

Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
e-mail: antoni.szydlo@pwr.edu.pl

Wrocław, 2024-08- 12

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Danuty Beblacz pt: **”Wpływ składu ziarnowego kruszywa na porowatość i wytrzymałość na ściskanie betonu do podbudowy drogowej”**

1. Uwagi formalne

Recenzja rozprawy została opracowana na podstawie uchwały Komisji Doktorskiej nr 1/2/215/2023 z dnia 12 września 2023 roku w sprawie uzupełnienia i poprawy rozprawy doktorskiej mgr inż. Danuty Beblacz pt: ”Wpływ składu ziarnowego kruszywa na porowatość i wytrzymałość na ściskanie betonu do podbudowy drogowej”. W związku z tym faktem otrzymałem pismo zlecające nr SN.0000.2.2024 02516.08.EB z dnia 12.07.2024 r., podpisane przez Przewodniczącego Rady Naukowej ITB prof. dr hab. inż. Andrzeja Garbacza, dotyczące opracowania recenzji,
Promotorem rozprawy jest: prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski. Promotorem pomocniczym dr hab. inż. Michał Cwiąkała.

2. Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy badań właściwości wodoprzepuszczalnych betonów przeznaczonych do podbudów drogowych. Jest to tematyka ważna, ponieważ dotyczy problemów odwodnienia nawierzchni drogowych. Prawidłowo funkcjonujące odwodnienie decyduje o trwałości i nośności konstrukcji nawierzchni drogowych. W Polsce tematyka ta w odniesieniu do materiałów drogowych związanych cementem stosowanych w podbudowach drogowych nie była dotąd na szerszą skalę studiowana. Praca ma charakter aplikacyjny i jest umiejscowiona w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport w specjalności budownictwo drogowe. Celem pracy jest określenie wpływu uziarnienia kruszywa na wytrzymałość i porowatość betonu wodoprzepuszczalnego (jamistego). Doktorantka

ograniczyła zakres stosowania podbudów dla przypadku nawierzchni betonowych. Jest to ograniczenie słuszne gdyż w tych nawierzchniach istnieje największe prawdopodobieństwo przenikania wody opadowej do podbudowy poprzez szczeliny skurczowe bądź rozszerzania. Są to zagadnienia, które są studiowane w instytutach badawczych drogowych za granicą i jak dotąd nie mają jednoznacznego rozstrzygnięcia. Temat pracy moim zdaniem został określony trafnie. Tym bardziej, że w Polsce jak dotąd tematyka ta nie była rozwijana zwłaszcza w budownictwie drogowym. Nawierzchnie betonowe są stosowane w kraju coraz częściej na sieci dróg krajowych, autostrad i dróg ekspresowych, również na drogach samorządowych.

3. Treść i zakres rozprawy

Praca wg spisu treści składa się z 12 rozdziałów, spisu wykorzystywanej literatury oraz 5 załączników na pendrivie w których zamieszczone są wyniki badań. Praca liczy 155 stron formatu A4. W pracy zestawiono spis wykorzystywanej literatury, zawierający 150 pozycji w skład których wchodzi artykuły i monografie, normy i wytyczne oraz strony internetowe.

W rozdziale 1, wstępie, Autorka omówiła tło powstania pracy oraz przedstawiła cel, tezę i zakres pracy. Zasadniczym celem pracy jest określenie wpływu uziarnienia kruszywa na wytrzymałość i porowatość betonu wodoprzepuszczalnego do podbudów drogowych i na tej podstawie określenie zależności wytrzymałości na ściskanie i porowatości od uziarnienia zastosowanego kruszywa. Doktorantka sformułowała następujące założenia badawcze:

1. Uziarnienie kruszywa ma wpływ na wytrzymałość na ściskanie betonu wodoprzepuszczalnego do podbudów drogowych.
2. Uziarnienie kruszywa ma wpływ na porowatość betonu wodoprzepuszczalnego do podbudów drogowych.

Doktorantka założenia udowodniła wykonując w laboratorium badania właściwości fizycznych, mechanicznych i wytrzymałościowych betonów wodoprzepuszczalnych oraz przeprowadzając analizę wyników badań. W stosunku do poprzedniej wersji badania rozszerzyła zgodnie z życzeniem recenzenta o badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie oraz moduły sprężystości, które to parametry niezbędne są przy projektowaniu podbudów drogowych. Dodatkowo Doktorantka, zgodnie z życzeniem recenzenta, wykonała analizy trwałości zmęczeniowej podbudów z wykorzystaniem otrzymanych wyników badań tj. modułów sprężystości i wytrzymałości na rozciąganie pośrednie.

