

Prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka  
Politechnika Śląska  
Wydział Budownictwa  
Katedra Geotechniki i Dróg  
ul. Akademicka 5  
44–100 Gliwice

Gliwice, 20 kwietnia 2020 roku

**R E C E N Z J A**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego**  
**pt. „Odkształcalność i konsolidacja gruntów organicznych na tle**  
**geologiczno-inżynierskich uwarunkowań Południowej Obwodnicy Gdańska”**

**1. Podstawa opracowania recenzji**

Niniejszą recenzję pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego pt. *„Odkształcalność i konsolidacja gruntów organicznych na tle geologiczno-inżynierskich uwarunkowań Południowej Obwodnicy Gdańska”* wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Warszawskiego – Pana prof. dr hab. Ireneusza Walaszczyka, z dnia 20 lutego 2020 roku.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej**

Recenzowana praca doktorska liczy 184 strony tekstu podstawowego oraz 224 pozycje literatury, w tym: 210 publikacji naukowych, naukowo–technicznych, 3 dokumentacje inżynierskie, 5 norm i instrukcji, 9 stron internetowych. Ponadto, praca doktorska zawiera objaśnienia symboli stosowanych w rozprawie, spis rysunków i tabel, 1 załącznik oraz streszczenia w języku polskim i języku angielskim.

Praca została podzielona na 10 rozdziałów, a te zostały podzielone na podrozdziały.

**2.1. Aktualny stan wiedzy w zakresie tematyki rozprawy**

Budowa dróg na gruntach ściśliwych niewątpliwie stanowi wyzwanie dla projektantów i wykonawców robót drogowo-inżynierskich. Wielokrotnie potwierdzono, że zaniedbania projektowe, a następnie wykonawcze w budownictwie drogowym, na terenach występowania gruntów organicznych może doprowadzić do bardzo poważnych awarii lub katastrof budowlanych.

Aktualnie, warunki użytkowania dróg o trasach przebiegających przez obszary występowania w podłożu gruntów o znacznej ściśliwości są coraz bardziej restrykcyjne. Warunki te dotyczą w szczególności oceny możliwych odpowiedzi podłoża gruntowego na obciążenia, jak również metod wzmocnienia słabego podłoża.

Inwestycje drogowe prowadzone na obszarach o skomplikowanych warunkach geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich, a co za tym idzie uzyskane dzięki nim doświadczenia projektowe i wykonawcze są bez wątpienia źródłem cennych informacji dla kolejnych nowoprojektowanych i nowowznoszonych obiektów drogowych i mostowych.

Autor rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasz Białobrzęski wykorzystał w swojej pracy m.in. doświadczenia zebrane w procesie projektowania i realizacji w latach 2009-2012 odcinka Południowej Obwodnicy Gdańska POG, zlokalizowanego w północno-zachodniej części Żuław Wiślanych. Na analizowanym przez mgr inż. Tomasza Białobrzęskiego odcinku POG, zastosowano po raz pierwszy w Polsce na tak dużą skalę, wzmocnienie podłoża gruntowego poprzez wykonanie nasypów przeciążających i drenów pionowych przyspieszających konsolidację podłoża.

Dokumentacja geologiczno-inżynierska i geotechniczna wykonana podczas projektowania, a następnie podczas budowy Południowej Obwodnicy Gdańska, badania i analizy metod wzmocnienia podłoża gruntowego stanowią cenny pod względem skali i zakresu obserwacji poligon doświadczalny dla przygotowanej rozprawy doktorskiej przez mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego.

## **2.2. Struktura rozprawy doktorskiej**

Pan mgr inż. Tomasz Białobrzęski swoją pracę doktorską przedstawił w dziesięciu rozdziałach.

- Rozdział 1 zawiera cel rozprawy doktorskiej i krótkie wprowadzenie do zagadnień badawczych, którymi zajmował się Doktorant.

- Rozdział 2 w całości został poświęcony budowie geologicznej Żuław Wiślanych w rejonie Południowej Obwodnicy Gdańska. W rozdziale tym zostały opisane czynniki, które miały wpływ na wykształtowanie się obniżenia Żuław Wiślanych, czyli czynniki denudacyjno-erozyjne oraz tektoniczne. Doktorant zestawiał również wybrane informacje charakteryzujące budowę geologiczną obszaru dzisiejszych Żuław w rejonie przebiegu analizowanego odcinka POG w nawiązaniu do najważniejszych zdarzeń i litogenezy osadów. Szczególna uwaga została zwrócona przez mgr inż. Tomasza Białobrzęskiego na holocenijskie wypełnienie delty Wisły. Powierzchnia Żuław pokryta jest madami, których geneza jest związana z powierzchniowymi wodami przepływowymi, które zamulały zatokę. Transportowany przez cieki materiał powoli narastał budując deltę. Powolna sedymentacja była zaburzana przez większe powodzie, które dostarczały materiału gruboziarnistego i przerywały ciągłość osadów drobnoziarnistych. Zmienność warunków sedymentacji w trakcie przyrostu delty spowodowała przestrzenną niehomogeniczność osadów. W miejscach, gdzie wody gruntowe znajdowały się wysoko dochodziło do nasilania procesów bagiennych wraz z powstawaniem torfów.

