

Prof. dr hab. inż. Maciej Kordian Kumor
Katedra Inżynierii Drogowej, Transportu i Geotechniki,
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy
maciej.kumor@engeo.com.pl

Recenzja Rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Olszewskiej

Pt.: „Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych”

Promotor: prof. dr hab. inż. Zygmunt Meyer

1. Wstęp

Podstawy opracowania recenzji.

- Zlecenie prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, z dnia 7 marca 2022 roku.
- Umowa o dzieło, zawarta pomiędzy Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie a recenzentem.

2. Omówienie i ogólna ocena rozprawy

Mgr inż. Magdalena Olszewska, zgodnie z powyżej wymienionym zleceniem, ubiega się o stopień naukowy doktora w **dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budownictwo**.

Przedłożona do recenzji dysertacja doktorska mgr inż. Magdaleny Olszewskiej *pt.: „Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych”*, przedstawiona jest w języku polskim i zawarta została w jednym tomie.

Rozprawa - obejmuje 125 stron tekstu oraz załączniki z danymi faktograficznymi dokumentującymi wykonane badania osiadania nasypu na podłożu organicznym, wyniki oznaczeń parametrów cech odkształceniowych uwzględniające stan naprężenia i odkształceń w gruncie.

Analizowano przede wszystkim wpływ stanu trójosiowego naprężenia na jednoosiowe odkształcenia podłoża. Analiza zmiany wartości modułu ściśliwości gruntów organicznych na podstawie wyników osiadania nasypem przeciążającym pozwoliła opracować modele matematyczne o różnym stopniu złożoności. Po numerycznej symulacji sformułowano modele matematyczne do zasadniczych badań eksperymentalnych i kalibracji. W celu praktycznego wykorzystania modeli przeprowadzono weryfikację in situ na przykładzie dwóch nasypów na poligonie badawczym Noteć wykonanych przez zespół Katedry Geotechniki SGGW Warszawa oraz w Szczecinie na Ostrowie Brdowskim. W dysertacji zawarto oryginalne wyniki organicznego podłoża gruntowego na przykładzie rzeczywistego obiektu doświadczalnego, i przegląd wybranej literatury dotyczącej przedmiotu badań. Przedstawiono założenia teoretyczne i zaprojektowano eksperymenty, wykonano obliczenia

numeryczne czterech modeli matematycznych i sporządzono niezbędne zestawienia oryginalnych wyników szczegółowych dokumentujących eksperymenty.

Część tekstowa składa się z 7 rozdziałów, które obejmują między innymi:

1. Wstęp
2. Cel, zakres i teza pracy
3. Przegląd literatury
4. Opis matematyczny zjawiska
5. Badania eksperymentalne
6. Praktyczne wykorzystanie wyników badań
7. Wnioski i program dalszych badań
 - Spis literatury
 - Spis rysunków
 - Spis tabel

Całość recenzowanej rozprawy uzupełniono streszczeniem w języku polskim i angielskim, wykazem ważniejszych oznaczeń oraz stosowanych określeń. W załącznikach faktograficznych (15), zestawiono szczegółowo założenia i rozwinięcie modeli oraz wyniki symulacji, wartości liczbowe parametrów geotechnicznych badań torfu pod nasypami na Ostrowie Brdowskim i poligonie badawczym Noteć. Łącznie rozprawa z załącznikami i zestawieniami liczy **około 400 stron**, formatu A4.

Doktorantka wykonała w ramach dysertacji szerokie badania eksperymentalne osiadania nasypu w skali naturalnej oraz stosowne modelowanie matematyczne. Porównała uzyskane wartości liczbowe edometrycznego modułu ścisłości gruntów organicznych do wartości modułów uzyskanych z badań w warunkach in situ. Na podstawie analizy wyników badań eksperymentalnych in situ opracowała oryginalną metodę opisu zmiany wartości modułów ścisłości gruntów organicznych przeciążonych rzeczywistym nasypem konsolidacyjnym. Zastosowanie przyjętej metody obserwacyjnej w geotechnice, szczególnie w odniesieniu do podłoża organicznego jest czasochłonne, bardzo trudne badawczo i rzadko wykonywane. Pozwala jednak na realistyczne modelowanie matematyczne i zbudowanie adekwatnego modelu fizycznego, do aplikacji między analitycznymi obliczeniami osiadania gruntu organicznego, a pomierzonymi odkształceniami w warunkach poligonowych podłoża budowlanego.

