

Dr hab. inż. Mirosław Graczyk, prof. IBDiM

Warszawa, 14.05.2021 r.

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Ul. Instytutowa 1

03-302 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Świerzeńskiego

pt.

BETONOWA PŁYTA PREFABRYKOWANA PRZEZNACZONA DO ODTWARZANIA USZKODZONYCH, LOKALNYCH NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH

1. PODSTAWA WYKONANIA RECENZJI

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej (pismo RNB-16 /2020 z dnia 19.04.2021 r.).

2. PODSTAWA MERYTORYCZNA RECENZJI

Podstawą opracowania recenzji była rozprawa doktorska pt. „BETONOWA PŁYTA PREFABRYKOWANA PRZEZNACZONA DO ODTWARZANIA USZKODZONYCH, LOKALNYCH NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH”, wydana w 2021 roku na Politechnice Świętokrzyskiej.

3. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Świerzeńskiego obejmuje analizy, obliczenia, projektowanie i badania dotyczące lokalnych napraw nawierzchni lotniskowych z wykorzystaniem specjalnych żelbetowych płyt prefabrykowanych.

Podstawowym celem pracy było opracowanie modułowej technologii remontu betonowych nawierzchni lotniskowych z wykorzystaniem prefabrykowanej płyty lotniskowej.

Do przedstawionego celu Autor postuluje 3 tezy pracy:

- Prefabrykowana płyta lotniskowa o określonej geometrii i parametrach fizyko – mechanicznych jest w stanie spełnić warunki wytrzymałościowe (stateczności i nośności) porównywalne z istniejącą, monolityczną nawierzchnią lotniskową.
- Wykonywana naprawa nawierzchni lotniskowej o lokalnym charakterze ma porównywalne cechy eksploatacyjne z otaczającymi ją fragmentami istniejącej nawierzchni.
- 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.

Pracę można podzielić na trzy części: wprowadzającą, merytoryczną i podsumowującą. Część wstępna obejmuje streszczenia i rozdziały 1-5 tj.: wstęp, oraz opisy stanu wiedzy, oceny stopnia uszkodzeń nawierzchni, wymagań eksploatacyjnych przy wymianie uszkodzonych płyt lotniskowych oraz metody ACN-PCN. Część główna merytoryczna przedstawiona została w rozdziałach 6-10, w niej to przedstawiono realizację głównego celu dysertacji tzn. opis projektu, technologii produkcji prefabrykowanej płyty żelbetowej oraz technologii jej wbudowywania, a także badań betonu i nawierzchni lotniskowej in-situ oraz analizę numeryczną. Pracę kończy podsumowanie, wnioski, bibliografia oraz wykaz rysunków, tabel i załącznik.

Pierwsza część zawiera „Streszczenie” pracy w dwóch językach - polskim i angielskim (str. 3-4) oraz krótki „Wstęp” (str. 11-16), w którym podano cel i tezy pracy. W rozdziale drugim (str. 17-36) Doktorant opisuje stan wiedzy z zakresu stosowanych technologii prefabrykatów betonowych używanych do budowy i napraw lokalnych nawierzchni dróg i lotnisk w Polsce i na świecie (USA, Japonia, ZSRR), w tym płyty LWS (lotniskowe płyty wstępnie sprężone), prefabrykowane płyty żelbetowe drogowe i lotniskowe różnego typu. W krótkim rozdziale trzecim (str.37 – 41) przedstawiono ocenę stanu technicznego betonowych nawierzchni lotniskowych. Pokazano tutaj przykład określania stopnia zdegradowania płyt betonowych, który wiąże się z zachowaniem bezpieczeństwa eksploatacji statków powietrznych. Obliczany jest on na podstawie wskaźnika charakteryzującego uszkodzenia i wagi statystycznej im przypisanej oraz wskaźnika charakteryzującego naprawy i wagi mu przypisanej dla Elementu Funkcjonalnego Lotniska (EFL).

Kolejny krótki rozdział czwarty (str. 42 – 46) dotyczy opisu wymagań eksploatacyjnych przy wymianie uszkodzonych płyt betonowych w nawierzchni lotniskowej w zakresie nośności, równości i szorstkości. W rozdziale piątym (str. 47 – 59) opisano metodę ACN—PCN (Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number) służącą do oceny nośności konstrukcji nawierzchni lotniskowych.