Jak stwierdza mgr inż. Tomasz Białobrzęski, na terenie analizowanego przez niego odcinka POG, naturalny proces przyrostu mad był ograniczony przez działalność antropogeniczną człowieka. Wały powodziowe stanowiły barierę dla niesionego materiału przez cieki wodne, jednakże w trakcie bardzo wysokich wezbrań dochodziło do przerywania wałów powodziowych i wlewania wód z materiałem gruboziarnistym.

W obrębie analizowanego przez Doktoranta obszaru najbardziej problematyczne pod względem geotechnicznym są słabonośne osady sedymentacji powodziowej zawierające części organiczne. Zazębiają się one i przewarstwiają z piaszczystymi osadami rzecznyymi.

Według Autora rozprawy doktorskiej, różnorodność procesów geologicznych, klimatycznych oraz antropogenicznych w kształtowaniu monotonnych geomorfologicznie Żuław Wiślanych, skutkuje warunkami geotechnicznymi zaliczanymi do złożonych lub skomplikowanych.

- Model geologiczno-inżynierski podłoża został przedstawiony przez mgr inż. Tomasza Białobrzęskiego w Rozdziale 3 rozprawy doktorskiej.

Badania i analizy nad odkształcalnością i konsolidacją gruntów organicznych występujących w podłożu Południowej Obwodnicy Gdańska, i związany z tym model geologiczno-inżynierski, wymagały:

- przestrzennego ułożenia kompleksów gruntowych bazujących na przyjętych kryteriach genetycznych i geologiczno-inżynierskich,
- charakterystyki właściwości fizyko-mechanicznych wydzielonych kompleksów gruntowych,
- określenia wpływu utworów organicznych w kształtowaniu zachowań podłoża gruntowego obciążonego obiektami drogowymi.

Do przedstawienia modelu geologiczno-inżynierskiego mgr inż. Tomasz Białobrzęski wykorzystał:

- wyniki prac dokumentacyjnych prowadzonych dla potrzeb projektowania i realizacji POG (Ciesielski in., 2009; Frankowski i in., 2010),
- raport z polowych i laboratoryjnych badań specjalistycznych (Menard Polska, 2010),
- autorskie specjalistyczne laboratoryjne badania konsolidacji.

Autor rozprawy po przeprowadzeniu badań, analiz oraz porównań przedstawił przestrzenne występowanie zespołów gruntowych A, B, C w wydzielonych odcinkach I, II i III. Dodatkowo, aby przedstawić spójny model geologiczno-inżynierski dla analizowanego podłoża POG, przeanalizował różne kryteria związane z klasyfikacją gruntów, w tym: kryterium genetyczne, klasyfikację w odniesieniu do zawartości substancji organicznych, kryterium granulometryczne oraz klasyfikację na podstawie oporu gruntu w badaniach sondą statyczną. Na zakończeniu rozdziału 3, Doktorant przedstawił program i klasyfikację analizowanych badań odkształcalności i konsolidacji.

- Rozdział 4 został poświęcony metodom wzmacniania podłoża gruntowego. Bazując na podziale metod wzmacniania opracowanych przez Pisarczyka (2014) oraz Stilger-Szydło (2005), mgr inż. Tomasz Białobrzęski dokonał oceny metod wzmacniania podłoża gruntowego w odniesieniu do warunków geotechnicznych podłoża Południowej Obwodnicy Gdańska, a następnie bazując na uwarunkowaniach technologicznych i ekonomicznych na odcinku POG od węzła „Południowy” do węzła „Koszwały”, wybrał do dalszych analiz dwie metody wzmocnienia podłoża, tj. drenaż pionowy z przeciążającymi nasypami oraz kolumny przemieszczeniowe typu CMC (*Controlled Modulus Column*) z warstwą transmisyjną zbrojoną siatkami stalowymi.

W Rozdziale 4.3.2 zostały przedstawione założenia projektowe wzmocnienia podłoża gruntowego na budowie POG z wykorzystaniem drenów pionowych. Mgr inż. Tomasz Białobrzęski zwrócił w tym rozdziale uwagę na etapową budowę nasypu przeciążającego oraz czas trwania obciążenia podłoża kolejnymi warstwami nasypu.

- Założenia i realizacja systemu monitoringu, jak również ocena możliwości i ograniczeń jego wykorzystania zostały przedstawione w Rozdziale 5. Monitoring przemieszczeń nasypów drogowych odbywał się przy wykorzystaniu reperów talerzowych umieszczanych w nawiązaniu do pierwotnego poziomu terenu po trzy w jednym przekroju drogowym, tj. w centralnej części i dwa pod skrajem korony nasypu. Odległość pomiędzy kolejnymi przekrojami wynosiła około 50 m wzdłuż osi drogi, zaś rozstaw pomiędzy reperami w przekroju poprzecznym wynosił kilkanaście metrów. Od momentu zamontowania reperów pod nasypem monitorowano osiadania podłoża, aż do praktycznej stabilizacji mierzonych odkształceń.