Celem podstawowym rozprawy doktorskiej było: określenie wartości liczbowych modułu ścisłości gruntów organicznych w warunkach naturalnych na podstawie analizy osiadania nasypu przeciążającego.

Doktorantka w **rozdziale drugim** sformułowała następującą **tezę pracy**:

„...istnieje możliwość określenia wartości modułu ścisłości gruntu organicznego do celów obliczeń inżynierskich na podstawie badań eksperymentalnych w terenie. Analizując model matematyczny zjawiska możliwe jest określenie zmian wartości modułu ścisłości przekładających się na nośność podłoża”.

Zastosowane założonej metodyki symulacyjno-obserwacyjnej obejmowało kilka etapów badań przygotowawczych od identyfikujących właściwości mechaniczne podłoża gruntowego do wykonania testów obciążeniowych naziomu i modelowania matematycznego.

Doktorantka stosowała obowiązujące standardy i metodyki badawcze zgodne z normami Eurokodu, PN-EN 1925:2001, PN-EN ISO 17294-2:2016 i innymi oraz na podstawie adaptowanych i sprawdzonych specjalistycznych instrukcji metodycznych dostępnych w publikacjach naukowych Politechniki Szczecińskiej, np.: (7, 14, 40) i SGGW Warszawa (34, 36, 37).

Problem odkształcalności utworów w naturalnych warunkach ma szczególne ważne znaczenie aplikacyjne w odniesieniu do powszechnego spotykanego podłoża organicznego nie tylko w naszym kraju oraz wzrastających możliwości transformacji numerycznej praktycznych metod obliczeń statycznych, wytrzymałościowych i odkształceniowych ośrodka gruntowego.

Mgr inż. Magdalena Olszewska pozyskała wyniki w warunkach poligonowych na podstawie rezultatów kompleksowej próby *in situ* w rzeczywistej skali nasypów obciążających i pełnego zakresu wykonanych robót ziemnych. Jest to rzadki przykład naukowej aplikacji o wysokiej wartości merytorycznej pomysłu badawczego w realizacji szerokich badań naukowych i stosowanych, w geoinżynierii, które przedstawiono w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

Doktorantka omówiła syntetycznie przegląd ważnej i najistotniejszej literatury technicznej w rozdziale trzecim. Szczególną uwagę poświęciła na opis charakterystyki gruntów organicznych i nowoczesnych metod identyfikacji właściwości fizyko-mechanicznych torfów oraz ustalania wartości liczbowej parametrów geotechnicznych, niezbędnych do modelowania i szacowania odkształceń. Podkreślono, że zachowanie torfów pod obciążeniem zależy głównie od zawartości substancji organicznych, stopnia ich rozłożenia i wilgotności.

Zmniejszenie objętości gruntu pod obciążeniem wynika przede wszystkim z redukcji objętości porów oraz losowej zmiany struktury gruntu, odkształcenia cząstek organicznych i mineralnych oraz sukcesywnego ubytku zawartości fazy ciekłej.

Udział części organicznych wpływa na wodoprzepuszczalność oraz rosnącą tendencję do pęcznienia w porównaniu do gruntów mineralnych. Pod obciążeniem grunty organiczne wykazują nieliniową zmienność charakterystyk odkształceniowych.

Obciążanie gruntów organicznych nasypem przeciążającym jest skuteczną metodą wzmocnienia podłoża, stosowaną powszechnie na świecie.

Podstawowym parametrem określającym ściśliwość gruntu w geotechnice jest moduł ściśliwości (M), najczęściej określany w stanie edometrycznym naprężenia i odkształcenia (M_0).

Podkreśliła Doktorantka, że całkowite odkształcenie (lub osiadanie) gruntu organicznego składa się z trzech faz: odkształcenie natychmiastowe, odkształcenie konsolidacyjne (filtracyjne) oraz konsolidacja wtórna (długotrwała). Osiadania końcowe obliczyć można z dużą dokładnością wzorami empirycznymi i metodami opartymi o wyniki badania ściśliwości lub według danych uzyskanych z pomiarów parametrów osiadania w terenie.

