

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Olka
pt.: *Identyfikacja fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej z zastosowaniem nowych*
technik interpretacji badań konsolidometrycznych

Podstawa opracowania recenzji: pismo nr WGGiOŚ/97/2016 z dnia 26.01.2017 Dziekana WGGiOŚ AGH
prof. dr hab. inż. Jacka Matyszkiewicza

1. Treść i zakres rozprawy doktorskiej

Opiniowana rozprawa doktorska o objętości 143 stron, począwszy od wprowadzenia do tematyki, 7 rozdziałów merytorycznych, podsumowania i wniosków, spisu 101 pozycji literatury, w tym 5 pozycji polskojęzycznych oraz 7 załączników, zawiera również dodatkowe strony - spis 73 rysunków i 9 tabel oraz wykaz symboli najczęściej używanych w pracy.

Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do tematyki zawartej w dysertacji. Na treści tego rozdziału składają się uwagi ogólne, cel i tezy pracy oraz krótkie omówienie treści poszczególnych rozdziałów.

W pracy doktorskiej Doktorant sformułował:

- Cel pracy doktorskiej - „Wypracowanie odpowiedniej metodyki interpretacji wyników laboratoryjnych badań konsolidacji z uwzględnieniem filtracyjnych i reologicznych aspektów procesu”;
- Tezę główną - „Identyfikacja fazy zachowań quasi-filtracyjnych pozwoli na wyseparowanie z danych pomiarowych opisujących przebieg procesu konsolidacji przedziału, w którym proces ten przebiega w sposób najbardziej zbliżony do rozwiązania teoretycznego”;
- Tezę szczegółową 1 – Zastosowanie nowych propozycji interpretacyjnych do identyfikacji fazy zachowań quasi-filtracyjnych przyczyni się do podniesienia wiarygodności oznaczeń parametrów konsolidacji oraz wyjaśnienia zjawisk i zachowań odbiegających od klasycznego opisu procesu konsolidacji;
- Tezę szczegółową 2 – Przeprowadzenie szeregu odpowiednio zaprogramowanych badań na gruntach o różnym składzie granulometrycznym, w warunkach zróżnicowanych obciążeń pozwoli na ilościową ocenę zjawiska opóźnienia rozpraszania ciśnienia porowego wraz z towarzyszącym lepko-plastycznym pełzaniem szkieletu gruntowego, które zakłócają przebieg procesu konsolidacji filtracyjnej.

Treści zawarte w **Rozdziałach 2 i 3** są omówieniem teoretycznych podstaw mechanicznego opisu zachowania się gruntu pod obciążeniem, wraz z podaniem matematycznego rozwiązania równania konsolidacji jednoosiowej, oceną tempa przebiegu konsolidacji z uwzględnieniem odkształcalności gruntu i rozpraszania ciśnienia porowego. W dalszej części jest przedstawiony przegląd literatury w zakresie teorii nieskończone małych odkształceń, którą warunkuje pominięcie ruchu cząstek szkieletu gruntowego, zdefiniowanie odkształcenia w elemencie o stałej objętości i pominięcie ruchu granic w przestrzeni w czasie trwania procesu konsolidacji, teorii nieliniowych, efektów reologicznych (pełzanie) w czasie konsolidacji filtracyjnej i metod badania konsolidacji.

W **Rozdziale 4** Doktorant scharakteryzował urządzenie służące do badania jednoosiowej konsolidacji gruntów – konsolidometr hydrauliczny wraz z opisem stosowanej w badaniach procedury.

W **rozdziale 5** opisano złożę ilów krakowieckich i przedstawiono charakterystykę spreparowanych gruntów przeznaczonych do badań laboratoryjnych w konsolidometrze. Przygotowano próbki o przerobionej strukturze, które różniły się stopniem przepuszczalności. Pierwszą grupę próbek stanowił sedyment z zawiesiny ilowej ilów krakowieckich a drugą grupę próbek stanowiła mieszanina wyżej wymienionego sedymentu z piaskiem.