Główna część pracy to rozdziały 6 – 10. W rozdziale 6 pt. „Opracowanie projektu lotniskowej prefabrykowanej płyty żelbetowej we współpracy z płytami sąsiednimi” (str. 60 – 90) Autor na początku przedstawił opis założeń metody Westergaarda i modeli podłoża gruntowego do projektowania betonowych płyt nawierzchni lotniskowych oraz połączeń dyblowanych płyt. W dalszej części przedstawione zostało wymiarowanie połączeń dyblowanych prefabrykowanej płyty lotniskowej przy obciążeniu samolotem obliczeniowym Boeing 737 – 800. Rozdział 7 (str. 91 – 112) pt. „Technologia przygotowania i produkcji lotniskowej, prefabrykowanej płyty żelbetowej” obejmuje wymiarowanie żelbetowej nawierzchni lotniskowej z płyt prefabrykowanych. Wynikające z obliczeń rodzaje, rozkłady i ilości zbrojenia zestawiono w tabelach i na rysunkach technicznych. Na zakończenie rozdziału podano krótkie opisy produkcji, składowania i transportu płyt. Kolejny rozdział (str. 113 – 125) pt. „Technologia montażu lotniskowej, prefabrykowanej płyty żelbetowej” dotyczy zasad układania płyt tj. robót rozbiórkowych, przygotowania podbudowy, posadowienia, montażu płyt i wykończenia nawierzchni oraz badań ugięć nawierzchni przed i po wymianie płyt. Najobszerniejszy rozdział 9 (str. 126 – 170) zawiera opis i wyniki badań betonu tj. wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie, gęstości, nasiąkliwości, odporności na działanie mrozu. Opisano też badania nawierzchni lotniskowej monolitycznej przed remontem i po remoncie nawierzchni wykonanej z płyt prefabrykowanych, tj. badania: ugięć urządzeniem HWD z określeniem współpracy płyt, modułów zstępczych i nośności konstrukcji nawierzchni, a także szorstkości, tekstury oraz równości nawierzchni. W kolejnym 10 rozdziale (str.171-195) Doktorant zaprezentował wykorzystanie metody elementów skończonych przy użyciu programu ABAQUS® w analizie lotniskowej płyty prefabrykowanej, określając występujące wartości naprężeń, odkształceń i przemieszczeń pionowych oraz naprężeń w dyblach od obciążenia goleniami samolotu obliczeniowego Boeing 737 – 800.

Część końcowa składa się z rozdziałów 11 -13. W rozdziale jedenastym (str.196 – 201) Autor podsumowuje całość zrealizowanej pracy doktorskiej z omówieniem uzyskanych wyników. W przedostatnim dwustronicowym rozdziale pt. „ Wnioski wynikające z pracy” przedstawionych zostało osiem wniosków wynikających z realizacji dysertacji. Doktorant w ostatnim 13 rozdziale proponuje kierunki rozwoju badań w zakresie technologii prefabrykowanych płyt

betonowych. Pracę kończy Bibliografia z 119 pozycjami literaturowymi i z 20 adresami stron internetowych oraz Wykaz rysunków i Tabel oraz Załącznik – Rysunek - Zbrojenia płyty z kieszeniami.

W pracy zamieszczono 102 rysunki i 35 tabel.

4. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

W 2020 r pandemia koronawirusa boleśnie dotknęła rynek przewozów lotniczych, ale można oczekiwać, że w kolejnych latach powróci mocny trend wzrostowy obserwowany do 2019 roku w Polsce i na świecie, a wraz ze wzrostem ruchu lotniczego konieczne będą rozbudowy i remonty infrastruktury lotniskowej. Praca doktorska mgr inż. Bartosza Świerzewskiego wpisuje się w oczekiwania, które związane będą z naprawami nawierzchni lotniskowych.