W rozprawie Doktorantka podjęła próbę określenia wartości modułu ściśliwości na **podstawie osiadania gruntów organicznych przeciążonych rzeczywistym nasypem, przy założeniu, że moduł ściśliwości gruntu w kierunku pionowym jest obliczany tylko ze składowej pionowej naprężenia w gruncie podłoża**. Odkształcenia przyjęte do analiz mają postać całkowitą, tzn. po zakończeniu konsolidacji filtracyjnej.

Analizując w rozprawie modele matematyczne podłoża słabego, Doktorantka omówiła modele opisujące zachowanie się podłoża gruntowego na podstawie zmian jego objętości i wartości parametrów z jednoczesną zmianą objętości lub czasu konsolidacji.

Podstawowy model *Hooka* opisuje ciało sprężyste, naturalny grunt organiczny odwzorowuje tylko w pewnym zakresie obciążenia.

Do empirycznych metod obliczania osiadania podłoża w wyniku konsolidacji zaliczyła także graficzną metodę *Akiry-Asaoki*. W stanie jednowymiarowym analizę procesu można przeprowadzić w przypadku małej (do 5 m) miąższości podłoża ściśliwego lub dużej podstawy obciążenia, czyli powyżej dwukrotności początkowej miąższości gruntu organicznego.

Den Haan zaproponował badanie zależności obciążenie – osiadanie przy użyciu jednoosiowego opisu konsolidacji torfu. Metoda *Den Haana* właściwie odzwierciedla

zależność między wskaźnikiem porowatości, a obciążeniem, ale tylko przy dużych wartościach σ . Stała *const* w formule o wymiarze ciśnienia jest zawsze dodatnia.

Inaczej uważa Meyer, który proponuje wartość ujemną. Wykorzystując formułę Meyera, można zamodelować zachowanie gruntu organicznego pod obciążaniem zarówno w warunkach terenowych, jak i laboratoryjnych. Korzystając z tej zależności, Meyer zaproponował formułę na zmianę modułu ścisłości $M(s)$ podłoża torfowego.

Rozwiązanie Meyera wielokrotnie weryfikowano w badaniach laboratoryjnych ośrodka szczecińskiego. Do określenia osiadania końcowego gruntów organicznych, a w szczególności torfów z rejonu Szczecina stosuje się tzw. *krzywą elementarną Meyera*. Zależności tą zweryfikowano wcześniej w badaniach torfu prowadzonych przez Katedrę Geotechniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

Doktorantka ujmując stan ogólnej wiedzy, podkreśliła potrzebę modyfikacji modeli, które określiłyby moduł ścisłości gruntu organicznego na podstawie wyników osiadania nasypem przeciążającym w warunkach naturalnych. Moduł ścisłości zdaniem Autorki, powinien być fizycznie adekwatny w obliczeniach inżynierskich, gdy zakłada się jednoosiowy stan odkształcenia dowolnego podłoża organicznego.

Doktorantka w rozprawie zastosowała *równania Meyera* w formułowaniu modelu matematycznego opisującego jednoosiowe ściskanie torfu w warunkach obciążenia nasypem przeciążającym.

Podsumowując stan ogólnej wiedzy oraz posiadając praktyczne doświadczenie, Autorka określiła zadania badawcze i program badań, które obejmowały:

1. *Sformułowanie modelu matematycznego na moduł ścisłości gruntów organicznych, który będzie uwzględniał założenia Meyera [41] opisane wzorami (22), (26) i (27), w warunkach naturalnych w przypadku jednoosiowego stanu odkształceń.*
2. *Przygotowanie pakietu programowego, który pozwoli zastosować model w praktycznych obliczeniach.*
3. *Przegląd systematyczny rozwiązań numerycznych wybranych przypadków.*
4. *Analizę udostępnionych przez ST3 Offshore sp. z o. o. w upadłości (załącznik 9) badań eksperymentalnych nad gruntem organicznym pod nasypem przeciążającym, w warunkach naturalnych na poletkach doświadczalnych, w celu określenia całkowitego osiadania podłoża.*
5. *Praktyczne wykorzystanie wyników udostępnionych badań – ww. autorskiego pakietu programowego – w obliczeniach.*
6. *Przedstawienie wniosków i programu dalszych badań.*

Inspiracją Doktorantki do podjęcia badań nad problemami weryfikacji i modyfikacji doświadczalnej wyznaczenia wartości modułu ścisłości i osiadania gruntów organicznych obciążonych nasypem przeciążającym w warunkach naturalnych, była niewątpliwie **Osoba Promotora prof. Zygmunta Meyera**, oraz praktyczna potrzeba wyznaczenia metod do wiarygodnych regionalnych wartości liczbowych parametrów odkształceniowych, określenie zależności funkcyjnych eksperymentalnych podłoży organicznych w skali naturalnej.

