

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Artura Juszczyka

pt.: „Analiza nośności stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem eksploatacyjnym na gruntach słabonośnych”, napisanej na Uniwersytecie Zielonogórskim w Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, pod kierunkiem dr hab. inż. Adama Wysokowskiego, prof. UZ

1. Formalna podstawa opracowania recenzji

Formalną podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, przesłana pismem z dnia 29.09.2016 r., podpisanym przez Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska.

2. Ogólna charakterystyka zawartości rozprawy

Recenzowana rozprawa zawiera spis treści, wstęp, siedem rozdziałów, podziękowania, bibliografię, wykaz przepisów i norm, spis tabel, spis rysunków oraz 20 załączników zawierających wyniki statycznej próby rozciągania stali (załączniki 1÷4), wykresy statycznej próby rozciągania stali (załączniki 5÷8), wyniki analizy granulometrycznej gruntów (załączniki 9÷17) oraz wyniki badań laboratoryjnych niektórych właściwości gruntu S1 (załączniki 18÷20).

Po wstępie, w kolejnych rozdziałach, Doktorant przedstawił cel i zakres pracy, problematykę tymczasowych nawierzchni drogowych, badania własne, wyniki badań modelowych, analizę wyników badań, podsumowanie oraz wnioski końcowe.

Bibliografia obejmuje 59 źródeł literatury związanej z rozprawą. Rozprawa razem z załącznikami liczy 109 stron.

Do struktury rozprawy mam dwie uwagi. Pierwsza dotyczy braku streszczenia rozprawy. Umieszczenie streszczenia w języku polskim jest dobrym zwyczajem. Natomiast streszczenie w języku angielskim jest obowiązkowym elementem rozprawy

doktorskiej. Wynika to z treści art. 13 ust. 6 *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki w brzmieniu „Rozprawa doktorska powinna być opatrzona streszczeniem w języku angielskim, a rozprawa doktorska przygotowana w języku obcym również streszczeniem w języku polskim. W przypadkach, gdy rozprawa doktorska nie ma formy pisemnej powinna być opatrzona opisem w języku polskim i angielskim”*. Ponieważ recenzowana rozprawa doktorska jest napisana w języku polskim, to obowiązkowo powinna zawierać streszczenie w języku angielskim. Brak takiego streszczenia może być podstawą nie spełnienia formalnego warunku zgodności rozprawy doktorskiej z *Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki*.

Druga uwaga dotyczy braku wykazu ważniejszych symboli i oznaczeń używanych w rozprawie doktorskiej. Taki wykaz nie jest ustawowo wymagany, ale ułatwiałby zapoznanie się treścią rozprawy, w której symbole i oznaczenie są używane w różnych miejscach.

Zwracam także uwagę na zbyt szerokie określenie stanu gruntów w tytule rozprawy, tj. gruntów słabonośnych. Doktorant objął badaniami dziewięć gruntów (osiem piasków i jedną pospółkę), zaklasyfikowanych według normy europejskiej do grupy gruntów gruboziarnistych. Grunty te po zagęszczeniu nie są słabonośne i stanowią podłoża drogi zaklasyfikowane do kategorii G1 według *Katalogu typowych nawierzchni podatnych i półsztywnych*. Z tego powodu treści rozprawy bardziej odpowiada na przykład tytuł *Analiza nośności stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem na gruntach gruboziarnistych w stanie luźnym*.

3. Teza i cel rozprawy

Recenzowana rozprawa dotyczy badań i analizy nośności stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem na gruntach gruboziarnistych w stanie luźnym. Kierunki badań zrealizowanych przez Doktoranta dotyczą w szczególności tymczasowych dróg technologicznych, które obecnie najczęściej wykonywane są z płyt betonowych lub gruntu. Należy zwrócić uwagę, że czasem drogi tymczasowe są także wykonywane z mieszanek mineralno-asfaltowych. Według Doktoranta alternatywnym (a właściwie powinno być - wariantowym) rozwiązaniem jest lekka konstrukcja z prętów stalowych ułożona na podłożu gruntowym i współpracująca z gruntem w przenoszeniu obciążeń od pojazdów. Taka konstrukcja jest przedmiotem rozprawy doktorskiej.

