



Dr hab. inż. **Adam Zofka**, prof. nzw. IBDIM
Sekretarz Naukowy IBDiM
Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDIM)
ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa
azofka@ibdim.edu.pl
+48 604 132 971

Warszawa, 5 CZERWCA 2017

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Mejłuna
ANALIZA LEPKOSPĘŻYSTA NAWIERZCHNI DROGOWYCH
Z ZASTOSOWANIEM BETONU ASFALTOWEGO KONWENCJONALNEGO
I O WYSOKIM MODULE SZTYWNOŚCI

1. PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Podstawą formalną wykonania recenzji jest ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) a w szczególności Artykuły 11, 12 oraz 13 (zwana dalej *Ustawą*). Recenzja została wykonana na prośbę Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej przekazaną w formie pisma z dnia 24.04.2017 r.

2. PRZEDMIOT RECENZJI

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem „Analiza lepkospężysta nawierzchni drogowych z zastosowaniem betonu asfaltowego konwencjonalnego i o wysokim module sztywności” wykonana w Katedrze Inżynierii Drogowej Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej przez mgra inż. Łukasza Mejłuna. Promotorem niniejszej rozprawy jest dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. nadzw. PG a promotorem pomocniczym dr inż. Bohdan Dołżycki.

Rozprawa została przygotowana w formie książki i składa się z 235 stron, w tym 42 stron to Załączniki. Bibliografia obejmuje 126 pozycji oraz dodatkowo 44 normy.

3. OMÓWIENIE TREŚCI ROZPRAWY

Rozprawa składa się zasadniczo z czterech części: 1) przeglądu literatury wraz z podstawami teoretycznymi, 2) opisu materiałów, metodyki badań laboratoryjnych oraz analizy wyników tych badań, 3) analizy właściwości lepkospężystych betonów asfaltowych konwencjonalnych AC i betonów asfaltowych o wysokim module sztywności AC-WMS oraz 4) analizy lepkospężystego zachowania się nawierzchni asfaltowej z warstwami wykonanymi z betonów asfaltowych konwencjonalnych i o wysokim module sztywności z wykorzystaniem programu VEROAD. Ponadto znajdują się jeszcze dwa typowe rozdziały, tj. Wstęp i Wnioski Końcowe. Wszystkie części rozprawy stanowią spójną całość, tzn. poszczególne rozdziały wprowadzają czytelnika do tematyki rozprawy i wzajemnie się uzupełniają.

Niniejsza praca doktorska ma dwa zasadnicze cele - naukowy jak i praktyczny. Celem o charakterze naukowym jest wyznaczenie właściwości lepkosprężystych i parametrów modeli reologicznych betonów asfaltowych na podstawie badań pod obciążeniem powtarzalnym oraz ich wykorzystanie w analizie konstrukcji nawierzchni asfaltowej w wysokich temperaturach. Praktycznym celem jest zaś zbadanie wpływu podbudów drogowych wykonanych z konwencjonalnych AC i o wysokim module sztywności AC-WMS na lepkosprężyste zachowanie się konstrukcji nawierzchni i powstawanie trwałych deformacji warstw asfaltowych. Oba cele reprezentują interesujące i ambitne zagadnienie, które jest, z jednej strony, szczególnie potrzebne w polskiej przestrzeni naukowej oraz z drugiej strony niezwykle istotne w sensie praktycznym uwzględniając znaczną skalę wykorzystania materiałów typu AC-WMS w Polsce.

Rozdział 2 stanowi wprowadzenie do studiów nt. podbudów drogowych, analizy właściwości lepkosprężystych mm-a oraz analizy konstrukcji nawierzchni z wykorzystaniem tego typu właściwości. Przegląd literatury jest kompletny i zawiera sposoby uwzględniania w projektowaniu mieszanek typu AC-WMS w Polsce i na świecie.

Rozdział 3 obejmuje szereg zagadnień teoretycznych będących podstawą do późniejszych analiz wyników badań laboratoryjnych oraz analizy lepkosprężystej konstrukcji nawierzchni. W szczególności ten rozdział zawiera następujące elementy: podstawy teorii lepkosprężystości, reologiczne modele materiałowe, opis parametrów charakteryzujących lepkosprężyste zachowanie się mieszanek mineralno-asfaltowych w badaniu pod obciążeniem powtarzalnym, lepkosprężysty model wielowarstwowej konstrukcji nawierzchni, oraz analizę temperatur nawierzchni występujących w polskich warunkach klimatycznych.

