

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr. Michała Gierlotki
p.t.: „Wpływ uskoku Kłodnickiego na wartości szczytowe przyspieszenia
i prędkości drgań gruntu na powierzchni terenu”

Podstawa prawna wykonania recenzji: zamówienie Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa Pana prof. dr. hab. inż. Stanisława Pruska, zawarte w piśmie z dnia 9 marca 2022 r. o numerze NOP/100/2022/R.

1. Ogólna charakterystyka, tematyka rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się z 7 rozdziałów, poprzedzonych streszczeniami w językach polskim i angielskim oraz spisem treści. Po siódmym rozdziale rozprawy znajduje się spis wykorzystanej literatury, liczący 58 pozycji. Doktorant jest współautorem jednego z cytowanych artykułów. W końcowej części pracy, na stronach 98 – 101 zamieszczone zostały spisy rysunków i tabel.

Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Adam Lurka, prof. GIG, promotorem pomocniczym Pan dr inż. Robert Siata.

Tematyka rozprawy dotyczy problemu opisu drgań powierzchni terenu wywoływanych wstrząsami górotworu indukowanymi prowadzonymi robotami wybierkowymi w kopalniach węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W wielu zakładach górniczych wysokoenergetyczne wstrząsy górotworu wywołują silne drgania gruntu, które często są powodem zaniepokojenia mieszkańców, sporadycznie powodują uszkodzenia obiektów budowlanych.

Praktycznie we wszystkich kopalniach w GZW instalowana jest coraz większa liczba powierzchniowych stanowisk obserwacyjnych, umożliwiających ciągłe określanie parametrów drgań gruntu wywołanych silnymi wstrząsami. Zarchiwizowane dane umożliwiają estymację parametrów relacji tłumienia, wykorzystywanych do określania wielkości drgań wywołanych danym wstrząsem w punktach terenu górniczego nie objętych obserwacją, a także do sporządzania prognoz maksymalnych amplitud prędkości i przyspieszenia drgań gruntu, jakie mogą być wywołane wstrząsami indukowanymi projektowanymi robotami górniczymi.

W wielu rejonach analiza zarchiwizowanych obserwacji parametrów drgań gruntu pozwala stwierdzić znaczne zróżnicowanie ich wartości, które nie może być wyjaśnione tylko zmianami energii sejsmicznych wstrząsów, odległości hipocentralnych czy zróżnicowaniem wartości współczynnika amplifikacji drgań w miejscach zainstalowania aparatury pomiarowej. Wpływ na pole przyspieszenia (prędkości) drgań powierzchni terenu wywołanych wstrząsami górotworu mogą mieć zaburzenia tektoniczne występujące na rozpatrywanym obszarze. Należy oczekiwać, że uwzględnienie tego czynnika pozwoli zwiększyć dokładność estymacji parametrów relacji tłumienia.

Problem odczuwalności drgań gruntu wywoływanych wstrząsami indukowanymi robotami górniczymi, niezależnie od ich faktycznej szkodliwości dla obiektów budowlanych i infrastruktury technicznej, jest coraz częściej powodem braku akceptacji planów eksploatacji złoża przez lokalne społeczności. Ze względu na konieczność prowadzenia wybierania złoża w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-górniczych, zagrożenie sejsmiczne będzie zwiększało się, pomimo ograniczania wydobycia. Z tego powodu będą rosły wymagania dotyczące dokładności prognoz wielkości tego zagrożenia i parametrów drgań gruntu wywoływanych silnymi wstrząsami górotworu.

W świetle powyższych uwag, podjęcie przez Autora rozprawy tematyki związanej ze zwiększeniem dokładności opisu pola przyspieszeń (prędkości) drgań gruntu wywoływanych wstrząsami indukowanymi eksploatacją górnictwem, dzięki uwzględnieniu zaburzeń tektonicznych występujących w danym rejonie, uważam za bardzo celowe, biorąc pod uwagę zarówno względy poznawcze jak i aplikacyjne.

2. Zawartość merytoryczna rozprawy doktorskiej

We wstępie do pracy Autor krótko omówił zagadnienia dotyczące prognozowania oddziaływania drgań sejsmicznych na powierzchnię terenu. Zwrócił uwagę na element, który nie był dotychczas przedmiotem badań – wpływ przejścia fali sejsmicznej przez uskoki na wartość szczytowych amplitud przyspieszenia i prędkości drgań gruntu.

