

Katowice, 13.05.2020

Dr hab. inż. Grzegorz Mutke  
Główny Instytut Górnictwa  
Katowice, Plac Gwarków 1

## **Recenzja**

Rozprawy doktorskiej mgr Barbary Mateuszów na temat: „**Wpływ wysokiego budynku na drgania podłoża w jego otoczeniu**”

### **1. Podstawa i przedmiot recenzji**

Niniejszą recenzję opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, prof. dr hab. Leszka Marynowskiego - pismo z dnia 13.03.2020r. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr Barbary Mateuszów, pt. „Wpływ wysokiego budynku na drgania podłoża w jego otoczeniu”. Promotorem przedstawionej pracy jest prof. dr hab. inż. Waclaw M. Zuberek a promotorem pomocniczym dr Maciej J. Mendecki.

### **2. Układ rozprawy doktorskiej**

Rozprawa ujęta jest na 125 stronach druku komputerowego formatu. W rozprawie zamieszczono 53 rysunki i 14 tabel. Spis literatury obejmuje 120 pozycji, w tym 2 pozycje zespolowe z udziałem Doktoranta oraz 2 publikacje samodzielne. Powołano się na 5 norm.

Część merytoryczna pracy ujęta jest w 10 rozdziałach. W rozdziale 1 Doktorantka wprowadza w problematykę badań, czyli zjawisko interakcji systemu budynek-podłoże gruntowe i w szczególności wpływu obecności budynku na drgania gruntu w jego otoczeniu. W rozdziale 3 opisuje źródła drgań powierzchni Ziemi, w tym szum sejsmiczny który jest rejestrowany i analizowany w jej pracy. Rozdziały 4-6 to przegląd literaturowy zagadnień z zakresu sygnałów sejsmicznych i ich przetwarzania, interakcji dynamicznej

pomiędzy konstrukcją obiektu budowlanego i gruntem, drgań własnych budynku i amplifikacji drgań - głównie obliczanej techniką HVSR, czyli dzielenia widm szumu sejsmicznego lub sygnałów sejsmicznych.

W rozdziale 7 przedstawiona została teza pracy która brzmi (cytat): *Wysoki budynek wzbudzony otaczającymi wibracjami jest źródłem fal sejsmicznych, które przenoszone są przez grunt w jego otoczeniu, co związane jest z interakcją systemu budynek-podłoże, a w szczególności powinno zostać uwzględnione podczas interpretacji krzywych stosunku widm H/V, wyznaczonych w celu badań efektów lokalnych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.* Do udowodnienia tezy Doktorantka zaplanowała bogaty program badaczy, oparty na interpretacji zarejestrowanych szumów sejsmicznych w otoczeniu trzech różnych budynków i ich interpretację techniką dzielenia widm HHSR, czyli dzielenia widm składowych poziomych oraz techniką HVSR, czyli dzielenia widm składowej poziomej do pionowej (składowa pionowa generalnie nie amplifikuje). Wymienione 3 stanowiska pomiarowe opisane zostały w rozdziale 8:

1. budynek wysoki 22 kondygnacje oraz budynki 3 i 4 kondygnacyjne posadowione na kilkumetrowej warstwie czwartorzędu
2. pięciokondygnacyjny blok mieszkalny również posadowiony na kilkumetrowej warstwie utworów czwartorzędowych
3. dom mieszkalny wolnostojący posadowiony na piaskach i żwirach.

Pomiary wykonywano przed budynkami w różnych odległościach oraz w samych budynkach w piwnicy i na piętrach - dla budynku 22 kondygnacyjnego pomiary wykonano na 7 kondygnacjach od 2 do 20. Metodologię tych badań przedstawiono w rozdziale 9. Jednym z najważniejszych jest rozdział 10, w którym Doktorantka przedstawiła wyniki badań i ich interpretację. Odnoszą się one do metody HHSR, w której wykorzystano stacje referencyjne przed budynkami w odległościach do 50m oraz do metody HVSR, do której pomiary wykonywano w piwnicach budynków. W szczególności dla wysokiego budynku 22 kondygnacyjnego wyniki jednoznacznie określają wartość podstawowych częstotliwości drgań własnych obiektu budowlanego.

Rozdział 11 to dyskusja wyników badań i obliczeń, których podsumowanie można znaleźć we wnioskach.

