

Szczecin, dnia 10.11.2021

MAGDALENA OLSZEWSKA

OKREŚLENIE WARTOŚCI MODUŁU ŚCISLIWOŚCI KONSOLIDOWANEGO GRUNTU ORGANICZNEGO NA PODSTAWIE BADAŃ TERENOWYCH

Streszczenie

Nadmierne osiadanie gruntów organicznych jest poważnym problemem inżynierskim. Dokładne obliczenie osiadania, które będzie zbliżone do rzeczywistego na etapie projektowania jest bardzo istotne. W celu jego określenia konieczna jest znajomość modułu ścisłości gruntu organicznego, który będzie faktycznie odzwierciedleniem ścisłości w terenie.

Na podstawie przeglądu literatury opisano charakterystykę gruntów organicznych, a w szczególności torfów. Scharakteryzowano proces ich powstawania, skalę klasyfikacji Von Posta, podstawowe właściwości fizyczne oraz zestawienie modułów ścisłości zebrane na podstawie danych z całej Polski. Przedstawiono zjawisko ścisłości gruntów z uwzględnieniem wpływu modułu ścisłości. Nerozerwalnie ze ścisłością związane jest osiadanie podłoża. Podano metody jego wyznaczania oraz opisano badania osiadania nasypów na gruntach organicznych zarówno krajowe, jak i zagraniczne. Grunt organiczny jest mocno ścisły, dlatego istotne jest pokazanie modeli podłoża słabego.

Analizując zjawisko osiadania nasypu na podłożu organicznym uwzględniono stan naprężeń i odkształceń w gruncie. Przede wszystkim wpływ stanu trójosiowego naprężeń na jednoosiowy stan odkształceń. Wyniki tych analiz pozwoliły stworzyć cztery modele matematyczne o różnym stopniu złożoności do wyznaczenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie osiadania nasypu przeciążającego. Dla czterech wyżej wymienionych modeli przeprowadzono numeryczne symulacje. Na ich podstawie wybrano model wykorzystany do badań eksperymentalnych.

Opisano badania eksperymentalne na podstawie obciążenia podłoża organicznego nasypem przeciążającym w Szczecinie. Pokazano wyniki z tych badań.

Dla praktycznego wykorzystania modeli przeprowadzono analizy dwóch nasypów na poligonie badawczym Noteć wykonanych przez zespół Katedry Geotechniki SGGW w Warszawie. Wskazując na model, którym można wykorzystać w praktycznym ujęciu.

Rozprawę doktorską podsumowano wnioskami i programem dalszych badań.



Szczecin, dnia 10.11.2021

MAGDALENA OLSZEWSKA

DETERMINING THE VALUE OF THE CONSOLIDATED ORGANIC SOIL ELASTICITY MODULUS (CONSTRAINED MODULUS) BASED ON FIELD MEASUREMENT

Abstract

Excessive settlement of organic soils is a serious engineering problem. The exact calculation of the settlement, which will be similar to the real stage design, is important. To determine the necessary knowledge of the elasticity modulus (constrained modulus) is the compressibility of the organic soil. That will reflect the compressibility in the field.

Based on the literature review, the characteristics of organic soils, particularly peat, were described. The process of their formation, the Von Post classification scale, the basic physical properties of compressibility and a list of elasticity modules (constrained modules) based on data collected from across Poland was Described in the dissertation. The phenomenon of soil compressibility was described, taking into account the influence of the elasticity modulus (constrained modulus) on it. Subsoil subsidence is not disconnected with compressibility. Given the method of its determination and briefly describe the study of the settlement of embankments on organic soil in Poland and the world. Organic soil is highly compressible, so it is important to show models of soft soil.

Analyzing the effect of subsidence of the embankment on the organic substrate are taken into account the state of stress and strain in the soil. First of all, taking into account the influence of the triaxial state of stresses on the uniaxial state of strains. The results of these analyzes led to the creation of four mathematical models of varying complexity to determine the elasticity modulus (constrained modulus) of organic soils based on the settlement of the preload embankment. Numerical simulations were performed for these four models. On their basis, I chose the model used for experimental research.

