

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.wroc.pl](mailto:antoni.szydlo@pwr.wroc.pl)

Wrocław, 30.06.2022r.

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Konrada Walotka pt: **"Badania i analizy mieszanek drogowych zawierających wybrane odpady antropogeniczne"**.

#### 1. Uwagi formalne

Recenzja rozprawy została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 28 kwietnia 2022 roku oraz pisma zlecającego nr RDILT.512.9.2022 z dnia 05.05.2022 r. podpisanego przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport dr hab. inż. Marcina Stańka, prof. P.Śl.

Promotorem rozprawy jest: prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka,  
Promotorem pomocniczym: Dr inż. Adrian Ciołczyk.

#### 2. Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy zagadnień związanych z badaniami i oceną przydatności do wbudowania, mieszanek składających się z: łupków przywęglowych nieprzepalonych, odpadów gumowych z opon samochodowych, popiołów i cementu (ŁGPC), w podbudowach nawierzchni drogowych lub wzmocnienia podłoża gruntowego. Jest to tematyka ważna, ponieważ dotyczy zagospodarowania odpadów antropogenicznych w budowlach inżynierii lądowej w szczególności w budownictwie drogowym. Praca ma charakter aplikacyjny i jest umiejscowiona w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Cel i tezy pracy są określone jednoznacznie. Celem pracy jest określenie możliwości i zakresu wykorzystania spoiwa składającego się z: miazgi gumowego, popiołu lotnego i cementu do poprawienia parametrów fizyko-mechanicznych łupka przywęglowego nieprzepalonego. W szczególności Doktorant optymalizował dodatek miazgi gumowego i jego wpływ na w/w parametry. Są to zagadnienia,

które są studiowane w instytutach badawczych w kraju i za granicą zlokalizowanych w aglomeracjach w których produkowana jest duża ilość odpadów przemysłowych. Temat pracy moim zdaniem został określony trafnie. Tym bardziej, że w Polsce, zwłaszcza w aglomeracji, gdzie zlokalizowana jest jednostka badawcza z której pochodzi Doktorant, znajduje się duża ilość przedmiotowych odpadów i równocześnie rozwijana jest infrastruktura drogowa.

### **3. Treść i zakres rozprawy**

Praca składa się z 5 rozdziałów, streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu literatury oraz dwóch załączników. Praca liczy w sumie 195 stron formatu A4. W pracy zestawiono spis wykorzystywanej literatury, zawierający 151 pozycje w skład których wchodzi artykuły, normy, katalogi, wytyczne oraz strony internetowe.

W rozdziale 1, w wprowadzeniu, Doktorant podał cel, tezy i zakres pracy. Zasadniczym celem pracy jest: „Ocena wpływu zróżnicowanych ilości dodatku mialu gumowego na parametry fizyko-mechaniczne (wytrzymałość na ściskanie, podatność na odkształcenia, nasiąkliwość, podciąganie kapilarne, zachowanie pod wpływem obciążenia cyklicznego) łupka przywęglowego nieprzepalonego związanego spoiwem”. Teza pracy jest następująca: „Miał gumowy, stanowiący składnik mieszanki związanej, której bazą jest łupek przywęglowy nieprzepalony pozwala na:

- uzyskanie porównywalnych wartości parametrów fizyko-mechanicznych niezależnie od pochodzenia i właściwości stosowanego łupka przywęglowego nieprzepalonego,
- zwiększenie odporności mieszanki na działanie wody, poprzez zmniejszenie wysokości podciągania kapilarnego oraz nasiąkliwości,
- zwiększenie zakresu deformacji sprężystych pod przyłożonym obciążeniem”.

W rozdziale 2 przedstawił stan wiedzy z zakresu wykorzystania materiałów odpadowych w inżynierii lądowej. Chodzi o materiały wykorzystywane przez Doktoranta a więc: łupki przywęglowe nieprzepalone, popioły lotne, odpady gumowe. Ponadto w rozdziale tym opisał system pomiarowy jaki wykorzystywał w pracy DIC ARAMIS 3D, pozwalający na pomiar odkształceń powierzchni badanych obiektów.

