

Dr hab. inż. Krzysztof Parylak
em. prof. nazw. UPWr
51-520 Wrocław
ul. Smocza 23

Wrocław 24.08.2018r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Szerakowskiej
pt. „Ocena parametrów kształtu ziaren i ich wpływ na zagęszczalność gruntów
niespoistych”

1. Podstawa opracowania recenzji:

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej prof. dr hab. inż. Michała Bołtryka z dn. 01.08.2018r.

2. Kryteria przeprowadzenia oceny

Ocenę pracy przeprowadzono w oparciu o kryterium wymogów określonych w art. 13 ust. 1 Ustawa o tytułach i stopniach naukowych (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595), w tym głównie na ocenie czy praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz czy wykazano w niej ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3. Znaczenie badanej problematyki

W licznych problemach budownictwa, inżynierii środowiska, geologii inżynierskiej, czy rolnictwa właściwości gruntów mają istotny wpływ na procesy wywoływane zarówno działaniem sił natury, jak i działalnością człowieka. W pierwszej grupie uwarunkowań zawierają się zagadnienia wynikające głównie z naturalnych obciążeń, efektów ruchu wód, działania wiatrów, zmian termicznych, czy trzęsień ziemi. Druga grupa problemów to niezliczone przypadki różnorodnej działalności człowieka wynikającej m.in. ze statycznego i dynamicznego obciążania i odciążania gruntu, formowania różnorodnych konstrukcji ziemnych, naruszania istniejącej struktury oraz zagęszczania i wzmacniania mas ziemnych. Zagadnienia te ujmowane są w różnym stopniu przez szereg dyscyplin rozpoznających i opisujących poszczególne właściwości pod kątem określonych potrzeb. We wszystkich tych problemach podstawową materią jest rozdrobniona skała ulegająca w wyniku procesów wietrzenia i przemieszczania siłami natury ciąglemu postępującemu rozdrabnianiu. Zróżnicowane właściwości minerałów budujących cząstki gruntowe oraz zmienność

rozdrobienia od frakcji kamienistej po łożową powodują, że powiązany ze sobą układ fazy stałej, ciekłej i gazowej decyduje o dużej zmienności właściwości fizycznych. W tej grupie zagadnień obok cech uziarnienia, składu mineralnego i stopnia wilgotności, duży wpływ na szereg właściwości gruntów ma kształt i stopień skonfigurowania powierzchni cząstek, warunkujący zarówno wzajemne ich oddziaływanie w procesie przemieszczania, jak i możliwości utrzymywania oraz ruchu wody. W literaturze geometryczna struktura cząstek opisywana jest czterema parametrami, tj. stopniem kulistości, stopniem zaokrąglenia naroży, stopniem ostrokrawędzistości naroży i szorstkością powierzchni.

Jednakże ze względu na złożoność badań i trudności w powiązaniu współoddziaływania poszczególnych czynników w zastosowaniach praktycznych nadal stosowane są uproszczone i niejednoznaczne metody oceny kształtu i stopnia zaokrąglenia naroży. Najprostsze z nich polegają na porównywaniu mikroskopowych obrazów zbiorowiska cząstek z wzorcowymi tablicami opracowanymi jeszcze w 1941 roku przez Krumbein'a. Pominięte są w niej dwa inne istotne parametry cech kształtu - szorstkość powierzchni oraz niezwykle istotne współoddziaływanie tych cech jako jednego czynnika wpływającego na procesy przemieszczania cząstek.

Najczęściej prace z zakresu badań właściwości gruntów niespoistych nadal pomijają zagadnienie lub posługują się ogólnymi pojęciami podziału, jak np. zaokrąglony, nieregularny, bardzo nieregularny, cylindryczny, kulisty. Przykładowo nieliczni autorzy podają, że przy granicznych zmiennościach stopnia kulistości i stopnia zaokrąglenia naroży, a w niektórych przypadkach uwzględnianego stopnia ostrokrawędzistości cząstek, wartość jednego najistotniejszych parametrów - kąta tarcia wewnętrznego zmienia się o 6° – 9° .

W propozycji połączonego zdefiniowania wpływu stopnia kulistości, stopnia zaokrąglenia naroży, stopnia ostrokrawędzistości naroży i szorstkości powierzchni (Parylak 2000) wykazano, że różnica ta wynosi nawet 11° , co przy ekstremalnych różnicach Φ gruntów niespoistych (26° - 45°), tj. 19° udział cech kształtu cząstek przekraczać 50%.

