

Dr hab. inż. Maria Jolanta Sulewska, prof. PB
Zakład Geotechniki
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Ludynii na temat: „Modelowanie empiryczne właściwości filtracyjnych gruntów słabo przepuszczalnych”

Promotorem pracy jest dr hab. inż. Tomasz Kozłowski, prof. Politechniki Świętokrzyskiej.

1. Podstawa opracowania

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Ludynii pt. „Modelowanie empiryczne właściwości filtracyjnych gruntów słabo przepuszczalnych” opracowałam na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej dr hab. Lidii Dąbek, prof. PŚk. (pismo z dnia 14.04.2016 roku) zgodnie z Umową o dzieło Nr XII/Dec.-I/11/2016 zawartą w dniu 18.04.2016 r. z Rektorem Politechniki Świętokrzyskiej prof. dr. hab. inż. Stanisławem Adamczakiem, dr. h. c., w związku z uchwałą Rady Wydziału IŚGiE PŚk.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji praca ma charakter eksperymentalny i dotyczy analizy zagadnień związanych z badaniem właściwości filtracyjnych gruntów słabo przepuszczalnych.

Rozprawa doktorska przedstawiona do recenzji liczy ogółem 159 stron. Zawiera 93 rysunki i 48 tabel. Praca składa się ze spisu treści oraz ośmiu rozdziałów. Rozdziały 1, 2 oraz częściowo 3, 4 i 5 zawierają przeglądy i analizy pozycji literaturowych, dotyczących omawianych zagadnień. Zasadniczą treść pracy zawarto w rozdziałach 3-7, a rozdział 8. zawiera spis literatury.

Rozprawa została pięknie przygotowana w postaci książki, na zasadzie maszynopisu.

3. Hipotezy badawcze, cel naukowy i zakres pracy

Założono następujące hipotezy badawcze do weryfikacji:

1. Ważność prawa Darcy'ego może okazać się ograniczona w układzie woda-ił.
2. Istnieje możliwość ustalenia związków empirycznych pomiędzy właściwościami filtracyjnymi gruntów słabo przepuszczalnych (współczynnikiem filtracji, spadkiem początkowym) a parametrami fizycznymi i mikrostrukturalnymi gruntów.

Autorka dążyła do osiągnięcia celów naukowych (poznawczych) i użytecznych (praktycznych).

Cele naukowe były następujące: eksperymentalne wyjaśnienie stosowności prawa Darcy'ego w gruntach słabo przepuszczalnych, potwierdzenie występowania gradientu początkowego w tych gruntach, znalezienie zależności pomiędzy właściwościami filtracyjnymi gruntów słabo przepuszczalnych (współczynnikiem filtracji, spadkiem początkowym) a parametrami fizycznymi i mikrostrukturalnymi gruntów

Cele użytkowe założono następujące: opracowanie metod empirycznych określania współczynnika filtracji gruntów słabo przepuszczalnych (czyli metod pośrednich, wykorzystujących ustalone korelacje), opracowanie klasyfikacji gruntów spoistych ze względu na ich współczynnik filtracji, uzależniony od innych parametrów geotechnicznych.

Zakres pracy określono poprzez następujące cele szczegółowe przewidziane do realizacji: pozyskanie ośmiu gruntów różniących się od siebie, wyznaczenie parametrów fizycznych i strukturalnych, mających potencjalnie wpływ na właściwości filtracyjne gruntów, badania laboratoryjne współczynnika filtracji przy różnych spadkach początkowych, analiza statystyczna wyników, ustalenie zależności empirycznych, opracowanie nomogramów.

4. Struktura rozprawy

Rozdział 1. (*Wstęp, 2 strony*) stanowi wstęp, w którym przedstawiono problem oraz znaczenie poprawnej oceny parametrów przepuszczalności gruntów. Autorka uzasadnia swoją decyzję podjęcia tematu ważnością zagadnienia oznaczania właściwości filtracyjnych gruntów spoistych i jednocześnie pewnym brakiem jednoznacznych wytycznych badawczych.