### **3. Merytoryczna opinia rozprawy**

#### **3.1. Ocena wyboru tematu rozprawy**

Temat rozprawy doktorskiej mgr Barbary Mateuszów dotyczy badania wpływu wysokiego budynku na drgania gruntu. W porównaniu do dotychczas zrealizowanych badań, nowością w rozprawie doktorskiej jest wypracowanie spójnej techniki pomiarowo-interpretacyjnej, polegającej na badaniu relacji pomiędzy parametrami otrzymanymi z widma szumu sejsmicznego zarejestrowanego przed budynkiem i w budynku.

Temat pracy jest aktualny i ważny w aspekcie badań inżynierskich w obszarach planowanego przestrzennego zagospodarowania terenu. Parametry charakteryzujące warstwy przypowierzchniowe (rezonans, amplifikacja), są bowiem bardzo istotne w finalnej ocenie zagrożenia sejsmicznego. Wprowadzenie zakłóceń sejsmicznych w gruntach przez obecność budynku, może doprowadzić do błędnej interpretacji ww. parametrów i doprowadzić do błędnej oceny intensywności sejsmicznej.

Temat rozprawy podjęty przez Doktorantkę wymaga zarówno szerokiego zakresu wiedzy z zakresu sejsmiki inżynierskiej, metodyki pomiarów sejsmometrycznych oraz interpretacji danych geofizycznych, jak też dużego nakładu pracy i dużej systematyczności w trakcie prowadzenia badań.

#### **3.2. Sposób realizacji pracy**

Doktorantka wykonała pomiary sejsmometryczne szumów sejsmicznych na trzech poligonach badawczych, tj. w otoczeniu i w samym budynku wysokim, bloku mieszkalnym i domu jednorodzinnym. Taki wybór różnorodnych poligonów zapewniał kompleksową analizę tematu rozprawy. Pomiary szumu sejsmicznego w budynkach na różnych kondygnacjach służyły do wyznaczenia częstotliwości drgań rezonansowych budynków i były obliczane z dzielenia widm  $H_s/V_s$  i  $H_s/H_g$  (symbol "s" odnosi się do pomiarów w budynku, natomiast symbol "g" do pomiarów na gruncie). Do oceny wpływu wysokiego budynku na drgania gruntu wykorzystane zostały analizy pomiarów na gruncie (dzielenie widm składowych poziomych do pionowych  $H_g/V_g$ ), wykonane w różnych

odległościach od budynków. Z kolei do wyznaczania częstotliwości rezonansowej drgań gruntu wykorzystano szumy sejsmiczne pomierzone w piwnicach budynków oraz na gruncie na stanowisku znacznie oddalonym od budynku, tj. badano widma  $H_b/V_b$  oraz  $H_g/V_g$  (symbol "b" odnosi się do pomiarów w piwnicy budynku).

Sposób realizacji pracy pozwolił na osiągnięcie założonych celów, w tym zasadności stosowania metod pasywnych w strefach zurbanizowanych, w których szum sejsmiczny może być sygnałem użytecznym oraz opracowania nowej metodologii pomiarowej do wyznaczania w GZW badania wpływu wysokiego budynku na drgania gruntu i tym samym bardziej wiarygodne wyznaczanie techniką HVSR współczynnika rezonansu warstwy podłoża oraz wywołanej przez nią amplifikacji drgań. Drugim bardzo istotnym osiągnięciem jest opracowanie metodologii wyznaczania częstotliwości rezonansowej budynków z wykorzystaniem szumu sejsmicznego.

### 3.3. Ogólna ocena dysertacji

Niewątpliwie rozprawa doktorska Pani mgr Barbary Mateuszów wnosi nowe elementy do zagadnienia badania i wyznaczania rezonansu budynków oraz wpływu budynku na drgania gruntu w jego otoczeniu. Informacje powyższe są z kolei bardzo istotne jako elementy składowe w metodyce wyznaczania zagrożenia sejsmicznego, w tym również wywoływanego wstrząsami górotworu indukowanymi eksploatacją pokładów węgla w GZW. Metodologia badań przedstawiona w rozprawie doktorskiej Pani mgr Barbary Mateuszów może być z powodzeniem wykorzystana w zagadnieniach projektowania nowych inwestycji na terenach sejsmicznych. Doktorantka potwierdziła użyteczność aplikacyjną metod sejsmiki pasywnej w badaniach przeprowadzonych w celu udowodnienia tezy rozprawy.