Rozdział 4 prezentuje szczegółowo badania laboratoryjne mm-a. W tym rozdziale są zawarte wszystkie logiczne części procesu badawczego, tj. plan eksperymentu, materiały składowe, dobór składu mm-a oraz dokładny opis metodyki dwóch typów badań laboratoryjnych wykorzystanych w niniejszej pracy, tj. odporności na koleinowanie oraz badanie zachowania się materiału mm-a w jednoosiowym ściskaniu w warunkach kontrolowanego obciążenia powtarzalnego (cyklicznego).

Rozdziały 5 i 6 stanowią najważniejsze elementy recenzowanej rozprawy. W Rozdziale 5 została szczegółowo przedstawiona metodyka wyznaczania lepkosprężystych właściwości badanych materiałów na podstawie badań laboratoryjnych. Szczególnie znaczące było wykorzystanie dwóch lepkosprężystych modeli Burgersa i Hueta-Sayegha oraz rozpatrzenie nie tylko samego modułu dynamicznego $|E^*|$ ale także komplementarnego kąta przesunięcia fazowego φ . Znajduje się tutaj również oryginalna analiza maksymalnych wartości kątów przesunięcia fazowego φ_{\max} i zaproponowanie trzech przypadków warunków czasowo-temperaturowych dla modułu dynamicznego $|E^*|$ oraz kątów φ . To oryginalne podejście zostanie później wykorzystane przy interpretacji wyników analizy pracy konstrukcji nawierzchni. Kolejnym praktycznym aspektem zaprezentowanym w Rozdziale 5 jest weryfikacja dopasowania modeli Burgersa i Hueta-Sayegha do danych laboratoryjnych. Zaobserwowane różnice względne pozwalają stwierdzić, że model Hueta-Sayegha lepiej niż model Burgersa opisuje rzeczywiste zachowanie się mm-a w badaniu pod obciążeniem powtarzalnym dla każdej z temperatur i dla każdej częstotliwości obciążenia.

Rozdział 6 prezentuje analizę zachowania się konstrukcji nawierzchni drogowej modelowanej jako układ lepkosprężystych i sprężystych warstw, obciążonej od poruszającego się koła. Szczegółowo zostały tutaj przedstawione założenia i uproszczenia modelu wielowarstwowego a analiza została oparta na czterech wielkościach pracy konstrukcji nawierzchni, tj. jedno przemieszczenie, dwa odkształcenia oraz głębokość koleiny na powierzchni jezdni. W prezentacji wyników została przedstawiona analiza wpływu warunków czasowo-temperaturowych, analiza wpływu zastosowania różnych modeli reologicznych oraz w końcu porównanie wpływu zastosowania mm-a typu AC-WMS oraz konwencjonalnego AC na lepkosprężyste wielkości rozpatrywanej konstrukcji nawierzchni. Ten rozdział bardzo dobrze reprezentuje przykład samodzielnej pracy naukowej mgr inż. Łukasza Mejłuna.

Całość rozprawy zamyka podsumowanie i wnioski z całej pracy oraz kierunki przyszłych prac badawczych. Należy także wspomnieć, że większość rozdziałów zaczyna się od wprowadzenia oraz określenia celów i kończą się na podsumowaniu co znacznie ułatwia śledzenie postępów cząstkowych w rozprawie.

4. OCENA ROZPRAWY

Ocena rozprawy została przedstawiona w dwóch częściach. W pierwszej części znajduje się ogólna ocena merytoryczna z wyszczególnieniem wybranych oryginalnych, według recenzenta, aspektów rozprawy. z kolei w drugiej części oceny są zawarte szczegółowe również wybrane uwagi recenzenta zarówno natury merytorycznej jak i stylistycznej. Należy podkreślić, że wszystkie uwagi z drugiej części oceny zostały przedyskutowane przez recenzenta z Panem mgr inż. Łukaszem Mejłunem podczas spotkania w dniu 2 czerwca 2017 r. Pan mgr inż. Łukasz Mejłun zadowolająco wyjaśnił wszystkie uwagi, które zostały udokumentowane w niniejszej recenzji ze względów formalnych.

Ocena merytoryczna

Dobór tematyki, cele badawcze oraz zakres prac recenzowanej rozprawy dobrze adresują obecne potrzeby naukowe w dziedzinie drogownictwa rozpatrywane w Polsce i na świecie. Zagadnienie jest potraktowane poprawnie i kompleksowo, tzn. zawiera przegląd literatury, część teoretyczną, badania laboratoryjne oraz modelowanie lepkosprężyste konstrukcji nawierzchni drogowej. Według recenzenta jest to bardzo dobre ujęcie zagadnienia i efektywna próba analizy konstrukcji nawierzchni asfaltowej w wysokich temperaturach z wykorzystaniem właściwości lepkosprężystych.