Poza tradycyjnymi reperami pod wybranymi przekrojami drogi wykonano pomocnicze pomiary przy użyciu profilometrów oraz inklinometrów. Zebrane wyniki pomiarów monitoringu stanowiły dane wejściowe do przeprowadzenia „zadania odwrotnego”, czyli porównania modelowych obliczeniowych przemieszczeń (osiadań) nasypów przy zakładanych parametrach ściśliwości i konsolidacji z pomierzonymi na budowie odkształceniami.

W Rozdziale 5.3 Doktorant przeanalizował osiadania podłoża gruntowego po zdjęciu nasypu przeciążającego.

- Zagadnienia odkształcalności i konsolidacji gruntów w warunkach stałego obciążenia zostały opisane w Rozdziale 6 rozprawy doktorskiej. W nawiązaniu do zastosowanych programów obciążenia mgr inż. Tomasz Białobrzęski zaproponował i przedstawił wybrane metody wyznaczania parametrów związane z odkształcalnością i konsolidacją, jak również dokonał analizy uzyskanych wyników. Parametry te mogą być wykorzystane m.in. w celu:

- modelowania zachowania ośrodka gruntowego w warunkach obciążenia nasypem i eksploatacji drogi,
- oceny właściwości odkształceniowo-konsolidacyjnych w gruntach pochodzenia deltowego, zawierających rozproszone części organiczne,
- porównania wybranych metod oceny parametrów konsolidacyjnych.

W Rozdziale 6 zostały przedstawione badania edometryczne IL bez pomiaru ciśnienia wody w porach oraz z pomiarem ciśnienia wody w porach. Doktorant w Rozdziale 6.2 przedstawił metody obliczeń i prezentacji wyników dla zmian ściśliwości gruntu w funkcji naprężenia, w tym m.in. krzywe typu NC (normalnie konsolidowane) oraz krzywe typu PC (prekonsolidowane). W kolejnych podrozdziałach został przedstawiony przebieg odkształceń w badaniach IL, w tym etapy odkształceń osiowych i typy krzywych konsolidacji oraz parametry jednoosiowej konsolidacji filtracyjnej. W rozdziale tym dla określenia współczynnika konsolidacji pionowej z badań IL bez pomiaru ciśnienia wody w porach, mgr inż. Tomasz Białobrzeski wybrał 5 metod: Casagrande'a (1936), Taylora (1948), metodę  $O_{c_v}$  – analizę zależności  $\log c_v - U$  (Dobak, 1999), metodę SRS (settlement-rate-settlement) (Al.-Zoubi, 2008), metodę aproksymacyjną AM – do oceny zgodności przebiegu konsolidacji filtracyjnej z podejściem teoretycznym (Dobak i Gaszyński, 2015).

Rozdział 6.5 przedstawia konsolidację pionową i radialną, Rozdział 6.6 opisuje współczynnik ściśliwości wtórnej, zaś wskaźnik uplastycznienia został scharakteryzowany w Rozdziale 6.7.

- Badaniom konsolidometrycznym typu CRL został poświęcony Rozdział 7. Po przedstawieniu zalet badań jednoosiowej odkształcalności i konsolidacji gruntów, mgr inż. Tomasz Białobrzeski przedstawił podział badań CL na trzy typy, a mianowicie:

- ze stałą prędkością odkształcenia gruntu (*constant rate of strain CRS*),
- przy kontrolowanym gradiencie ciśnienia wody w porach gruntu (*controlled gradient CG*),
- ze stałą prędkością obciążenia (*constant rate of loading CRL*).

W Rozdziale 7, dla scharakteryzowania parametrów konsolidacji i odkształcalności gruntów z Żuław Wiślanych, mgr inż. Tomasz Białobrzeski przeanalizował wyniki własnych badań prowadzonych w systemie CRL. Dodatkowo, Doktorant zajął się charakterystyką zmian ciśnienia wody w porach gruntu w przebiegu badań CRL, zmianami ściśliwości próbki w funkcji naprężenia oraz charakterystykami współczynnika konsolidacji z badań CRL.

- W Rozdziale 8 mgr inż. Tomasz Białobrzeski przedstawił ocenę odkształcalności i konsolidacji gruntów z rejonu zachodniej części Żuław o wyniki badań konsolidometrycznych typu CRS prowadzonych z zachowaniem stałego przyrostu odkształcenia. W Rozdziale 8.1, mgr inż. Tomasz Białobrzeski przedstawił metodykę programu badawczego, a następnie ocenę ściśliwości (Rozdział 8.2) oraz ocenę zmienności współczynnika konsolidacji (Rozdział 8.3).