W rozdziale 2 Doktorantka przedstawiła podział nawierzchni drogowych szczególnie nawierzchni betonowych wraz z opisem roli i funkcji poszczególnych warstw, przegląd prac z betonów jamistych oraz wybrane zagadnienia z porowatości betonu. Rozdział kończy się podsumowaniem co było życzeniem recenzenta wprowadzenie takiego podsumowania przy ocenie poprzedniej wersji pracy.

W rozdziale 3 przedstawiono przegląd i doświadczenia ze stosowania podbudów przepuszczalnych w nawierzchniach drogowych. Jest to nowy rozdział w stosunku do poprzednich wersji pracy.

W rozdziale 4 Doktorantka przedstawiła zakres i metodykę badań własnych. Przedstawiła właściwości cementu, piasku, domieszek i żwiru stosowanych w badaniach. Zestawiła składy badanych mieszanek. Autorka we wszystkich mieszankach stosowała tę samą ilość cementu, piasku, wody i domieszek. Mieszanki różniły się zawartością grubego kruszywa 8/16, 16/22,4 oraz 22,4/31,5. Ponadto zestawiła przeprowadzone badania na betonach otrzymanych z przygotowanych mieszanek betonowych. Doktorantka wykonała badania: wytrzymałości na ściskanie oraz rozciąganie pośrednie, porowatość metodą analizy obrazu, porowatość na podstawie gęstości, odporność na działanie mrozu, współczynnik filtracji, moduł sprężystości. Wszystkie badania zostały wykonane zgodnie z obowiązującymi normami odnoszącymi się do badań betonów za wyjątkiem metody analizy obrazu do oznaczania porowatości.

W rozdziale 5 przedstawiła wyniki badań. W tabelach zestawione są następujące wyniki badań: wytrzymałości na ściskanie dla 66 mieszanek, porowatość objętościowa oraz porowatość na podstawie analizy obrazu dla 66 mieszanek, odporność na działanie mrozu dla F25 dla 66 mieszanek, współczynnik filtracji dla 10 mieszanek, moduły sprężystości dla 10 mieszanek oraz wytrzymałość na rozciąganie pośrednie dla 10 mieszanek. Ponadto zestawiła dla badanych mieszanek ich składy na podstawie wyników badań gęstości i porowatości.

W rozdziale 6 Doktorantka przedstawiła analizę wyników badań. Przedstawiła zależności porowatości obliczeniowej od: wytrzymałości na ściskanie, średnicy miarodajnej kruszywa, mrozoodporności, współczynnika filtracji, modułu sprężystości. Ponadto przeanalizowała zależność wytrzymałości na ściskanie od wsp. filtracji i modułu sprężystości. Dodatkowo wykonała analizę zależności wytrzymałości na ściskanie od porowatości obliczeniowej dla betonów mrozoodpornych i nieodpornych na mróz. Ponadto przedstawiła zależność wytrzymałości na ściskanie i porowatości obliczeniowej od frakcji grubego kruszywa dla betonów mrozoodpornych i nieodpornych na działanie mrozu. Analizy wykonano używając narzędzia statystycznego w postaci hipotez statystycznych co było życzeniem recenzenta w poprzedniej recenzji.

Rozdział 7 zatytułowany jest: „Analiza trwałości zmęczeniowej nawierzchni z podbudową z betonu jamistego”. W rozdziale tym omówiono metodę projektowania grubości nawierzchni betonowej (płyty) wg metody Westergaarda i zastosowanie kryteriów trwałości zmęczeniowej stosowanych przy projektowaniu konstrukcji nawierzchni w KTKNSz. Ponadto zamieszczono wyniki badań betonu jamistego takie jak: wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, moduły sprężystości i wsp. filtracji.

W rozdziale 8 Doktorantka przeprowadziła analizę naprężeń w nawierzchni betonowej oraz podbudowie z betonu jamistego. Ustaliła, że w podbudowie od obciążenia osią obliczeniową powstają naprężenia rozciągające rzędu 0,2 MPa i do tej wartości należy porównywać wytrzymałości na rozciąganie pomniejszone oczywiście o współczynnik powtarzalności obciążeń.

W rozdziale 9 przedstawiono katalogowe konstrukcje nawierzchni z betonu cementowego z podbudową z betonu jamistego. Należy w tym rozdziale usunąć konstrukcję z rys. 9.3. dla ruchu KR5, gdyż konstrukcji dla ruchu KR5 Doktorantka nie zaleca stosować o czym jest informacja w rozdziale 10.

W rozdziale 10 zaproponowano zalecenia dotyczące projektowania podbudów z betonu jamistego. Brak mi tutaj wymagań dla wsp. wodoprzepuszczalności oraz nie jest wyjaśniony wskaźnik Ft.

W rozdziale 11 zamieszczono podsumowanie wyników pracy. Tutaj Doktorantka podsumowała wyniki badań z poprzednich rozdziałów oraz podała kryteria stosowania betonów jamistych w podbudowach nawierzchni betonowych.