Niniejsza praca przedstawia pierwszy w Polsce oryginalny i kompleksowy projekt dotyczący badań właściwości lepkosprężystych mm-a z wykorzystaniem urządzenia typu AMPT (ang. Asphalt Mixture Performance Tester). Jest to zaawansowane urządzenie pozwalające na wykonanie trzysosiowych badań mm-a w stosunkowo szerokim zakresie temperatur i częstotliwości. W niniejszej pracy Pan mgr inż. Łukasz Mejłun poruszył szereg istotnych zagadnień związanych z badaniami w urządzeniu AMPT i przedstawił kilka oryginalnych rozwiązań, które mogą posłużyć innym polskim naukowcom w adaptacji tego urządzenia (i ogólnie tej metodyki) do badań naukowych.

Wyniki z badań w urządzeniu AMPT zostały wykorzystane w metody mechanistycznej pracy konstrukcji nawierzchni do oceny wpływu parametrów lepkosprężystych na cztery istotne parametry stanu pracy. Takie podejście pozwoliło doktorantowi na stworzenie unikalnego narzędzia, które wykorzystał do porównania konwencjonalnych betonów asfaltowych z mieszankami typu AC-WMS w warstwach wiążących i/lub podbudowach. Poskutkowało to, według recenzenta, bardzo praktycznym wnioskiem iż już podczas etapu wyboru materiału do tych warstw spośród konkretnych betonów asfaltowych i mieszanek AC-WMS, jest pożądane żeby ocenić ich właściwości lepkosprężyste w warunkach laboratoryjnych oraz przeprowadzić odpowiednią analizę lepkosprężystą zachowania się całej konstrukcji nawierzchni po ich wbudowaniu. Może okazać się na przykład, jak w niniejszej pracy, że odpowiednio zaprojektowany do podbudowy beton asfaltowy może, pod względem lepkosprężystej pracy konstrukcji nawierzchni, zachowywać się bardzo porównywalnie do alternatywnych mieszanek AC-WMS. Wspólnie z innymi badaniami i analizą, na przykład pod kątem spękań niskotemperaturowych i analizą cyklu życia, pozwoliłoby to kompleksowo i obiektywnie ocenić, który materiał jest najbardziej efektywny do wbudowania w konkretnej konstrukcji nawierzchni.

Bardzo ciekawa dyskusja i analiza została również przedstawiona przez doktoranta w Rozdziale 5 na temat maksymalnych wartości kątów przesunięcia fazowego. Pan mgr inż. Łukasz Mejłun zauważył, że niezależnie od badanej mm-a maksymalny kąt przesunięcia fazowego odpowiada warunkom, w których moduł dynamiczny znajdował się w przedziale od 1 GPa do 2 GPa. W celu wizualnej reprezentacji tej obserwacji, praca zawiera unikalne nomogramy (Rys.

5.12), na których pokazano strefy odmiennej charakterystyki pracy mm-a w różnych temperaturach i częstotliwościach obciążenia. Ta obserwacja została później wykorzystana kilkakrotnie do analizy i interpretacji wyników z obliczeń lepkosprężystych konstrukcji nawierzchni w Rozdziale 6. Jest to interesująca obserwacja, która reprezentuje kolejny nowatorski element pracy Pana mgr inż. Łukasza Mejłuna i świadczy o jego dojrzałej postawie naukowej.

Rozdział 6 przedstawia cały szereg oryginalnych analiz z wykorzystaniem lepkosprężystych modeli w pracy konstrukcji nawierzchni. Jedną z ciekawszych interpretacji jest pokazana na Rys. 6.26. Mianowicie, Pan mgr inż. Łukasz Mejłun wyznaczył prędkości graniczne, dla których rozwiązania dla modeli lepkosprężystych i dla modelu sprężystego różnią się nie więcej niż 15%. Jest to oczywiście wyznaczone ze względu na rozpatrywane parametry stanu pracy konstrukcji i przy założeniu subiektywnego poziomu akceptowalnych różnic. Jak słusznie zauważa doktorant, ta analiza mogłaby się różnić przy zmianie tych wielkości jak również przy uwzględnieniu innych konstrukcji nawierzchni, materiałów, obciążenia czy temperatur. Nie mniej jednak nie zmienia to faktu, że taka analiza doskonale obrazuje ograniczenia stosowania modeli sprężystych w funkcji prędkości przemieszczania się obciążenia (czyli ruchu drogowego) oraz temperatury nawierzchni. Bardzo pożytecznym wnioskiem o znaczeniu naukowym i inżynierskim jest stwierdzenie, że dla prędkości mniejszych niż 40 km/h zaleca się stosować w analizie konstrukcji nawierzchni model lepkosprężysty zamiast modelu sprężystego bez względu na temperaturę nawierzchni.