Cel dysertacji, to doskonalenie warsztatu naukowego szkoły i inżynierskiego obliczania osiadania słabonośnego obciążanego podłoża, oczekiwanego w zastosowaniach w zagadnieniach współczesnej inżynierii geotechnicznej. Doktorantka zrealizowała go poprzez staranne zrealizowanie założonych badań eksperymentalnych w skali naturalnej na poligonach badawczych oraz analiz teoretycznych modelowania matematycznego. Zweryfikowała zatem stosowane znane metody i ich rezultaty, do uzyskania nowych parametrów związków fizycznych i opracowała własne oryginalne wnioski z badań oraz sformułowała szczegółowe wskazania geotechniczne, nie tylko do projektowania.

Rozprawa doktorska to wyniki wieloletnich prac badawczych polskich uczonych z ZUT Szczecin i SGGW Warszawa oraz wnioski z obserwacji przykładów aplikacyjnych, w tym bezpośredniej współpracy Doktorantki z promotorem prof. dr hab. inż. **Zygmuntem Meyerem i zespołem Katedry Geotechniki ZUT Szczecin**. Jest to przedsięwzięcie stanowiące istotny krajowy problem badawczy, nie tylko pod względem praktycznym i poznawczym w nowoczesnej geoinżynierii, ale podstawowy w ujęciu potrzeb **dziedziny nauk technicznych, w dyscyplinie budownictwo**.

Przyjęte przez Doktorantkę metodyki robocze, wsparte metodą naukową oraz układ rozprawy uznają za właściwie zestawione i kompletne, ujmujące nowy problem naukowy w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budownictwo, determinujący trwałość i bezpieczeństwo budowli kubaturowych, konstrukcji i obiektów ziemnych oraz drogowych, posadawianych na gruntach organicznych, jako niezbędny element racjonalnego projektowania i wykonawstwa geotechnicznego.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Doktorantka podjęła w dysertacji interdyscyplinarne trudne i złożone, eksperymentalne zagadnienie badawcze, z obszaru mechaniki gruntów słabonośnych, problemów weryfikacji i modelowania matematycznego odkształceń podłoża organicznego w rzeczywistych warunkach z uwzględnieniem sposobu określania modułu ściśliwości na podstawie obserwacji osiadania nasypem przeciążającym. Zastosowała do badań problemu skalę naturalną wykorzystując poligon doświadczalny na terenie Ostrowa Brdowskiego w Szczecinie.

Jest to znaczące osiągnięcie poznawcze i zarazem rozwojowe pod względem aplikacyjnym, obejmujące wyzwania współczesnej geoinżynierii w zastosowaniach bezpośrednich do złożonych problemów projektowo-wykonawczych.

3.1. Uwagi formalne

W tekście rozprawy zauważono nieliczne potknięcia stylistyczne oraz usterki literowe i pisarskie, powtórzenia ulubionych pojęć i terminów Autorki, (np.: s. 4 w 16 góra, s. 18 w 11 d, strona 69 w. 6 góra oraz inne). Rozprawa napisana została poprawnym stylem i zrozumiałą narracją. Incydentalne drobne uchybienia zaznaczyłem w tekście dysertacji do późniejszego skorygowania w publikacjach naukowych. Widoczna jest dbałość o wysoki poziom edycji. Podano prawidłowo źródła fotografii, rycin i wykresów.

Ogólnie tekst rozprawy charakteryzuje się indywidualnym rozbudowanym stylem Autorki, zapisany językiem technicznym.