Tezy i cele rozprawy zostały przedstawione w rozdziale 1. pt. *Cel i zakres pracy*.

Tezy pracy zaproponowane przez Doktoranta są następujące:

T.1 Istnieje taki rozstaw prętów równoległych, dla którego w sposób znaczący występuje interakcja pomiędzy prętami.

T.2. Zwiększenie średnicy prętów stalowego rusztu istotnie zwiększa zdolność przekazywania obciążeń na podłoże gruntowe.

T.3. Pręty zebrowane, w tych samych warunkach, mogą przekazywać większe obciążenia na podłoże gruntowe niż pręty gładkie.

Doktorant określił następujące dwa cele teoretyczne swoich badań:

- wyznaczenie optymalnego rozstawu prętów w stalowym ruszcie drogowym współpracującym z gruntem, tak aby rozkład obciążeń w gruncie był równomierny przy minimalnym wykorzystaniu stali konstrukcyjnej,
- wyznaczenie charakterystycznych parametrów podłoża możliwych do określenia na podstawie standardowych badań geotechnicznych, pozwalających na bezpieczne dopuszczenie do stosowania w drogownictwie prętowych rusztów.

Zwracam uwagę, że w pierwszym celu teoretycznym należałoby doprecyzować określenie *minimalne wykorzystanie stali konstrukcyjnej*. Prawdopodobnie chodzi o *minimalne zużycie* lub *minimalną ilość stali* konstrukcyjnej w ruszcie drogowym.

Drugi cel teoretyczny jest w zasadzie celem praktycznym, ponieważ dotyczy *dopuszczenia do stosowania w drogownictwie prętowych rusztów*. Cel ten jeśli ma być bardziej teoretyczny to powinien mieć na przykład brzmienie:

- wyznaczenie charakterystycznych parametrów podłoża możliwych do określenia na podstawie standardowych badań geotechnicznych, niezbędnych do opracowania zasad projektowania nawierzchni z prętowych rusztów stalowych.

Doktorant określił także cele praktyczne rozprawy, a mianowicie:

- określenie warunków użytkowania stalowych rusztów drogowych na gruntach słabonośnych,

- wyznaczenie współczynnika określającego bezpieczną eksploatację stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem technologicznym.

Do celów praktycznych nie zgłaszam uwag.

W rozdziale 1 na str. 8 Doktorant podał, że do badań przyjęto podłoże z gruntów gruboziarnistych. Ponieważ stosowanie norm w Polsce jest dobrowolne należałoby doprecyzować, że grunty (piaski i pospółkę) zaklasyfikowano do gruntów gruboziarnistych według normy europejskiej, która różni się od wcześniej używanej normy polskiej dotyczącej klasyfikacji gruntów budowlanych.

4. Uwagi merytoryczne do poszczególnych rozdziałów rozprawy

Uwagi do rozdziału 1 pt. *Cel i zakres pracy* przedstawiłem w poprzednim punkcie recenzji.

Rozdział 2 jest zatytułowany *Tymczasowe nawierzchnie drogowe*. W rozdziale tym Doktorant przedstawił przegląd literatury związanej z nawierzchniami tymczasowymi. Przegląd ten jest jednak niepełny. Przede wszystkim brakuje informacji o zasadach uwzględniania obciążenia tymczasowych nawierzchni drogowych. W niektórych krajach przewidziano sprawdzenie odporności konstrukcji drogi na odkształcenia pod wpływem ruchu pojazdów budowlanych. Przykładem takiego postępowania jest brytyjska metoda projektowania, która przewiduje sprawdzenie odporności podbudowy, a także ulepszonych podłoża i podłoża naturalnego, na odkształcenia pod wpływem ruchu pojazdów budowlanych. Do obliczeń przyjęto model sprężystej półprzestrzeni warstwowej obciążony naciskiem koła obliczeniowego o ciężarze $P = 40$ kN, powodującego naprężenie działające na podbudowę $p = 0,56$ MPa. Obliczenie odporności podbudowy i podłoża na odkształcenia polega na określeniu prognozowanego ruchu budowlanego (przejeżdżających osi standardowych pojazdów budowlanych o nacisku na oś $2P = 80$ kN) i obliczeniu odkształcenia podłoża ε_z . Obliczone odkształcenie względne podłoża nie powinno być większe od dopuszczalnego odkształcenia względnego $\varepsilon_z \leq \varepsilon_z^{dop}$, które jest malejącą funkcją logarytmiczną przejeżdżających liczby osi obliczeniowych pojazdów budowlanych N (np. dla $N = 10$ - $\varepsilon_z^{dop} = 0,01$, a dla $N = 100$ - $\varepsilon_z^{dop} = 0,005$). Takie dane powinny być przedstawione w omawianym rozdziale.