Na zakończenie ogólnej oceny merytorycznej należy wspomnieć, że recenzowana praca jest przygotowana na bardzo wysokim poziomie merytorycznym i edytorskim. Według recenzenta ta praca mogłaby zostać przygotowana i obroniona z powodzeniem na jednym z wiodących ośrodków naukowych na świecie.

Uwagi merytoryczne, stylistyczne i błędy przypadkowe

- 1) Str. 9: nie użyto jednakowego asfaltu do AC-WMS 16 oraz AC 22P ; byłyby to przydatne przy analizie efektu szkieletu mineralnego
- 2) Str. 13: nie wspomniano ewentualnych wad AC-WMS mimo, że pewne sformułowania (4 linia od dołu strony) sugerują takowe wady lub mniejszą efektywność niż konwencjonalne betony asfaltowe
- 3) Str. 15: bardzo dobry cel #6
- 4) Str. 15: cała praca jest deterministyczna; w przyszłości recenzent sugeruje wprowadzić elementy stochastyczne
- 5) Str. 17: recenzent nie jest przekonany, że w pracy zawarto zarówno „ocenę dokładności oraz analizę błędów i precyzji”
- 6) Str. 18: w kontekście tej pracy można mówić o pewnym powiązaniu dwóch metod raczej niż o ich korelacji; ze względu na inne mechanizmy pracy w tych badaniach jakiegokolwiek współzależności są przypadkowe i dopiero po dokładnej analizie stanu naprężeń i odkształceń w tych badaniach można by sprawdzić ewentualne korelacje
- 7) Str. 18: recenzent zwraca uwagę na istotną różnicę pomiędzy procesem weryfikacji i walidacji
- 8) Str. 20: nie wspomniano o adhezji asfaltu do kruszywa, powinowactwie, polarności itp.
- 9) Str. 21: recenzent zwraca uwagę, że system PG nie jest idealny; w pracy powinien znajdować się odpowiedni komentarz
- 10) Str. 21: dość krótko omówiono „Właściwości mma do podbudów asfaltowych”
- 11) Str. 22 (pierwszy akapit od góry) w takiej pracy nie powinno się odnosić do dokumentów „normowych” bez odpowiedniego komentarza
- 12) Str. 26/27: nie wspomniano badań w warunkach ścinania; nie wspomniano o zjawisku tiksotropii czy anizotropii materiału
- 13) Str. 27: model CAM i podobne są wykorzystywane do opisu zachowania asfaltów a raczej nie do mm-a
- 14) Str. 27: według recenzenta, modele mechaniczne są tylko pewnym uproszczeniem w analizie materiałów lepkosprężystych. Jest to podejście na zasadzie *analogii* lub inaczej podejście *fenomenologiczne*. Przyjęto, że poszczególne elementy elementarne takie jak sprężyna, dławik