W praktyce inżynierii transportu istnieje problem napraw nawierzchni obciążonych dużym ruchem, które są intensywnie eksploatowane, gdzie każda ingerencja powodująca zakłócenie płynności ruchu skutkuje dużą uciążliwością dla użytkowników i zarządzających infrastrukturą transportową. Dotyczy to szczególnie nawierzchni lotniskowych i drogowych. W przypadku nawierzchni lotniskowych wiąże się to z czasowym zamknięciem części lub całości Elementu Funkcjonalnego Lotniska. Najtrudniejsza sytuacja występuje, gdy dotyczy to dróg startowych i dróg kołowania. Z tego też względu istotne jest, aby naprawy konstrukcji nawierzchni były krótkie i trwałe. W szczególności dotyczy to napraw lokalnych lotniskowych nawierzchni betonowych.

Z tego względu podjęta przez Doktoranta tematyka pracy jest bardzo aktualna i ważna zważywszy na dynamiczny rozwój transportu lotniczego na świecie, a szczególnie w Polsce, gdzie infrastruktura lotniskowa, chociaż cały czas rozbudowywana, to jednak stanowi ograniczenie możliwości w ilości obsługiwanych statków powietrznych.

Praca stanowi ważny wkład do optymalizacji remontów częściowych nawierzchni lotniskowych z wykorzystaniem technologii umożliwiającej szybką i sprawną wymianę części konstrukcji nawierzchni, jednocześnie umożliwiając bezpieczną ich eksploatację, co istotnie wpływa na płynność ruchu lotniczego.

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Świerzewskiego pt. „Betonowa płyta prefabrykowana przeznaczona do odtwarzania uszkodzonych, lokalnych nawierzchni lotniskowych” dotyczy zastosowania prefabrykowanych płyt z betonu zbrojonego do szybkich napraw betonowych nawierzchni lotniskowych. Na początku dokonano analizy stosowanych metod napraw nawierzchni lotniskowych przy wykorzystaniu płyt prefabrykowanych. Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowany został wniosek, że ze względu na zbyt długi czas wykonywania napraw lokalnych nawierzchni przy wykorzystaniu obecnie znanych technologii zachodzi konieczność opracowania nowej, szybszej i sprawniejszej metody. Przedstawiony wniosek stanowił asumpt do podjęcia przez Autora pracy ukierunkowanej na opracowanie technologii naprawy nawierzchni z zastosowaniem żelbetowych, dyblowanych płyt prefabrykowanych, tak aby czas wykonania naprawy był krótszy niż 5 godzin. Doktorant wykonał projekt płyty żelbetowej prefabrykowanej na obciążenie od samolotu obliczeniowego Boeing B 737-800, z odpowiednimi obliczeniami do wymiarowania wytrzymałościowego, tak w zakresie samej płyty, jak i połączenia dyblowanego, umożliwiającego współpracę z sąsiednimi płytami istniejącej konstrukcji monolitycznej bądź nowymi płytami. Zaprojektowana płyta ma wymiar w planie 5,0 m na 2,50 m i grubość 24 cm i wykonana jest z betonu klasy C35/45 ze zbrojeniem dolnym i górnym w postaci siatek z prętów stalowych klasy A-III. Zastosowane zostały dyble ϕ 25mm i długości 60cm o rozstawie na dłuższej krawędzi co 62,5cm i na krótszej co 55,0cm. W ramach sprawdzenia materiałów wykonano badania betonu cementowego.

Płyty zostały wbudowane w betonową nawierzchnię lotniskową drogi kołowania na lotnisku im .Jana Pawła II w Krakowie Balicach przy zastosowaniu specjalnie opracowanej technologii. Ułożona nawierzchnia z 4 płyt prefabrykowanych została poddana badaniom nośności i współpracy między płytowej oraz oceniono charakterystyki powierzchniowe tj. szorstkość, teksturę powierzchni i równość. W wyniku badań uzyskano nośność PCN 52/R/B/W/T (255 tys. operacji B 737-800), co wskazuje na wzrost trwałości nawierzchni o 76% w stosunku do nawierzchni monolitycznej sąsiadującej z wykonaną naprawą, a współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt) jest na dobrym poziomie i wyniósł 81,28% (istniejąca – prefabrykowana) i 90,38% (prefabrykowana – prefabrykowana). Pozostałe wyniki badań wykazały spełnienie odnośnych wymagań, tak co do materiałów, jak i wykonanej nawierzchni lotniskowej z płyt prefabrykowanych.