W **Rozdziale 2.** (*Teoria przepływu wody w gruncie, 15 stron*) przybliżono teorię przepływu wody w gruncie, ze szczególnym uwzględnieniem prawa filtracji Darcy'ego i przepływu wody w gruntach słabo przepuszczalnych. Następnie sprecyzowano cele i hipotezy pracy, opisane w punkcie 3. recenzji. Zasadniczą treść pracy zawarto w rozdziałach 3.-6. (114 stron).

W bardzo obszernym **rozdziale 3.** (*Materiał badawczy, 48 stron*) zamieszczono opis badanych gruntów: ich pochodzenie geologiczne, skład chemiczny i mineralogiczny, skład granulometryczny, granice konsystencji, właściwości sorpcyjne i powierzchnię właściwą, cechy strukturalne i kształt cząstek. Wymienione cechy były badane przez Doktorantkę, która bardzo starannie omówiła zastosowaną metodę lub metody badawcze, wyniki badań, podsumowanie i komentarze do badania lub badań każdej cechy. Zastosowano następujące metody do badania właściwości gruntów: skład chemiczny za pomocą mikroskopu skaningowego z przystawką do mikroanalizy rentgenowskiej, skład mineralogiczny za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego, skład granulometryczny - metodą areometryczną, metodą dyfrakcji laserowej (LD) i metodą dynamicznej analizy obrazu (DIA), granica plastyczności - metodą waleczkowania i za pomocą penetrometru stożkowego, granica płynności - metodą Casagrande'a, Wasiliewa oraz za pomocą penetrometru stożkowego, właściwości sorpcyjne i powierzchnia właściwa - metodą dyfrakcji laserowej, metodą dynamicznej analizy obrazu i metoda testu sorpcyjnego, pozostałe właściwości fizyczne metodami według PN-88/B-04481 (gęstość objętościowa, gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, wilgotność naturalna, porowatość, zawartość części organicznych, aktywność koloidalna, pH). Zbadano także cechy strukturalne gruntów: 3 cechy kształtu cząstek metodą dynamicznej analizy obrazu, parametry przestrzeni porowej metodą porozymetrii rtęciowej (MIP) i metodą numerycznej analizy obrazu.

W **rozdziale 4.** (*Podstawy teoretyczne i metodyka badawcza współczynnika filtracji, 16 stron*) opisano podstawy teoretyczne i metody badawcze współczynnika filtracji gruntów spoistych i niespoistych, jak również zamieszczono opis stanowiska badawczego i przebieg badania. Badania współczynnika filtracji gruntów słabo przepuszczalnych wykonano w aparacie trójosiowego ściskania metodą dwóch ciśnień wyrównawczych. Procedura badania składała się z trzech etapów: saturacji, konsolidacji i filtracji (trzykrotne badanie przy każdym z 4 różnych spadków hydraulicznego). Otrzymano wyniki w zakresie: $k_{gr} = 1,07 \cdot 10^{-8} - 9,51 \cdot 10^{-11}$ m/s.

W **rozdziale 5.** (*Zastosowanie elektronowej mikroskopii skaningowej SEM do analizy parametrów mikrostrukturalnych, 16 stron*) opisano zastosowanie elektronowej mikroskopii skaningowej SEM do analizy parametrów mikrostrukturalnych, w tym do analizy parametrów przestrzeni porowej (pole porów, obwód porów) metodą numerycznej analizy obrazu (NIA). Objasnienia metody i wyników zilustrowano zdjęciami SEM na poszczególnych etapach analizy. Porównywano wyniki współczynnika filtracji uzyskane z: fotogramu SEMx500 próbek NNS, fotogramu SEMx1000 próbek NNS, fotogramu SEMx500 próbek po filtracji i fotogramu

SEMx1000 próbek po filtracji, w porównaniu z wartością otrzymaną w aparacie trójosiowego ściskania, uznaną za referencyjną. Nie stwierdzono korelacji między wynikami analizowanych badań.

