

Dr hab. inż. Mirosław Graczyk, prof. IBDiM

Warszawa, 06.12.2021 r.

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Ul. Instytutowa 1

03-302 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Sikorskiego

pt.

ANALIZA PRACY LOTNISKOWYCH NAWIERZCHNI ŻELBETOWYCH

1. PODSTAWA WYKONANIA RECENZJI

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej: prof. dr hab. inż. Jerzego Wawrzeńczyka (pismo BAA\D\99\2021 z dnia 12.10.2021 r.).

2. PODSTAWA MERYTORYCZNA RECENZJI

Podstawą opracowania recenzji była rozprawa doktorska pt. „ANALIZA PRACY LOTNISKOWYCH NAWIERZCHNI ŻELBETOWYCH”, wydana w 2021 roku na Politechnice Świętokrzyskiej.

Promotorem rozprawy jest: prof. dr hab. inż. Piotr Nita

Promotorem pomocniczym rozprawy jest: dr inż. Małgorzata Linek

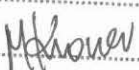
3. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Sikorskiego obejmuje rozważania teoretyczne, obszerne obliczenia numeryczne i analityczne, elementy wymiarowania lotniskowych nawierzchni żelbetowych oraz głębokie i szczegółowe analizy.

Podstawowym celem pracy była analiza pracy żelbetowej nawierzchni lotniskowej w zmiennych warunkach nośności podłoża, zawartości podłoża, grubości płyty i klasy betonu, nawiązując do klasycznej i współczesnej metody wymiarowania

wpłynęło dnia:

Data 2021 -12- 2 0

Podpis 

Do przedstawionego celu Autor sformułował dwie tezy badawcze:

- Wprowadzenie zbrojenia w postaci prętów w płytach nawierzchni lotniskowych powoduje zwiększenie ich nośności na obciążenia podstawowe i losowe.
- Zbrojenie lotniskowych nawierzchni betonowych w postaci prętów w warunkach szczególnych umożliwia dostosowanie przekroju poprzecznego płyty (wysokości) zgodnej z wysokością płyty otoczenia przy zachowaniu odpowiedniej nośności całego układu.

Pracę można podzielić na cztery części: wstęp, przegląd stanu wiedzy, merytoryczną i podsumowującą. Część pierwsza obejmuje dwa streszczenia i wstęp. Część druga to opisy stanu wiedzy, wymagań konstrukcyjnych dla betonowych nawierzchni lotniskowych oraz opis Metody Elementów Skończonych. Część trzecia główna merytoryczna przedstawiona została w rozdziałach 3-8, w niej to przedstawiono realizację celu i dowodów tez dysertacji. Czwartą, ostatnią część pracy, stanowią rozdziały 9 i 10 dotyczące analiz uzyskanych wyników badań oraz podsumowanie i wnioski, a także spis literatury oraz wykaz rysunków i tabel.

Pierwsza część zawiera „Streszczenie” pracy w dwóch językach - polskim i angielskim (str. 7-8) oraz „Wstęp” (str. 11-17), w którym podano tezy badawcze i cel pracy.

Druga część, to rozdział drugi (str. 18-63), gdzie Doktorant opisuje stan wiedzy z zakresu wymiarowania konstrukcji nawierzchni lotniskowych typu sztywnego, wymagania konstrukcyjne i materiałowe, modele podłoża gruntowego i rodzaje podbudów oraz Metodę Elementów Skończonych.

Część główna merytoryczna pracy to rozdziały od 3 do 8. W rozdziale 3 „Analiza pracy betonowej nawierzchni lotniskowej” (str. 64 – 77) Autor na początku przedstawił założenia do dalszych analiz m.in. wybór samolotu obliczeniowego (Boeing B787-8). Następnie przyjął i zweryfikował model płyty nawierzchniowej w zakresie przedziałów: grubości (20 cm – 40 cm), współczynnika podatności podłoża k (50MN/m³ do 300 MN/m³) w obliczeniach porównawczych metodą Westergaarda i MES. Rozdział 4 (str. 78 – 110) „Analiza stanów pracy płyty żelbetowej” zawiera analizy stanów pracy płyty żelbetowej w zakresie sprężystym i zarysowanym o zbrojeniu klasycznym przy różnej ilości i rozkładzie zbrojenia, zmiennej grubości płyty, k oraz klasy betonu. W kolejnym 5 rozdziale 4 (str. 111 – 131) „Analiza porównawcza pracy płyty betonowej i żelbetowej” przedstawione zostały wyniki analiz porównawczych pracy nawierzchni betonowej i żelbetowej. Dwa krótkie rozdziały szósty (str.132 – 136) „Obciążenie krawędzi płyty lotniskowej” i siódmy (str. 137 – 141) „Obciążenie

naroża płyty lotniskowej” obejmują szczególne przypadki obciążenia charakterystycznych punktów płyty nawierzchniowej przy ustalonych parametrach płyty betonowej, współczynnika podatności podłoża k i dwóch wariantach zbrojenia 0,15% i 0,25 %. W następnym 8 rozdziale (str.142-155) Doktorant zaprezentował porównanie wyników uzyskanych według metody stanów granicznych z wymaganiami Eurokodu 2 i obliczeniami MES przy założonej grubości płyty żelbetowej 26 cm.