Doktorant kończy pracę bardzo interesującą analizą numeryczną MES płyty prefabrykowanej z połączeniem dyblowanym jako nawierzchni lotniskowej obciążonej samolotem

obliczeniowym, z wykorzystaniem modelu układu powłokowo-belkowego i hipotezy wyężeniowej zredukowanych naprężęń Misesa.

W pracy przedstawiono podsumowanie, wnioski i kierunki rozwoju badań wynikające z wykonanej dysertacji.

Rozprawa ma charakter projektowo - konstrukcyjno-badawczy.

5. DISKUSYJNE UWAGI DO ROZPRAWY

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

1. Do obliczeń płyty przyjęto samolot obliczeniowy o dość niskiej masie całkowitej (79 243 kg), gdy tymczasem np. na przedmiotowym lotnisku operują samoloty o dużo większych masach jak np. Boeing 787. Należy zadać pytanie, jakie w takiej sytuacji będzie wyężenie dybli na połączeniu płyt i jak występujące przeciążenia wpłyną na trwałość naprawy nawierzchni lotniskowej.
2. W pracy daje się zauważyć pewną niespójność wynikającą np. z:
 - Podania różnych wartości współczynnika obciążeń na goleń główną samolotu obliczeniowego Boeing B737-800. Do obliczeń analitycznych dybli przyjęto współczynnik o wartości 0,425, natomiast dalej do wymiarowania prefabrykowanej płyty żelbetowej ten współczynnik przyjęto o wartości 0,450.
 - Obliczeń np. we wzorze pierwszym na str. 76, gdzie wprowadzono współczynnik $1/2$, co sugeruje, że obliczono obciążenie na jedno koło, a nie na jedną goleń główną.
 - Wydaje się, że we wzorze (6.36) po prawej stronie przyjęta wartość jest niewłaściwa.
3. Istotne jest, aby oceniać współpracę płyt w naprawionej nawierzchni na granicy nowej i istniejącej konstrukcji poprzez wykonanie obciążenia połączeń w dwóch kierunkach przejazdu tzn. w jednym wariancie obciążyć płytę na istniejącej nawierzchni monolitycznej i w drugim wariancie płytę prefabrykowaną.
4. W obliczeniach MES wykonano analizę w dwóch wariantach tj. dla obciążenia środków płyt i krawędzi dłuższych, natomiast brakuje takich obliczeń dla obciążenia krawędzi krótszej. Wydaje się, że tym bardziej powinno to być uwzględnione, bo jak wynika z układu

plyt na drodze kołowania szczególnie często będą obciążane krawędzie krótsze płyt prefabrykowanych.

5. W przedstawionych danych do analizy MES nie zauważa się wprowadzonego zbrojenia. Czy i w jaki sposób zostało ono uwzględnione?
6. W pracy użyto niekiedy nieodpowiedniej nomenklatury, szczególnie narzuca się tutaj zwrot, który nagminnie powtarza się w podpisach pod rysunkami w rozdziale 9 tzn. „ze słupkiem błędów” powinno to być raczej określone jako zakres czy przedział błędu.

Reasumując uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska jest osiągnięciem projektowo - konstrukcyjno-badawczym Autora, a zauważone niedociągnięcia nie obniżają jej właściwego poziomu merytorycznego.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

Doktorant zrealizował postawiony cel w pracy w zakresie rozwiązania problemów projektowo - konstrukcyjno – badawczych. Wykorzystał do tego właściwe metody projektowania i konstruowania oraz badań laboratoryjnych betonu i in situ wykonanej naprawy betonowej nawierzchni lotniskowej drogi kołowania na eksploatowanym lotnisku oraz wykonał odpowiednie analizy, wnosząc własne elementy. Praca jest godna podkreślenia szczególnie za niewątpliwe jej walory użytkowe.

Oceniana przez mnie rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Świerzewskiego pt. „Betonowa płyta prefabrykowana przeznaczona do odtwarzania uszkodzonych, lokalnych nawierzchni lotniskowych” spełnia warunki stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r., wraz z późniejszymi zmianami.

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