Można zatem nadal mówić o braku dostępnych i dokładnych metod badawczych w tym zakresie, a w jednym z węzłowych podręczników (Bell i in., 1987) autorzy stwierdzili, że **„Kształt jest prawdopodobnie najbardziej podstawową właściwością cząstek, ale niestety jest on bardzo trudny do określenia”**. W innej pracy (Homand – Etienne i in., 1989) podają, że nie ma uznanych sposobów badania stopnia szorstkości powierzchni. Oceny te znajdują potwierdzenie w przeprowadzonej przez doktorantkę analizie literatury.

W zakresie współzależności pomiędzy geometrycznymi cechami powierzchni cząstek a parametrami zagęszczalności nie ma oceniających ten wpływ kryteriów czy parametrów, a w literaturze formułowane są jedynie oceny ogólnikowe. Nie zdefiniowano ich także w pracy, ale wprowadzanie nowych rozwiązań do nauki nie jest powinnością prac doktorskich.

Natomiast propozycje badań zawarte w recenzowanej pracy należy uznać jako istotny przyczynek w dalszym poznawaniu tych zagadnień.

4. Omówienie wyników treści pracy

Rozdział pierwszy. Po wstępie nakreślającym tematykę zagadnienia, autorka przedstawia zasadnicze dwie tezy pracy tj:

- I. określenie najlepszej metody ilościowej oceny parametrów kształtu ziaren,
- II. wykazanie, że „istnieje zależność pomiędzy kształtem ziaren a parametrami zagęszczalności”...

W tym celu przeprowadziła analizę i wybór metod badań parametrów cech kształtu ziaren na zagęszczalność badanych gruntów. W rozdziale tym omówiono treści dalszych rozdziałów konkludując uzasadnieniem podjęcia tematu badań w świetle literatury.

Uwaga. Istnienie zależności parametrów zagęszczalności od kształtu ziaren jest wiedzą w geotechnice powszechną i taka teza nie wymaga udowadniania, natomiast należałoby tu określić jakie szczegółowe cele będą realizowane w zakresie tego zagadnienia.

Rozdział 2. W rozdziale „opis kształtu ziaren” podkreślono znaczenia kształtu ziaren oraz dokonano ogólnej oceny sposobów określania cech kształtu ziaren w świetle dotychczasowych ustaleń zarówno w aspekcie poznawczym, jak i potrzeb praktycznych poczynając od Zinga w roku 1935. Dokonywano tu także oceny przydatności tych metod, istotnych w realizacji dalszych rozdziałów pracy - co należy ocenić pozytywnie.

Rozdział 3. Rozdział zawiera opublikowane przez autorkę w 2014r. cenne zestawienie istniejących 29 metod i wzorów do badań stopnia kulistości zestawionych pod kątem metod opartych na badaniach w przestrzeni dwuwymiarowej, trójwymiarowej z prezentacją dwóch nowszych metod Masada 2005 i Sukurmana Ashmawy'ego 2001. Została też podana informacja o wykonanych przez autorkę badań stopnia kulistości 6 ziaren piasku.

Uwaga: Szkoda, że w tych zestawieniach obliczeniowych wzorów nie zamieszczono uzyskanych wyników badań stopnia kulistości ziaren piasku i dlatego w konkluzji krytycznej analizy metod badania stopnia kulistości autorka nie wskazuje, które z zastosowanych 12 metod z racji stwierdzonych niedokładności nie zostaną wykorzystane w dalszej części pracy.

Rozdział 4. W rozdziale zestawiono 25 metod pomiaru obliczania stopnia nieregularności kształtu ziaren opracowanych w latach 1919 – 2004. Autorka podaje, że także w tym przypadku z wybranych 15 metod sprawdzonych na 6 różnych ziarnach piasku uzyskano wartości stopnia nieregularności kształtu ziaren na tyle rozbieżne, że żadnej z nich nie

proponuje do dalszych analiz, proponując przy tym określanie tych parametrów własnym programem komputerowym. Odnosi się wrażenie, że wszystkie dotychczasowe były złe. W literaturze za najbardziej adekwatną w ocenie nieregularności kształtu cząstek uznawana jest metoda Lees'a, a w badaniach do stopni zaokrąglenia naroży Wadell'a.

Pytanie. Dlaczego także w tym przypadku autorka nie zestawiała i nie scharakteryzowała uzyskanych wyników własnych badań tym bardziej, że przytoczone prace są wynikiem kilkuletnich badań w okresie studiów doktoranckich i ich efekty powinny być częścią pracy doktorskiej.