Ważnym i oryginalnym osiągnięciem Doktorantki jest udokumentowanie wyników badań metodą HHSR wyznaczania częstotliwości drgań własnych budynku, wykorzystując pomiary szumu sejsmicznego w budynku i na gruncie. Równocześnie w tego typu badaniach Doktorantka udokumentowała słabą wiarygodność metody HVSR z pomiaru szumu sejsmicznego wykonanego

jedynie w budynku. Oprócz tego, że wyznaczenie częstotliwości drgań własnych budynku jest samo w sobie osiągnięciem, to badania te były również niezbędne do udowodnienia samej tezy pracy. Doktorantka udokumentowała wpływ wysokiego budynku jako źródło fal sejsmicznych w otaczającym gruncie. Odległość oddziaływania budynku wysokiego na szумы sejsmiczne w gruncie wyniosła do kilkudziesięciu metrów i była uzależniona w dużej mierze od siły wiatru oddziałującego na budynek w czasie wykonywania pomiaru. Budynki niższe nie wykazały oddziaływania jako źródło fal sejsmicznych w otaczającym gruncie. Wyniki te są bardzo istotne przy projektowaniu badań współczynnika amplifikacji drgań w obszarach zurbanizowanych z wykorzystaniem metody pasywnej.

Uwagi o charakterze dyskusyjnym

We wniosku nr 6. Doktorantka stwierdza, że krzywe H/V wyznaczone dla pomiarów w piwnicach budynków lepiej wyznaczają częstotliwość rezonansową warstwy podłoża niż te wyznaczone dla rejestracji przed budynkiem. Według mnie nie w każdym uwarunkowaniu jest to prawdą, ponieważ wysoki budynek z pewnością zmienia warunki podłoża, chociażby ze względu na jego ciężar i zagęszczanie gruntów. Z teoretycznego rozwiązania współczynnika amplifikacji wynika, że oprócz miąższości warstwy nadkładu na jego wartość ma również wpływ gęstość gruntu i prędkość propagacji fali, która też musi ulec zmianie pod wysokim budynkiem. Świadczą o tym również same wyniki badań przeprowadzone przez Doktorantkę dla budynku wysokiego, gdzie  $H_b/V_b$  wyznaczone w piwnicy budynku wskazuje rezonans podstawowy 1.5 Hz (str. 76), natomiast  $H_g/V_g$  na gruncie wskazuje rezonans podstawowy 2.5 Hz (str. 80). Należy tutaj podkreślić, że rezonans 2.5 Hz jest praktycznie jedynym wyraźnym maksimum na krzywej  $H_g/V_g$  i według mnie jest to właściwy rezonans warstwy. Definitywnie problem ten mogłoby rozwiązać wyznaczenie rezonansu warstwy na podstawie wyliczenia analitycznego współczynnika amplifikacji drgań. Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do mojej uwagi podczas obrony. Z kolei dla budynku niskiego i lekkiego wyniki pomiarów  $H_b/V_b$  i  $H_g/V_g$  są podobne, co potwierdza, że lekki budynek nie zmienia znacząco własności gruntów znajdujących się pod nim.

Praca jest wykonana starannie i dobrze udokumentowana rysunkami. Literatura wykorzystana w pracy jest obszerna i w zupełności wystarczająca. W

normach brakuje mi z kolei odniesienia się w analizach do Eurokod-8 cz.4, w którym omówiony jest aspekt warunków uwzględniania interakcji dynamicznej podłoże-budynki. Zauważyłem w pracy kilka drobnych niedociągnięć stylistycznych i pomyłkowy zapis  $H_s(NS)/H_s(NS)$  na stronie 97 (wiersz 11).

Powyższe uwagi nie mają wpływu na moją wysoką ocenę przedstawionej rozprawy doktorskiej.

#### **4. Wnioski**

Przeprowadzona analiza rozprawy doktorskiej mgr Barbary Mateuszów, pt. „*Wpływ wysokiego budynku na drgania podłoża w jego otoczeniu*” pozwala na stwierdzenie, że Doktorantka potrafiła zastosować i rozwinąć metody sejsmiki pasywnej do udowodnienia tezy pracy. Dodatkowym osiągnięciem jest wyznaczenie częstotliwości rezonansowych budynków zlokalizowanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym z wykorzystaniem pomiaru szumu sejsmicznego.

Przedstawiona rozprawa doktorska jest oryginalnym rozwiązaniem problemu i świadczy dostatecznie o ogólnej wiedzy teoretycznej kandydatki, a także o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Uwzględniając powyższe stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Barbary Mateuszów, spełnia warunki określone w art. 13, ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnoszę o dopuszczenie Doktorantki do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