Treści zawarte w **Rozdziale 6** dotyczą opisu przebiegu konsolidacji i są kontynuacją przeglądu literatury, w tym przypadku w zakresie miarodajności wyznaczania parametrów konsolidacji,

charakterystyki przebiegu konsolidacji oraz oceny zgodności rzeczywistego przebiegu konsolidacji z modelowym rozwiązaniem teoretycznym znanym z literatury.

Rozdział 7 jest poświęcony opracowanej przez Doktoranta aplikacji (ConAnalys 2016) na potrzeby realizacji postawionego w dysertacji głównego celu pracy, jakim było wypracowanie metodyki interpretacji wyników laboratoryjnych badań konsolidacji gruntów z uwzględnieniem filtracyjnych i reologicznych aspektów procesu. Narzędzie interpretacyjne, które Doktorant opracował w środowisku Excel składa się z kilku modułów. Dla każdego z modułów Autor przedstawił szczegółową metodykę badania konsolidacji oraz opisał tok postępowania przy ocenie miarodajności wyznaczonych parametrów konsolidacji. W tym przypadku uwzględnił zgodność teoretycznego i doświadczalnego przebiegu procesu konsolidacji badanych gruntów. Jako przykład, Autor ocenił zachowanie się jednej ze skonsolidowanych próbek spreparowanego gruntu (C.1.400) w relacji do stopnia zaawansowania procesu konsolidacji. Wskazał moment badania, w którym zaczynają dominować procesy reologiczne i znacząco wzrasta pełzanie szkieletu gruntowego. Wskazuje to jednoznacznie na zakończenie fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej, która charakteryzuje się ustabilizowanymi wartościami współczynnika konsolidacji.

Poszczególne moduły programu ConAnalys 2016 umożliwiają:

- przeprowadzenie analizy przebiegu konsolidacji jednoosiowej z wykorzystaniem metod graficznych dopasowania krzywych;
- przeprowadzenie analizy badania konsolidacji jednoosiowej z wykorzystaniem prędkości osiadań;
- uzyskanie charakterystyki ściśliwości gruntu;
- wydzielenie fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej;
- sprawdzenie trafności przewidywanych wartości współczynnika filtracji;
- uzyskanie parametrów pełzania z wykorzystaniem koncepcji oporności czasu;
- ustalenie wartości modułu Janbu, którego wartość jest wykorzystywana do analizy osiadań;
- przeprowadzenie porównania eksperymentalnego i teoretycznego przebiegu konsolidacji (odbywa się automatycznie po wcześniejszym wprowadzeniu do jednego z modułów danych (czas eksperymentu, zmianę wysokości próbki lub ciśnienia porowego i wartości współczynnika konsolidacji wyznaczonego różnymi metodami).

Na zakończenie tego rozdziału Doktorant przedstawił algorytm postępowania interpretacyjnego konsolidacji gruntu w opracowanym przez siebie oprogramowaniu ConAnalys 2016.