W rozdziale 12 zamieszczono kierunki dalszych badań.

Do pracy dołączono pendrive w którym zamieszczono wszystkie wyniki badań zebrane w 5 załącznikach.

4. Ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa mgr inż. Danuty Beblacz dotyczy ważnego problemu dotyczącego projektowania technologii warstw drogowych, szczególnie podbudów betonowych, które spełniają również funkcje drenujące wodę. Prawidłowe odwodnienie konstrukcji nawierzchni zapewnia jej wymaganą trwałość eksploatacyjną. Przy czym podbudowy te są stosowane w nawierzchniach betonowych. Problemy te są studiowane w jednostkach badawczych w Europie i na świecie. W Polsce problem ten nie jest jeszcze jednoznacznie rozpoznany. Doktorantka podjęła się trudnego i ambitnego zadania

badawczego. Praca ta moim zdaniem ma ważne znaczenie poznawcze i techniczne dla rozwoju technologii materiałów drogowych w Polsce i nie tylko. Doktorantka zgodnie z sugestią recenzenta we wnioskach końcowych określiła warunki i kryteria projektowania podbudów drogowych z betonów jamistych. Doktorantka również, zgodnie z uwagą recenzenta do poprzedniej wersji pracy, zajęła się oceną naprężeń rozciągających występujących w podbudowach z betonów jamistych w nawierzchniach betonowych. To pozwoliło ocenić czy betony takie w ogóle można stosować w nawierzchniach drogowych. Doktorantka skupiła się na wytrzymałości na ściskanie. Ważna jest wytrzymałość na rozciąganie gdyż przekroczenie tej wytrzymałości powoduje zmianę struktury podbudowy z betonów drenujących. To, że Doktorantka stwierdziła brak zależności korelacyjnych pomiędzy niektórymi badanymi cechami wcale pracy nie dyskwalifikuje to też jest pewne osiągnięcie wskazujące na kierunki dodatkowych badań i analiz. Zdaniem recenzenta niekoniecznie należy dążyć do poszukiwania zależności korelacyjnych. Czasami wystarczy określenie minimalnej wartości jakiegoś parametru np. współczynnika filtracji, który będzie spełniał wymagania. Podobnie jest z innymi parametrami: modułem sprężystości czy wytrzymałością na ściskanie bądź na rozciąganie. Doktorantka badała 66 mieszanek o różnym składzie. Dla każdej mieszanki przygotowała po 6 próbek np. dla wytrzymałości na ściskanie oznacza to, że jest to pokaźny zbiór wyników badań. Zgodnie z uwagą recenzenta do poprzedniej wersji pracy zastosowała hipotezy statystyczne w celu wykazania czy określony parametr ma wpływ na daną cechę.

Podsumowując ocenę pracy stwierdzam, że temat podjęty w pracy jest ciekawy i interesujący z punktu widzenia zastosowania badanego materiału w warstwach podbudowy nawierzchni drogowej. Uwagi sformułowane w poprzedniej recenzji zostały uwzględnione w poprawionej wersji pracy.

5. Uwagi merytoryczne do pracy

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy stwierdzam, że Doktorantka uwzględniła większość uwag recenzenta sformułowanych w poprzedniej recenzji. W tym względzie nie wnoszę uwag. O uwzględnieniu tych uwag pisałem w p.3 oraz 4 niniejszej recenzji. Zauważyłem jeszcze kilka niedociągnięć redakcyjnych oraz merytorycznych w nowej wersji pracy, które jednakże nie wpływają na moją ostateczną ocenę rozprawy.

- 1) W rozdziale 9 należy usunąć rys. 9.3 ponieważ zgodnie z zaleceniami sformułowanymi w tab. 10.1 dla kategorii ruchu KR5 nie należy stosować podbudów z betonów jamistych.
- 2) Szkoda, że w tabeli 10.1 zamieszczonej w rozdziale 10 nie podano wymagań odnośnie wsp. filtracji. Wartości takie określiła Doktorantka w rozdziale 7.
- 3) Nie jest zdefiniowany ani w wykazie ważniejszych oznaczeń ani w objaśnieniach do tabeli 10.1 parametr Ft. Recenzent domyśla się, że może to być wytrzymałość na rozciąganie pośrednie betonów jamistych użytych do podbudowy.

6. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Danuty Beblacz pt: „Wpływ składu ziarnowego kruszywa na porowatość i wytrzymałość na ściskanie betonu do podbudowy drogowej”, dotyczy ważnego problemu dotyczącego technologii warstw drogowych, szczególnie podbudów betonowych, które spełniają również funkcje drenujące wodę. Stwierdzam, że opiniowana rozprawa spełnia wymagania określone przez ustawę na podstawie której była procedowana. Wnioskuje o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.