W drugim rozdziale przedstawione zostały cel, zakres oraz teza pracy. Celem przeprowadzonych badań było wykorzystanie metod analizy regresji wielokrotnej oraz metod wnioskowania statystycznego do wykazania, że obecność uskoku Kłodnickiego ma wpływ na wartości szczytowe prędkości i przyspieszenia drgań gruntu, które

zależą od tego, czy fala na drodze od ogniska wstrząsu do stanowiska pomiarowego przechodzi przez płaszczyznę uskoku.

Analizy zostały przeprowadzone dla dwóch podzbiorów zarchiwizowanych zdarzeń. Pierwszy podzbiór zawierał przypadki wstrząsów górotworu, które wystąpiły w skrzydle wiszącym uskoku Kłodnickiego, a wywołane nimi drgania zostały zarejestrowane przez stanowiska powierzchniowe zlokalizowane w skrzydle zrzuconym uskoku. Drugi podzbiór stanowiły przypadki wstrząsów górotworu, których oddziaływania sejsmiczne zostały zarejestrowane przez aparaturę zlokalizowaną po tej samej stronie uskoku. Dla obu rozpatrywanych podzbiorów rejestracji (po wyeliminowaniu wpływu zróżnicowania wartości współczynnika amplifikacji drgań) została przeprowadzona estymacja parametrów relacji tłumienia. Wyznaczone relacje zostały poddane weryfikacji statystycznej w celu sprawdzenia, czy różnią się pomiędzy sobą.

Teza pracy została sformułowana następująco:

„Regresyjny model relacji tłumienia drgań uwzględniający przejście fali sejsmicznej przez uskok różni się istotnie statystycznie od regresyjnego modelu, który nie uwzględnia tego czynnika”.

Biorąc pod uwagę całość rozważań zamieszczonych w rozprawie można stwierdzić, że powyższa teza została udowodniona.

W rozdziale 3 został przedstawiony przegląd wybranych regresyjnych modeli tłumienia drgań sejsmicznych. Autor przedstawił zarówno „klasyczną”, pochodzącą z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, szeroko stosowaną relację tłumienia Joyner'a-Boore'a jak i nowsze modele, pozwalające na uzyskanie dokładniejszego opisu obserwowanych szczytowych amplitud prędkości i przyspieszenia drgań. W rozdziale tym, poza zaprezentowaniem rozwiązań zagranicznych, omówione zostały także wyniki badań przeprowadzonych z wykorzystaniem danych zarejestrowanych w polskich zakładach górniczych, położonych w GZW i w LGOM.

Rozdział 4 zawiera szczegółową charakterystykę materiału badawczego. W pracy wykorzystano zarchiwizowane przez kopalnię „Śląsk” przypadki drgań gruntu wywołanych wstrząsami górotworu z okresu 2006 r. – 2017 r. Obserwacje prowadzone były z wykorzystaniem 6 stanowisk pomiarowych, przy czym dwa stanowiska zlokalizowane były na skrzydle wiszącym uskoku Kłodnickiego, natomiast cztery – na skrzydle zrzuconym tego zaburzenia. W rozpatrywanym okresie w rejonie uskoku Kłodnickiego zarejestrowano 1277 wysokoenergetycznych wstrząsów

górotworu. Wywołały one drgania powierzchni, które zostały zarejestrowane przez stanowiska powierzchniowe aparatury AMAX-99 – 2012 przypadków. Wydaje się, że można było pominąć w badaniach stanowisko ST.2 ze względu na bardzo małą liczbę rejestracji – zaledwie 8.

W rozdziale 4 przedstawione zostały także stratygrafia i litologia oraz tektonika badanego obszaru. Autor analizuje budowę nadkładu w sąsiedztwie stanowisk aparatury AMAX. Sądzę, że warto było, jeżeli to możliwe – po zwiększeniu liczby analizowanych otworów badawczych – wykreślić mapę miąższości utworów czwartorzędowych. Umożliwiłoby to porównanie wartości współczynników amplifikacji drgań wyznaczonych z wykorzystaniem sposobu zaproponowanego przez Autora, z rezultatami obliczeń wartości tych współczynników metodami analitycznymi.

Jak wynika z mapy przedstawiającej lokalizację ważniejszych uskoku (rysunek 15), w obszarze badań występuje jeszcze kilka innych uskoku o stosunkowo dużym zrzućie. Biorąc pod uwagę dane przedstawione na rysunku 2, możliwe byłoby przeprowadzenie podobnej jak w odniesieniu do uskoku Kłodnickiego, analizy wpływu uskoku VI na relacje tłumienia dla danych zarejestrowanych przez stanowisko ST.6.