- Ocena parametrów odkształcalności i konsolidacji gruntów z uwzględnieniem monitoringu przebiegu odkształceń podłoża została przedstawiona w Rozdziale 9. Dane z monitoringu przemieszczeń nasypów zostały wykorzystane do przeprowadzenia analiz odkształcalności podłoża metodą tzw. „zadania odwrotnego”. Parametry odkształcalności i konsolidacji Doktorant określił na podstawie iteracyjnego znajdowania ich wartości poprzez porównywanie modelowych przemieszczeń z pomierzonymi podczas monitoringu. W celu określenia parametrów konsolidacji, mgr inż. Tomasz Białobrzeski wykorzystał m.in. model Barrona (1948) i Hansbo (1979). Dokonał również optymalizacji parametrów:  $r_{cr}$ , wartości  $c_v$ , parametru  $a_{c_v}$ , stosunku  $k_h/k_h'$ . Dla oceny wyznaczenia zakończenia konsolidacji filtracyjnej na podstawie monitoringu osiadań, Doktorant zastosował metodę Asaoki (1978) oraz metodę hiperboliczną (Tan, 1973; Chin, 1971).

Do oceny parametrów konsolidacji na podstawie danych z monitoringu osiadań Doktorant zastosował metodę Asaoki (1978), zaś do wyznaczenia parametrów związanych z odkształcalnością wykorzystał m.in. wzór Barnes'a (2010) dla wyznaczenia osiadań całkowitych gruntów normalnie skonsolidowanych. W Rozdziale 9.2 Doktorant pokazał udział przemieszczeń natychmiastowych na podstawie badań IL dla poszczególnych analizowanych odcinków POG.

- Podsumowanie rozprawy doktorskiej oraz wnioski z niej wypływające znalazły swoje miejsce w Rozdziale 10. Treść Rozdziału 10 została w sposób zwarty i przejrzysty przedstawiona w 21 punktach.

- W rozprawie doktorskiej można znaleźć streszczenie w j. polskim i j. angielskim. Dopełnieniem treści pracy są objaśnienia symboli używanych przez Autora. Do rozprawy dołączono również spis tabel, rycin oraz jeden załącznik.

### **3. Ocena dorobku rozprawy**

Podjęte przez mgr inż. Tomasza Białobrzieskiego badania i analizy są ukierunkowane na pozyskanie lepszej wiedzy i doświadczenia na temat odkształcalności i konsolidacji holocenów deltowych gruntów mineralno-organicznych. Odpowiedź takich rodzajów gruntów na zadawane obciążenia jest inna niż w przypadku starszych osadów mineralnych: glin czy iłów, z uwagi na większą ich ściśliwość, wysoką wilgotność naturalną, zróżnicowaną zawartość części organicznych oraz zmienną przepuszczalność.

Mgr inż. Tomasz Białobrzieski w swojej pracy szczególną uwagę poświęcił metodom interpretacji wyników laboratoryjnych badań odkształcalności i konsolidacji gruntów w celu oznaczania ich parametrów, stosowanych w projektowaniu geotechnicznym.

Do realizacji postawionych przez siebie celów pracy mgr inż. Tomasz Białobrzieski wykorzystał:

- charakterystyki zmienności warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych,
- wyniki specjalistycznych badań laboratoryjnych gruntów organogenicznych oraz
- wyniki monitoringu osiadań.

Zebrane przez Doktoranta dane dotyczące parametrów konsolidacyjnych i odkształceniowych pozwoliły ocenić metody badań i obliczenia przebiegu osiadań konsolidowanego podłoża gruntowego. Modelowanie obliczeniowe, które Doktorant zrealizował na zasadzie „zadania odwrotnego”, pozwoliło ocenić miarodajność uzyskiwanych z badań parametrów konsolidacji oraz przyjmowanych założeń do prognozowania.

Na wyróżnienie zasługuje zakres badań i analiz (ok. 600 otworów wiertniczych, ponad 270 sondowań CPTU), którymi zostały objęte grunty budujące podłoże trzech odcinków Południowej Obwodnicy Gdańska. Rozprawa doktorska mogła być realizowana m.in. dzięki pracy mgr inż. Tomasza Białobrzieskiego w firmie Menard Polska, która udostępniła Doktorantowi potrzebne dokumentacje i materiały. Specjalistyczne badania laboratoryjne zostały wykonane przez Autora rozprawy przy wsparciu pracowników Zakładu Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego, a także przy współpracy z pracownikami Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Mgr inż. Tomasz Białobrzieski dokonał analizy warunków geologiczno-inżynierskich oraz geotechnicznych, w tym m.in.: właściwości podłoża gruntowego, miąższości i układu warstw, wykształcenia litologicznego, które mogą mieć wpływ na przebieg osiadania gruntu. Doktorant przedstawił również projekty wzmocnienia podłoża gruntowego przy wykorzystaniu drenów pionowych i nasypów przeciążających, tj. założenia dotyczące obciążenia, warunków drenażu pionowego oraz program monitoringu.