Tematyka **Rozdziału 8** dotyczy weryfikacji konsolidacji quasi-filtracyjnej na podstawie laboratoryjnych badań konsolidacji w warunkach jednoosiowego ściskania. Identyfikację fazy quasi-filtracyjnej przeprowadzono dla próbek iłu krakowieckiego oraz dla próbek z domieszką frakcji piaskowej w celu zredukowania fazy konsolidacji reologicznej na korzyść wydłużenia fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej. Omówienie wyników badań dotyczących konsolidacji quasi-filtracyjnej poprzedziło w tym rozdziale omówienie początkowej kompresji. Doktorant wykazał, że wpływ odkształceń początkowych (natychmiastowych) konsolidacji zaznacza się do 35% postępu konsolidacji dla pierwszego stopnia obciążania próbek. W kolejnych stopniach obciążania wpływ tych odkształceń był pomijalnie mały. Autor powyższe udokumentował w doktoracie graficznie dla początkowej konsolidacji dla 4 próbek pasty ilowej sporządzonej na bazie iłu krakowieckiego - C.3.150, C.4.200, C.5.200, C.6.200. W przypadku pełzania szkieletu gruntowego, które zachodzi w późniejszym etapie konsolidacji Doktorant, na podstawie wyników swoich badań, potwierdził, znany z literatury, znaczny udział procesów reologicznych po przekroczeniu 50-60% postępu konsolidacji. Przedstawił powyższe obserwacje graficznie dla próbki C.2.300. Do wydzielenia doświadczalnego zapisu przebiegu fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej dla past ilowych Doktorant wykorzystał krzywe teoretyczne i eksperymentalne zależności stopień konsolidacji – czas i współczynnik konsolidacji – stopień konsolidacji. Powyższe przedstawił dla 9 próbek: C.1.400, C.4.400, C.5.400, C.6.400, C.7.400, C.2.300, C.2.600, C.3.300, C.3.600. Wykazał, że średni udział konsolidacji quasi-filtracyjnej dla dwóch grup próbek (300 i 600 kPa oraz 400 kPa) są na podobnym poziomie.

Identyfikację zachowania quasi-filtracyjnego Doktorant przeprowadził również na próbkach past ilowych z domieszką frakcji piaskowej. Wpływ zawartości frakcji piaskowej na filtracyjny charakter

konsolidacji Doktorant przedstawił na przykładowych wykresach i dokonał porównania z próbkami ilowymi, z uwzględnieniem tego samego poziomu obciążania – 400 kPa.

Na podstawie przebiegu krzywej zależności współczynnik konsolidacji - zaawansowanie procesu konsolidacji Doktorant wydzielił przedział wartości stopnia konsolidacji będących początkiem i końcem quasi-filtracyjnej fazy konsolidacji. Przedstawił to dla próbek pasty ilowej, dla stosowanego w eksperymentach ciśnienia konsolidacji 400 kPa. W dalszej części przedstawił procedurę identyfikacji oraz wydzielenia quasi-filtracyjnej fazy konsolidacyjnej definiując zależności $\log c_v - U_{(quasi)}$. Wykorzystując podany w tym rozdziale algorytm identyfikacji i wydzielenia quasi-filtracyjnej fazy konsolidacji Autor przeprowadził analizę dla próbek pasty ilowej z domieszką frakcji piaskowej, badając próbki na poziomie obciążenia 400 kPa (C+P.3.400, C+P.4.400) – tak samo jak próbki ilowe. W przeciwieństwie do pasty ilowej Doktorant wykazał, że udział frakcji piaskowej wpływa na znaczne zmniejszenie różnicy w przebiegu krzywych rozpraszania ciśnienia porowego i odkształcenia w badanych próbkach, obserwując przy tym słabą przewagę postępu deformacji szkieletu gruntowego w porównaniu do dystrybucji ciśnienia porowego. Doktorant ocenił, że jest to nietypowe zachowanie konsolidowanej pasty ilowo-piaskowej. Autor zaprezentował w tej części pracy doktorskiej również zależności $\log c_v - U_{(quasi)}$ i wykazał, że obliczone wartości współczynnika konsolidacji uzyskanego z danych pomiarowych dla przebiegu dystrybucji ciśnienia porowego (PPD) i jednoosiowego odkształcenia (ODS) mieściły się w przedziale zgodności przyjętym w oprogramowaniu ConAnalys 2016.

Na podstawie analizy wyników badań postępu konsolidacji uzyskanego poprzez pomiar odkształceń i rozpraszania ciśnienia porowego Doktorant wykazał różnice w zaawansowaniu postępu konsolidacji badanych próbek i tym samym w rozbieżności pomiędzy uzyskanymi wartościami współczynnika konsolidacji, na co wskazują wyniki eksperymentów innych badaczy. Wykorzystując autorski program ConAnalys 2016 i 9 metod interpretacji krzywych konsolidacji dla próbek obciążanych (400 kPa) Doktorant wskazał metody charakteryzujące się najlepszą zgodnością danych. Doktorant obliczył wartość parametru η zdefiniowanego przez badaczy Dobak i Gaszyński (2014), który jest jakościową miarą pozwalającą na określenie dominacji czynnika filtracyjnego lub reologicznego w procesie konsolidacji gruntu spoistego.