Rozdział 5 zawiera analizę metod badawczych parametru określanego jako mikrotekstury powierzchni ziaren, co w nomenklaturze tej specjalności powinno określać się szorstkością powierzchni (roughness). Pojęcie szorstkości w tym przypadku jest właściwe ze względu na rolę szorstkości powierzchni w oporach przemieszczania cząstek w procesie zgęszczania, a także na utrzymywanie w mikrozagłębieniach oddziałujących w procesie zagęszczania wód słabo związanych. Doktorantka nie tylko zestawia 8 metod stosowanych dotychczas w ocenie tego parametru, ale przeprowadza właściwą analizę ich stosowności. Analizuje w tym wykorzystanie dokładnej analizy fraktalnej do oceny tego parametru z wykorzystaniem metody szacowania wymiaru fraktalnego. Oceny tego zagadnienia do potrzeb niniejszej pracy są wyczerpujące. Jednakże brak w konkluzji p.5.4 informacji, które z metod zostaną wykorzystane w rozdziale „Badania własne”, podobnie jak brak wskazań w rozdziałach 3 i 4 czyni pracę wewnątrznie mało powiązaną.

Rozdział 6. Zawarto w nim zestawienie podstawowej wiedzy z zakresu sposobów i metod zagęszczania gruntów z oceną mechanizmów zachodzących w tych procesach. Dokonano przeglądu i analiz procesów oraz sposobów zagęszczania gruntów, co zasadniczo zrealizowano na dobrym poziomie.

Jednakże w zakresie badań metodą ubijania (p.6.1) nie wszystkie podane interpretacje są właściwe. Na rys. 6.1 przytoczono z podręcznika Zapory ziemne (Czyżewski i inni 1973) schemat zmiany struktury gruntów niespoistych i spoistych w procesie zagęszczania w aparacie Proctora wykazując, że stany wilgotności nie wpływają na sposób ułożenia ziaren zagęszczanego żwiru czy piasku, w odróżnieniu od gruntów spoistych, gdzie z przypadkowego układu płytkowych cząstek jaki występuje przy wilgotnościach mniejszych od optymalnej po przekroczeniu tej wilgotności układają się one równolegle. Natomiast szkoda, że nie przytoczono analizowanej w tej pracy zmiany struktury gruntu w zależności od wilgotności i energii zagęszczania.

Natomiast w aspekcie oceny wpływu cech kształtu cząstek brak jest w tym rozdziale właściwej interpretacji zjawiska zmniejszanie się gęstości objętościowej szkieletu wraz ze

wzrostem wilgotności przedstawionej m.in. w podręczniku „Mechanika gruntów”, Lambe, Withman, 1978. Przedstawiony na rys. 6.2 przebieg krzywych zagęszczenia B i C, w których występuje zmniejszanie się gęstości objętościowej szkieletu wraz ze wzrostem wilgotności jest nie tyle efektem składu mineralnego jak podano w pracy, ale jest wynikiem działania sił napięcia powierzchniowego wód włoskowatych związanych z powierzchniami cząstek. Im kształty i powierzchnie ziaren są bardziej skonfigurowane, tym udział tych sił jest większy. Wówczas część energii ubijania zostaje pochłonięta na pokonanie tych oporów. Podobny kształt powinna mieć również krzywa A – co potwierdzają badania autorki przedstawione na rys. 7-36 - 7.39, czy 7.44 – 7.47. Dalszy wzrost wilgotności eliminuje działanie tych sił.

W pracy zjawisko to potraktowano zdawkowo przetaczając jedynie w p. 6.1.2 jako zdanie prof. Pisarczyka, a jest to niezwykle istotne w zakresie potrzeb interpretacyjnych wyników badań własnych Doktorantki (np. na rys.7.39). Oceniam zatem, że w rozdziale 6 stanowiącym podbudowę teoretyczną do udowodnienia tezy pracy nie został on należycie rozwinięty - dlaczego?. Natomiast przytaczane są w tym względzie opinie różnych autorów bez ich wartościowania i nie koniecznie wiążące się z tematyką gruntów niespoistych.

Uwzględniając, że w procesie ubijania następuje znaczne kruszenie cząstek i w końcowym etapie zagęszczania mogą one mieć inne kształty, stąd do oceny wpływu cech kształtu cząstek na zagęszczalność wiodącym rodzajem badań zagęszczalności powinny być badania metodą wibracji. W części teoretycznej oceny tego zagadnienia problemy badań i mechanizmów zjawisk zostały przedstawione właściwie. Cennym i skondensowanym materiałem jest zebranie w tab. 6.2. zestawienie i oceny czynników wpływających na zagęszczanie gruntów przez wibrację.

Rozdział 7. W obszernym rozdziale przedstawiono zasadnicze badania umożliwiające opracowanie tezy pracy. Z przejrzystego zestawienia wynika tab.7.1, że wykonano aż 14 rodzajów badań w 6 laboratoriach, realizując ich łącznie aż 916.