W rozdziale 3 Doktorant przedstawił badania własne. Scharakteryzował materiały używane do eksperymentu: łupki przywęglowe nieprzepalone (2 rodzaje), miał gumowy z opon samochodowych, popioły lotne krzemionkowe (wypełniacz), cement portlandzki CEM I 42,5 R. Opisał sposób formowania mieszaniny. Badania wykonał Doktorant w 2 etapach. W etapie

1 określał dla łupków przywęglowych nieprzepalonych związanych spoiwem złożonym z mialu gumowego, popiołów i cementu: wytrzymałość na ściskanie (7 i 28 dniowe), zastępczy moduł sztywności, zakres pracy sprężystej oraz plastycznej mieszanki, nasiąkliwość oraz podciąganie kapilarne. W etapie 2 zmienił rodzaj łupków przywęglowych oraz wykonał badania jak dla etapu 1, dodając badania odkształcalności mieszanki związanej za pomocą systemu pomiarowego ARAMIS 3D. W obu etapach były wykonane podstawowe badania mieszanki takie jak: przesiew, wskaźnik piaskowy, wilgotność optymalna, wskaźnik CBR.

W rozdziale 4 Doktorant zaprezentował wyniki badań z etapu 1 i 2 oraz skomentował je. Dla mieszaniny ŁGPC w funkcji zawartości mialu gumowego przedstawił dla etapu 1: zmianę gęstości, nasiąkliwości, podciągania kapilarnego, wytrzymałości, odkształceń podłużnych, deformację próbki (przemieszczenia) w funkcji przyłożonego obciążenia i jego powtarzalności (19 cykli obciążeń). Analizował zmianę modułu mieszaniny ŁGPC w funkcji powtarzalnych obciążeń. Dla etapu 2 Doktorant również dla mieszaniny ŁGPC w funkcji zawartości mialu gumowego przedstawił: zmianę gęstości, nasiąkliwości, podciągania kapilarnego, odkształceń, wytrzymałości. W tym etapie dla zmiany odkształceń w warunkach cyklicznego obciążenia zastosował do rejestracji odkształceń system pomiarowy ARAMIS 3D. Analizował zmianę modułu sprężystości w funkcji powtarzalnych obciążeń.

W rozdziale 5 podał podsumowanie swoich badań w zakresie wpływu zawartości mialu gumowego na: zmianę gęstości, wilgotności optymalnej, nasiąkliwości, podciągania kapilarnego, wytrzymałości na ściskanie, odkształceń pionowych, modułów w warunkach obciążeń cyklicznych. Podał możliwość zastosowania w budownictwie drogowym oraz zaprezentował wnioski w których udowodnił zrealizowanie postawionych tez oraz wskazał dalsze kierunki badań.

#### **4. Ocena rozprawy**

Recenzowana rozprawa mgra inż. Konrada Walotka dotyczy ważnego problemu dotyczącego zagospodarowania materiałów (gruntów) antropogenicznych w budownictwie drogowym. Problemy te są studiowane w jednostkach badawczych w kraju jak również w Europie i na świecie. Są to istotne badania decydujące o zagospodarowaniu materiałów odpadowych ale chroniące również zasoby naturalne kruszyw i gruntów. Doktorant podjął się trudnego i ambitnego zadania badawczego. Praca ta moim zdaniem ma ważne znaczenie poznawcze i techniczne dla rozwoju technologii zagospodarowania odpadów

antropogenicznych w budownictwie drogowym. Problem ma również aspekt ekonomiczny, gdyż ogranicza wykorzystanie kurczących się zasobów naturalnych kruszyw i gruntów.

Doktorant w celu udowodnienia postawionych tez wykonał obszerny program badań w laboratorium. Metodycznie i systematycznie udowadniał tezę, badając materiały odpadowe typu: kruszywo z łupków przywęglowych, który ulepszał spoiwem złożonym z miazgi gumowego, popiołów i cementu. W wyniku badań i analiz parametrów fizyko-mechanicznych mieszanin stwierdził, że nadają się one do zastosowania w podbudowach drogowych oraz do wzmocnienia podłoża gruntowego. Największą redukcję gęstości maksymalnej uzyskuje się przy 5% zawartości miazgi gumowego. Dodatek miazgi gumowego w zakresie 5-10% powoduje zmniejszenie nasiąkliwości mieszaniny. Najniższe wartości podciągania kapilarnego uzyskuje się dla 10% dodatku miazgi gumowego. Dodatek miazgi gumowego powoduje zmniejszanie się wytrzymałości na ściskanie. Dodatek miazgi gumowego powoduje również wzrost odkształcalności pionowej. Obserwuje się spadek modułu wraz ze wzrostem zawartości miazgi gumowego. Przy obciążeniach cyklicznych obserwuje się spadek modułu sprężystości przy zmiennych zawartościach miazgi gumowego.