Część końcowa składa się z rozdziałów 9 i 10. W rozdziale dziewiątym (str. 156 – 164) „Analiza i omówienie uzyskanych wyników” Autor analizuje i omawia obszerną ilość wyników uzyskanych z całości zrealizowanej pracy doktorskiej. Doktorant w ostatnim 10 rozdziale (str. 165 – 166) „Podsumowanie i wnioski” przedstawia wnioski wynikające z przeprowadzonych obliczeń i analiz. Pracę kończy Literatura z 103 pozycjami literaturowymi i z 6 adresami stron internetowych oraz Wykaz rysunków i Wykaz tabel.

W pracy zamieszczono 94 rysunki i 57 tabel.

4. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Recenzowana rozprawa mgr inż. Pawła Sikorskiego dotyczy ważnego problemu związanego z projektowaniem nawierzchni lotniskowych w zakresie wymiarowania płyt żelbetowych.

Tematyka praca doktorskiej wpisuje się w oczekiwania, które związane będą z budową i naprawami betonowych nawierzchni lotniskowych.

Temat pracy został dobrany trafnie i odpowiada treści pracy i jest zgodny z dyscypliną Inżynieria Lądowa i Transport

Lotniskowe nawierzchnie żelbetowe mają szczególne zastosowanie na odcinkach intensywnie obciążanych ruchem lotniczym tj. na skrzyżowaniach dróg kołowania z drogami startowymi, skrzyżowania dróg kołowania jak również na przejściach dróg kołowania przez płyty postojowe. Szczególnie zastosowania płyt żelbetowych są istotne w miejscach, gdzie w konstrukcji nawierzchni lub pod nią przebiegają przewody instalacyjne. W takich sytuacjach mogą może występować niejednorodne podparcie nawierzchni lub może zachodzić konieczność wykonania płyty o mniejszej grubości niż to wynika z projektu. Zbrojenie płyt nawierzchni lotniskowej umożliwia także wykonanie płyty o większych wymiarach niż 5,00 m x 5,00 m. Zbrojenie płyt nawierzchni lotniskowych można wykonywać np. przez ułożenie siatki w dolnej części lub w dolnej i górnej, czy też przez lokalne zbrojenie krawędzi i naroży płyt.

Niewątpliwie istotne jest rozwijanie metod wymiarowania lotniskowych nawierzchni z płyt żelbetowych, szczególnie odnoszących się do nawierzchni, które są poddawane wielokrotnym

obciążeniom. Dotyczy to przede wszystkim sytuacji, gdzie eksploatowane są najcięższe samoloty, których masy dochodzą do 200 – 400 tys. kg a ciśnienia w oponach osiągają do 1,60MPa oraz o liczbach ACN (Aircraft Classification Numer) > 100.

Z podanych względów podjęta przez Doktoranta tematyka pracy jest bardzo aktualna i ważna, zważywszy na fakt niepodejmowania wymiarowania w ostatnich latach tego typu konstrukcji nawierzchni lotniskowych.

Na początku Autor sformułował dwie tezy badawcze oraz cel pracy oraz przedstawił zakres i strukturę całości rozprawy. Następnie przedstawił dogłębny przegląd stanu wiedzy w zakresie lotniskowych nawierzchni sztywnych tj.: wymiarowania konstrukcji (metody: Westergaarda, Picketta i Raya, Federal Aviation Administration, OSŻD, AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) wymagań konstrukcyjnych i materiałowych, modeli i wymagań do podłoża gruntowego, podbudów i opisu MES i pakietu programów ABAQUS.

W dalszym postępowaniu przedstawiono analizę pracy płyty betonowej o wymiarach w planie 5,00x 5,00 m przy obciążeniu samolotem obliczeniowym Boeing B787 – 8. Analizowano stan naprężeń i odkształceń w charakterystycznych punktach wg metody Westergaarda tj. w środku, na krawędzi i w narożu płyty przy zmiennych parametrach: podparcia płyty (k od 50 do 300 MN/m³), grubości płyty od 20 do 40 cm. W kolejnym etapie, wykorzystując program ABAQUS, przedstawiono analizę stanów pracy płyty żelbetowej w zakresie sprężystym i fazie zarysowania (naprężenia w betonie i prętach, ugięcia, lub/i rozwarcie rysy) przy obciążeniu środka płyty, w zależności od: klasy betonu, średnicy ($\varphi = 12 - 18$ mm) i rozstawu prętów (10 – 30 cm), lokalizacji siatek zbrojeniowych (dół, góra, dół i góra płyty), grubości otuliny (3 i 4,8 cm), grubości płyty i współczynnika podatności podłoża przy różnych obciążeniach statycznych. Kontynuując analizy Doktorant dokonał porównania pracy płyty betonowej i żelbetowej (naprężenia w betonie i prętach, ugięcia, lub/i rozwarcie rysy) w zależności od parametrów analogicznych do wcześniejszej podanych, najpierw przy obciążeniu środka płyty, a dalej przy wybranych parametrach przy obciążeniu krawędzi i naroża płyty. W ostatnim etapie pracy Doktorant dokonał wnikliwie ciekawego, autorskiego porównania wyników obliczeń wykonywanych według metody stanów granicznych, wymagań Eurocodu 2 i MES. Dysertację kończy szczegółowe omówienie uzyskanych rezultatów wraz z wnioskami, podsumowaniem i określeniem kierunku dalszych badań.