W pp.7.1 zwarto charakterystykę badanych materiałów gruntowych zwierających szeroką wstępną analizę 10 materiałów gruntowych, z których do docelowych badań zagęszczalności wybrano 2 o różnej genezie tj. pospółkę - cechujących się dużym stopniem obtoczenia ziaren stanowiącą osady polodowcowe z Wzgórz Sokólskich. Z frakcji tego materiału złożono 3 grunty nr 1 o uziarnieniu żwiru oraz pospółkę nr 2 i 3. Drugim wyselekcjonowanym materiałem było kruszywo łamane z Kamieniołomu granitu masywu Strzegom – Sobótka, z którego wykonano identyczne mieszanki jak grunty o nr 1,2,3. Tak jednakowe składy uziarnień przy różnym stopniu skonfigurowania powierzchni cząstek sprowadzają badania do wiarygodnej analizy jednoczynnikowej, co szczególnie w badaniach zagęszczalności metodą wibracji poza

cechami kształtu cząstek eliminuje wpływu zmienności uziarnienia i wilgotności na uzyskane wyniki.

Należy w tym miejscu zakwestionować stosowane w pracy zmienne nazewnictwo. Jest ono poprawne w tytule, gdyż badane grunty wg polskiej normy PN-EN-ISO 14088-2:2006 stanowią żwiry piaszczyste i pospółki. Natomiast nie wiedzieć dlaczego autorka w pracy wielokrotnie nazywa je przemiennie tj. raz grunty, a raz kruszywa. To drugie pojęcie przynależy do innej – technologicznej specjalizacji budownictwa. Natomiast problematyka pracy jest w zakresie geotechniki. Może to wynikać z niedojrzałości naukowej kandydatki.

Nie uzasadniono jakiemu celowi mają służyć badania nasiąkliwości i jak mogłyby wpływać na zagęszczalność, jak również niewłaściwym jest określanie frakcji pyłowej jako zanieczyszczenia. Jeśli przykładowo w składzie uziarnienia skomponowanych mieszanki nr 2 i 3 stanowią one 12% i 6% to są one frakcjami gruntu, od której w tab. 7.3. zależy C_u i C_c , a nie zanieczyszczeniami. Pojęcie zanieczyszczenia dotyczy drobnych szkodliwych frakcji w kruszywach stosowanych do betonów.

Nie znajduje się uzasadnienia do zamieszczania w pracy wstępnych badań analizy kształtu, gdyż tak uproszczone wyniki są dalece mniej dokładne od metod badań opisanych w rozdziałach 3,4,5 pracy. W szczególności niejasne jest zastosowanie „aparatu do badania przepływu”. Tutaj autorka również miesza nazwy pojęciowe z obszarów tj. geotechniki i technologii budowy dróg. W geotechnice przepływy związane są z ruchem wody w ośrodkach porowatych, a urządzenie do oceny nieregularności kształtów przez przewężenia nazywane są lejkami. Metody te zapoczątkowana w 1928r. przez Deminga i Mechringa rozwijane były m. in. przez Sutherland’a i Neale’a (1968), po czym jako mało dokładna zostały w geotechnice zarzucona. Natomiast znalazły zastosowanie w technologiach doboru i kwalifikacji kruszyw.

We wnioskach pp.1 doktorantka nie komentuje wyników badań tym urządzeniem, słusznie neguje przydatność badań kulistości za pomocą analizatora optycznego i profilometru stykowego, a całość podsumowuje już nie jako badania gruntów ale badania kruszyw, co nie pokrywa się z tytułem rozprawy.

Punkt 7.2 zawiera zasadnicze badania cech kształtu cząstek programem komputerowym z 2016r. GrainShape opracowanym do potrzeb niniejszej pracy przez firmę komputerową przy autorskim udziale doktorantki. Opis metody pomiarowej opartej na wykrywaniu konturów zdjęcia ziarna i ilustrujący jego działanie schemat wskazują, że przeprowadzone pomiary cech kształtu cząstek dają możliwość szybkich i dokładnych obliczeń wzorami podanymi adaptacji metod pomiarowych analizowanych w rozdziałach 3, 4 i 5, a w tym także obliczanie wymiaru fraktalnego na zdjęciach cząstek wykonanych na precyzyjnych mikroskopach.

Przedstawione w pracy uzasadnienia operacyjności tego programu są przekonujące

i przy założeniu obliczeniowej poprawności stanowią warsztatową innowację badawczą.

