

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Zabielska-Adamska
Katedra Geotechniki, Dróg i Geodezji
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
Politechnika Białostocka

Białystok, dnia 19 października 2023 r.

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Zygmunta Bartoszka

nt. „Analiza teoretyczna i doświadczalna wzmocnienia podłoża poduszką i geomateracem”

1. WSTĘP

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport (pismo nr RDILGT.512.23.2022 z dnia 10 lipca 2023 r.) realizującej uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 29 czerwca 2023 r.

Praca doktorska została wykonana w Politechnice Śląskiej pod kierunkiem dr. hab. inż. Sławomira Kwietnia, zatrudnionego na stanowisku profesora uczelni w Politechnice Śląskiej.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY

Płytki wymiana gruntu, obejmująca częściową lub pełną wymianę gruntu, stosowana jest w przypadku występowania w podłożu pod projektowanymi fundamentami lub nasypami gruntów słabonośnych. W zależności od stosunku szerokości warstwy gruntu zamiennego do wymiarów obciążenia mamy do czynienia z pojęciem warstwy wzmacniającej (gdy szerokość wymienionego podłoża jest kilkakrotnie większa niż strefa obciążenia), czy też poduszki wzmacniającej mającej zastosowanie w przypadku fundamentów rozproszonych. Zastosowanie poduszki wzmacniającej powoduje wzrost nośności podłoża ze względu na warunek na wypieranie w poziomie posadowienia fundamentu, co jest proste do wykazania w ocenie analitycznej. Metody analityczne nie pozwalają jednak na analizę wpływu szerokości poduszki na spełnienie stanu granicznego użyteczności ze względu na brak możliwości uwzględnienia w obliczeniach osiadania podłoża obciążonego fundamentem i poduszką o wymiarach większych niż szerokość fundamentu. Konieczne jest zatem wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania.

Rozprawa doktorska, prezentując wyniki badań nośności i osiadania wzmocnionego podłoża poduszką i geomateracem z badań doświadczalnych i numerycznych, w porównaniu do wzmocnienia samą poduszką lub podłoża bez wzmocnienia wpisuje się w lukę badawczą. Oryginalne wyniki badań stanowią szczególnie wyniki uzyskane w przypadku wzmocnienia poduszką podścieloną geomateracem konstruowanym przy wykorzystaniu różnych geosyntetyków.

Problematyka pracy doktorskiej zawiera się w obszarze dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (dawniej budownictwo) i specjalności geotechnika. Rozprawę zawarto na 111. stronach formatu A4. Praca zawiera 16 tabel oraz 68 rysunków. W spisie literatury Autor przytacza 135 pozycji literatury (w tym, m. in., 43 artykuły, 33 referaty konferencyjne i rozdziały w monografiach, 28 monografii, podręczników i prac doktorskich, 11 norm oraz 5 stron internetowych bez daty dostępu) dotyczącej głównie geosyntetyków oraz wzmocnienia słabego podłoża pod fundamentami. Wykorzystane źródła literaturowe zostały napisane w języku angielskim (55%) i polskim. W pracy zamieszczono wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń, który zajmuje 2. strony.

Zgodnie z tytułem rozprawy „Analiza teoretyczna i doświadczalna wzmocnienia podłoża poduszką i geomateracem” praca zawiera analizy wpływu zastosowania wzmocnienia w postaci poduszki gruntowej oraz poduszki i geomateraca na nośność i osiadanie podłoża gruntowego. Dwa pierwsze rozdziały należy traktować jako wprowadzenie do pracy, są to: Wstęp i Tezy pracy. W kolejnych rozdziałach zawarto: przegląd literatury dotyczący geosyntetyków, badań modelowych wzmocnienia podłoża i metod projektowania wymiany gruntu podłoża, a także koncepcji metodyki badawczej oraz badań własnych – na stanowisku modelowym, badań polowych i analiz numerycznych. Pracę kończy siedem zwartych wniosków i opis planów rozszerzenia badań w przyszłości.

Rozdział 1. stanowi wstęp do pracy. Autor wyjaśnia konieczność wzmacniania podłoża gruntowego. Definiuje tu pojęcie geomateraca i geosyntetyku. W rozdziale 2. przedstawione są tezy pracy. Nie podano tu celu pracy i celów szczegółowych, jak również zakresu pracy. Zakres badań własnych i uzasadnienie podjęcia tematu omówiono w rozdziale 4.