3.2. Uwagi merytoryczne

Rozprawę doktorską mgr inż. Magdaleny Olszewskiej *pt.: Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych*", można podzielić pod względem merytorycznym na cztery części. Najistotniejszą częścią rozprawy jest część druga obejmująca rozdział **4. Opis matematyczny zjawiska** i **5. Badania eksperymentalne**, oraz rozdział **6. Praktyczne wykorzystanie wyników badań**. Rozdział **7. Wnioski i program dalszych badań**. Zasadnicza część badawczo-analityczna rozprawy doktorskiej zajmuje 66 stron (stanowi ona ponad 56% rozprawy).

Szeroko i merytorycznie przedstawiono w części pierwszej przegląd literatury (rozdział **2**) zarówno krajowej jak i zagranicznej. Rozdział **2**, zawiera sformułowaną tezę i cel badań oraz precyzujący metodykę badań terenowych wraz z zakres dysertacji.

Zasadniczą drugą część rozprawy stanowi rozdział **4**, prezentujący rozważania nad opisem matematycznym zjawiska wraz z definicjami, rozkładem naprężenia w punkcie jednorodnego ciała. Obejmuje charakterystykę modułów ściśliwości i osiadanie w praktyce

inżynierskiej z analogiem edometrycznym jednoosiowego osiadania kolumny torfu. Powstaje pytanie do dyskusji: *jak poziome odkształcenia wpływają na zmianę naprężenia wynikającego z różnicy objętości osiadającej kolumny torfu, rys. 8, str. 50, którą Doktorantka uważa za najistotniejszą?* Model fizyczny zjawiska został przedstawiony z podaniem uwagi o nieuwzględnianiu nachylenia skarp nasypu, rys. 10.

Jak stwierdza Doktorantka, *próbka gruntu w warunkach rzeczywistych zawiera inny stan odkształceń i naprężenia niż podczas badania w edometrze, ale tego nie wiąże z właściwościami materiału badawczego nierozłożonego torfu o bardzo wysokiej wilgotności ($w=360\%$ do 1200% , oraz tab. 3).*

Proszę o sprecyzowanie tej kwestii podanej na stronie 54, „*W celu określenia modułu ściśliwości uwzględniającego stan trójosiowy zostało zastosowane obciążenie warstwy gruntu organicznego nasypem przeciążającym. Wynik całkowitego osiadania podłoża pozwoli określić wartość modułu ściśliwości o cechach najbardziej zbliżonych do tych zastanych w warunkach naturalnych*”.

Generalnie rozdział napisany dobrze.

Na podstawie powyższej tezy w kolejnych rozdziałach zostały zdefiniowane **cztery modele matematyczne** związane ze stanem naprężenia i odkształceń. Modele generalnie wykorzystują zasadę superpozycji i rozwiązanie Boussinesq'a w opisie rozkładu naprężenia od obciążenia zewnętrznego pionowego. Warstwa nasypu obciążającego jest *fundamentem wiotkim*, najbardziej osiada we środku a najmniej w narożach, a wartości naprężenia pionowego zależą od miejsca oraz obszaru działania.

Model matematyczny 1 – Moduł ściśliwości gruntu organicznego **jest stały** w całej kolumnie obliczeniowej.

Model matematyczny 2 – Rozkład naprężenia gruntu organicznego **nie jest stały w kolumnie obliczeniowej**, a moduł ściśliwości jest stały w całej obliczeniowej warstwie torfu.

Model matematyczny 3 – Rozkład naprężenia gruntu organicznego **nie jest stały w całej warstwie torfu**, moduł ściśliwości jest stały w całej warstwie torfu, ale zmienny moduł $M_3=M(s)$ w analizowanej kolumnie podłoża torfowego.

Model matematyczny 4 – *model Meyera*, Rozkład naprężenia w gruncie organicznym **nie jest stały w całej warstwie torfu**, moduł ściśliwości jest stały w całej warstwie torfu, ale zmienny moduł $M_4=M(s)$ w analizowanej kolumnie podłoża torfowego. **Model 4** jest średnią wartością modułu ściśliwości w miąższości rozpatrywanej warstwy gruntu.