Niedostatecznie czytelne jest zestawienie wyników badań w tab. 7.15. Nie zdefiniowanie czym jest zakres danych w zbiorze 1, co oznaczono numerem przypadku, można się domyślać, że jest to numerem badania w programie obliczeniowym, podobnie jak kod metody w obszarze cyfr 1; 2;...;12 i jak należy rozumieć końcowy wynik kulistości np. 0164-778,501. Dane te poddano następnie niedostatecznie czytelnym analizom statystycznym zawartym w dwóch wynikowych tabelach.

Przedstawione na wykresach stopnie kulistości 10 frakcji każdego z 3 badanych gruntów 12 wytypowanymi wzorami, dają możliwość skonfrontowania i wywartościowania przydatności stosowanych wzorów. W wyniku pomiarów i analizy statystycznej autorka ustaliła, że najwiarygodniejszymi są wzory obliczeniowe: Coxa (1927) i Janoo (1998), metoda Yue i innych (1995) oraz metoda Sukurmana i Ashmawy'ego (2001). W konkluzji podano, że wyniki tych metod najwyraźniej odróżniają kulistość ziaren dwóch gruntów od siebie oraz od przyjętych do analizy wzorców kuli i prostokąta.

Moim zdaniem do dalszych analiz powinny być wybrane metody, dla których obliczenia kulistości dla kuli dały wartość 1.0, gdyż stanowi to potwierdzenie, że dana metoda poprawnie opisuje odstępstwo kształtu od kuli, a w procesie zagęszczenia warunkuje najmniejsze w przemieszczaniu się ziaren.

Pytanie. Dlaczego wymienione metody uznano za najwłaściwsze, jeśli na rys. 7.17 – 7,18 średnie wartości stopnia kulistości dla tych samych gruntów są tak bardzo różne. Na przykład dla frakcji nr E (0,5 – 1mm) tj. dla naturalnej pospółki uzyskane metodą Coxa i Janoo stopień kulistości wynosi ok. 0,70, metodą Yue – ok. 0,16, a metodą Sukurmana i Ashmawy'ego ok. 0,38. Wg danych na rysunkach dla żadnej z tych metod podany stopień kulistości dla kuli nie wynosi 1,0. Natomiast wartości 1,0 dla kul na wykresach podano m. in. w metodzie Wadell'a, Peltlanda, czy Rilley'a, uzyskane dla tej samej frakcji stopnie kulistości wyniosły odpowiednio 0,82, 0,78 i 0,82.

W. p. 7.2.3 przedstawiono analizy obliczeniowe stopnia nieregularności kształtów cząstek, a nie jak określa to doktorantka „kanciastość”. Pojęcie kanciastości wynika z powszechnego przetłumaczenia słowa angularity jest tu niewłaściwe, gdyż cząstka może mieć nieregularny kształt, ale wyoblone krawędzie i wówczas nie ma kantów.

Pomiary wykonano dla tych samych frakcji jak w badaniach kulistości programem komputerowym GrainShape, stosując wzory 21 metod opisanych w rozdziale 4. Także w tym przypadku zestawienie wyników badań w tab. 7.20 nie jest dostatecznie czytelne. Nie zdefiniowanie czym jest zakres danych w zbiorze 2, co oznaczono numerem przypadku, można się domyślać, że jest to numerem badania w programie obliczeniowym. Nie podano

czym jest kod metody w obszarze cyfr 1;2;...;21 i jak należy rozumieć końcowy wynik „kanciastości” np. 0-1833,37. Dane te poddano analizom statystycznym wnioskując, że w przypadku większości metod wyniki różnią się od siebie statystycznie. Czy w przypadku kiedy wyniki uzyskiwane są różnymi zależnościami, a więc pochodzące niejako z odrębnych zbiorów można wartościować statystycznie.

Wykazane na rys. 7.25 zróżnicowania tego parametru są bardzo duże, a co zastanawiające, że stopnie nieregularności cząstek kruszywa łamanego z kopali granitu w 11 metodach są większe niż w obtoczonych pospółkach z osadów polodowcowych, wyniki 8 metod wykazały, że jest odwrotnie, a w 11 metodach nie ma wyraźnych różnic. Wobec tych zróżnicowań i wątpliwości cennym byłoby graficzne udokumentowanie w pracy pomiaru na obrysach np. 2 cząstek gruntów, dla których w metodzie GrainShape uzyskano skrajnie niekorespondujące ze sobą wyniki.

W podsumowaniu Autorka rezygnuje z przeprowadzonych komputerowo analiz i podobnie jak w przypadku stopnia kulistości do końcowej oceny wpływu nieregularności cech kształtów na procesy zagęszczania przyjmuje wyniki uzyskane tylko jedną metodą - metodą Lees'a, uznając ją bez wymaganego odniesienia do wyników pozostałych za najlepszą – dlatego.