The experimental research on the loading of the organic soil with the preloading embankment in Szczecin was described. Results from these studies were shown.

For the practical use of the models, the analyzes of two embankments at the Noteć test site were also carried out by the Department of Geotechnical Engineering of the Warsaw University of Life Sciences team. Author pointed to a model that can be used in practice.

The doctoral dissertation was summarized with conclusions and the program of further research.



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 na zmiennym 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 ścislenie 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. **Zygmunt 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 podłoże 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 podłoży 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 Białoliwie. 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 uznaje 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 zmniejszano 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, Białosłowie.
- 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. Osiadane 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 Białosłowie.

- *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.

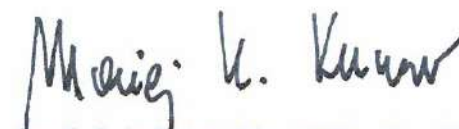
Stąd, uważam, że zrealizowany przez Doktorantkę szeroki program badań i analiz zawierający naukowe wyniki i wnioski do bezpośredniego stosowania w praktyce geotechnicznej, wnosi indywidualny wkład do aktualnej wiedzy i do tyczenia dalszych analiz szczegółowych w **dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie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

Wnioskuję 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 podłoży 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 wartościami 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.



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Lechowicz
Katedra Geotechniki
Instytut Inżynierii Lądowej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

Warszawa, 25.04.2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

pt. „*Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych*” autorstwa mgr inż. Magdaleny Olszewskiej, opracowana na podstawie umowy o dzieło zgodnie z uchwałą nr 25 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 28.02.2022 r., w oparciu o otrzymany egzemplarz ww. rozprawy doktorskiej. Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Zygmunt Meyer.

1. Tematyka rozprawy

Budownictwo w Polsce, szczególnie w ostatnich piętnastu latach, przeżywa intensywny rozwój przede wszystkim w zakresie budowy i modernizacji obiektów w aglomeracjach miejskich oraz rozbudowy infrastruktury drogowej, kolejowej, sanitarnej i energetycznej. Konieczność wejścia na tereny o niekorzystnych warunkach geotechnicznych wymusza wprowadzanie udoskonalonych metod projektowania, nowych technologii wzmacniania podłoża gruntowego oraz nowych technologii budowy i monitorowania obiektów. Realizacja obiektów w systemie „projektuj i buduj” umożliwia wykorzystanie metody obserwacyjnej projektowania, szczególnie ważnej przy posadowieniu nasypów w złożonych warunkach geotechnicznych. Jednym z podłoży gruntowych zaliczanych do warunków geotechnicznych o dużej złożoności jest podłoże organiczne. Złożoność zachowania się podłoża organicznego pod obciążeniem wynika przede wszystkim z dużej odkształcalności z wyraźną tendencją do pełzania, małej początkowej wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez odpływu, znacznej zmiany przepuszczalności wraz ze zmianą porowatości, wyraźnej nieliniowej zmienności charakterystyk materiałowych oraz znacznej przestrzennej zmienności właściwości.

Rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Olszewskiej rozszerza obszar badań nad ściśliwością gruntów organicznych obciążonych nasypem, co ma duże znaczenie poznawcze i praktyczne w budownictwie. Doktorantka podjęła trudną tematykę prognozy osiadań słabonośnych gruntów organicznych stanowiących podłoże nasypów z wykorzystaniem badań terenowych. Jako cel rozprawy przyjęła ocenę możliwości określenia modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych prowadzonych we wstępnej fazie realizacji obiektu.

2. Charakterystyka rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Olszewskiej składa się z siedmiu rozdziałów, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu symboli i oznaczeń, spisu literatury o 96 pozycjach literatury, w tym 30 angielskojęzycznych, spisu

rysunków i tabel oraz 15 załączników. Całkowita objętość pracy wynosi 454 strony, w tym bez załącznika 125 stron. Praca poza tekstem drukowanym zawiera 9 tabel i 58 rysunków. Rozprawa charakteryzuje się przejrzystym i dobrze skonstruowanym układem rozdziałów. Tematyka podrozdziałów odpowiada strukturze i potrzebom pracy.