Tezy pracy brzmią:

1. Zastosowanie poduszki i materaca w sposób istotny zwiększa nośność podłoża gruntowego i redukuje osiadania fundamentu.
2. Efektywność wzmocnienia podłoża poduszką i geomateracem, wyrażona wzrostem wyrażona wzrostem nośności i redukcją osiadań, zależy od charakteru współpracy geosyntetyku i gruntu.

3. Przy dostatecznie dobrze zdefiniowanych modelach dyskretnych i parametrach modelu konstytutywnego, jesteśmy w stanie w miarę prostymi narzędziami odwzorować jego współpracę przy uwzględnieniu odmiennego jej charakteru w zależności od rodzaju geosyntetyku.

Do pierwszej z tez mam uwagę krytyczną natury formalnej zawartą w dalszej części recenzji. Wprowadzenie do tego rozdziału można traktować jako uzasadnienie podjęcia tematu. Jednakże nie dotyczy ono ściśle tematyki pracy, a wykorzystania geosyntetyków do wzmocnienia gruntów.

W rozdziale 3. przedstawiono stan wiedzy na temat geosyntetyków – ich ogólnej charakterystyki, badań laboratoryjnych geosyntetyków i współpracy geosyntetyku z gruntem. Omówiono tu badania modelowe zbrojenia podłoża na stanowiskach badawczych. W dalszej części skupiono się na metodyce projektowania poduszek i geomateracy. Przegląd literatury spełnia wymogi rozpraw doktorskich, Autor odnosi się krytycznie do omawianych treści. Zdaniem recenzenta dobór treści jest jednak dyskusyjny. Zbędna jest charakterystyka wszystkich geosyntetyków z rysem historycznym zbrojenia gruntu ze względu na brak bezpośredniego powiązania z tematem pracy. Z korzyścią dla przejrzystości pracy Autor powinien się skupić na materiałach stosowanych do geomateracy i ich współpracy z gruntem. Natomiast szerzej można było omówić badania modelowe wzmocnienia podłoża poduszkami i geomateracami oraz analizy numeryczne. Autor tu słusznie zauważa, że badania modelowe zawierają efekt skali w przypadku fundamentu i stanowiska, natomiast zbrojenie stanowią rzeczywiste geosyntetyki.

Na stronie 14 Autor wnosi uwagę krytyczną do normy PN-EN 10319, kwestionując zalecane badania geosyntetyków jako badanie wytrzymałości na rozciąganie zgodnie z kierunkiem produkcji i prostopadle do niego. Uważa, że zamiast tego powinny być badane geosyntetyki wbudowane w grunt. Jest to uwaga słuszna, jednakże wytrzymałość geosyntetyku ma pośredni wpływ na wytrzymałość kompozytu grunt-geosyntetyk i jest bardzo cennym parametrem. Badania geosyntetyku wbudowanego w grunt, jak również badania tarcia gruntu o geosyntetyk powinny być wykonywane oprócz tego. Stwierdzenia (str. 28): „szerokość modyfikowanego podłoża powinna zawierać się w przedziale od 2,0 B do 8,0 B” jest zbyt ogólna. Zastrzeżenie o zbyt dużym uogólnieniu dotyczy także podanej na podstawie literatury miąższości wzmocnienia. Również stwierdzenie (str. 28), że „geosiatki są lepszym materiałem zbrojącym od geotkanin” jest zbyt ogólne. Stwierdzenie to jest dyskusyjne przykładowo w przypadku zbrojenia podstawy nasypu posadowionego na gruncie słabym.

W rozdziale 4. scharakteryzowano i uzasadniono zakres podjętych badań własnych laboratoryjnych i polowych, jak również analiz numerycznych. Omówiono tu podobieństwa, jakie należy zachować prowadząc badania modelowe. Autor zdając sobie sprawę z efektu skali, zaplanował wykonanie złożonych badań polowych płytkiej wymiany podłoża gruntowego za pomocą poduszki podścielonej geomateracem. Ze względu na planowane analizy numeryczne dokonał przeglądu modeli konstytutywnych z ich opisem matematycznym oraz scharakteryzował kalibrację modeli. Analizy MES zostaną odniesione zarówno do badań laboratoryjnych w skrzyni modelowej, jak i badań polowych.

Uwagi do rozdziałów 3-4 opisano w Uwagach dyskusyjnych oraz Uwagach krytycznych natury formalnej.