Analizę mikrostruktury powierzchni ziaren także wykonano za pomocą programu GrainShape stosując wzory 6 metod opisanych w rozdziale 5. Również w tym przypadku zestawienie wyników badań w tab.7 25 nie są dostatecznie czytelne, a końcowy wynik np. 0,001- 251 nie jest zrozumiały. Podobnie jak w poprzednich przypadkach wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej, określając wartości prawdopodobieństw dla porównań wielokrotnych.

Z zestawionych na rys. 7.32 wyników badań wynika, że powierzchnie cząstek kruszywa łamanego są bardziej szorstkie niż kruszywa naturalnego co logicznie jest prawidłowe. Jednakże także w tym przypadku występują niewytłumaczalne anomalie. Pierwszym z nich jest to, że szorstkość powierzchni idealnie kulistej nie jest równa zero. Wynika z tego, że wyniki z metody pudełkowej, metody cyrklowej, Fouriera 2 i metody Parylaka są niewłaściwe. Jednakże rewidując ten ostatni przypadek łatwo udowodnić, że jeśli stopień szorstkości jest stosunkiem różnicy długości rzeczywistego obwodu powierzchni przekroju cząstki i długości obwodu uproszczonego odcinkowymi liniami prostymi – do długości obwodu uproszczonego, to w przypadku gładkiej kuli różnica jest zerowa, gdyż gładka powierzchnia nie ma mikrowystępów i mikrozagłębień, a wobec tego licznik ilorazu jest zerowy i stopień szorstkości musi wynosić zero, a nie 0,30 jak podano na rys.7.32.

Przykładowo jeśli dla ziarna o średnicy 10 mm obliczono wskaźnik szorstkości $I_a = 1,5$, to wówczas różnica pomiędzy długością obwodu rzeczywistego i uproszczonego musiała by być 1,5 krotnie większa od tego pierwszego, co jest niemożliwe. Wskaźniki szorstkości cząstek

osadów polodowcowych określone tą metodą są na ogół na poziomie 0,08 a nie 1,5 (*patrz poz. 98 literatury str.50*). Przykład ten dowodzi, że przynajmniej w tym przypadku w systemie pomiarowym programu GrainShape istnieje jakiś błąd. Równie nieprawdopodobne zróżnicowania są w metodzie pudełkowej i cyrkłowej, gdzie szorstkości powierzchni cząstek tego samego gruntu dla jednych frakcji są nawet mniejsze od szorstkości idealnie gładkiej kuli - co jest niemożliwe, a z kolei dla innych frakcji są większe.

W świetle tych wyników zastosowany system pomiarowy wymaga weryfikacji. W konkluzji do dalszych analiz przyjęto wynik z metody Fouriera D2 wykazujący, że szorstkości powierzchni cząstek (roughness) są na poziomie 0,2 – 0,3, natomiast uwzględniając metodę Fouriera. Bardziej prawdopodobne są wyniki z metod D1 i D3, gdzie uzyskane wskaźniki szorstkości powierzchni są 10 razy mniejsze (0,02 i 0,08) i są one adekwatne do rzeczywistości.

W punkcie 7.2.6 obliczono ogólny wskaźnik kształtu ζ według wzoru Parylaka, uwzględniający przyjęte wartości stopnia kulistości, stopnie nieregularności kształtów i wskaźnika szorstkości powierzchni, stanowiący współzależność w ocenie wpływu tych parametrów na zagęszczalność badanych gruntów. Końcowe wyniki czytelnie zestawiono w tab. 7.30. Jednakże w tym przypadku nie podano w jaki sposób wyznaczono parametry Φ , A oraz I_a dla mieszanki polodowcowej pospółki i kruszywa z kopalni granitu (grunt 3 rys.7.1). Pomijając problemy rozbieżności uzyskiwanych cech kształtu cząstek i ich nieadekwatność do rzeczywistości należy uznać, że przyjęte parametry ζ stanowią dobry jakościowy parametr pomocny w wyjaśnieniu różnic w podatności badanych gruntów na zgęszczenie.

Rozdział 8. Drugą wartościową częścią pracy są badania wykonanych mieszanek gruntowy w celu ustalenia wpływu cech kształtu cząstek na efekty zagęszczalności kontrolowanej zarówno metodą wibracji jak i metodą ubijania.