W podrozdziale 2.3. pt. *Historia drogowych nawierzchni metalowych* bardzo pobieżnie odniesiono się do zastosowań nawierzchni metalowych w Polsce, przedstawionych np. w publikacji M. Skowrona pt. *Brak żelazny w Warszawie* (Drogownictwo, luty 2016 r.). Również w tym rozdziale podano ciężar w kg/m^3 , co nie jest poprawne.

Przedstawiony przez Doktoranta przegląd literatury zawiera wiele mało przydatnych pod względem naukowym, bardzo ogólnych informacji o problematyce drogowej. Do niektórych danych Doktorant odnosi się bezkrytycznie. Na przykład na str. 29 podaje następującą definicję: *Grunty pęczniejące (wysadzinowe), które zwiększają swoją objętość na skutek dopływu wody. Są to głównie ility oraz grunty o dużej zawartości frakcji ilastej.* Taka definicja nie jest poprawna. Pęcznienie i wysadzinowość nie są właściwościami równoważnymi. Ponadto wysadzinowe są również niektóre grunty zawierające dużo cząstek pyłowych, a nie iłowych. Natomiast pęczniejące, ale niewysadzinowe, mogą być grunty zasolone.

W rozdziale tym zauważyłem niepotrzebne powtórzenie. Na str. 27 jest mało przydatny pod względem naukowym i luźno związany z rozprawą następujący tekst: *Infrastruktura komunikacyjna przebiega przez tereny o zróżnicowanym zagospodarowaniu. Dla ograniczenia ingerencji w środowisko naturalne realizowane są różnego rodzaju przepusty i przejścia dla zwierząt. Jednocześnie wprowadza się różnorodne wygradzenia w celu zwiększenia efektywności obiektów inżynierskich, którymi migrują zwierzęta. Należy wziąć pod uwagę, że te same potrzeby dotyczą również tymczasowych dróg technologicznych na czas budowy infrastruktury komunikacyjnej.* Identyczny tekst umieszczono na str. 33!!! Po co?

W podrozdziale 2.8. pt. *Podsumowanie* Doktorant stwierdził, że *Niewątpliwie największym zagrożeniem dla nawierzchni tymczasowych dróg jest oddziaływanie dynamiczne poruszających się pojazdów.* Uważam jednak, że nie mniej istotnym czynnikiem może być oddziaływanie klimatyczne, a zwłaszcza mrozowe, w przypadku konstrukcji na podłożu z gruntów wysadzinowych, przy wysokim poziomie wody gruntowej.

W rozdziale 3 pt. *Badania własne* Doktorant przedstawił opis metod badań zastosowanych materiałów (a właściwie materiałów i wyrobów) oraz opis przyjętych metod badań modelowych.

W początkowej części tego rozdziału Doktorant podał, że *Przygotowany program badań ukierunkowano na piaski w stanie luźnym* (str. 35). Stwierdzenie to nie jest precyzyjne, ponieważ programem badań objęto piaski oraz pospółkę, czyli grunty gruboziarniste.

Wymaga wyjaśnienia, dlaczego w badaniach modelowych przyjęto luźny stan zagęszczenia tych gruntów. W przypadku budowy dróg tymczasowych, podłoże z gruntów gruboziarnistych można zagęścić ciężkim walcem do głębokości około 1,0 m. Oznacza to, że w praktyce ruszt stalowy będzie można układać na zagęszczonym podłożu z gruntów gruboziarnistych, a nie na podłożu luźnym.