Rozdział 1. stanowi wstęp, który zawiera kluczowe stwierdzenie o potrzebie poprawy prognozy osiadania gruntów organicznych pod wpływem działającego obciążenia wywołanego nasypem. Doktorantka zwróciła uwagę na złożoną budowę gruntów organicznych warunkującą odkształceniowe ich zachowanie się pod obciążeniem. Doktorantka przedstawiając koncepcję proponowanego sposobu określenia modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych stwierdziła, że *„Rozkład naprężeń analizowany w pracy może posłużyć także dla celów określenia stanu granicznego nośności”*, co jednakże wymaga dodatkowego komentarza. Zdaniem Doktorantki zastosowanie proponowanego sposobu określenia modułu ściśliwości może znacznie zmniejszyć różnice między osiadaniami obliczonymi metodami analitycznymi, a osiadaniami pomierzonymi w terenie.

W rozdziale 2. Doktorantka przedstawiła cel i zakres pracy oraz tezę badawczą. Przyjęła tezę, że *„Istnieje możliwość określenia wartości modułu ściśliwości gruntu organicznego dla celów obliczeń inżynierskich na podstawie badań eksperymentalnych w terenie”*. W drugim zdaniu Doktorantka stwierdza, że *„Analizując model matematyczny zjawiska możliwe jest określenie zmian wartości modułu ściśliwości przekładających się na nośność podłoża”*, co, jak już wyżej podano wymaga dodatkowego komentarza. Celem przeprowadzonych badań było określenie wartości modułu ściśliwości gruntów organicznych w warunkach naturalnych na podstawie analizy osiadania nasypu doświadczalnego. Zakres pracy obejmuje przegląd literatury, sformułowanie opisu matematycznego zjawiska, weryfikację modelu matematycznego na podstawie badań eksperymentalnych oraz wnioski i program dalszych badań.

W przeglądzie literatury (rozdział 3.) Doktorantka przedstawiła ogólną charakterystykę gruntów organicznych oraz dotychczasowy stan wiedzy na temat ściśliwości gruntów organicznych i osiadania gruntów organicznych obciążonych nasypem oraz modeli matematycznych podłoża słabonośnego. Szczególną uwagę zwróciła na rozpoznane właściwości torfów w zakresie składu i struktury szkieletu gruntowego warunkujące ich ściśliwość. Przytoczono charakterystyczne wartości modułów ściśliwości wyznaczonych w badaniach edometrycznych torfów i gytyi pochodzących z różnych rejonów Polski. Zwrócono uwagę na złożony charakter ściśliwości gruntów organicznych obejmujący natychmiastowe, konsolidacyjne i wtórne osiadania. Przeanalizowano metody służące określeniu osiadań gruntów organicznych obciążonych nasypem oraz jednowymiarowe modele matematyczne podłoża słabonośnego. W ramach analizy empirycznych metod przedstawiono graficzną metodę Asaoki (1978) służącą określeniu końcowych osiadań na podstawie początkowych pomiarów osiadań podłoża pod nasypem. Na zakończenie przeglądu literatury podano podsumowanie i program badań. W podsumowaniu rozdziału stwierdzono, że w praktyce inżynierskiej podstawowym zadaniem jest poprawna prognoza osiadań

całkowitych gruntów organicznych obciążonych nasypem z wykorzystaniem modułów ściśliwości reprezentujących ich zachowanie się w warunkach naturalnych.