Ciekawym i poznawczo wartościowym podejściem badawczym była kilkuwariantowość sposobów badania i przeprowadzanych na ich podstawie analiz, w tym badanie w aparacie Proctora z właściwie przyjętą metodą II. Zestawienia krzywych Proctora na rys. 7.36 - 7.38 wprawdzie potwierdzają wiedzę o niewielkiej roli wody w procesie zagęszczania gruntów gruboziarnistych ale, w tym przypadku wykazano, że dla naturalnego żwiru przyrost gęstości objętościowej szkieletu bez frakcji pyłowej wystąpił wzrost p_d o 10 kN/m³, a żwiru granitowego o 5kN/m³. Cennym przy tym ustaleniem jest wykazanie dużego wpływu cech kształtu cząstek, który przy stosunkowo niewielkim wzroście parametru ζ od 0.47 do 0.59, tj. 0,12 spowodował zwiększenie p_d aż o 20 kN/m³.

Doktorantka ustaliła także drugi ciekawy związek w badaniu, gdy obydwa materiały miały uziarnienie pospółki o 12% zawartości frakcji pyłowej. W tym przypadku największe

zagęszczenie uzyskiwano dla stanu powietrznie suchego. Przy wzroście wilgotności w kontaktach międzycząstkowych uruchamiały się udział sił wynikających z napięcia powierzchniowego wód włoskowatych, co komentowano w rozdziale 6 recenzji. Autorka nie zwróciła jednak uwagi, że udział tych sił jest na tyle skuteczny, że przy stosunkowo niewielkiej zawartości frakcji pyłowej ich oddziaływanie nie zanikają one nawet przy wilgotności optymalnej, gdyż ilość wody w stosunku do objętości por jest za mała, aby meniski napięcia kapilarnego zostały zneutralizowane. Obecność frakcji pyłowej powoduje na tyle smarujące działanie wody, że pomniejsza efekty oporów wynikających różnic nieregularności kształtu cząstek w stosunku do wyników badań żwiru. Jest to zjawiskiem istotnym i szkoda, że nie skomentowanym w pracy.

Znajduje to potwierdzenie w badaniach mieszanki nr 3 zawierającej 5 % frakcji pyłowej, w których poza najwyższymi wartościami p_{dmax} pozostałe współzależności układają się pośrednio pomiędzy wynikami badań żwiru i pospółki nr 1. Autorka wykazała właściwą dociekliwość sprawdzając zmiany uziarnienia powodowane ubijaniem gruntu. Jednakże nie skomentowała, że w obu gruntach nastąpił wzrost frakcji mniejszych od 0,1mm o 10,5% w pospółce naturalnej i o 3 % w pospółce z łamanego granitu. Ponieważ proces ten następował w czasie ubijania to zmieniały się wówczas cechy kształtu jak i uziarnienie. Oczywiście efekty tych zmian były trudne do ustalenia. Z tego powodu lepszym sposobem badania wpływu cech kształtu cząstek na zagęszczalność była metoda wibracji, gdzie jak wykazano w zmiany uziarnienia po badaniu były zerowe.

Badania wibracji wykonane w cylindrze na stole wibracyjnym przy zmiennych dociskających naprężeniach normalnych. Autorka z zastosowaniem metod statystycznych określiła zarówno średnie gęstości objętościowe p_d jak i efekty czasu wibracji. Cennym było wykazanie, że najwyższe zagęszczenia uzyskiwano po 2 minutach wibracji, a docisk większy od 7 kPa zmniejszał zagęszczenie. Zabrakło w tym powiązania tego efektu z utrudnianiem przy większym σ_1 mechanizmu obrotu i podnoszenia się ziaren.

W pracy zastosowano nietypowy sposób badania każdego z gruntów przy różnych stopniach ich wilgotności. Wyniki były interesujące, gdyż najwyższe wartości uzyskiwano przy wilgotnościach optymalnych, a nie w stanie suchym, co przewidują polskie normy budowlane. Generalnie uzyskane współzależności są podobne jak w ocenianych badaniach Proctora z tym, że w tym przypadku wyniki były wyższe.

Wyniki tych badań Autorka skomentowała właściwie we wnioskach z badań zagęszczenia, jednakże znajdują się tam niektóre sprzeczne sformułowania. Na str.134 podaje, że nie stwierdzono wyraźnego wpływu kształtu ziaren na wilgotność optymalną. Stwierdzenie to jest właściwe tylko w przypadku żwirów, natomiast w obu pospółkach wilgotność optymalna mieszanki z granitu jest większa nawet o 1/3.

Ma to pewne powiązanie ze stwierdzeniami, że w czasie wibracji pojawiała się na powierzchni próbek woda. Cylindry do badań wibracji nie są przystosowane do badań gruntów mokrych. W tym przypadku w jego podstawie powinny być wykonane otwory drenażowe, co odpowiadało by warunkom zagęszczania z drenażem w terenie. Brak odwodnienia był badaniem w warunkach bez odpływu i w próbach o wysokim stopniu wilgotności, co mogło zaniżyć uzyskiwane wyniki.