W **rozdziale 6.** (*Analiza wyników, 34 strony*) zamieszczono opis statystycznej analizy wyników. Na wstępie analizowano zbiór danych z badań w aparacie trójosiowego ściskania, o liczebności $n = 32$ przypadki, opisane czterema zmiennymi: rodzaj gruntu, gradient hydrauliczny i , prędkość filtracji V_{sr} , współczynnik filtracji k_{sr} . Ustalono, że rodzaj gruntu oraz spadek hydrauliczny są zmiennymi decydującymi o wartości współczynnika filtracji k .

Następnie sprawdzono zasadność stosowania prawa Darcy'ego w gruntach słabo przepuszczalnych, badając istotność zależności prędkości przepływu od gradientu hydraulicznego $V = f(i)$. Stwierdzono, że w gruntach słabo przepuszczalnych prawo Darcy'ego traci ważność, ponieważ modele krzywoliniowe analizowanej zależności były nieco lepsze od modeli liniowych. Jednocześnie uznano, że prawo Darcy'ego stanowi poprawne, z inżynierskiego punktu widzenia, przybliżenie badanej zależności.

Modelowano zależności współczynnika filtracji k od innych zbadanych parametrów gruntów, na podstawie analizy zbioru danych, składającego się z 8. przypadków opisanych 109. zmiennymi. Przyjęto modele krzywoliniowe, w postaci funkcji potęgowej, logarytmicznej lub exponentialnej. Przeanalizowano wszystkie możliwe kombinacje modeli z udziałem cech fizycznych lub/i strukturalnych. Wyłoniono 4. modele z jedną zmienną niezależną, którą były: wskaźnik plastyczności I_p lub zredukowana zawartość frakcji pyłowej z badania areometrycznego f'_{π} lub średnia średnica porów D_p^{a2} otrzymana metodą MIP lub wypukłość cząstek frakcji pyłowej ψ_{c2-50} otrzymana metodą DIA. Wybrano także 5 modeli z dwiema funkcjami parametrów fizycznych lub strukturalnych (rozdzielnie), 4 modele z trzema funkcjami parametrów fizycznych lub strukturalnych oraz 2 modele z trzema funkcjami parametrów fizycznych i strukturalnych (mieszane).

Z analizy modeli wyciągnięto ważne wnioski: nie jest możliwe skuteczne modelowanie przepływu w gruntach słabo przepuszczalnych na podstawie jedynie danych strukturalnych, a bardzo dobre dopasowanie modeli z udziałem tylko cech fizycznych pozwala na modelowanie przepływu bez skomplikowanych badań parametrów strukturalnych.

Wybrano 4 najlepiej dopasowane modele i przeprowadzono ich porównanie z modelami znanymi z literatury, wykazując lepszą jakość predykcijną modeli Autorki.

Następnie przeprowadzono modelowanie spadku początkowego i_0 w sposób podobny do opisanego wyżej i wybrano jeden model.

Na koniec opracowano model zależności współczynnika filtracji k od innych parametrów geotechnicznych, włączając dodatkowo spadek hydrauliczny i . Wyłoniono jeden model o czterech zmiennych niezależnych: $k = f(i, A, f'_i, w_{95})$.

Podsumowaniem rozdziału są cztery nomogramy klasyfikacyjne gruntów na grupy gruntów o różnym współczynniku filtracji w zależności od: wskaźnika plastyczności i wilgotności sorpcyjnej lub aktywności koloidalnej i zredukowanej zawartości frakcji ilowej, opracowane dla wybranych najlepszych modeli o dwóch zmiennych niezależnych.

Rozdział 7. (*Podsumowanie i wnioski końcowe, 5 stron*) zawiera podsumowanie pracy i wnioski końcowe, podzielone na 3 grupy i dotyczące trzech głównych analizowanych zagadnień: zagadnienie stosowalności prawa Darcy'ego, modelowania empirycznego współczynnika filtracji jako stałej Darcy'ego, spadku początkowego.

W **rozdziale 8.** (*Spis literatury i wykorzystanych materiałów, 17 stron*) zamieszczono bardzo obszerny spis cytowanej literatury (253 pozycje, w tym: 9 map geologicznych, 21 norm i 2 instrukcje obsługi przyrządów). Publikacji wydanych po 2000 roku było 94, co stanowi około 37% pozycji.