W rozdziale 5. przedstawiono własne badania modelowe, które objęły badania na samodzielnie zaprojektowanym laboratoryjnym stanowisku badawczym, badania polowe oraz analizy numeryczne. Badania modelowe wykonano na stanowisku badawczym o wymiarach skrzyni: długość x szerokość x wysokość = 100 x 100 x 100 cm, wyposażonym w układy obciążający i pomiarowy. Podłoże gruntowe zaprojektowano jako układ warstw o różnej nośności: płukany żwir, geomembrana, słabe podłoże z luźno usypanego równoziarnistego piasku drobnego, poduszka gruntowa z równoziarnistego piasku grubego lub średniego. W części badań pod poduszką o zmniejszonej grubości zastosowano geomaterac z łamanego kruszywa bazaltowego owiniętego geotkaniną lub przełożonego georusztami. Wykonano także badania parametrów fizycznych i mechanicznych wykorzystanych gruntów. Do parametrów warstwy i materiału poduszki mam uwagę krytyczną zamieszczoną w dalszej części recenzji.

Autor (str. 47) określa parametr wytrzymałościowy kruszywa bazaltowego uzyskany w badaniach bezpośredniego ścinania jako spójność pozorną. Moim zdaniem bardziej odpowiednie określenie to opór spójności. Spójność pozorna jest używana w badaniach wilgotnego piasku, gdzie siły ssania przeciwstawiają się ścięciu gruntu. Na stronie 51 Autor stwierdza, że badany na stanowisku modelowym fundament nie jest stateczny ponieważ uzyskano w badaniach duże wartości osiadania. Otrzymanie nawet bardzo dużych wartości osiadania nie jest przekroczeniem stanu granicznego nośności, a użyteczności. O przekroczeniu stanu granicznego nośności świadczy utrata stateczności fundamentu, poślizg czy wypieranie gruntu spod fundamentu.

Uznanie budzi wykonanie badań polowych płytkiej wymiany podłoża w skali naturalnej, co daje rzeczywisty obraz reakcji podłoża gruntowego na zadane obciążenie. Badania przeprowadzono na podłożu z gruntu naturalnego i po wzmocnieniu poduszką podścieloną

geomateracem. Na stronie 61 Autor opisując trudności wykonywania próbnych obciążeń podczas badań polowych stwierdza, że realizacja badań niszczących prowadzonych po przekroczeniu odporu granicznego gruntu jest bardzo utrudniona. Moim daniem nie ma potrzeby przeprowadzania takich badań. W przypadku konieczności wzmocnienia podłoża gruntowego poduszką problemem jest niespełnienie stanu granicznej użyteczności, a nie nośności.

W pierwszym przypadku badań polowych słabe grunty stanowią grunty nasypowe z nieprzepalonych łupków o niekontrolowanym zagęszczeniu. Wzmocnienie stanowi równoziarnisty żwir rzeczny. Autor nie komentuje przydatności materiału na poduszkę (str. 62). Z tego samego gruntu wykonano materac (str. 64) i tu już pojawia się komentarz o wskazanym w przypadku płytkiej wymiany materiale różnoziarnistym. Geomaterac owinięto tkaną geosiatką. Materiał gruntowy zagęszczono lekką płytą wibracyjną do wartości $I_D=52\%$ w przypadku obu rodzajów wzmocnienia. Próbne obciążenie słabego podłoża oraz podłoża wzmocnionego poduszką i geomateracem wykonano za pomocą płyt drogowych. Osiedlenia kontrolowano przy użyciu niwelacji geodezyjnej. W drugim przypadku, badania przeprowadzono na nośnym, ale niejednorodnym podłożu gruntowym. Wzmocnienie stanowią poduszka i geomaterac (wykonany w wykorzystaniem tkaney geosiatki lub dwukierunkowego georusztu). Materiał wzmocnienia stanowił różnoziarnisty żużel hutniczy o uziarnieniu do 60 mm zagęszczany płytą wibracyjną. Nie podano uzyskanego zagęszczenia materiału wzmocnienia. Obciążenia i kontrolę osiadania przeprowadzono jak w poprzednim przykładzie.