Rozdział 9 stanowią Podsumowanie i wnioski a na końcu pracy załączono 7 załączników, które dotyczą matematycznego rozwiązania równania konsolidacji, algorytmów metod uzyskiwania wartości współczynnika konsolidacji.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Z rozważań przedstawionych we wstępnych rozdziałach pracy doktorskiej wynika, że tematyka pracy doktorskiej jest aktualna a przedstawiona koncepcja pracy w postaci celu i tez jest oryginalna i świadczy o dobrym rozpoznaniu podjętego przez Doktoranta zagadnienia. Problemy badawcze związane z konsolidacją gruntów są złożone i niejednokrotnie bardzo trudne do interpretacji. Dotyczy to zarówno problematyki przekroczenia nośności gruntu, jak i prognozowania odkształcalności podłoża gruntowego. Tematyka pracy doktorskiej dotyczy drugiej grupy wskazanych zagadnień i jej wybór w zakresie identyfikacji fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej uważam za uzasadniony.

Zakres pracy doktorskiej jest szeroki i obejmuje przeprowadzenie odpowiednio zaprogramowanych badań na gruntach o różnym składzie granulometrycznym, w warunkach zróżnicowanych obciążeń, opracowanie oprogramowania i metodyki interpretacji wyników laboratoryjnych badań konsolidacji z uwzględnieniem filtracyjnych i reologicznych aspektów procesu.

Opracowanie metodyki interpretacji wyników laboratoryjnych badań konsolidacji z uwzględnieniem filtracyjnych i reologicznych aspektów procesu Doktorant dokonał dzięki autorskiemu, napisanemu przez Niego oprogramowaniu ConAnalys 2016, pracującemu w środowisku Excel. Narzędzie interpretacyjne, które Doktorant opracował pozwoliło na wyodrębnienie z danych pomiarowych opisujących przebieg procesu konsolidacji gruntu spoistego przedziału wartości współczynnika konsolidacji, w którym proces ten przebiega w sposób najbardziej zbliżony do rozwiązania teoretycznego. W efekcie, Doktorant na podstawie zmian wartości współczynnika konsolidacji, zidentyfikował fazy konsolidacji o quasi-ustalonych wartościach współczynnika konsolidacji, co przyczyni się to do podniesienia wiarygodności oznaczeń parametrów konsolidacji oraz wyjaśnienia zjawisk konsolidacji i zachowania

odbiegającego od klasycznego opisu tego procesu. Pozwoli to również na ilościową ocenę zjawiska opóźnienia rozpraszania ciśnienia porowego wraz z towarzyszącym lepko-plastycznym pełzaniem szkieletu gruntowego, które zakłócają przebieg procesu konsolidacji quasi-filtracyjnej. Powyższe uważam za ważny rezultat pracy. Istotne jest również wskazanie przez Doktoranta najbardziej miarodajnych metod wyznaczania współczynnika konsolidacji według fazy quasi-filtracyjnej spośród dziewięciu metod interpretacji badań konsolidacji. Podsumowując, całość prac metodycznych, począwszy od autorskiego oprogramowania, poprzez zaplanowanie badań, obliczeń i analizy wyników dała możliwość identyfikacji quasi-filtracyjnej fazy konsolidacji a przez to udoskonalenie dotychczasowej metodyki interpretacji badań konsolidacji, które uwzględnia określenie zgodności zachowania gruntu pod obciążeniem z rozwiązaniem teoretycznym. Uważam to za zasadniczą wartość pracy doktorskiej.

Na podkreślenie zasługuje wartość aplikacyjna pracy doktorskiej, co dotyczy zarówno metodyki interpretacji badań, jak również autorskiego oprogramowania. Konsekwencją powyższego jest wskazanie przez Doktoranta, że opracowana metodyka interpretacji wyników badań oraz oprogramowanie można stosować dla gruntów spoistych, dla których nie można stosować klasycznych metod interpretacji.