Rozdział 4. zawiera własną propozycję Autorki opisu matematycznego analizowanego zjawiska osiadań gruntów organicznych obciążonych nasypem. Na początku przeanalizowano stan naprężenia i odkształcenia zwracając szczególną uwagę na jednowymiarowy stan odkształcenia. W modelu fizycznym zjawiska osiadania podłoża przyjęto założenie upraszczające, w którym obciążenie nasypem odwzorowano w postaci równomiernego obciążenia prostokątnego bez uwzględnienia w obliczeniach skarp nasypu zamiast trapezowego obciążenia. Obciążony obszar podłoża podzielono na kolumny obliczeniowe przyjmując kolejne założenia upraszczające w zaproponowanych przez Autorkę czterech modelach. W pierwszym modelu przyjęto założenie stałej wartości naprężenia i modułu ściśliwości w całym podłożu bez uwzględnienia wpływu obciążenia z innych obszarów obliczeniowych. W drugim modelu przyjęto założenie stałej wartości modułu ściśliwości w całym podłożu przy uwzględnieniu zmiany wartości naprężenia z uwzględnieniem wpływu obciążenia z innych obszarów obliczeniowych. W trzecim modelu, oprócz uwzględnienia zmiany wartości naprężenia jak w modelu drugim, w wyznaczeniu stałej wartości modułu ściśliwości w całym podłożu wykorzystano propozycję Meyera w postaci potęgowej funkcji opisującej zależność modułu ściśliwości od osiadania. W czwartym modelu dodatkowo uwzględniono w wyznaczeniu średniej wartości modułu ściśliwości w całym podłożu zmianę jego wartości w poszczególnych warstwach obliczeniowych.

W celu przeanalizowania wpływu poszczególnych założeń na uzyskane wartości osiadań i modułów ściśliwości przeprowadzono obliczenia z wykorzystaniem czterech proponowanych modeli dla podłoża organicznego pod nasypem w postaci równomiernego obciążenia prostokątnego. Szerokość obciążenia $B = 5$ m do miąższości podłoża $H = 8$ m wskazuje na stosunek $H/B = 1,6$, co świadczy o istotnym zmniejszeniu składowej pionowej naprężenia całkowitego wraz z głębokością. Przy braku drenażu pionowego długość drogi filtracji przy obustronnym drenażu $h = 4$ m powoduje również niejednorodny rozkład składowej pionowej naprężenia efektywnego. Zatem analizowany przypadek należy rozpatrywać jako posadowienie nasypu na głębokim podłożu organicznym. Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują na duże wartości modułów ściśliwości $M1$ uzyskane z modelu 1. Wartości te są znacznie większe niż wartości modułów ściśliwości $M2$, $M3$ i $M4$ uzyskane z modeli 2, 3 i 4, których wartości są zbliżone. We wszystkich analizowanych modelach obserwuje się znaczne zaburzenie uzyskanych wartości osiadań i modułów ściśliwości na brzegach, a szczególnie w narożach równomiernego obciążenia prostokątnego. Biorąc pod uwagę przyjęte założenia, Autorka w dalszej części rozprawy doktorskiej wykorzystała model 4.

W *rozdziale 5.* przedstawiono analizę wyników badań terenowych przeprowadzonych na dwóch poletkach doświadczalnych zlokalizowanych na nasypach posadowionych na torfach na Ostrowie Brdowskim w Szczecinie. Poletka doświadczalne zostały wyposażone w sieć reperów talerzowych (21 reperów – nasyp 1; 17 reperów – nasyp 2) umożliwiającą pomiary osiadań. W celu przyspieszenia procesu osiadania słabonośnego podłoża zainstalowano