Bardzo ważne z naukowego punktu widzenia są wyniki terenowego monitoringu osiadań, prowadzonego w związku ze wzmacnianiem podłoża gruntowego metodą nasypów przeciążających i konsolidacją radialną. Uzyskane wyniki mogły być porównywane z licznymi laboratoryjnymi badaniami gruntów ściśliwych wykonywanymi różnymi metodami. W rozprawie Autor przedstawił wyniki badań właściwości konsolidacyjnych gruntów prowadzone ze stałą prędkością obciążania odnoszoną do metod wzmacniających przy budowie drogi.

Powyższe informacje były niezbędne, aby Doktorant określił związki pomiędzy miąższością, układem przestrzennym warstw gruntów podlegających drenażowi a uzyskiwanym tempem konsolidacji oraz ocenił skuteczność zastosowania nasypów przeciążających. Autor rozprawy uwzględnił również w swoich analizach wskaźnikowe badania współczynnika konsolidacji pionowej i poziomej, oznaczone w badaniach konsolidometrycznych ze zróżnicowanym kierunkiem drenażu.

W rozprawie doktorskiej została również przeprowadzona analiza zachowań podłoża bazując na przestrzennych i czasowych zapisach przebiegu osiadań, dla których mgr inż. Tomasz Białobrzeski określił empiryczne wskaźniki w nawiązaniu do modelu budowy geologicznej, zastosowanego sposobu wymuszenia wzmocnienia podłoża oraz fizycznej charakterystyki procesu konsolidacji. Wyniki badań laboratoryjnych Doktorant wykorzystał również do weryfikacji parametrów odkształceniowych i konsolidacji w porównaniu do rzeczywistych przemieszczeń nasypu.

Postawiony na początku rozprawy doktorskiej cel, jakim było m.in. wniesienie nowych specjalistycznych danych do regionalnej charakterystyki geologiczno-inżynierskiej występowania osadów deltowych na terenach o skomplikowanych warunkach gruntowo-wodnych został spełniony przez mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego z naddatkami.

#### **4. Uwagi szczegółowe i dyskusyjne**

Rozprawa doktorska została napisana przez mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego starannie, w sposób czytelny i przejrzysty. Na początku pracy Doktorant podał spis ważniejszych symboli stosowanych w rozprawie oraz określił cel i zakres pracy.

Po zapoznaniu się z treścią pracy nasuwają się pewne spostrzeżenia oraz pytania:

- Zagadnienie wytrzymałości gruntów na ścinanie zostało pominięte w rozprawie doktorskiej. Czy zdaniem Doktoranta zagadnienie to dla gruntów organicznych nie jest wartością do badań i analiz?
- Czy Doktorant wykonywał badania terenowe lub laboratoryjne w celu wyznaczenia parametrów wytrzymałościowych, tj. kąta tarcia wewnętrznego i spójności gruntów budujących podłoże Południowej Obwodnicy Gdańska?
- Czy Autor rozprawy mając do dyspozycji obszerną dokumentację projektową i wykonawczą z badań Południowej Obwodnicy Gdańska planuje opracowanie nomogramów ułatwiających wyznaczanie parametrów opisujących odkształcalność i konsolidację gruntów organicznych z obszaru Żuław Wiślanych?
- Czy wnioski przedstawione w rozprawie doktorskiej można bezpośrednio przenieść na grunty organiczne budujące podłoże w innych rejonach Polski?
- W rozprawie doktorskiej mgr inż. Tomasz Białobrzeski nie przedstawił planu dalszych badań i analiz. Czy to oznacza, że wszystko już zostało wykonane w odniesieniu do zagadnień poruszanych w rozprawie doktorskiej?

W pracy można znaleźć następujące usterki redakcyjne:

- na Ryc. 4.7÷4.9 – opisy w legendzie są mało czytelne,
- wyniki, które zostały przedstawione na Ryc. 5.5 są nieczytelne (zbyt mała skala; wykres nie jest jednoznaczny),