W podrozdziale 3.1.2. pt. *Grunt* (powinno być *Grunty*) Doktorant przeprowadził ocenę pochodzenia gruntów zastosowanych w badaniach, a wyniki oceny zestawiał w tabelicy 5 (str. 39). Jaki był cel tej oceny i czy określenie genezy tych gruntów miało wpływ na wyniki przeprowadzonych badań modelowych?

Doktorant wykonał badania uziarnienia i wynikających z niego wskaźników 9 gruntów (tablica 6, str. 41) oraz oznaczył minimalne i maksymalne gęstości szkieletu 5 wybranych gruntów (tablica 7, str.42). Ten zakres badań był uzasadniony potrzebą wiedzy, jaki będzie stan zagęszczenia gruntów podczas badan modelowych.

Natomiast dodatkowo został wykonany szeroki zakres badań gruntu S1, obejmujący zawartość części organicznych, gęstość właściwą ziaren (w tabelicy 8 jest błędnie wpisana gęstość objętościowa ziaren), nasiąkliwość ziaren, wskaźnik piaskowy, wilgotność optymalną, jamistość i wskaźnik CBR. Jaki był cel tych badań? Na przykład wątpliwości budzi celowość oznaczania wilgotności optymalnej. Z opisu metodyki badań modelowych podanego w podrozdziale 3.2.3. *Metodyka i przeprowadzenie pomiarów* wynika, że grunty nasypywane do cylindrów były w stanie powietrzno-suchym (str.49), a nie przy wilgotności optymalnej.

Odnosnie przeprowadzonych badań modelowych (zwłaszcza w cylindrach A i B) można zauważyć, że prawdopodobny jest istotny wpływ wielkości tych cylindrów i sztywności podłoża na wyniki pomiarów. Natomiast stwierdzenie Doktoranta, że *Z uwagi na zróżnicowaną budowę geologiczną Polski, wykonanie badań stalowych rusztów jako konstrukcji nawierzchni dróg tymczasowych sprawia wiele trudności* (str. 51) jest niezrozumiałe i wymaga wyjaśnienia.

W rozdziale 4. pt. *Wyniki badań modelowych* nie podano informacji, jaki był stopień zagęszczenia gruntów podczas badań. Ma to istotne znaczenie, ponieważ można założyć, że prawdopodobnie pomiędzy wynikami pomiarów przemieszczeń, a stopniem zagęszczenia podłoża istnieje zależność.

W rozdziale 5 pt. *Analiza wyników badań* przyjęto liniowy przebieg zależności pomiędzy przyłożonym obciążeniem a przemieszczeniem. Wymaga wyjaśnienia dlaczego przyjęto takie uproszczenie. Z rys. 28 na str. 61 widać, że zależność liniowa nie obowiązuje na całej długości analizowanej funkcji. Ponadto badania wykonano na podłożach z gruntów w stanie luźnym. Czy przyjęte uproszczenie w postaci funkcji liniowej będzie spełnione w przypadku podłoża z gruntów gruboziarnistych w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym?

Na str. 63 Doktorant pisze: *Grunt S9 (pospółka) najlepiej uziarniony oraz zagęszczony spośród badanych, nie stanowił lepszego podłoża dla badanego układu prętów.* Co oznacza najlepiej uziarniony? Nie można się także odnieść do stanu zagęszczenia tego gruntu, ponieważ nie podano stopnia zagęszczenia (na przykład początkowego) gruntów podczas badania.

W rozdziale 6 pt. *Podsumowanie* bardzo ogólne uwagi o drogach tymczasowych i nawierzchniach drogowych z żelaza podane na str. 73 są niepotrzebne, ponieważ zostały omówione w przeglądzie literatury umieszczonym w rozdziale. 2

Na tej samej stronie Doktorant podaje, że *Uzyskane zagęszczenie podłoża oraz jego uziarnienie sprawiają, że jest ono bardzo wrażliwe na upłynnienie i tym samym może być określane jako słabonośne.* Jak wspomniałem wcześniej, Doktorant badał grunty gruboziarniste, które po zagęszczeniu mają dużą nośność. Nie badał upłynnienia tych gruntów, a ich mała nośność wynika ze stanu zagęszczenia. Przedstawione stwierdzenie wymaga wyjaśnienia i doprecyzowania.