- i suwak idealizują pewne zachowania mechaniczne i połączone razem mogą reprezentować (z pewnym przybliżeniem) zachowanie konkretnego materiału. Należy pamiętać, że bez względu na użyty model, równania konstytutywne materiałów lepkosprężystych można zapisać w postaci różniczkowej lub całkowej.
- 15) Str. 29: nie wspomniano JULEA, KENLAYER itp. ale przede wszystkim powinna być zacytowana teoria Burmister'a z 1943 i 1945 r.
 - 16) Str. 30 (pierwszy akapit od góry): parametry nie są wyliczane ale ich wartości
 - 17) Str. 30: nie wspomniano programu ISLAB (też bazuje na MES)
 - 18) Str.31: błędny odnośnik do [39]
 - 19) Str. 31 (ostatni akapit): czy niniejsza rozprawa jest częściowo wynikiem tej pracy badawczej?
 - 20) Str. 32 (ostatni akapit): kolejny raz są podobne stwierdzenia; niejasne „Jest to rzeczą naturalną.”
 - 21) Str. 33: powinno być [Pa] zamiast [MPa]
 - 22) Str. 35: podobna uwaga do 14): modele mechaniczne (nazywane przez doktoranta „reologicznymi”, zapewne zgodnie z przyjętą terminologią w języku polskim) są tylko próbą dopasowania matematycznej postaci tych modeli do zaobserwowanego zachowania mm-a; jak słusznie zauważył doktorant, taka interpretacja nie musi i nigdy nie będzie całkowicie dokładna
 - 23) Str. 35: należy zdawać sobie sprawę, że w metodzie laboratoryjnej nie badamy w sensie dokładnym np. modułu sztywności, podatności pełzania etc. Badamy (czy dokładnie mierzymy) siły i przemieszczenia i dopiero za pomocą odpowiedniej metody interpretacyjnej (która może mieć swoje założenia i ograniczenia, np. może być założona liniowość) wyznaczamy te parametry
 - 24) Str. 37, Rys. 3.4: te wielkości nie powinny być w funkcji czasu skoro jest to opis materiału sprężystego
 - 25) Str. 37: niejasne jaka jest różnica między modułem sprężystości a modułem sztywności
 - 26) Str. 40: niejasne czy współczynnik δ jest stały
 - 27) Str. 42: dyskusja nt. ograniczeń modeli – patrz uwaga 14) i 22)
 - 28) Str. 42: są projekty/publikacje itp., które wykorzystują nieliniowe modele „reologiczne”
 - 29) Str. 42: są dwa warunki liniowości – nie został wspomniany warunek proporcjonalności
 - 30) Str. 44: jak słusznie zauważono, moduł $|E^*|$ może być tylko jakąś przybliżoną miarą odporności na deformacje trwałe
 - 31) Str. 44: według recenzenta, wzór Arrheniusa wykorzystuje się raczej w temperaturach ujemnych w pobliżu temperatury zeszklenia
 - 32) Str. 44: nie został dostatecznie wyjaśniony proces tworzenia krzywych wiodących; to samo na str. 96-97
 - 33) Str. 45: czy temperatura referencyjna znajduje się w połowie zakresu temperatur użytych w badaniach?
 - 34) Str. 45: tutaj model Hirscha jest nazwany „półempirycznym” podczas gdy jest on również oparty na modelu analogicznym podobnie jak model Burgersa czy H-S
 - 35) Str. 45 (ostatni akapit): bardzo dobre podejście do wyznaczenia wartości asymptotycznej $|E^*|$
 - 36) Str. 43-50: sporo teorii, mogłoby zostać skrócone
 - 37) Str. 48 (ostatni akapit): powtórzony opis
 - 38) Str. 49 Rys. 3.13: zamienione E' i E''
 - 39) Str. 50: czy wzór 3.35 jest tożsamy ze wzorem 3.32c
 - 40) Str. 50: odnośnie korelacji z koleinowaniem: sam fakt że parametr $|G^*|/\sin(\varphi)$ ma wysoką korelację z koleinowaniem nie stanowi jeszcze, że jest słuszny; pytanie pozostaje czy badanie koleinowania jest miarodajne; poza tym, pozostaje uwaga 6)
 - 41) Str. 51 wzór 3.36: nierówności są zamienione
 - 42) Str. 51: czy założenie o równomiernym ciśnieniu pionowym na powierzchni kołowej jest słuszne?
 - 43) Str. 51: a czemu nie transformacja Laplace'a ?
 - 44) Str. 53: czy nie jest zamieniona kolejność obliczeń, tzn. najpierw obliczane są odkształcenia a potem przemieszczenia?