- na Ryc. 6.9 w legendzie brakuje opisu przedstawionych krzywych,
- w tytule Tabeli 6.10 występuje bezwymiarowy czynnik czasu  $T$ , podczas gdy w samej tabeli czynnik czasu  $T_v$ . Brak jednoznaczności w nazewnictwie,
- Ryc. 6.12 i Ryc. 6.13 są mało czytelne. Na osi poziomej na Ryc. 6.13 występuje opis: „pierzwiastek kwadratowy z czasu [s]”, który budzi wątpliwości. Ponadto, we wzorach [6.7] i [6.8] występują symbole  $h_{50}$ ,  $h_{90}$ , zaś na Ryc. 6.12 i 6.13 występują symbole:  $H_{50}$ ,  $H_{90}$ . Jest to niedopatrzenie Autora pracy,
- w pracy występują błędne odwołania do Rycin, np. str. 85: jest (ryc. 6.18) – powinno być (ryc. 6.16), str. 87: jest (ryc. 6.21) – powinno być (ryc. 6.19), str. 88: jest (ryc. 6.22) – powinno być (ryc. 6.20), str. 93: jest (ryc. 6.24) – powinno być (ryc. 6.22), str. 94: jest (ryc. 6.25) i (ryc. 6.26) – powinno być (ryc. 6.23) i (ryc. 6.24), str. 119: jest (ryc. 7.20) – powinno być (ryc. 7.22)
- w pracy występują błędne odwołania do Tabel, np. str. 111: jest „w tab. 7.6” – powinno być „w Tabeli 7.4”, str. 121: jest (tabela 7.6) – powinno być (tabela 7.5), str. 124: jest (tabela 7.7) – powinno być (tabela 7.6), str. 125: jest (tabela 7.8) – powinno być (tabela 7.7), str. 129: jest (tabela 8.3) – powinno być (tabela 8.2),
- błędne powołania na wzory, np. str. 152: jest wzór [9.16] – powinno być wzór [9.3] lub wzór [9.4], str. 153: jest wzór [9.20] – powinno być wzór [9.22],
- pojawia się pytanie co oznacza linia niebieska przerywana pokazana na Ryc. 6.21?
- porównując zawarte w Tabeli 6.13 korelacje pomiędzy wartościami  $c_v$  wyznaczonymi metodą SRS a parametrem  $I_z$  z tekstem umieszczonym bezpośrednio pod Tabelą 6.13, można zauważyć rozbieżności w wynikach,
- na Ryc. 7.9 kolejne cykle obciążenia nie są oznaczone tymi samymi kolorami,
- na Ryc. 7.14 występują rozbieżności w wartościach  $C_c$  (górną ryc. 7.14:  $C_c=0,836$ ; dolną ryc. 7.14:  $C_c=0,845$ ),
- na Ryc. 7.14 pojawia się wartość  $M_{L,J}=603$  kPa. Co oznacza symbol  $M_{L,J}$ ?
- na Ryc. 7.17 zostały przedstawione wartości  $M_L$ . Czy symbol  $M_L$  jest tożsamy z symbolem  $E_{oed}$ ?
- na Ryc. 9.3 i 9.4 dla niektórych krzywych brak objaśnień w legendzie,
- na Ryc. 9.5 brakuje wartości liczbowej dla stosunku „ $k_h/k_h$ ”=”,
- w spisie wykorzystanej literatury występują pozycje, które nie są cytowane w tekście rozprawy: Arman (1969), Augustowski (1972), Bertrama (1907), Białobrzeski i Majer (2015), Białobrzeski (2013, 2014), Carlsten (1988), Cyberski (1982), Das (1985), Day (2000), Daniel i Trautwein (1994), Dobak (1990), Dobak i Kowalczyk (2008, 2011), Drozd i Zajac (1968), Falkowski (1980), Gibson i in. (1967), Gorman i in. (1978), Gwóźdź-Lason (2007), Head (1982, 1998), Jarrett (1983), Janbu i in. (1999), Jegorow (1958), Kondracki (1998), Książkiewicz i in. (1965), Larsson (1986), Łajczak (1999), Łęcki i Dojcz (2013), Łomniewski (1960), Mescherikov (1958), Mesri i Lo (1991), Meyerhof (1953), Mojski (1982), Montgomery i Karstunen (2009), Osterberg (1957), Rixner i Teindl (1979), Robertson i in. (1997), Robertson i Cabal (2010), Roszkówna (1963), Sanglerat (1972), Schoeneich (1964), Sikora (2006), Sobczyk (2014), Sonntag (1919), Steinbrenner (1934), Stremme (1936), Sudhir (1998), Suzuki i Takeuchi (2008), Sylwestrzak (1971), Sernander (1908), Teha (2016), Tyczyńska (1957), (US Dep. of Transportation, Report 1986), Walker i in. (2009), Wilk (2014), Wroth (1988), Yee (2000), Zierhoffer (1925), adresy stron internetowych podane w spisie literatury,
- w spisie literatury brak następujących pozycji literatury, które są cytowane w tekście rozprawy: (Janbu, 1981), (Kondracki, 2002), (Mojski, 1986), (Białobrzeski, 2015-2016), (Olek, 2015, 2016), (Augustowski, 1966), (Rühle, 1955), (Sernander, 1908), (Mojski, 1988), (Mojski, 1989), (Mojski, 1990a), (Mojski, 1990b), (Brański, 1975), (CEN ISO/TS 17892-5), (ASTM STP 1142), (PN-B-04481:1988), (BS 1377:7), (Myślińska,