W 5 rozdziale Autor przedstawił podstawy teoretyczne estymacji parametrów drgań gruntu. W rozdziale tym zostały omówione następujące zagadnienia: parametry określające intensywność drgań gruntu, sposób wykorzystania regresji wielokrotnej w procesie szacowania parametrów modelu (relacji tłumienia), wyznaczanie istotności i błędów modelu oraz jego parametrów oraz wpływ amplifikacji na wielkość drgań gruntu.

Rozdział 6 stanowi blisko 40% recenzowanej rozprawy. Jest to uzasadnione, ze względu na istotność zawartych w nich rozważań. W rozdziale tym zostały przedstawione: sposób obliczenia wartości współczynnika amplifikacji drgań przez luźne utwory czwartorzędowe, wykorzystujący relację tłumienia zaproponowaną przez Joyner'a-Boore'a (przy czym algorytm jej zastosowania został przez Autora w oryginalny sposób zmodyfikowany), a także wyniki szacowania parametrów relacji tłumienia dla dwóch zbiorów zdarzeń. Pierwszy z tych zbiorów zawierał przypadki charakteryzujące się tym, że fala sejsmiczna przeszła przez uskoku Kłodnicki na drodze od ogniska wstrząsu do stanowiska aparatury pomiarowej. Drugi zbiór zawierał pozostałe obserwacje drgań gruntu, to jest takie, w przypadku których fala sejsmiczna nie przeszła przez uskoku Kłodnicki na drodze od ogniska wstrząsu do stanowiska aparatury pomiarowej. W rozdziale przedyskutowano szczegółowo obliczane

wyznaczonymi relacjami tłumienia wartości szczytowych amplitud przyspieszenia i prędkości drgań gruntu.

Dla estymowanych czterech modeli regresji (dwa zbiory zdarzeń i dwa parametry charakteryzujące wartość drgań) przeprowadzono weryfikację równości ich parametrów. Wykorzystano w tym celu test statystyczny Chow. W rezultacie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że relacje tłumienia drgań (niezależnie dla przyspieszenia i prędkości drgań) są istotnie różne od siebie, czyli obecność uskoku Kłodnickiego wpływa na wartości szczytowych amplitud przyspieszenia i prędkości drgań.

W rozdziale 7 przedstawione zostało podsumowanie przeprowadzonych badań. Stwierdzenia zawarte w tym rozdziale są poprawnie sformułowane, wynikają z rozważań zaprezentowanych w rozprawie.

Podsumowując merytoryczną charakterystykę rozprawy, chciałbym podkreślić staranność jej przygotowania. Autor omówił wyczerpująco wszystkie istotne zagadnienia, a zarazem udało mu się uniknąć przeładowania treści zbędnymi szczegółami, które są dostępne w literaturze.

3. Uwagi i komentarze

Podczas lektury recenzowanej rozprawy nasunęło mi się kilka wątpliwości i uwag o charakterze dyskusyjnym.

1. W pracy przyjęto średnią głębokość występowania wstrząsów, wynoszącą 850 m. W jaki sposób określono tę wartość? Czy jest to średnia arytmetyczna głębokości ognisk wstrząsów określonych w procesie lokalizacji?
2. Autor w prowadzonych badaniach podczas szacowania parametrów modeli regresji wyeliminował ze zbiorów obserwacji około 5% obserwacji skrajnych. Kryterium decydującym o usunięciu danej obserwacji była wielkość zmiennej resztowej leżąca w odległości większej od 2 odchyłeń standardowych od średniej zmiennych resztowych. Nie negując takiego postępowania warto zwrócić uwagę, na komentarz dotyczący tego procesu (N.R.Draper, H.Smith: Analiza regresji stosowana, PWN Warszawa 1973, str. 119):

„Czasem wartość skrajna dostarcza informacji, której inne wartości nie mogą dostarczyć, dzięki temu, że pojawia się ona przy nadzwyczajnym zbiegu okoliczności, który może być wyjątkowo ciekawy, i taka zaobserwowana wartość

może wymagać raczej dalszych dociekań niż odrzucenia. Jako zasada ogólna wartości skrajne powinny być odrzucone od razu tylko wtedy, gdy mogą być przypisane takim przyczynom, jak błędy w rejestracji obserwacji lub w zestawieniu aparatury.”