Doktorantka przeanalizowała metodycznie za pomocą sformułowanych modeli matematycznych założony nasyp posadowiony na gruntach organicznych. Określiła wartości minimalne, maksymalne, średnie i mediany wartości modułu ściśliwości gruntu organicznego określone modelami. W modelach 2, 3 i 4 w kalibracji uwzględniano kolejne detale, rozbieżności wyników wynikały z przyjętych uproszczeń. **Model 4 – Meyera**, uznano za najbardziej szczegółowy i uwzględniający zmienność rozkładu naprężenia w torfie przy zmiennych wartościach modułu ściśliwości z głębokością.

Dalszym analizom i kalibracji poddano zatem **model 4 – Meyera**, na podstawie badań poligonowych zlokalizowanym na Ostrowie Brdowskim. Dwa różne mineralne nasypy obciążające zostały posadowione na warstwie torfów niskich, pod którymi znajdują się piaski warstw den dolinnych i tarasów zalewowych. Miąższość torfów sięga 9 m.

Przedmiotem eksperymentu był proces osiadania dwóch różnych nasypów przeciążających. Dane zależności obciążenie-osiadanie torfu uzyskane z osiadania reperów talerzowych w stałych punktach powierzchni określono geodezyjnie i z wartości modułu ściśliwości torfu. Uwzględniono w obliczeniach zmienność ściśliwości i naprężenia pionowego, zgodnie z założeniami **modelu 4**. Wartość obciążenia była $\sigma_0=35$ kPa. Nasypy obserwowała Doktorantka przez 112 dni - nasyp 1 i 84 dni - nasyp 2. W celu przyspieszenia konsolidacji filtracyjnej prawidłowo użyto systemu drenów pionowych. Oznaczono początkowe wartości

parametrów geotechnicznych torfu, ściśliwości w edometrach, parametry parametrów n_0 i κ , modelu Meyera, oraz podczas konsolidacji i w laboratorium Katedry Geotechniki ZUT.

Otrzymano zbiór wyników osiadania warstwy torfu z których obliczono wartości:

- modułu ściśliwości torfu zdefiniowane jako średnie wartości w przyjętych *kolumnach obliczeniowych* pod nasypami,
- wartość modułu ściśliwości obciążanej warstwy torfu rekomendowaną do obliczeń inżynierskich.

Wyniki i rozkłady wartości parametrów geotechnicznych oraz analizę błędów zweryfikowano metodami statystycznymi. Potwierdzono normalny rozkład średniej odchyłki kwadratowej. Nie stwierdzono błędów systemowych rzeczywistych wartości mierzonych w terenie.

Podsumowując najistotniejszą część rozprawy doktorskiej obejmującą rozdziały **4. Opis matematyczny zjawiska** i **5. Badania eksperymentalne**, należy stwierdzić, że Doktorantka konsekwentnie i w sposób dojrzały zrealizowała z powodzeniem analizy statyczno-odkształceniowe na rzeczywistym poligonie w podłożu organicznym. Jednocześnie wnioski z analiz potwierdziły tezę dysertacji, wskazując kierunki praktyczne oraz mające wartość o zasadniczym znaczeniu aplikacyjno-badawczym, bowiem:

- badane i zweryfikowane (kalibrowane) w warunkach in situ modele matematyczne, będące przedmiotem rozprawy doktorskiej, mogą być aplikowane w praktycznych obliczeniach modułów ściśliwości słabonośnych warstw podłoża budowlanego tj. naturalnych gruntów organicznych w złożu,
- można wnioski dysertacji wykorzystać bezpośrednio w szerszej analizie konsolidacji podłoża słabonośnego, uwzględniającej wypór wody, zawartość części organicznych i genezę geologiczną (np.: prekonsolidację).

Przeprowadzona własna analiza stanu wiedzy stosowanej i dodane nowe uaktualnione wnioski, moim zdaniem są jednym z najistotniejszych merytorycznych i metodycznych osiągnięć rozprawy, wskazujące kierunki metodyczne i badawcze w rozwiązywaniu matematycznym i inżynierskim utworów organicznych jako złożone podłoża budowlane.

Rozdziały 4 i 5, bardzo istotne w rozprawie, są dobrze zredagowane i napisane z praktyczną korzyścią dla zainteresowanych specjalistów o wnikliwym, szerszym spojrzeniu na problemy ograniczeń metod badań i obliczeń modelowych parametrów osiadania podłoża torfowych w zależności od jakości modeli matematycznych i ich fizycznych parametrów.