prefabrykowane dreny pionowe skracając długość drogi drenażu z 4,5 m do połowy rozstawy między drenami. W przypadku pierwszego nasypu szerokość nasypu B wynosząca ok. 104,8 m do miąższości torfu $H = 9$ m wskazuje na stosunek $H/B = 0,09$. W przypadku drugiego nasypu szerokość nasypu B wynosząca ok. 63,6 m do miąższości torfu $H = 9$ m wskazuje na stosunek $H/B = 0,14$. Uzyskane wartości stosunku H/B świadczą o niewielkim zmniejszeniu składowej pionowej naprężenia całkowitego wraz z głębokością. Zainstalowanie prefabrykowanych drenów pionowych spowodowało również zmniejszenie zróżnicowania rozkładu składowej pionowej naprężenia efektywnego wraz z głębokością. Z pomiarów osiadań wynika, że w przypadku pierwszego nasypu reper A1-P06 wykazał osiadania 0,586 m, natomiast w przypadku drugiego nasypu repery A2-P10 i A2-P11 wykazały osiadania 1,175 m i 1,12 m, które istotnie różnią się od pozostałych pomierzonych wartości osiadań, co wymaga komentarza.

Terenowe pomiary osiadań przeprowadzone na dwóch poletkach doświadczalnych wykorzystano w obliczeniach służących określeniu modułu ściśliwości na podstawie pomiarów osiadań z wykorzystaniem modelu 4. Oprócz wyznaczenia modułów ściśliwości w poszczególnych punktach pomiarowych wyznaczono uśrednioną wartość modułu ściśliwości, która zalecana jest w obliczeniach inżynierskich. W obu analizowanych przypadkach obserwuje się znaczne zaburzenie uzyskanych wartości modułów ściśliwości na brzegach, a szczególnie w narożach równomiernego obciążenia prostokątnego.

W rozdziale 6. przedstawiono wykorzystanie proponowanej metody wyznaczenia modułu ściśliwości na podstawie pomiarów terenowych osiadań na przykładzie dwóch nasypów doświadczalnych posadowionych na torfowo-gytiowym i torfowym podłożu organicznym bez drenażu pionowego zlokalizowanych na poligonie badawczym w dolinie rzeki Noteć w Białosławiu. W przypadku nasypu na torfowo-gytiowym podłożu szerokość korony nasypu B wynosząca 10 m do miąższości podłoża organicznego $H = 4$ m wskazuje na stosunek $H/B = 0,4$. W przypadku nasypu na torfowym podłożu szerokość korony nasypu B wynosząca 11 m do miąższości podłoża organicznego $H = 4$ m wskazuje na stosunek $H/B = 0,36$. Uzyskane wartości stosunku H/B świadczą o niewielkim zmniejszeniu składowej pionowej naprężenia całkowitego wraz z głębokością. Długość drogi filtracji przy obustronnym drenażu podłoża organicznego wynosząca $h = 2$ m powoduje również w miarę jednorodny rozkład składowej pionowej naprężenia efektywnego. Zatem analizowane przypadki należy rozpatrywać jako posadowienie nasypów na płytkim podłożu organicznym.

Terenowe pomiary osiadań przeprowadzone na dwóch nasypach doświadczalnych wykorzystano w obliczeniach służących określeniu modułu ściśliwości na podstawie pomiarów osiadań z wykorzystaniem czterech modeli. W przypadku nasypów posadowionych na płytkim podłożu organicznym wyjątkowo dobrą zgodność wyznaczonych modułów ściśliwości na podstawie pomiarów osiadań z modułami ściśliwości otrzymanymi z badań edometrycznych uzyskano z wykorzystaniem modelu 1. Jednakże również w tym przypadku obserwuje się znaczne zaburzenie uzyskanych wartości modułów ściśliwości na brzegach, a szczególnie w narożach równomiernego obciążenia prostokątnego.

W rozdziale 7. podano wnioski z uzyskanych przez Doktorantkę wyników badań i analiz oraz program dalszych badań.