- 45) Str. 55: czemu badania deformacji trwałych nie zostały wykonane w urządzeniu AMPT?
- 46) Str. 56: przedstawione są znaczące uproszczenia programu VEROAD; byłby wskazany jakiś komentarz doktoranta
- 47) Str. 80 Rys. 4.14: dobry pomysł na wyznaczenie czasu kondycjonowania
- 48) Str. 82: zakres liniowości powinien zostać wyznaczony lub przynajmniej sprawdzony przez doktoranta
- 49) Str. 83: skok temperatury w badaniach mm-a powinien być maksymalnie 10 °C żeby uzyskać odpowiednie pokrycie wyników przy tworzeniu krzywej wiodącej
- 50) Str. 85: bardzo dobrze, że zostały oszacowane błędy pomiaru
- 51) Str. 99 Rys. 5.1: krzywe wiodące powinny zostać zweryfikowane na niezależnych wynikach, które nie zostały użyte do przygotowania tych krzywych
- 52) Str. 103: powinno być „poziom istotności” (*ang.* significance level) na poziomie 0.1
- 53) Str. 103: bardzo dobrze, że wykonana została analiza statystyczna
- 54) Str. 108+: oryginalna analiza maksymalnych wartości kątown przesunięcia fazowego; bardzo dobra i przemyślana reprezentacja w postaci Rys. 5.12
- 55) Str. 115: patrz uwagi odnośnie korelacji 6) i 40)
- 56) Str. 121 wzór 5.12: „wagowe” podejście w poszukiwaniu „optymalnych” wartości parametrów wygląda na dość subiektywne; byłby tutaj wskazany komentarz doktoranta
- 57) Str. 124 Rys. 5.18, Rys. 5.19, Rys. 5.20: znaczne odchyłki w predykcji modelu Burgersa szczególnie dla kąta przesunięcia fazowego, ale dobre wytłumaczenie doktoranta
- 58) Str. 128: powiązane z uwagą 26) Okazuje się, że współczynnik δ jest stały ale nie jest jasne czy był częścią procesu „optymalizacji” czy był wyznaczony metodą prób-i-błędów
- 59) Str. 131 Rys. 5.24 Rys. 5.25, Rys. 5.26: znaczne lepsze predykcje modelu H-S
- 60) Str. 133: interesujące porównanie modeli Burgersa i H-S
- 61) Str. 141: uproszczony profil temperatury, ale bardzo dobrze że został uwzględniony
- 62) Str. 143: bardzo słuszna funkcja współczynnika Poissona w zależności od temperatury
- 63) Str. 144 Rys. 6.10: ciekawa prezentacja wyników w postaci linii wpływu
- 64) Str. 148: odnośnie wyznaczonej głębokości koleiny – doktorant słusznie zauważył, że wyliczenie tej wartości jest znacznie uproszczone
- 65) Str. 153: słuszne i ciekawe ujęcie częstotliwości w funkcji głębokości konstrukcji nawierzchni
- 66) Str. 154 Tab. 6.4: ciekawe wykorzystanie wcześniejszej analizy nt. maksymalnych wartości kątown przesunięcia fazowego (uwaga 54); podobnie Tab. 6.10 i 6.14
- 67) Str. 157: praktyczny i pożyteczny wniosek nt. przydatności modelu H-S do analiz lepkosprężystych nawierzchni
- 68) Str. 158: jak została przyjęta dopuszczalna odchyłka (tj. 15%)?
- 69) Str. 159 Rys. 6.26: ciekawe zaprezentowanie „granic użyteczności” obu rozpatrywanych modeli lepkosprężystych w odniesieniu do modelu sprężystego
- 70) Str. 167: przemyślane trzy zagadnienia; dogłębna analiza
- 71) Str. 172 Rys. 6.28: interesujące wyniki wpływu grubości warstw podbudowy z AC-WMS na rozpatrywane parametry pracy konstrukcji nawierzchni (oraz porównanie dla dwóch modeli wraz z podbudową z AC 22 P)

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Pomimo właściwie niewielkiej liczby błędów czy niejasności wspomnianych powyżej, bardzo dobrze oceniam zarówno zakres oraz wykonanie rozprawy doktorskiej. Pan mgr inż. Łukasz Mejłun wykazał się bardzo dobrymi umiejętnościami analitycznymi i przedstawił kompleksową analizę lepkosprężystą pracy konstrukcji nawierzchni drogowej. Mam nadzieję, że Pan mgr inż. Łukasz Mejłun będzie w przyszłości kontynuował ten kierunek i udoskonalał zaproponowane przez siebie podejście do analizy pracy konstrukcji nawierzchni. W szczególności polecam skupić się na badaniach i analizie zachowania się mm-a w warunkach ścinania z uwzględnieniem efektów lepkosprężystości oraz powiązaniem zjawiskiem dylatacji mm-a.

Niniejszym potwierdzam, że rozprawa doktorska autorstwa mgra inż. Łukasza Mejłuna spełnia warunki Ustawy i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Jednocześnie recenzowana rozprawa wykazuje bardzo dobrą ogólną wiedzę teoretyczną mgra inż. Łukasza Mejłuna i potwierdza Jego umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wobec tego wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy i dopuszczenie mgra inż. Łukasza Mejłuna do publicznej obrony przed Komisją Rady Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej.

Z poważaniem,



Dr hab. inż. Adam Zofka