W rozdziale 6. Przedstawiono analizę numeryczną wykonaną na podstawie dwóch przykładów modeli z badań laboratoryjnych i jednego z badań polowych. W badaniach numerycznych dobrano modele geometryczne, stworzono modele dyskretne oraz dobrano zróżnicowane modele konstytutywne poszczególnych elementów układu. Parametry modeli wyznaczono na podstawie modelowych badań własnych i analiz numerycznych (częściowo wstecznych). Przeprowadzono ocenę wrażliwości modeli. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu ZSoil. Przedstawiono uzyskane wyniki analiz zbieżne z wynikami pomiarów oraz ich krytyczną ocenę. Autor ocenił, że największą trudność sprawiło modelowanie współpracy geosyntetyku z materiałem ziarnistym.

Dodatkowe uwagi do rozdziałów 5-6 opisano w Uwagach dyskusyjnych oraz Uwagach krytycznych natury formalnej.

Pracę kończy rozdział 7. Wnioski, gdzie przedstawiono siedem zwartych wniosków opisujących osiągnięcia rozprawy doktorskiej oraz kierunki dalszych badań. Należy tu dodać, że podsumowania osiągniętych wyników badań pokazano również na zakończenie każdego

z podrozdziałów/rozdziałów prezentujących wyniki badań własnych. Z pewnością można stwierdzić, że tezy zostały udowodnione, a zakres badań własnych wypełniony.

3. OCENA PRACY

Praca doktorska mgr. inż. Zygmunta Bartosza ma charakter doświadczalno-teoretyczny. Autor wykazał się umiejętnością sprecyzowania tematu i posługiwania się metodą naukową przy jego realizacji. Recenzowana rozprawa doktorska zawiera szereg oryginalnych wyników badań i analiz numerycznych. Tezy pracy zostały określone. Doktorant wykazał się dobrą znajomością literatury i krytycznym ustosunkowaniem się do doniesień literaturowych. Badania laboratoryjne podjęte przez Autora wymagały przeprowadzenia dość wymagających badań modelowych, a badania numeryczne – znajomości metody elementów skończonych i modeli konstytutywnych podłoża oraz biegłości w wykorzystaniu specjalistycznego programu numerycznego ZSoil. Moim zdaniem największą wartością pracy są badania przeprowadzone podczas wzmocniania podłoża *in situ*. Cel pracy został osiągnięty, a tezy udowodnione.

Do szczegółowych osiągnięć Autora należy zaliczyć:

1. Wykazanie, że zastosowanie geomateraca (w obrębie wysokości poduszki) ma znaczny wpływ na zwiększenie nośności podłoża gruntowego i ograniczenie osiadania fundamentu.
2. Udowodnienie, że najlepszy efekt wzmocnienia podłoża uzyskuje się w przypadku geomateraca współpracującego z georusztem, a najmniejszy w przypadku geotkaniny.
3. Wykazanie, że możliwe jest poprawne modelowanie wzmocnienia podłoża z gruntu niespoistego za pomocą poduszki i geomateraca wykorzystując proste modele konstytutywne i analizę MES, gdzie wskazane jest uwzględnienie współpracy kruszywa z geosyntetykiem.

4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

Uwaga krytyczna:

W badaniach laboratoryjnych przyjęto jako materiał poduszki wzmocniającej: w badaniach wstępnych – piasek gruby o stopniu zagęszczenia $I_D=8\%$, natomiast w badaniach na zmodyfikowanym stanowisku – piasek gruby o $I_D=31\%$ oraz piasek średni o $I_D=34\%$. Oba grunty charakteryzowały się równomiernym uziarnieniem. Według Sękowskiego (2002) materiał poduszki powinien się dobrze zagęszczać, a jego wilgotność przy zagęszczaniu

w przypadku gruntów niespoistych powinna wynosić $w_{opt} \pm 2\%$. Sękowski dopuszcza ocenę zagęszczenia materiału poduszki poprzez stopień zagęszczenia (dla piasków wartość $I_D=40\%$, co odpowiada wartości I_s około 0,92). W wytycznych EBGEO (2011) wskaźnik zagęszczenia materiału poduszki zaleca się przyjmować $I_s \geq 100\%$ aby uniknąć deformacji wewnątrz poduszki. Zagęszczenie materiału poduszek w badaniach laboratoryjnych odbiega od zalecanego, w tym znacznie w przypadku badań wstępnych, przez co poduszka jest słabym gruntem, a nie poduszką wzmacniającą.