3. Uwagi ogólne i szczegółowe

Analiza rozprawy doktorskiej nasunęła mi następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne, które powinny być wyjaśnione lub skomentowane podczas publicznej obrony pracy:

- Jakie stany naprężenia i odkształcenia wywoływane są podczas budowy nasypów na podłożu słabonośnym i jaki mają charakter oraz co decyduje o jego bezpieczeństwie? W której fazie realizacji posadowienia nasypu na podłożu słabonośnym znaczącą rolę odgrywają odkształcenia objętościowe i postaciowe oraz odkształcenia pionowe i poziome?
- W pracy zamieszczono stwierdzenia, że „Rozkład naprężeń analizowany w pracy może posłużyć także dla celów określenia stanu granicznego nośności” oraz „Analizując model matematyczny zjawiska możliwe jest określenie zmian wartości modułu ściśliwości przekładających się na nośność podłoża” co wymaga dodatkowego komentarza.
- Czy przeprowadzono ocenę osiadań końcowych z wykorzystaniem metody Asaoki (1978)?
- Pomiary osiadań wskazują, że w przypadku pierwszego nasypu osiadania reperu A1-P06 wynoszą 0,586 m, natomiast w przypadku drugiego nasypu osiadania reperów A2-P10 i A2-P11 wynoszą 1,175 m i 1,12 m, które istotnie różnią się od pozostałych pomierzonych wartości osiadań, co wymaga komentarza. Jaki był rozstaw prefabrykowanych drenów pionowych?
- Ze względu na obserwowane znaczne zaburzenie uzyskanych wartości modułów ściśliwości na brzegach i w narożach równomiernego obciążenia prostokątnego należy podać dla którego obszaru obowiązują wyznaczone moduły ściśliwości? W jaki sposób zmniejszyć te zaburzenia w rejonie krawędzi korony nasypu w przypadku rozpatrywania nasypu ze skarpami?
- Objaśnienia przedstawione na Rys. 33, 43 i 49 wymagają dodatkowego komentarza.

Pragnę podkreślić, że powyższe uwagi krytyczne i dyskusyjne nie pomniejszają przedstawionych w recenzji własnych i oryginalnych osiągnięć Doktorantki.

Drobne poprawki w tekście i na rysunkach zostały zaznaczone w recenzowanym egzemplarzu i zestawione w załączonej tabeli oraz przekazane Doktorantce w celu umożliwienia dokonania niezbędnych korekt przed przekazaniem części pracy do druku.

4. Ocena osiągnięć zawartych w rozprawie

Rozprawa ma charakter doświadczalno-analityczny. Mgr inż. Magdalena Olszewska podjęła się zbadania i oceny możliwości określenia modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych prowadzonych we wstępnej fazie

realizacji obiektu. Dla zrealizowania założonego celu rozprawy Doktorantka wykonała obszerne i bardzo dobrze udokumentowane badania terenowe i laboratoryjne oraz analizy numeryczne. Bogaty materiał doświadczalny umożliwił Doktorantce wykazanie, że opracowana metoda określenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych może być wykorzystana w prognozie osiadań nasypów metodą obserwacyjną. Opracowana metoda jest bardzo cenna w projektowaniu nasypów na podłożach słabonośnych realizowanych w trybie „projektuj i buduj”.

Za najważniejsze elementy oryginalne, stanowiące własny dorobek naukowy Doktorantki należy uznać:

- opracowanie czterech modeli umożliwiających określenie modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych z uwzględnieniem zmiany naprężenia i modułu ścisłości wraz z głębokością,
- przeprowadzenie obliczeń z wykorzystaniem czterech proponowanych modeli dla głębokiego podłoża organicznego pod nasypem w postaci równomiernego obciążenia prostokątnego w celu przeanalizowania wpływu poszczególnych założeń na uzyskane wartości osiadań i modułów ścisłości,
- przeprowadzenie badań terenowych na dwóch poletkach doświadczalnych zlokalizowanych na nasypach posadowionych na torfach i analiza wyników pomiarów osiadań sieci reperów pod kątem możliwości określenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych,
- weryfikacja proponowanej metody określenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych na dwóch nasypach doświadczalnych posadowionych na torfowo-gytiowym i torfowym podłożu organicznym.

Należy podkreślić, że założony przez Doktorantkę naukowy cel pracy został osiągnięty, a postawiona teza udowodniona. Przedstawione w pracy wnioski końcowe są w pełni udokumentowane i stanowią własny i oryginalny wkład Doktorantki w zakresie określenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych w prognozie osiadań nasypów metodą obserwacyjną.

