dybla jest wstawiona w centymetrach, a w opisie występuje w metrach. Po podstawieniu w tej jednostce wynik naprężenia dopuszczalnego wychodzi inny. Jednostka wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie "Mpa" powinna być zapisana "MPa".

Str. 95.

Brak jednolitych oznaczeń liczby Poissona w odniesieniu do reszty pracy - wzór 7.4.

Str. 116.

Doktorant w punkcie 8.5 pisze "Przed usunięciem uszkodzonych płyt, które zostały wytypowane do wymiany, należało wcześniej sprawdzić, czy sąsiadujące płyty są dobrze ustabilizowane i czy ich powierzchnie mogą być płaszczyznami odniesienia przy wbudowywaniu nowych płyt." W jaki sposób dokonano oceny?

Str. 129.

W objaśnieniu wzoru 9.4 i 9.5 Autor pominął parametr "lg28".

Str. 141.

Rysunek 9.7. przedstawiający schemat lotniska Kraków-Balice jest mało czytelny.

W bibliografii, w pozycji 8, Doktorant nie podał roku ani miejsca publikacji. Przy netografii nie podano dat dostępu internetowego.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i nie zmniejszają merytorycznej wartości pracy.

3. Podsumowanie

Praca mgr. inż. Bartosza Świerzewskiego wykazała postawiony przez niego cel. Tezy, które postawił Autor, zostały przez niego w pełni zrealizowane i stanowią jego oryginalne osiągnięcie.

Doktorant wykazał się umiejętnościami prowadzenia i weryfikacji badań eksperymentalnych oraz obliczeń numerycznych, co jest bardzo cennym połączeniem w pracy naukowej. Wprowadził nowatorski sposób połączenia płyt z płytami sąsiednimi, stwarzając nową jakość konstrukcyjną zwiększającą przestrzenną sztywność całego elementu funkcjonalnego nawierzchni.

W moim przekonaniu rozprawa doktorska mgr. inż. Bartosza Świerzewskiego spełnia wymogi określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i mieści się w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i transport. Wnoszę zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Pancan, 31.07.2021, 