Na stronie 75 Doktorant podaje, że *Zrealizowane badania potwierdzają możliwość realizacji nawierzchni drogowej w postaci rusztu z okrągłych prętów stalowych, na piaskach w stanie luźnym.* Jednym z badanych gruntów była pospółka. Czy nie należy odnieść tej konkluzji także do pospółek?

W rozdziale 7 Doktorant przedstawia wnioski końcowe. Wniosek nr 6 wymaga poprawienia ponieważ nie powinien dotyczyć gruntów piaszczystych lecz gruntów gruboziarnistych, które były przedmiotem badań. Druga część tego wniosku dotycząca podłoża modelowego nie wynika z przeprowadzonych badań. Wniosek nr 7 także nie wynika z przeprowadzonych badań. We wnioskach brakuje konkluzji odnośnie wyznaczenia charakterystycznych parametrów podłoża możliwych do określenia na podstawie standardowych badań geotechnicznych, pozwalających na bezpieczne

dopuszczenie do stosowania w drogownictwie prętowych rusztów, tj. odniesienia się do drugiego celu teoretycznego zdefiniowanego przez Doktoranta w rozdziale 1. pt. *Cel i zakres pracy*.

5. Uwagi redakcyjne do rozprawy

Rozprawa jest na ogół napisana poprawnie pod względem językowym. Nie mam także poważnych uwag do technicznej i edytorskiej strony rozprawy, a jedynie kilka następujących drobnych uwag:

- Doktorant w dopełniaczu liczby mnogiej używa wyrazu *ziarn*, a powinno być *ziaren*,
- niektóre sformułowania są niezręczne lub niejasne, np. na str. 35 *Problem kontaktu oraz współpracy konstrukcji prętowej z podłożem jest bardzo złożonym zjawiskiem* lub na str. 73 *Obecnie drogi tymczasowe to zagadnienie, bez którego w praktyce nie ma możliwości realizacji inwestycji*,
- Doktorant niezgodnie z przyjętymi zasadami podaje numerację przytoczonych ustaw, np. na str. 25 ustawa jest zidentyfikowana następująco: *Dz. U. nr 0, poz. 124, 2016*. Od czasu rezygnacji druku *Dziennika Ustaw* nie podaje się jego numeru, a poprawnie należy określić ustawę w następujący sposób: *Dz. U. z 2016 r., poz. 124, z późn. zm.*

6. Wniosek końcowy

Pomimo przedstawionych uwag stwierdzam, że recenzowana praca doktorska zawiera interesujące oryginalne wyniki badań i analizy nośności stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem na gruntach gruboziarnistych w stanie luźnym. Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz Doktorant przedstawił wnioski o charakterze poznawczym. Rozprawa zawiera także wnioski praktyczne i może być wykorzystana do opracowania zasad wykonywania stalowych rusztów na drogach tymczasowych.

Na podstawie dokonanej oceny stwierdzam, że pod względem merytorycznym rozprawa doktorska mgr inż. Artura Juszczyka pt. *Analiza nośności stalowych rusztów drogowych pod obciążeniem eksploatacyjnym na gruntach słabonośnych*, napisana na Uniwersytecie Zielonogórskim w Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, pod kierunkiem dr hab. inż. Adama Wysokowskiego, prof. UZ, spełnia wymagania określone w *Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* i wymagania podane w

Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Rozprawa ta może stanowić podstawę do nadania Doktorantowi stopnia naukowego doktora.

Jednakże pod względem formalnym, z uwagi na brak streszczenia w języku angielskim, rozprawa nie spełnia postanowienia art. 13 ust. 6 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki w brzmieniu „Rozprawa doktorska powinna być opatrzona streszczeniem w języku angielskim, a rozprawa doktorska przygotowana w języku obcym również streszczeniem w języku polskim. W przypadkach, gdy rozprawa doktorska nie ma formy pisemnej powinna być opatrzona opisem w języku polskim i angielskim”.

W związku z powyższym dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy powinno być poprzedzone uzupełnieniem treści rozprawy o streszczenie w języku angielskim.