- 2006), (Gołębiowska, 1985), (Casagrande, 1947), (Wagner, 1957), (Rixner i in., 1986), (PN-S-02205:1998), (Vu Cao Minh, 1977), (Wiłun, 2001), (Dobak i in., 2016), (Barnes, 1995), (Krzek, 1975), (Dobak i Pająk, 2012), (Dobak, 1986, 2000), (Al.-Zoubi, 2013), (Gofar, 2006), (Kowalczyk i in., 2013), (Nash i in., 1991), (Xiao, 2000), (Tan, 1971), (Szymański i Lechowicz, 1986),
- w tekście rozprawy cytowanie wykorzystanych źródeł literatury jest mało precyzyjne, np.: jest (Ciesielski i in., 2007) lub (Ciesielski, 2009) – powinno być (Ciesielski i in., 2009), jest (Frankowski Z., Majer E., Pietrzykowski P., 2009) – powinno być (Frankowski i in., 2010), jest (Frankowski Z. i in., 2009) lub (Frankowski, 2010) – powinno być (Frankowski i in., 2010), jest (Rühle, 1955) – powinno być (Książkiewicz i in., 1965), jest Lewiński (1918), Samsonowicz (1918) – powinno być (Lewiński i Samsonowicz, 1918), jest (Bertram, 1924) – powinno być (Bertram i in. 1924), w spisie literatury jest (Babiński, Habel, 2007) – powinno być (Babiński, Habel, 2012), jest (Pazdro, 1990) – powinno być (Pazdro i Kozerski, 1990), jest (Białobrzeski T., 2017) – powinno być (Białobrzeski i in., 2017), jest (Schmertmann, 1998) – powinno być (Schmertmann i Crapps, 1998), jest (Młynarek, 1997) – powinno być (Młynarek i in., 1997), jest (Al.-Zoubi, 2010) – powinno być (Al.-Zoubi, 2008), jest (Ladd, 1986) – powinno być (Ladd, 1976), jest (Sridharan, Prakash, Asha, 1996) – w spisie literatury jest (Sridharan i in., 1995), jest (Coduto, 2011) – powinno być (Coduto i in., 2011), jest (Wissa, 1971) – powinno być (Wissa i in., 1971), jest (Janbu i in., 1981) – powinno być (Janbu, 1981) lub (Janbu i in., 1980), jest (Chung, 2009) – powinno być (Chung i in., 2009), jest (Magnan, 1983) – powinno być (Magnan i in., 1983), jest (Burland, 1978) – powinno być (Burland i in., 1978), jest (Asaoki, 1976) – powinno być (Asaoki, 1978).

Przedstawione w recenzji usterki redakcyjne nie obniżają w istotny sposób wartości merytorycznej pracy doktorskiej.

## **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Doktorant za cel prowadzonych przez siebie badań i analiz przyjął rozszerzenie doświadczeń i wiedzy na temat odkształcalności i właściwości konsolidacyjnych młodych holocenijskich utworów Żuław Wiślanych. Właściwości te w głównej mierze zależą od ich genezy, a w szczególności zróżnicowania litologicznego wynikającego z typowych dla obszarów deltowych warunków sedymentacji: korytowo-rzecznej, jeziorno-bagiennej oraz powodziowej. Jak udowodnił Doktorant, dynamika formowania delty Wisły wpłynęła na występowanie osadów o zmiennej granulometrii od piasków po osady o większym udziale drobniejszych frakcji: pyłowej oraz iłowej z domieszkami substancji organicznej. Obszar Żuław Wiślanych był kształtowany przez zmienne w czasie i przestrzeni procesy klimatyczne, sedymentacyjne oraz działania antropogeniczne. Skutkowało to powstaniem bardzo zróżnicowanych włącznie warunków geologiczno-inżynierskich.

Mgr inż. Tomasz Białobrzeski wykazał, że utwory deltowe Żuław są wykształcone w facjach piaszczystych oraz spoisto-organicznych. Od wzajemnego ułożenia i miąższości warstw zależą odkształcalność oraz właściwości konsolidacyjne, a te wpływają na zróżnicowanie przebiegu oraz wielkości osiadań lokalizowanych na tym terenie wieloprzestrzennych obiektów, w tym drogowych.

Wykorzystując okres budowy w latach 2009-2018 ekspresowej drogi szybkiego ruchu od węzła „Południowego” do węzła „Kazimierzowo”, możliwe było zebranie przez mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego danych do analizy przestrzennej zmienności występowania osadów deltowych. Duże znaczenie mają również wyniki terenowego monitoringu osiadań, prowadzone w związku ze wzmacnianiem podłoża gruntowego metodą nasypów przeciążających i konsolidacji radialnej. Wyniki monitoringu zostały porównane z wynikami



laboratoryjnymi gruntów ściśliwych. Doktorant jednocześnie badał właściwości konsolidacyjne gruntów przy stałej prędkości obciążania odniesionej do zabiegów wzmacniających przy budowie drogi.

Konsolidację gruntów ściśliwych z podłoża Południowej Obwodnicy Gdańska mgr inż. Tomasz Biało-brzeski analizował przy różnych warunkach wymuszeń tego procesu w badaniach jednoosiowej konsolidacji typu: IL (klasyczną metodą edometryczną), CRL (ze stałym przyrostem obciążenia), CRS (ze stałym przyrostem odkształcenia). Uzyskane doświadczenia umożliwiły Doktorantowi sformułowanie zaleceń metodycznych dotyczących programowania badań ściśliwych, nieskonsolidowanych gruntów w genezie deltowej.