Uwagi krytyczne natury formalnej:

Praca została dość starannie zredagowana, pozycje literaturowe zazwyczaj poprawnie cytowano w pracy. W treści pracy przywołano rysunki i tabele zamieszczone w rozprawie. Nasuwa się jednak kilka uwag natury edycyjnej:

1. W spisie literatury zamieszczono jedną pozycję, której nie zacytowano w pracy (Brząkała i Nguyen, 2000). Zdarzają się błędy w cytowaniach, gdzie Autor pomija autorów wzmiankując ich w tekście lub dodaje autorów (et al.) w publikacjach jednoautorskich.
2. Autor podpisuje zarówno rysunki, jak i tabele poniżej obiektu. Utrudnia to czytanie pracy, ponieważ zwyczajowo podpisy tabel umieszcza się nad tabelą.
3. W pracy zastosowano symbole nazw gruntów z normy PN-EN ISO 14688-1: 2006, zamiast PN-EN ISO 14688-1: 2018.
4. Pierwsza z tez sformułowanych w rozprawie brzmi (str. 8): „Zastosowanie poduszki i materaca w sposób istotny zwiększa nośność podłoża i redukuje osiadania fundamentu”. W takim brzmieniu jest ona oczywista, ponieważ celem wzmocnienia jest zwiększenie nośności i redukcja osiadania. Należało tu podkreślić współistnienie poduszki i geomateraca, np. „zastosowanie poduszki wraz z materacem...”.
5. Na stronie 24. Autor stwierdza, że pobieżna analiza wyników badań z literatury potwierdza tezę, że w badaniach próbek wyizolowanych i wbudowanych w grunt uzyskuje się różne wyniki badań. Niefortunnie użyto tu słowa „tezę”, ponieważ wskazuje to na tezy naukowe w rozprawie. Teza nr 2 zbliżona tematycznie do analizowanej literatury ma dużo szersze znaczenie.
6. Na stronie 33. Autor stwierdza, że „szerokość poduszki (B_p) zależy od kąta rozkładu naprężeń (β)”. W rzeczywistości szerokość poduszki (B_p) zależy od szerokości fundamentu (B) oraz kąta rozkładu naprężenia (β).

7. Opisując stanowisko badawcze (str. 47) Autor pominął parametry użytych geosyntetyków, takich jak grubość i rodzaj geomembrany.
8. W punktach 5.1.1 oraz 5.1.2 Autor opisuje warunki przyjęte do badań na stanowisku modelowym. Odbiór i porównanie wyników badań utrudnia brak tabeli zestawiającej parametrów zagęszczenia wzmocnień i podłoża.
9. Autor charakteryzuje geosiatkę Armatex G80/80 (str. 62, 70) jako „plecioną”. Jest to geosiatka tkana.
10. Zasypanie obniżenia terenu (str. 68) jest makroniwelacją, a nie warstwą nasypów.
11. Rozdział 6. Autor zatytułował „Badania teoretyczne”. Powinno być „Analizy numeryczne”.
12. Na stronie 79. Autor stwierdza, że we wszystkich badaniach laboratoryjnych zastosował grunty niespoiste grubookruchowe. Nie jest to prawdą – luźne skały grubookruchowe to żwiry i grzyzy. Zastosowano materiały odpowiadające uziarnieniem gruntom gruboziarnistym – piaskom i żwirom.
13. W jednym z wniosków (str. 100) zamiast „... zwiększa nośność fundamentu i ogranicza jego osiadania”, powinno być „...zwiększa nośność podłoża gruntowego i ogranicza osiadania fundamentu”.
14. W pracy stwierdzono błędy interpunkcyjne i kilka błędów stylistycznych, np.:
 - „...Ludzie zaczęli stosować warstwy wzmacniające grunt” (str. 9), zamiast „... wzmacniające podłoże gruntowe”;
 - „...opracował sposób zbrojenia gruntu przy wykorzystaniu tarcia jego cząstek o stal” (str. 9), zamiast „... przy wykorzystaniu stalowych żebrowanych taśm” czy „... wykorzystując zjawisko tarcia gruntu o stalowe żebrowane taśmy, stanowiące zbrojenie”;
 - „Modelowanie dokładniejsze...” (str. 36), zamiast „Bardziej dokładne modelowanie...”;
 - „W naszym przypadku” (str. 41);
 - „... dbano o delikatność przykładania obciążenia” (str. 57), zamiast „obciążenie starano się przykładać w sposób statyczny”;

Uwagi dyskusyjne to:

1. Proszę o wyjaśnienie co oznacza „zmodyfikowany współczynnik determinacji” oznaczany jako R^2 i podany wzorem 4.15 (str. 45). W statystyce współczynnik determinacji jest jedną

z miar jakości dopasowania modelu, którego wartość zależy od przyjętego równania modelu opisującego dane, i po spełnieniu określonych warunków może być podany wzorem:

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum(y - \hat{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

gdzie: y jest wartością zmierzoną zmiennej, \hat{y} jest wartością teoretyczną zmiennej objaśnianej na podstawie funkcji regresji, \bar{y} jest wartością średnią pomierzonych wartości zmiennej objaśnianej, a $(y - \hat{y})$ jest błędem oszacowania (wartością resztową). Według przywołanej literatury (Pieczyrak, 2001) modyfikacja współczynnika polegała na porównaniu wartości pomierzonych nie z funkcją równania regresji, a z funkcją określoną związkiem konstytutywnym modelu gruntu, czyli także jest miarą dopasowaniem danych do krzywej. Wzór 4.15 różni się mianownikiem ułamka od podanego wyżej wzoru. Z czego to wynika?

2. Proszę o zdefiniowanie co oznacza w pracy i wykazie symboli „moduł ściśliwości K ”. Moim zdaniem jest to błędnie nazwany moduł odkształcenia objętościowego K (*bulk modulus*) określony wzorem $K = \frac{\Delta p'}{\Delta \varepsilon_v}$. Moduł ściśliwości jest utożsamiany z edometrycznym modułem odkształcenia oznaczanym w warunkach jednoosiowego stanu odkształcenia i jest określany jako $M = \frac{\Delta \sigma_1}{\Delta \varepsilon_1}$.
3. Proszę o wyjaśnienie co oznacza sformułowanie na „próbkach krótkotrwałych” (str. 16, rys. 3.3).
4. Proszę o wyjaśnienie stwierdzenia dotyczącego modelu 3 (str. 49-50): „Słaby grunt zalegający pod geomateracem nie został jednak znacząco dogęszczony, o czym świadczy /.../ brak osiadań warstw niższych”. Jaka była sztywność i grubość geomembrany? Prawdopodobnie przejęła całe obciążenie podczas badania. Dlaczego nie zamieszczono zdjęć zniszczenia modelu 1 (przebicia) i modelu 2?
5. Na stronie 53. Autor stwierdza, że model fundamentu uległ zniszczeniu w wyniku jednostronnego wyparcia gruntu. Czy zachowana była osiowość obciążenia? W jaki sposób kontrolowano osiowość obciążenia?
6. Autor na stronach 57. i 60. stwierdza że ma do czynienia jedynie z dwiema grupami wyników: podłoża niewzmocnionego i wzmocnionego poduszką oraz wzmocnionego poduszką i geomateracem, jak również, że zastosowanie poduszki zwiększa nośność podłoża jedynie o 15%. Uzyskane wyniki nie dziwią przy tak przyjętych parametrach gruntów w badaniach (zbyt słabym zagęszczeniu materiału poduszki Pr (cSa) o $I_D=31\%$

czy Ps (mSa) o $I_D=34\%$ w stosunku do zagęszczenia materiału podłoża Pd o $I_D=25\%$). Jednakże podobne zróżnicowanie wyników badań osiągnięto również w badaniach polowych wzmocnienia nośnego niejednorodnego podłoża (str. 74). Czy w badaniach polowych wykonywano kontrolę zagęszczenia materiału poduszek?

7. Na stronie 83. zamieszczono tabelę 6.4, w której pokazano parametry materiałowe modeli 2 i 3 uzyskane za pomocą MES. Proszę o wyjaśnienie przyczyny uzyskania parametrów $\phi=10^\circ$ i $c=0$ kPa w przypadku sztywnego podłoża. Czy dla tego podłoża uzyskano wartość modułu $E=175$ MPa? Moim zdaniem parametry mogą być nie efektem badań przed modyfikacją stanowiska, ale braku zagęszczenia podłoża.

5. WNIOSEK

wa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego zarówno w zakresie problematyki, jak i metod badawczych. Mgr inż. Zygmunt Bartoszek udowodnił, że potrafi ielnie prowadzić pracę badawczą i posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Praca doktorska mgr. inż. Zygmunta Bartoszka pt. „Analiza teoretyczna i doświadczalna wzmocnienia podłoża poduszką i geomateracem” spełnia wymagania określone w ustawie 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. 65 z późn. zm).

Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr. inż. Zygmunta Bartoszka do publicznej obrony.

Recenzję podpisała
Katarzyna Zabielska-Adamska