

Warszawa, 11.01.2017 r.

dr hab. inż. Artur Zbiciak, prof. PW
Politechnika Warszawska
Instytut Dróg i Mostów
Al. Armii Ludowej 16
00-637 Warszawa



RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgra inż. Artura Jaronia

**pt.: „Redukcja amplitudy drgań podłoża gruntowego przy pogrążaniu grodzic
za pomocą ciśnieniowego podplukiwania wodą”**

1. Podstawa formalna

Niniejszy dokument został opracowany na podstawie pisma z dnia 28.10.2016 r. podpisanego przez dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej prof. Joannę Bzówkę, w którym zostałem poinformowany o wyznaczeniu mnie przez Radę Wydziału na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Artura Jaronia. Promotorem rozprawy jest prof. Małgorzata Jastrzębska.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgra inż. Artura Jaronia pt.: „Redukcja amplitudy drgań podłoża gruntowego przy pogrążaniu grodzic za pomocą ciśnieniowego podplukiwania wodą” dotyczy technologii zabezpieczeń wykopów w postaci grodzic. Rozprawa ma charakter doświadczalny z akcentami teoretyczno-obliczeniowymi. Zawarte w pracy opisy zagadnień z zakresu technologii i mechaniki stanowią w większości kompilację informacji zebranych z literatury oraz wyników własnych doświadczeń. Oryginalny wkład Autora skupiony jest głównie w rozdziałach poświęconych opisowi badań polowych i interpretacji uzyskanych wyników.

Celem pracy jest ilościowa ocena możliwości ograniczenia negatywnych skutków metody wwibrowywania grodzic za pomocą ciśnieniowego podplukiwania wodą. Jako negatywne skutki technologii wwibrowywania, Autor wymienia przede wszystkim intensywność i długotrwałość występowania drgań w podłożu oraz hałas. Według wiedzy Autora, zjawisko redukcji drgań przy ciśnieniowym podplukiwaniu grodzic, nie było

dotychczas przedmiotem szerszych badań. Doktorat starał się również wskazać na możliwości zastosowania zabiegu ciśnieniowego podplukiwania w każdych warunkach gruntowych w taki sposób, aby zarówno redukcja drgań, jak i zwiększenie wydajności metody, były celami najbardziej istotnymi. Zamierzeniem Autora było przeprowadzenie pomiarów terenowych, obejmujących grunty niespoiste oraz spoiste, a także sformułowanie zaleceń i wniosków odnośnie zastosowań rzeczzonej technologii. W szczególności, sformułowane rekomendacje i wnioski dotyczyły parametrów ciśnienia wody wykorzystywanej w procesie podplukiwania, sposobów prefabrykacji wplukiwanej podstawy grodzicy oraz specyfikacji zalet stosowania technologii podplukiwania w kontekście redukcji drgań, zwiększenia wydajności pogrążania i redukcji hałasu.

Zakres recenzowanej rozprawy obejmuje również prezentację sposobów prowadzenia robót związanych z instalacją obudowy wykopu w technologii ścianek z grodzic stalowych, omówienie podstawowych zagadnień związanych z propagacją drgań w podłożu gruntowym, opis przeprowadzonych badań polowych oraz elementy modelowania numerycznego z zastosowaniem komercyjnego oprogramowania MES.

Rozprawę podzielono na siedem rozdziałów. We wprowadzeniu do pracy, zawarto uwagi ogólne, sformułowano jej cel i zakres oraz przedstawiono układ rozprawy. Rozdział drugi omawia zagadnienia technologii wbijania grodzic w podłoże gruntowe. Opisuje proces produkcji grodzic, podaje tło historyczne ich powstania oraz przedstawia różne zastosowania tej technologii. W rozdziale trzecim skupiono uwagę na opisie podstawowych zagadnień związanych z propagacją fal w ośrodku gruntowym, przy uwzględnieniu problematyki wwbrowywania grodzic. Podano obowiązujące przepisy normowe dot. dopuszczalnych wartości amplitud drgań obiektów budowlanych oraz sposoby pozwalające na ograniczenie negatywnych skutków montażu ścianek szczelnych. Czwarty rozdział rozprawy opisuje badania doświadczalne przeprowadzone w trzech różnych lokalizacjach, tj. w Krakowie, Warszawie i Bojszowach Nowych. Omówiono zasady prowadzenia monitoringu drgań, przyjęte odległości w jakich dokonywano pomiarów, sposoby rejestracji wyników, charakterystyki stosowanych wibromłotów oraz zastosowane narzędzie do modyfikacji warunków gruntowych.