8. Aktualność tematyki badawczej

Rozprawa doktorska mgr. inż. Agaty Ludynii porusza istotny problem analizy, i oceny właściwości filtracyjnych gruntów spoistych. Znajomość parametrów filtracji gruntów słabo przepuszczalnych jest potrzebna przy wykorzystywaniu gruntów spoistych do tworzenia geobarier i uszczelnień w inżynierii środowiska, budownictwie hydrotechnicznym i ziemnym. Samo zagadnienie nie jest nowe, jest ono jednak niezmiennie aktualne i jest ciągle analizowane i badane w różnych aspektach. Wraz z rozwojem technologii eksperymentalnych i wykorzystaniem nowych technik i metod do badania nie tylko współczynnika filtracji gruntów spoistych ale także innych parametrów geotechnicznych, otwierają się nowe możliwości dotyczące pomiarów i uwzględnienia cech gruntów dotychczas nieuwzględnianych oraz nowych interpretacji wyników badań. W tym kierunku Autorka poprowadziła swoją pracę naukową. Wykonała bardzo różnorodne i dokładne badania parametrów gruntów (badanych często albo rzadko albo sporadycznie), niekiedy stosując kilka metod: metodę klasyczną i metody nowe. Doktorantka zastosowała mikroskopię skaningową SEM do analizy całej grupy mikrostrukturalnych parametrów przestrzeni porowej gruntów. W tym celu zastosowała metodę NIA numerycznej analizy obrazu gruntu, czyli interpretacji zdjęcia otrzymanego z mikroskopu skaningowego. Współczynnik filtracji Autorka określiła w aparacie trójosiowego ściskania. Analizę poszczególnych zagadnień, wymienionych jako cele pracy w punkcie 2.4 rozprawy Autorka wykonała jako analizę statystyczną wyników badań, stosując różnorodne techniki statystyczne.

9. Ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa ma charakter pracy eksperymentalnej i dotyczy geotechnicznych badań laboratoryjnych.

W pracy zostały postawione dwa problemy naukowe, związane z modelowaniem zależności pomiędzy zmiennymi, dotyczącymi zjawiska filtracji w gruntach spoistych: 1) czy prawo Darcy'ego $V=f(i)$ zachowuje ważność w układzie woda-ł oraz 2) czy możliwe jest opracowanie zależności pomiędzy właściwościami filtracyjnymi gruntów słabo przepuszczalnych (współczynnikiem filtracji k i spadkiem początkowym i_0) a parametrami fizycznymi i mikrostrukturalnymi gruntów.

Badania zostały wykonane na 8. gruntach spoistych, w zakresie spoistości: od gruntów mało spoistych do bardzo spoistych. Podstawowym celem pracy było opracowanie zależności między właściwościami filtracyjnymi gruntów słabo przepuszczalnych a ich cechami fizycznymi i/lub mikrostrukturalnymi.

Do oryginalnych własnych osiągnięć Autorki zaliczam:

- wybór ciągle aktualnej tematyki o walorach naukowych i jednocześnie użytecznych,
- przeprowadzenie laboratoryjnych badań różnorodnych parametrów gruntów w bardzo szerokim zakresie, które można podzielić na trzy grupy: 1) cechy chemiczne, skład gruntów, właściwości fizyczne oraz inne, 2) badanie współczynnika filtracji, 3) określenie wielu mikrostrukturalnych parametrów przestrzeni porowej metodą numerycznej analizy obrazów z mikroskopu elektronowego. Przeprowadzenie, interpretacja i analiza wyników tak wielu rodzajów badań, za pomocą tak wielu metod jest cennym doświadczeniem i dorobkiem oraz podstawą dalszego rozwoju naukowego Autorki,
- Autorka opanowała warsztat statystycznej analizy wyników, potrafi zastosować narzędzia statystyczne i wyciągnąć prawidłowe wnioski, co również stanowi przejaw Jej rozwoju naukowego,
- Autorka samodzielnie opracowała algorytm badawczy do badania parametrów przestrzeni porowej za pomocą numerycznej analizy obrazu (jak napisano na stronie 67), co ma pozytywny wpływ na rozwój tej metody badawczej i jej zastosowanie,
- zgromadzenie ogromnego materiału badawczego, którego potencjał naukowy nie został jeszcze w pełni wyczerpany i którego dalsza analiza może przynieść dodatkowe, interesujące wnioski i cenne publikacje.