Ważnym elementem charakterystyk przebiegu osiadań gruntów podłoża POG w badaniach edometrycznych było następowanie po sobie i/lub współwystępowanie odkształceń o charakterze natychmiastowym, filtracyjnym oraz reologicznym. Udział odkształceń filtracyjnych oraz reologicznych był podstawą do wyznaczenia przez mgr inż. Tomasza Biało-brzeskiego trzech typów zachowań konsolidacyjnych, w których: wpływ czynnika filtracyjnego jest czytelny (krzywa I), występuje współdziałanie czynnika reologicznego i filtracyjnego (krzywa II), można wyłącznie charakteryzować konsolidację wtórną/reologiczną (krzywa III).

Przeprowadzone badania i analizy pozwoliły mgr inż. Tomaszowi Biało-brzeskiemu wyciągnąć szereg wniosków, w tym m.in.:

- analizy wyników badań podłoża gruntowego odcinka Południowej Obwodnicy Gdańska zbudowanego ze ściśliwych osadów mineralno-organicznych o zmiennych miąższościach i układzie warstw potwierdzają zależność przebiegu osiadań w czasie od etapowego aplikowania obciążenia nasypem,
- największe wartości osiadań uzyskano na odcinku POG, gdzie łączna miąższość gruntów mineralno-organicznych jest największa,
- zastosowanie drenów pionowych w gęstej siatce o rozstawie od 1,0 do 1,5 m wpłynęło na znaczne skrócenie czasu konsolidacji w stosunku do opcji projektowej nie uwzględniającej drenażu,
- wartość stopnia konsolidacji podłoża można prognozować przy wykorzystaniu metody hiperbolicznej i Asaoka (1978), przy czym większe wartości stopnia konsolidacji otrzymuje się z metody Asaoka,
- wykorzystanie metody „zadania odwrotnego” pozwoliło na ocenę zastosowanych parametrów konsolidacji oraz uzyskanie dobrego dopasowania wyników modelowania do przemieszczeń pomierzonych w terenie. Wyniki przeprowadzonych obliczeń potwierdzają także użyteczność modelu Barrona-Hansbo do prognozowania przebiegu konsolidacji gruntów,
- określone z badań IL parametry odkształcalności  $C_c$  i  $C_\alpha$  pozwalają na zgodne z obserwacjami prognozowanie wielkości osiadań konsolidacyjnych i wtórnych. Uwzględnienie w modelowaniu współczynników konsolidacji  $c_v$  z badań CRS prowadzi do uzyskiwania dłuższych czasów konsolidacji niż w przypadku zastosowania  $c_v$  z badań edometrycznych,
- na wielkość osiadań główny wpływ mają namuły zespołu gruntowego A1, natomiast udział zespołu gruntowego A2 w osiadaniach na odcinku II wynosi ok. 5-7%. W związku z tym, w programowaniu badań laboratoryjnych należy brać pod uwagę przede wszystkim możliwe jak najdokładniejsze oznaczenie parametrów konsolidacyjnych i ściśliwości warstw namułów pływających.

Za oryginalne i twórcze elementy rozprawy doktorskiej należy uznać:

- wykorzystanie trzech źródeł informacji dotyczących gruntów budujących podłoża Południowej Obwodnicy Gdańska, tj. charakterystyki zmiennych warunków

- geologiczno-inżynierskich, wyniki specjalistycznych badań laboratoryjnych gruntów organicznych oraz wyniki z monitoringu osiadań,
- przeprowadzenie przez Autora rozprawy badań z ciągłym przyrostem obciążenia, które odpowiadają rzeczywistym warunkom budowy nasypów drogowych,
  - przeprowadzenie badań laboratoryjnych w zakresie konsolidacji gruntów, których wyniki następnie zostały wykorzystane w „analizie odwrotnej” do zweryfikowania w obliczeniach parametrów odkształceniowych i konsolidacji w odniesieniu do obserwacji rzeczywistych przemieszczeń nasypu.

Pan mgr inż. Tomasz Białobrzeski na podstawie badań i obliczeń stwierdził, że wieloczynnikowe analizy uwzględniające różne podejścia metodyczne wskazują, że wiodącym czynnikiem zmienności parametrów odkształceniowych i konsolidacyjnych w badanych drobnoziarnistych gruntach mineralno-organicznym są zmiany facjalne osadów oraz historia i wartości obciążenia. Do nich też należy odnosić się przede wszystkim przy doborze miarodajnych parametrów w ocenach prognozowanej przestrzennej zmienności odkształceń podłoża gruntowego.

Reasumując, stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego pt. „*Odkształcalność i konsolidacja gruntów organicznych na tle geologiczno-inżynierskich uwarunkowań Południowej Obwodnicy Gdańska*” spełnia warunki i wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia również art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r., poz. 1668 z późn. zm.) w brzmieniu:

- 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*
- 2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.*

Biorąc powyższe pod uwagę oraz moją pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej, wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Warszawskiego oraz dopuszczenie Pana mgr inż. Tomasza Białobrzeskiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