Doktorant wnioski formułował wykorzystując własne zbiory wyników badań. Po zakończeniu każdego podrozdziału formułował wnioski częściowe. Przedstawione w zakończeniu pracy wnioski opierają się o rezultaty badań i studiów teoretycznych, stanowiąc ich uogólnienie. Prezentowana w rozprawie bibliografia jest aktualna i odnosząca się do zagadnień studiowanych w pracy.

## **5. Uwagi merytoryczne i pytania do Doktoranta**

Pewnym niedociągnięciem pracy są niezbyt rozbudowane analizy statystyczne wyników badań. Wprawdzie Doktorant analizuje odchylenie standardowe wyników badań jednakże twierdzenia Doktoranta o wpływie danego parametru powinno być sprawdzane za pomocą hipotez statystycznych.

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy nasuwają się następujące pytania do Doktoranta:

- 1) Brak jest podsumowania studiów literatury i wynikających stąd wniosków.
- 2) Czy Doktorant analizował pochodzenie miazgi gumowego, rodzaj opon: pojazdy osobowe czy ciężarowe? Opony te różnią się składem.

- 3) Dlaczego Doktorant nie badał wytrzymałości na rozciąganie np. poprzez rozłupywanie? W metodach wymiarowania nawierzchni drogowych sprawdza się wytrzymałość na rozciąganie.
- 4) Czym należy tłumaczyć spadek modułu sprężystości przy cyklicznym obciążaniu? W gruntach obserwuje się wzrost modułu przy cyklicznych obciążeniach.
- 5) Czy duża odkształcalność warstwy ŁGPC nie spowoduje zjawiska koleinowania nawierzchni (tzw. koleinowanie strukturalne)?
- 6) Czy Doktorant analizował zależności odkształceń uzyskiwane z przemieszczeń (deformacji) z odkształceniami uzyskiwanymi za pomocą zestawu ARAMIS?
- 7) Czy uzyskiwane wartości podciągania kapilarnego spełniają WT odnośnie wysadzinowości?
- 8) Jaki jest pogląd Doktoranta na mrozoodporność badanych mieszanek?

## **6. Uwagi redakcyjne**

Praca moim zdaniem napisana jest poprawną polszczyzną i czyta się ją z zainteresowaniem. Poniżej podaję wybrane uwagi redakcyjne:

- 1) Moim zdaniem opis systemu pomiarowego DIC ARAMIS 3D powinien znajdować się w rozdziale w którym analizowane są wyniki badań przeprowadzone za pomocą tej aparatury.
- 2) W pracy w wyrazach pojawiają się tzw. literówki. Są to nieliczne przypadki.

Mam nadzieję, że przy ewentualnej publikacji wyników badań Autorka wyeliminuje w/w uwagi redakcyjne.

## **7. Osiągnięcia zawarte w rozprawie**

Biorąc pod uwagę całość przedstawionej rozprawy stwierdzam, że dotyczy ona ważnego zagadnienia związanego z badaniem materiałów antropogenicznych i wykorzystaniem ich w budownictwie drogowym. Badania Doktoranta pozwoliły na określenie warunków technologicznych doboru składu mieszanek w celu wbudowania materiałów odpadowych w podbudowy nawierzchni drogowych oraz jako wzmocnienie podłoża. Opracowane kryteria pozwalają na racjonalne wykorzystanie materiałów odpadowych co związane jest z ochroną zasobów naturalnych.

Autor do realizacji celów pracy i udowodnienia postawionych tez wykonał obszerny program badań, zbierając dane empiryczne w warunkach laboratoryjnych.

W sposób czytelny metodami naukowymi to jest na podstawie badań i analiz wyników obserwacji zebranych w badaniach laboratoryjnych, Doktorant rozwiązał zadanie naukowe. Zaproponował rozwiązanie technologiczne pozwalające na wykorzystywanie materiałów odpadowych w budownictwie drogowym w szczególności do podbudów drogowych lub wzmocnienia podłoża gruntowego. Ponadto zaproponował metody badań tych mieszanek w taki sposób ażeby spełnić i zweryfikować wymagania eksploatacyjne stawiane nawierzchniom drogowym. Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia prac badawczych i rozwiązywania problemów naukowych.

Podane powyżej uwagi nie umniejszają wartości rozprawy jako całości i mam nadzieję, że zostaną wyjaśnione podczas obrony pracy.

## **8. Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Konrada Walotka pt: „Badania i analizy mieszanek drogowych zawierających wybrane odpady antropogeniczne” , zawiera rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na dobry poziom wiedzy Doktoranta z dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, a także na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Kandydata. Stwierdzam, że opiniowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania określone przez ustawę wg której procedowany jest przewód doktorski.

Przedkładam Radzie Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Recenzję podpisał  
Antoni Szydło