Doktorant, mając zapewne świadomość braku możliwości rozwiązania wielu problemów, a tym samym dostrzegając potrzebę doskonalenia metodyki badania konsolidacji gruntów spoistych, wskazał na potrzebę prowadzenia dalszych badań w tematyce, którą opracował w dysertacji.

W mojej opinii, uzyskane przez Doktoranta rezultaty, choć nie stanowią przełomu w badaniach mechanizmu konsolidacji, to jednak mogą być uznane za element postępu i element pozwalający pozyskać nową wiedzę i przede wszystkim narzędzie analityczne, dzięki któremu w łatwy i szybki sposób można uzyskać podstawowe parametry konsolidacji gruntów.

Pomimo wskazanych głównych zalet i walorów poznawczych i aplikacyjnych pracy doktorskiej Pana mgr inż. Bartłomieja Olka, po zapoznaniu się z treścią pracy nasunęły mi się uwagi dyskusyjne, o wyjaśnienie, których poproszę Doktoranta podczas publicznej obrony pracy doktorskiej.

Uwagi dyskusyjne

- 1) Do wydzielenia doświadczalnego zapisu przebiegu fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej dla past ilowych Doktorant wykorzystał krzywe teoretyczne i eksperymentalne zależności stopień konsolidacji – czas i współczynnik konsolidacji – stopień konsolidacji. Próbki podzielił na dwie grupy – obciążenie 300 i 600 kPa oraz 200 i 400 kPa (str.98). Wyjaśnienia wymaga kryterium podziału próbek na dwie grupy – wartość obciążenia była tym kryterium, czy również inne czynniki, jeśli tak, to jakie?. Wyjaśnienia wymaga również duży rozrzut wartości (5-78% dla drugiej grupy próbek) i podanie prawdopodobnych przyczyn tego zróżnicowania według Doktoranta. Analizę dla próbek past ilowych przy obciążeniu 200 kPa Doktorant pominął bez wyjaśnienia przyczyny (informacja ze str. 98, roz.8.1), co wymaga wyjaśnienia podczas obrony. Jednocześnie Doktorant stwierdza, że „ *Analiza zapisów pomiarowych konsolidowanych próbek pasty ilowej w zakresie obciążeń 200-400 kPa pokazała wyraźne zróżnicowanie zachowań filtracyjnych w stosunku do odkształceniowych*” podczas, gdy na rys. 8.17. przedstawia wyłącznie dane dla wartości obciążenia 400 kPa, co wymaga wyjaśnienia podczas obrony pracy doktorskiej. Ponadto, tytuły rysunków 8.17, 8.18 nie odpowiadają ich treści, ponieważ na rysunkach jest brak danych dla obciążenia 200 kPa, zgodnie z tym, co wyżej.
- 2) Wyjaśnienia wymagają uzyskane wyniki obliczeń (zakresy zmian parametrów) przedstawione na stronach 112, 113, 114 w rozdz. 8.3, które są powiązane ze współczynnikami konsolidacji wyznaczonymi różnymi metodami (tab.6). Jak zatem, zdaniem Doktoranta, uzyskane przez Niego wyniki obliczeń wpływają na poprawność wniosków oraz przebieg postępowania dowodowego dla uzasadnienia słuszności postawionych w pracy tez. Omówienie tych danych jest, moim zdaniem, powierzchowne, bez dyskusji wyników – brak interpretacji i bez wyjaśnienia dotyczącego przyczyn wartości odbiegających od większości wartości w danej grupie. Stwierdzenia na przykład „*....stosunki otrzymanych wartościbyły bardzo bliskie 1,0 a większość wartości wahała się od 0,9 do 1,3, oprócz próbki C.1.400 dla której stosunek ten był niższy*” – w tym przypadku wnioskowanie jest niepoprawne a wielu przypadkach w tym rozdziale wnioskowanie nie jest również jasne. W przypadku publikowania wyników tego etapu badań i przeprowadzonych dla niego analiz jest

konieczna weryfikacja wyników obliczeń dla danych przedstawionych w tab. 6. Należy dokonać ponadto znacznie głębszej analizy w stosunku do tej, której dokonał Doktorant w pracy.