W przypadku, gdy w procesie eliminacji zostały odrzucone obserwacje drgań wywołanych najsilniejszymi wstrząsami, ewentualnie takimi wstrząsami, które wystąpiły w bardzo małej lub bardzo dużej odległości hipocentralnej, należy to uwzględnić przy wykorzystywaniu estymowanego modelu do obliczeń prognostycznych z tego względu, że wykonywanie ich dla wartości zmiennych objaśniających niewykorzystanych podczas szacowania parametrów regresji może prowadzić do bardzo dużych błędów szacunków.

W związku z powyższym warto sprawdzić, które obserwacje zostały wyeliminowane i jaki był w związku z tym zakres zmienności danych wykorzystanych podczas estymacji relacji tłumienia.

3. W pracy przedstawiony został bardzo interesujący sposób wyznaczania wartości współczynnika amplifikacji drgań. Czy Autor zastanawiał się, jak zinterpretować wyniki obliczeń, gdyby w żadnym przypadku, bądź w więcej niż jednym przypadku (szacunków dla kolejnych stanowisk przyjmowanych jako stanowisko referencyjne) wszystkie współczynniki modelu okazały się różne od zera na przyjętym poziomie istotności? Warto także zwrócić uwagę, że zastosowanie zaproponowanego sposobu obliczania współczynnika amplifikacji drgań umożliwia wyznaczenie jego wartości jedynie w miejscach zainstalowania aparatury pomiarowej. Utrudni to sporządzanie prognoz dynamicznych oddziaływań wstrząsów dla terenów górniczych kopalń.
4. Porównanie wyników szacowania parametrów relacji tłumienia przedstawionych w tabeli 7 i w tabeli 22 wskazuje, że współczynniki determinacji określone dla danych uwzględniających amplifikację drgań wynoszą, dla prędkości i przyspieszenia drgań odpowiednio 0,60 i 0,60, błędy standardowe estymaty 0,20 i 0,20 (w treści pracy Autor błędnie zaokrąglił wynik), natomiast po wyeliminowaniu wpływu amplifikacji drgań analogiczne wartości wynoszą 0,58 i 0,58 oraz 0,20 i 0,20. Czy może to świadczyć o tym, że uwzględnienie zróżnicowania wartości współczynnika amplifikacji nie zwiększyło dokładności opisu zaobserwowanych wartości prędkości i przyspieszenia drgań gruntu?

Pragnę podkreślić, że wysoko oceniam merytoryczny poziom recenzowanej pracy. Sformułowane uwagi nie zmieniają wysokiej oceny rozprawy. W oparciu o analizę przedłożonej pracy stwierdzam, że Doktorant bardzo rzetelnie wykonał zaplanowany przez siebie zakres badań i analiz. Umożliwiło to zrealizowanie założonego celu i udowodnienie tezy pracy. Treść rozprawy świadczy o jego dobrej znajomości opisywanej problematyki.

Uważam, że ze względu na dużą wartość naukową i aplikacyjną uzyskanych wyników, powinny one zostać opublikowane. Rozprawa została bardzo starannie zredagowana, tym niemniej Doktorant nie ustrzegł się drobnych potknięć (m.in.: wątpliwe sformułowanie w tytule „drgania gruntu na powierzchni terenu”; konieczność stosowania układu SI; uważam, że wskazana byłaby dwupoziomowa numeracja rysunków i tabel; wstrząsy górotworu, nie „górnice”; szczytowa wartość amplitudy przyspieszenia, prędkości, a nie przyspieszenie, prędkość drgań; określenie „finalnie”). Powyższe usterki nie mają wpływu na merytoryczną wysoką ocenę pracy.

5. Wniosek końcowy

W konkluzji wyrażam opinię, że recenzowana rozprawa doktorska mgr. Michała Gierlotki p.t. „**Wpływ uskoku Kłodnickiego na wartości szczytowe przyspieszenia i prędkości drgań gruntu na powierzchni terenu**” dotyczy dyscypliny naukowej Górnictwo i geologia inżynierska (której aktualnie odpowiada dyscyplina naukowa Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka). Praca ma charakter poznawczy i użyteczny, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego sformułowanego w temacie rozprawy, potwierdza, że Autor posiada szeroką wiedzę teoretyczną i umiejętność prowadzenia badań naukowych w zakresie dyscypliny Górnictwo i geologia inżynierska (Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka).

Analizowana rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim w *Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki oraz Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Na tej podstawie wnoszę do Rady Naukowej GIG o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