Wyniki badań terenowych oraz ich analizę zaprezentowano w rozdziale piątym. Przedstawiona analiza porównawcza obejmuje liczbę oraz stopień zużycia wwbrowywanych grodzic a także sposób rozmieszczenia i średnicę otworów wlotowych dyszy podających wodę pod ciśnieniem. Rozpatrywano zagadnienie wpływu warunków gruntowo-wodnych oraz kolejności wwbrowywania grodzic na propagację drgań w podłożu. Szósty rozdział

rozprawy dotyczy obliczeń MES zrealizowanych z wykorzystaniem programu ZSoil. Otrzymane wyniki porównano z wartościami pomierzonymi w terenie. W rozdziale siódmym sformułowano wnioski i zaproponowano kierunki dalszych badań.

Pracę kończy spis literatury, w którym zawarto 110 pozycji, spis fotografii, rysunków i tablic a także dwa aneksy obejmujące tablice materiałowe grodzic oferowanych przez wybranego producenta (Aneks nr 1) oraz wyniki z monitoringu drgań z poletka doświadczalnego w Bojszowach Nowych (Aneks nr 2).

Zaproponowany w rozprawie układ rozdziałów jest logiczny, przejrzysty i konsekwentny. Język rozprawy jest w większości poprawny, choć Autor nie uniknął pewnych błędów stylistycznych. Podobnie, jasność i czytelność niektórych ilustracji i wykresów może budzić zastrzeżenia (np. rys. 44). Usterki techniczne pracy związane są również z brakiem właściwego opisu niektórych tablic (np. brak jednostek amplitud w tablicach 10a, 10b, 11). Ponadto, niektóre objaśnienia oznaczeń są powtarzane wielokrotnie na różnych stronach rozprawy, pomimo tego, że są uwzględnione w spisie oznaczeń (np. moduł ścinania str. 69, 73 i 74). Kolejna uwaga redakcyjna dot. niekonsekwencji w stosowaniu indeksów przy składowych stanu odkształcenia i naprężenia. W spisie oznaczeń zastosowano jednoindeksową notację składowych normalnych stanu odkształcenia i naprężenia (nawiasem mówiąc, notacja jednoindeksowa odniesiona do składowych stycznych jest błędna). Z drugiej strony, we wzorze (3.13), zastosowano notację dwuindeksową.

Wymienione usterki mają charakter techniczny; choć świadczą o pewnej niestaranności, nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

W terenach silnie zurbanizowanych, wibracyjne pogrążanie ścianek szczelnych, stanowiących obudowę głębokiego wykopu, oddziałuje na obiekty sąsiednie oraz na mieszkańców. Negatywne oddziaływania dotyczą drgań wpływających na kondycję zabudowy oraz odczuwanych jako dyskomfort przez człowieka. Zastosowanie najpopularniejszej technologii zagłębienia ścianki szczelnej za pomocą wibromłotów o wysokich częstotliwościach, wiąże się również z dużą emisją spalin i hałasu. Stosowanie tej technologii wymaga monitoringu zakresu drgań obiektów budowlanych, położonych w strefie oddziaływania, oraz dokonania oceny ich dopuszczalności zgodnie z odpowiednimi normami, które uwzględniają szkodliwy wpływ drgań na budynki, obiekty i urządzenia infrastruktury technicznej oraz na ludzi w budynkach.

Zgodnie z przesłaniem rozprawy, sformułowanym przez Doktoranta, możliwe jest znaczne zwiększenie wydajności robót, poprzez skrócenie czasu ich wykonania, a także zredukowanie wartości amplitudy drgań i hałasu poprzez zastosowanie zabiegu ciśnieniowego podplukiwania grodzie wodą. Efekty te uzyskuje się poprzez zmniejszenie oporu tarcia pod podstawą grodzicy oraz na jej poboczniczy. Analiza wyników badań doświadczalnych przeprowadzonych w ramach rozprawy prowadzi do wniosku, że redukcja amplitudy drgań podłoża gruntowego przy pogrążaniu grodzie za pomocą ciśnieniowego podplukiwania wodą jest rozwiązaniem skutecznym. Niemniej jednak, w celu uzyskania odpowiednich rezultatów niezbędne jest przeprowadzenie wstępnych doświadczeń. Ponadto, zdaniem Autora, przeprowadzone badania wykazały, że należy krytycznie odnosić się do tezy, iż podplukiwanie grodzie zawsze redukuje wpływy dynamiczne. Jak napisano w pracy, *takie założenie wymaga weryfikacji w terenie*.

Wyniki badań przeprowadzonych na jednym z poletek doświadczalnych (Bojszowy Nowe) wskazały na znaczną redukcję hałasu przy zastosowaniu grodzie wplukiwanych, która wyniosła 3 dB. Jeśli chodzi o zwiększenie wydajności pogrążania, to zastosowanie grodzie wplukiwanych ciśnieniowo znacznie zmniejsza czas ich pogrążania, z wyłączeniem przypadku grodzie wbijanych pojedynczo, których czas pogrążania był podobny do czasu instalacji grodzie wplukiwanych.