Ponadto mocną stroną pracy są zwięzłe i jednocześnie treściwe przeglądy literatury, dotyczącej aktualnie omawianego zagadnienia (parametru, badania) trafnie zamieszczone

w odpowiednich rozdziałach pracy. Wadą pracy jest pewne niedopracowanie treści rozdziałów 6-8, spowodowane ogromem materiału badawczego i jednocześnie brakiem stanowczej, stopniowej selekcji i odrzucania niektórych wyników.

10. Uwagi szczegółowe i dyskusja

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską zgłaszam następujące uwagi krytyczne i pytania do Autorki, uszeregowane zgodnie z kolejnością rozdziałów.

Rozdz. 2.

Zauważono następujące rozbieżności:

- 1) Na stronie 13. podano kryteria liczbowe ruchu przejściowego i ruchu turbulentnego, z uwagami brzmiącymi: (wg innych źródeł $Re < 100$) – bez przywołania tych źródeł.
- 2) Na str. 13. określono, że ruch laminarny ma miejsce, gdy liczba Reynoldsa wynosi $Re < 10$, na stronie 15. we wzorze (2.20) podaje się, że gdy wynosi $Re \leq 1$.

Rozdz. 3.

- 1) W tabeli 3.7. badanym gruntem nadano polskie nazwy według Tablicy NA.1 z nieaktualnego Załącznika Krajowego NA zamieszczonego w PN-EN ISO 14688-2:2006-08. Zgodnie ze schematem polskiego nazewnictwa zawartego w aktualnej poprawce PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012-11, Tablica NA.2, symbole badanych gruntów powinny być czytane następująco: siSa piasek z pyłem, ciSa piasek z iłem, saclSi pył z iłem i piaskiem, sasiCl il z pyłem i piaskiem, saSi pył z piaskiem.
- 2) Jak oblicza się współczynnik kształtu Heywooda ϕ z wzoru (3.2)?
- 3) W tabeli 3.14 zamieszczono parametry fizyczne gruntów. Jak można wyjaśnić zawartość części organicznych w rodzimych gruntach spoistych nr 2-4 i 6-7 pobranych z głębokości 3,5 lub 7,5 m p.p.t. równą $I_{om} = 1,99-2,74\%$. Czy metoda prażenia nie spowodowała zawyżenia wartości I_{om} ? Z drugiej strony w przypadku gruntu nr 5, nieredeponowanego, powstałego z wietrzenia skaleni, otrzymano najbardziej prawdopodobną w tej sytuacji wartość $I_{om} = 0\%$.
- 4) Jak określono aktywność koloidalną A i według jakiej pozycji literatury zaklasyfikowano grunty do grup ze względu na ich aktywność?
- 5) W skromnym przeglądzie literatury na temat wpływu cech geometrycznych cząstek na wodoprzepuszczalność gruntu brak przywołania i choćby krótkiego omówienia ważnej publikacji dr inż. Z. Zięby, mimo że jej praca figuruje w spisie literatury.

Rozdz. 6.