Podsumowując, Doktorant podjął się trudnego i ambitnego zadania badawczego, którego efekty mają ważne znaczenie poznawcze i techniczne w projektowaniu i budowie nawierzchni

lotniskowych. W celu udowodnienia postawionych tez Autor wykonał obszerne analizy obliczeniowe. Doktorant w sposób metodyczny i systematyczny udowadniał postawione tezy badawcze. W realizacji pracy Autor wykorzystał właściwe metody obliczeń oraz przeprowadził odpowiednie analizy, wnosząc własne elementy.

Wnioski wynikające z pracy w pełni wynikają z analiz wykonanych w trakcie realizacji dysertacji. Prezentowana w pracy literatura koresponduje z zagadnieniami studiowanymi w rozprawie.

Rozprawa ma charakter analityczny, obliczeniowy i badawczy.

5. Dyskusyjne uwagi do rozprawy

Analiza rozprawy pozwala także na przedstawienie uwag dyskusyjnych i krytycznych, takich jak:

1. W pracy nie uwzględniono oddziaływań termicznych na pracę płyty betonowej i żelbetowej, co nieco ogranicza głębokie wnioskowanie, co do wymiarowania lotniskowej nawierzchni żelbetowej.
2. Teza badawcza „Zbrojenie lotniskowych nawierzchni betonowych w postaci prętów w warunkach szczególnych umożliwia dostosowanie przekroju poprzecznego płyty (wysokości) zgodnej z wysokością płyty otoczenia przy zachowaniu odpowiedniej nośności całego układu.” Została udowodniona pośrednio, ale nie przeprowadzono analizy odpowiedniego przykładu dla bezpośredniego jej udowodnienia.
3. W pracy przedstawiony daleko idący wniosek 5 w rozdziale 10 „Posumowanie i Wnioski”
”5. Dla nawierzchni lotniskowych charakteryzujących się wysokim współczynnikiem podatności podłoża $k_z > 200\ 000\ \text{kN/m}^3$ obciążonych ciężkimi statkami powietrznymi racjonalną grubość płyty można uznać 24 cm, co wykazano w pracy”. Tak postawiony wniosek jest błędny, jeżeli nie jest uzupełniony odpowiednim komentarzem. Dla podanych w tabeli 5.10 naprężeń w betonie pod obciążeniem samolotu B 787 przy grubości płyty 24 cm uzyskano wartości 3,061 MPa dla betonowej płyty i 2,953 MPa. Wartości te są bliskie przyjętej granicy wytrzymałości na rozciąganie betonu 3,2 MPa, co w konsekwencji oznacza poddanie takiej konstrukcji nawierzchni jedynie niewielkiej liczbie obciążeń powtarzalnych powodowanych ruchem samolotów B 787. Wykonywanie tego typu konstrukcji ze względów technicznych i ekonomicznych jest nieuzasadnione. To, że

jednokrotne obciążenie nawierzchni od zadanych obciążeń nie powoduje przekroczenia naprężeń na rozciąganie w konstrukcji betonowej, nie oznacza, że można uznać za racjonalną grubość płyty 24 cm. Zwykle takie nawierzchnie poddawane są wielokrotnym obciążeniom np. 1mln lub więcej.

4. W cytowaniu prac zauważa się manierę Autora do agregowania dużej liczby pozycji literaturowych do 20 pozycji w jednym cytowaniu (str. 12 i str. 15).

Reasumując uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska jest osiągnięciem badawczym Autora, a zauważone niedociągnięcia nie obniżają istotnie jej wartości.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

Stwierdzam, że Doktorant zrealizował postawiony cel w pracy, a opiniowana praca stanowi rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na dobry poziom wiedzy z zakresu dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport. Autor wykazał się umiejętnością prowadzenia pracy naukowej. Praca jest godna podkreślenia za jej potencjalne walory aplikacyjne.

Oceniana przez mnie rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Sikorskiego pt. „Analiza pracy lotniskowych nawierzchni żelbetowych” spełnia warunki stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r. oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytuł profesora (Dz. U. Nr 204 poz.1200) – przepisy obowiązujące w dniu wszczęcia przewodu doktorskiego.

Wnoszę o przyjęcie rozprawy i o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony.