- 3) Brak w pracy zdefiniowania równania dla jakościowej miary pozwalającej na określenie parametru η dla pozostałych metod poza ODS. Ponadto, nie skomentowano zamieszczonych w tab. 7, 8 i 9 wartości parametru η . Zatem pytanie: w jakim celu policzono jego wartości.

Uwagi porządkowe

- 1) Liczne skróty myślowe w pracy – przykład str. 114 wiersz 1 – co oznacza sformułowanie „stosunki pomiędzy metodami ODS i LL...”; roz.9. str. 116 – „W pracy podjęto trudną tematykę miarodajności (czego?) w badaniach jednoosiowej ...” ; pkt 5 str. 18 – nie podsumowano, na czym polega szczególność współzależności tam opisanych.
- 2) Brak uporządkowanego wykazu próbek – liczba próbek w odniesieniu do stosowanych obciążeń i rodzaju gruntu.
- 3) Słabo doprecyzowane tytuły niektórych rozdziałów – np. tytuł 6.3 taki sam jak tytuł podrozdziału 7.6.2; tytuł rozdz. 8.1 w konfrontacji z rozdziałem 8.2 i inne.
- 4) Spis tabel - tabele oznaczone od 1 do 9 bez podania stron – trudno je znaleźć w tekście a ponadto brak w tekście tabeli 5.
- 5) Rysunki – wiele rysunków w rozdziałach wprowadzających nie ma przywołań autorów (niektóre są a innych brak); Rozdz. 7 – kto jest autorem większości rysunków w tym rozdziale – nie chodzi mi o okna arkusza kalkulacyjnego a o rysunki, np. rys. 7.5, 7.7, 7.8, 7.10 itd. aż do rys. 7.25; Poprawy wymagają opisy na niektórych rysunkach – np. rys. 8.27b, 8.29a - oś pozioma błędnie opisana; Rys. 8.26-8.29 powinny zawierać informację o tym, że dane dotyczą badania past ilowych a tytuł rysunku 8.30 powinien zawierać informację, że dane dotyczą past ilowych z domieszką piasku.
- 6) Praca trudna w odbiorze w zakresie przejrzystości wzorów, bo brak w tekście oznaczeń symboli pod wzorami a w objaśnieniach są tylko najczęściej używane (zgodnie z informacją Autora).
- 7) Literatura – nie doszukałam się cytowania w tekście kilku pozycji literatury podanej w spisie literatury, np. Fox. 1948, Scott 1961 ale również nowszych pozycji, np. Tewatia 2012. Znajduję również cytowania w tekście, które nie znalazły się w spisie literatury, np. Dobak 1999, 2000, Parkin i Lun 1984, Robinson 1997.

3. Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Bartłomieja Olka pt.: *Identyfikacja fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej z zastosowaniem nowych technik interpretacji badań konsolidometrycznych* dotyczy opracowanej przez Niego optymalnej metodyki identyfikacji fazy konsolidacji quasi-filtracyjnej na podstawie przeprowadzonych laboratoryjnych badań konsolidacji gruntów spoistych, jak również autorskiego oprogramowania, które umożliwia porównanie doświadczalnego oraz teoretycznego przebiegu tego procesu. Dysertacja stanowi dobrą podstawę do dalszych badań dotyczących zagadnień związanych z procesem konsolidacji gruntów spoistych i ma znaczenie aplikacyjne.

Stwierdzam, że doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemu badawczego oraz poprawnym doбором metod i narzędzi służących jego rozwiązaniu, co świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie geologia.

Uważam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65. Poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnioskuję do Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH o dopuszczenie Pana mgr inż. Bartłomieja Olka do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