- 1) Analizie statystycznej poddano najpierw zbiór danych o liczności $n_1=32$ (analiza wariancji), następnie zbiory danych z badań poszczególnych gruntów o liczności $n_2=4$ (analiza zależności $V=f(i)$), a w końcu zbiór o liczności $n_3=8$ (modelowanie zależności). Pierwszy zbiór został opisany, pozostałe dwa zbiory nie zostały opisane.
- 2) Nie podano wniosków ze sprawdzenia spełnienia założeń analizy wariancji, jak również nie sprawdzano spełnienia założeń innych procedur statystycznych.
- 3) Zbiór n_2 był bardzo mało liczny, nie podano wniosków ze sprawdzenia założeń zastosowanego testu istotności współczynnika korelacji Pearsona. Jako statystykę mierzącą jakość dopasowania modelu liniowego (tab. 6.3) należało zastosować test nieparametryczny, np. korelacji rang Spearmana oraz podawać wartości współczynnika korelacji R Spearmana.
- 4) Dla żadnej utworzonej funkcji regresji nie podano standardowego błędu estymacji ϵ , podawano tylko wartość współczynnika korelacji R Pearsona.
- 5) Moim zdaniem niezręczne są niektóre sformułowania, np.: „darcowość przepływu” (str. 107, 138), przepływy „niedarcowskie” (str. 133, 139), „model plastyczno-sorpcyjny”, „model plastyczno-uziarnieniowy” (str. 120), modele plastyczno-sorpcyjno-uziarnieniowe” (str. 141) – takie nazwy kojarzą się raczej z modelowaniem gruntu (np. model sprężysto-plastyczny gruntu).

- 6) Potrzebne i ważne rysunki 6.11 i 6.12 są mało czytelne (zbyt małe opisy słupków, brak źródeł wzorów z literatury), brak jest komentarza do rysunków.
- 7) Na stronach 129, 130 i 141 używa się nazwy parametru „zawartość materii organicznej MO” (bez powołania się na normę, w której taka nazwa jest zalecana), podczas gdy na stronie 59. była używana nazwa „zawartość części organicznych I_{om} ”.
- 8) Model określony wzorem (6.24) jest nieistotny statystycznie, jak wynika z tabeli 6.21, można go było nie zamieszczać.
- 9) Wniosek zamieszczony na stronach 112 i 139, że „w gruntach słabo przepuszczalnych prawo Darcy’ego [...] traci ważność” jest sformułowany w sposób być może zbyt śmiały i stanowczy, biorąc pod uwagę, że porównywane zależności liniowe i krzywoliniowe zostały zbudowane na 4. przypadkach.

Rozdz. 7.

W podsumowaniu Autorka stwierdziła, że „analiza wyników pozwoliła na pozytywną weryfikację przyjętych hipotez badawczych, a założone cele badawcze zostały zrealizowane” oraz wymieniła najważniejsze wnioski sformułowane na podstawie pomyślnie osiągniętych celów badawczych. Następnie zamieściła wnioski szczegółowe trzech analizowanych zagadnień: dotyczące stosowalności prawa Darcy’ego, modelowania współczynnika filtracji, spadku początkowego. W tym miejscu należałoby podać wnioski wyselekcjonowane, najważniejsze, mocno uogólnione i skrócone. Szczególnie dotyczy to przytaczanych modeli – należałoby zamieścić tu wzory kilku wybranych modeli o najlepszej jakości predykcyjnej lub najbardziej praktyczne.

Czuje się niedosyt uogólniających wniosków końcowych, w tym wyszczególnienia, co Autorka uważa za swoje największe osiągnięcia rozprawy i jakie ma dalsze plany badawcze związane z analizowanym tematem.

Rozdz.8.

Odnosnie do spisu literatury i cytowania jej w tekście można zgłosić następujące usterki:

- 1) Zauważono, że nie ma w spisie literatury pozycji cytowanych w tekście: Allen, 2000; Wesołowski i in., 2000 (str. 7); Grabowska-Olszewska i in., 1977 (str. 9); Czurd, 1989 (str. 21); PN-86/B-02480 (str. 42); Barnes, 2009 (str. 53); Myślińska, 2001 (str. 73); Fafara, 2007 (str. 73); Black i Lee, 1972 (str. 83); Walden, 1991 (str. 101).
- 2) W tekście pracy, wydaje się, że nie znaleziono cytowań następujących pozycji ze Spisu literatury i wykorzystanych materiałów: Balcerski, 1995; Berthold i in., 2000; Brun i in., 1977; Eshel i in., 2004; Flisowski i Wiczysty, 1979; Gawicz, 1980; Haładus, 1988; Harder i Blumel, 1990; Homshaw i Cambier, 1980; Huckel, 1957; Kaczyński i in., 2000; Kany i Herrmann, 1987; Kollis, 1961; Konert, 1997 (błędnie zapisane nazwisko Kornet, które jest w spisie); Krogulec, 1994 i 1996; Kulig, 2004; Lee i Black, 1972; Malina i Szczepański, 1994; Myślińska, 1998; Ryncarz, 1993; Sanetra, 2011; Sendkowska i in., 2004; Seul, 2007; Sobczak, 1975; Sochan, 2012; Strzelecki, 1996; Surygała, 2000; Szczepańska i Kmieciak, 1998; Twardowski i in., 2009; Twardowski i Drożdżak, 2009; Twardowski i Traple, 2006 i 2010; Wasil, 2011; Wosiewicz, 1986, Zięba, 2013; 12 norm.
- 3) Zauważono błędy w cytowaniu pozycji literatury - powinno być: Philip i Ligget, 1979 (str.8); Szling i Pacześniak, 2004 (str.10, 14, 17); Macioszczyk, 1973 (str.16); Goldstein i in., 2003 (str. 27); Camposl i in., 1999 (str. 53); Reynolds i Zebchuk, 1996 (str. 73); Rosenfeld i De La Terre, 1983 (str. 90).
- 4) Pozycje literatury tych samych kilkakrotnie występujących autorów i z tą samą datę powinny być zaznaczone np. kolejnymi literami alfabetu, dla odróżnienia pozycji (str. 67, 68).

11. Uwagi redakcyjne

Układ pracy jest właściwy, podział treści – przejrzysty. Praca napisana jest bez zastrzeżeń pod względem poprawności językowej. Zauważono nieliczne, drobne uchybienia stylistyczne

i inne, które nie obniżają merytorycznej wartości pracy. Ważniejsze uwagi redakcyjne są następujące:

- 1) Na rysunkach od 3.18 do 3.25 oraz od 3.27 do 3.32 brak linii osi ze znacznikami oraz siatki utrudnia odczyty.
- 2) Należy unikać żywania w tekście skrótów, np.: wg (str. 51, 55, 58, 67, 68); ww. (str. 68), jw. (str. 125).
- 3) Zapis współczynnika korelacji $R = -2,51 \cdot 10^{-1}$ nie jest przyjęty w geotechnice; wartość R zapisywano, używając zbyt wielu cyfr po przecinku, np. w tab. 6.5.
- 4) Na rysunkach 6.1 i 6.2 jednostki na osi pionowej k (brak miana jednostki) zapisano jako liczbę, np. 0,000000002; przyjęty jest raczej zapis typu $k=2 \cdot 10^9$ [m/s], z kolei na rysunkach od 6.3 do 6.10 jednostki osi pionowych V [m/s] opisane są liczbami w formacie używanym w informatyce, np.: 5,0E-09; podobnie na rys. 6.11 i 6.12.
- 5) Na końcach wierszy zostały pojedyncze litery, np.: ze, a, w, (str. 83 i inne).
- 6) Nie należy, moim zdaniem, używać sformułowania: „modele oparte na danych...” (str. 103, 122, 123).

11. Ocena końcowa

Opiniowana rozprawa należy do prac doświadczalnych z zakresu geotechniki. Mgr inż. Agata Ludynia w swojej rozprawie doktorskiej podjęła temat interesujący zarówno naukowców jak i wykonawców. Doktorantka samodzielnie rozwiązała postawione w pracy problemy naukowe i osiągnęła zakładane cele. Posługując się prawidłową metodyką zrealizowała badania w założonym zakresie zagadnień i wyciągnęła poprawne wnioski. Rozprawa stanowi oryginalną propozycję rozwiązania problemu naukowego, wnosi nowe wartości naukowe w dziedzinie geotechniki oraz potwierdza poziom wiedzy Kandydatki dostateczny do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych. Sformułowane w recenzji uwagi dyskusyjne i usterki nie obniżają w sposób istotny wartości pracy.

W związku z tym, we wniosku końcowym stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Agaty Ludynii spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule z zakresu sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Dr hab. inż. Maria Jolanta Sulewska, prof. PB