Podstawowym walorem rozprawy jest jej aplikacyjny charakter. Uważam, że przyjęte cele rozprawy zostały w dużej mierze osiągnięte. Autor podjął się istotnego i aktualnego zagadnienia naukowego o dużym znaczeniu aplikacyjnym w geotechnice. Oryginalne aspekty naukowo-poznawcze oraz aplikacyjne rozprawy są obecne przede wszystkim w zestawieniach pomierzonych parametrów drgań. Podjęta próba symulacji zadania z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania MES może stanowić przyczynek do dalszych badań numerycznych przy zastosowaniu konkurencyjnych programów. W takiej sytuacji należałoby rozpatrzyć bardziej zaawansowane modele konstytutywne ośrodka gruntowego, przebadac dokładniej problematykę kontaktu grodzie z gruntem, wpływ typu elementów skończonych i algorytmów całkowania równań ruchu itp.

4. Uwagi szczegółowe i dyskusyjne

Szczegółowa analiza rozprawy pozwala na przedstawienie kilku uwag o charakterze dyskusyjnym. Uwagi te wymagają skomentowania przez Autora w ramach referatu lub podczas odpowiedzi na pytania w dyskusji.

1. Wzory (3.4÷3.6) na str. 67, nie są zilustrowane na rys. 20, gdzie pokazano przebiegi harmoniczne nie przesunięte w fazie.
2. Relacje konstytutywne izotropowego materiału liniowosprężystego (str. 68), opisane wzorami (3.7÷3.9) (składowe normalne), są błędne. Odwołanie do literatury (Barkan, 1962), wydaje się być nieuzasadnione, gdyż w rzeczonyj pozycji związku Hooke'a są podane za pomocą stałych Lamé i dylatacji (λ , μ , e).
3. Uproszczenie wzoru (3.23) na str. 74, opisującego prędkość rozchodzenia się fali podłużnej jest błędne. W miejsce modułu ściśliwości objętościowej należy wstawić moduł edometryczny.
4. Wniosek dotyczący redukcji hałasu, podany na str. 121 oraz 142 jest niewłaściwie sformułowany. Zarejestrowana redukcja wyniosła ok. 3 dB. W pracy napisano, że *różnica na poziomie 2,5% nie jest znaczna* (str. 121) oraz *różnica jest subtelna tj. ok. 2,5% na korzyść grodzie wplukiwanych* (str. 142). Skala decybeli jest logarytmiczna. Zatem wzrost o każde 3 dB oznacza podwojenie intensywności dźwięku (dokładnie $10^{0,3} = 1,995\dots$).
5. W tablicy 11 na str. 122 nie podano jednostek amplitud przyspieszeń. Z kolei na wykresach przedstawionych na rys. 54 (str. 123), podano jednostki mm/s^2 . Wydaje się, że tak zobrazowane wartości amplitud przyspieszeń są zbyt małe. Czy te jednostki są właściwe?
6. Na str. 131 czytamy: *Program rozwiązuje problem metodą elementów skończonych przy pomocy równania różniczkowego (6.1)*. Rozwiązanie równania równowagi dynamicznej nie następuje przy wykorzystaniu MES. Metoda ta służy jedynie do sformułowania rzeczonyj równania (dyskretyzacja względem zmiennych przestrzennych). Proszę zatem o komentarz, jakimi metodami rozwiązywane jest zagadnienie dynamiki konstrukcji w programie ZSoil (metody bezpośredniego całkowania równań ruchu).
7. W tablicy 12 na str. 132 zestawiono parametry modelu sprężysto-idealnie plastycznego z powierzchnią Coulomba-Mohra. Nie podano tam parametrów sprężystych odniesionych do poszczególnych warstw, ani kątów dylatacji. Czy zastosowany model charakteryzuje się stowarzyszonym prawem płynięcia?

Reasumując uważam, że przedłożona rozprawa doktorska jest twórczym osiągnięciem Autora. Wiele z przedstawionych uwag recenzenta ma charakter dyskusyjny, natomiast

zauważone niedociągnięcia w zakresie merytorycznym nie przekreślają właściwego poziomu pracy doktorskiej.

5. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że Doktorant zrealizował problematykę badawczą nakreśloną w celu i zakresie rozprawy. Wykorzystał właściwe metody badań i odpowiednie analizy, wnosząc do pracy własne elementy.

Recenzowana rozprawa mgra inż. Artura Jaronia pt.: „Redukcja amplitudy drgań podłoża gruntowego przy pogrążaniu grodzic za pomocą ciśnieniowego podpłukiwania wodą” spełnia warunki stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595). Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy oraz o dopuszczenie Autora do publicznej obrony.