W zakresie oceny wpływu cech kształtu cząstek na zagęszczalność Doktorantka opracowała wyniki za pomocą procedur statystycznych na podstawie macierzy korelacji liniowej, a następnie analizy regresji wielorakiej, analizując tylko modele istotne statystycznie (tj. przy $p < 0,05$). Procedura ta obejmująca jako funkcje wiele podstawowych parametrów nie daje jednak merytorycznie przejrzystej czytelności w jakim stopniu różnica parametru ς wpływa m.in. na zmiany ρ_d .

Opracowane przez autorkę modele obliczeniowe wykorzystuje także do predykcji zmiennych zależnych innych wyników badań zaczerpniętych z literatury, co zasadniczo wykracza poza temat pracy.

Wartościowym elementem tak obszernej pracy są porządkujące czytelność podsumowania po końcowych jej rozdziałach. Całościowo kończy ją podsumowanie i 15 wniosków pozbawionych elementu dyskusyjności, a także kończące pracę 4 wnioski ogólne.

5. Ocena doboru literatury

Obszerna praca licząca z załącznikami 226 stron została oparta na 153 pozycjach literatury, 25 normach i kilku instrukcjach. W tym względzie zostały uwzględnione wszystkie istotne w tej tematyce pozycje niezbędne do jej napisania. Były one właściwie przytaczane w tekście. Jednakże oceniam krytycznie to, że do niektórych prac w wykazie literatury autorka nie miała dostępu, a wymienia je w spisie. Również nie podano z jakiego źródła zaczerpnięto wzory z początku XX wieku (np. wymieniane w tab. 3.1).

6. Ocena pracy

Oceniana praca dotyczy zagadnienia aktualnego i istotnego w problematyce zagęszczania gruntów i badania cech kształtu cząstek gruntów niespoistych oraz ich związku. Wymagała ona przede wszystkim dobrego przeglądu stanu wiedzy, skompletowania skomplikowanej aparatury badawczej i niezwykle kłopotliwego doboru materiałów gruntowych, który wyselekcjonowano na podstawie badań gruntów z 9 złóż na terenie Polski. Prace badawcze prowadzone w okresie ok. 4 lat aż w 6 ośrodkach badawczych dowodzą o zakresie złożoności problemu. Autorka przeprowadziła w obszarze 14 zagadnień ponad 900 badań lub oznaczeń.

Była współautorką niezbędnego do badań i do parametryzacji cech kształtu cząstek programu GrainShape. Na bazie zdjęć wyselekcjonowanych cząstek gruntów, wykonanych w mikroskopie skaningowym i optycznym za pomocą programu komputerowego wykonała 200 badań określania cech kształtu cząstek, różnymi metodami w oparciu o kilkadziesiąt wzorów dobranych z dobrze przeanalizowanej literatury.

W zakresie badań wystąpiły jednak pewne błędy obliczeniowe wykazane w p. 7 niniejszej recenzji, jednakże nie stanowią one na tyle znaczącego problemu, aby pomniejszać jakościową wartość analiz. Badania zagęszczalności wykonane dwoma metodami z charakterystyką uzyskanych zależności zinterpretowano w aspekcie ustalonego na podstawie wzoru z literatury wskaźnika cech kształtu cząstek ζ uwzględniającego trzy parametry cech kształtów i szorstkość powierzchni ziaren.

W konkluzji ustaliła kilka istotnych współzależności pomiędzy kształtem cząstek a parametrami zagęszczalności metodą ubijania i wibracji. Wyniki opracowywała głównie za pomocą procedur statystycznych na podstawie macierzy korelacji liniowej, a następnie analizy regresji wielorakiej.

Praca napisana jest w sposób dobrze zorganizowany, jednakże brak w niej wskazania narzędzi do weryfikacji wyników programu GrainShape, od wyników niektórych analiz w kilku przypadkach autorka odstąpiła.

Pewnym mankamentem pracy jest istotne na tym poziomie pracy słownictwo pojęciowe, gdyż skomponowane materiały gruntowe będące żwirem i pospółką niekiedy nazywa poprawnie gruntem, ale najczęściej niewłaściwie - kruszywem. Podobnie nieregularność cech kształtu cząstek określa kanciastością, co koliduje np. z nieregularnością powierzchni wyoblonych. Powyższe uwagi nie wpływają jednak na końcową pozytywną opinię o recenzowanej rozprawie.

7. Wniosek końcowy

Uważam, że recenzowana praca doktorska spełnia wymogi Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytułach Naukowych z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Sylwii Szerakowskiej do publicznej obrony rozprawy pt. „Ocena parametrów Kształtu ziaren i ich wpływ na zagęszczalność gruntów niespoistych”.