Rozdział **6. Praktyczne wykorzystanie wyników badań**, łączy się merytorycznie z Rozdziałem **7. Wnioski i program dalszych badań**, tj. wnioskami.

Doktorantka, już jako doświadczony profesjonalista, uzupełnia pole badawcze, analizując dane dotyczące dwóch nasypów (numer 2 i 4) z poligonu badawczego Noteć, na polderze Antoniny w gminie Szamocin, w Białośliwiu. Określiła modelem 1, zmienny w czasie moduł ściśliwości warstwy gruntów organicznych w obu przypadkach. Ponadto wyznaczyła optymalny moduł ściśliwości w punktach pomiarowych warstwy gruntu organicznego 4 modelami.

Podsumowując jestem przekonany, że przeprowadzone badania w terenie (w praktyce) oraz wykonane obliczenia i analizy matematyczne (teoretyczne) udowadniają, że autorskie modele Doktorantki, są fizycznie sprawdzone praktycznie w obliczeniach weryfikujących wartości modułu ściśliwości i osiadania słabonośnych naturalnych gruntów organicznych.

4. Podsumowanie i ocena końcowa rozprawy

Doktorantka samodzielnie sformułowała i udowodniła matematycznie oraz empirycznie przy pomocy kompleksowych metod polowych, laboratoryjnych i analiz weryfikacyjnych

sformułowaną tezę badawczą, że „istnieje możliwość określenia wartości modułu ścisłości gruntu organicznego do celów obliczeń inżynierskich na podstawie badań eksperymentalnych w terenie. Analizując model matematyczny zjawiska możliwe jest określenie zmian wartości modułu ścisłości przekładających się na nośność podłoża”.

Wnioski badawcze Doktorantki i stwierdzone korelacje o wysokiej istotności stanowią nową, cenną wartość do wdrożenia w złożonych rozwiązaniach celem określania osiadania i parametrów ścisłości warstw organicznych, na podstawie czterech zweryfikowanych modeli matematycznych.

Zagadnienie naukowe zostało rozwiązane w nowoczesny sposób na aktualnym poziomie wiedzy, z wykorzystaniem znajomości krajowej i międzynarodowej literatury profesjonalnej (cytowano 96 pozycji literatury krajowej i zagranicznej, w tym najistotniejsze i najnowsze pozycje, np.: [42, 62, 96, 87]).

Przedstawione wyniki i ich analiza upoważniły Doktorantkę do sformułowania oryginalnych wniosków badawczych, które uznaję za osiągnięcia wdrożeniowe Doktoranta, które poszerzają horyzont obszaru naukowego osiadania podłoża organicznych.

Do najważniejszych i najbardziej wartościowych osiągnięć Doktorantki zaliczam uzyskane aplikacyjne wyniki modelowania matematycznego, badania poligonowe i weryfikacyjne przykładowych obcych obiektów, obejmujące osiągnięcia dotyczące:

- genetycznych różnic w wartościach E i E_{edom} (M_0 - edometryczny moduł ścisłości podłoża) wynikające z zależności obciążenie - odkształcenie i rodzaju gruntu organicznego. Moduł ścisłości określany w edometrze nie uwzględnia naprężeń poziomego oraz zakłada jednoosiowy stan odkształceń. Do określenia wartości modułu ścisłości gruntu organicznego uwzględniającego trójosiowy stan naprężeń zaproponowała obciążyć warstwę gruntu organicznego nasypem przeciążającym i na podstawie jego całkowitego osiadania określić wartości modułu ścisłości.
- Nowych propozycji i testowania czterech różnych modeli matematycznych rozwiązania. Porównanie wyników wykazało, że wartości modułu ścisłości określone modelem 1 są największe. W modelach 2, 3 i 4 gdy zmniejszono liczbę uproszczeń modeli wyniki są do siebie zbliżone. Model 1 zakłada $\sigma_z = \text{const}$ na całej miąższości kolumny gruntu organicznego. W wyniku takiego rozkładu naprężeń, rezultaty modelu można porównać do wartości otrzymanych w edometrze. Najbardziej uniwersalny jest model 4, ponieważ uwzględniono w nim uziemiennianie modułu ścisłości na wysokości kolumny gruntu organicznego ($M=M(s)$) i zmienne naprężenia pionowe.
- Wykorzystała w badaniach eksperymentalnych i sprawdzających model 4, ze względu na jego potwierdzoną dokładność i uniwersalność.
- Grunt organiczny - torf stanowi złożony naturalny osad zastoiskowy. W modelach (a później badaniach w terenie) odzwierciedlono początkowy stan gruntu, jego podatność i charakterystyczne zmienne fizyko-mechaniczne. Zastosowano współczynniki κ i n_0 zaproponowane przez Meyera, zweryfikowane w badaniach np. Katedry Geotechniki ZUT w Szczecinie. Zależności zbadane potwierdzono przy wyznaczeniu modułów ścisłości obiektów na innych poligonach badawczych, np.: Noteć, Ostrów Brdowski, Białośliwie.
- Opracowania pakietów programowych do praktycznego wykorzystania modelu matematycznego w analizie osiadania do wyznaczenia reprezentatywnej wartości modułu ścisłości.
- Przeprowadzenie pełnych eksperymentalnych badań na dwóch obiektach na Ostrowie Brdowskim w Szczecinie.: pierwszy o wymiarach $B=104,78$ m i $L=153,03$ m, drugi o wymiarach $B=63,58$ m i $L=110,2$ m. Osadane mierzono w 44 punktach geodezyjnych. Opracowanego modelu matematycznego i określenie wartości modułu ścisłości torfu, uwzględniającego trójosiowy stan naprężeń, i jednoosiowy stan odkształcenia, łącznie z grafiką rozwiązania.
- Zweryfikowanie zgodności średnich wartości modułu ścisłości warstwy gruntu organicznego w czasie, od nasypów badawczych posadowionych na poligonie w Białośliwiu.

- *Rekomendacja sprawdzonego w warunkach realizacji in situ modelu 4, określającego moduł ściśliwości gruntów organicznych do wykorzystania w prognozowaniu osiadania rzeczywistych nasypów metodą obserwacyjną bardzo ważnych przy realizacji inwestycji w trybie projektuj i buduj.*

Rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Olszewskiej stanowi moim zdaniem, oryginalne rozwiązanie interdyscyplinarne zagadnienia naukowego, istotnego w praktycznych aspektach wzmacniania i modyfikacji podłoża organicznego. Autorka wykazała umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w rozwiązywaniu zadań cząstkowych oraz ich syntetyzowania metodą naukową i aplikowania.

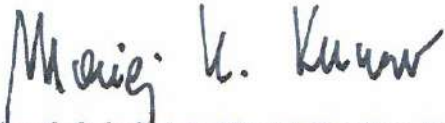
Stąd, uważam, że zrealizowany przez Doktorantkę szeroki program badań i analiz zawierający naukowe wyniki i wnioski do bezpośredniego stosowania w praktyce geotechnicznej, wnosi indywidualny wkład do aktualnej wiedzy i do tyczenia dalszych analiz szczegółowych w **dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budownictwo**.

Wnioskują o wyróżnienie dysertacji doktorskiej **mgr inż. Magdaleny Olszewskiej pt.:** „*Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych*”, za jej oryginalne, znaczące walory naukowe i aplikacyjne wprowadzone w polską geotechnikę, wsparte pasją i doświadczeniem naukowo-badawczym Doktorantki, stanowiące wartościowy materiał do wdrożenia w projektowaniu nasypów oraz wzmacniania podłoża organicznych - słabonośnych.

5. Wniosek

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska **mgr inż. Magdaleny Olszewskiej pt.:** „*Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych*”, napisana pod kierunkiem promotora **prof. dr hab. inż. Zygmunta Meyera**, spełnia wymogi *Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.)*, oraz *Ustawą z dnia 3 lipca 2018 roku. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz.1669)* i jest w **dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budownictwo**, nowym oryginalnym połączeniem zagadnień naukowych z wysokimi walorami praktycznymi geotechniki, podstawowymi w nowoczesnej geoinżynierii, zwłaszcza w rozbudowie infrastruktury przestrzennej oraz posadowieniu budowli na gruntach organicznych i ich wzmacniania.

Wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.


/prof. dr hab. inż. Maciej Kordian Kumor/

Bydgoszcz, 28 maja 2022 roku.