5. Wniosek końcowy

Mgr inż. Magdalena Olszewska przedłożyła do oceny rozprawę doktorską zawierającą wyniki bardzo dobrze zaprogramowanych i obszernych badań terenowych i laboratoryjnych oraz analiz numerycznych służących ocenie możliwości określenia modułu ścisłości gruntów organicznych na podstawie badań terenowych. Recenzowana praca wniosła oryginalne elementy poznawcze w dyscyplinie „budownictwo” wskazane w recenzji rozprawy, zatem spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w odpowiednich przepisach. Zawarte w pracy sformułowania i rozwiązanie problemu badawczego potwierdzają, że Doktorantka sprostала wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora. Wniosuję zatem o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż.

Magdaleny Olszewskiej pt. „*Określenie wartości modułu ściśliwości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych*” do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Lechowicz

Uwagi redakcyjne

do rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Olszewskiej pt.
„Określenie wartości modułu ścisłości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych”

Strona	Jest	Powinno być
str. 9	.. was Described... Subsoil subsidence... ...subsidence... ...organic substrate... ...preload embankment	...was described... Subsoil settlement... ...settlement... ...organic subsoil... ...preloaded embankment
str. 11	c_v Współczynnik konsolidacji	Jest wymieniony dwa razy
str. 14	Δu Nadwyżka ciśnienia porowego ε_h Odkształcenie poziomego kolumny gruntu σ'_p Naprężenia prekonsolidacyjne	Δu Nadwyżka ciśnienia wody w porach ε_h Odkształcenie poziome kolumny gruntu σ'_p Naprężenie prekonsolidacji
str. 18	Zgodnie z obowiązująca norma...	Zgodnie z obowiązującą normą...
str. 28	Można rozróżnić krzywą ścisłości pierwotnej, wtórnej oraz odprężenia (rys. 1).	Można rozróżnić krzywą ścisłości pierwotnej, odprężenia oraz przy powtórnym obciążeniu (rys. 1).
str. 29	Rys. 1.... 3 - krzywa ścisłości wtórnej	Rys. 1.... 3 - krzywa ścisłości przy powtórnym obciążeniu
str. 32	...duża część...	...duża część...
str. 37	...od położenia drenażu...	...od warunków drenażu...
str. 49	$\sigma_x = \sigma_y = K_0 \sigma_z$	$\sigma'_x = \sigma'_y = K_0 \sigma'_z$
str. 54	...uwzględniającego...	...uwzględniającego...
str. 97	Graficzna komparacja dostępna jest...	Graficzne porównanie przedstawiono...

Michał

UCHWAŁA NR 214
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 19 września 2022 r.

w sprawie nadania mgr inż. Magdalenie Olszewskiej
stopnia doktora

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

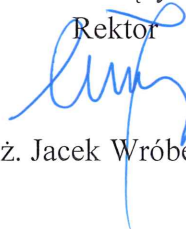
Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr inż. Magdalenie Olszewskiej stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor



dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT

UCHWAŁA NR 215
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 19 września 2022 r.

w sprawie wyróżnienia rozprawy doktorskiej dr inż. Magdaleny Olszewskiej

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z § 3 pkt 4 i § 21 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 maja 2019 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania nagród Prezesa Rady Ministrów oraz wzoru wniosku o ich przyznanie (Dz. U. poz. 976, z późn. zm.) oraz z § 11a uchwały nr 113 Senatu ZUT z dnia 23 września 2019 r. w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie (z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

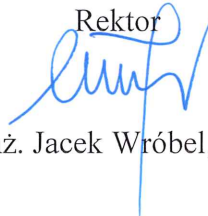
Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wyróżnia rozprawę doktorską dr inż. Magdaleny Olszewskiej, pt. „Określenie wartości modułu ścisłości konsolidowanego gruntu organicznego na podstawie badań terenowych”.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor



dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT