

Adam FREJ¹

**WYZNACZENIE PARAMETRÓW RELACJI TŁUMIENIA Z UWZGLĘDNIENIEM
AMPLIFIKACJI DLA WYBRANYCH REJONÓW NIECKI BYTOMSKIEJ (GÓRNY
ŚLĄSK)**

**THE ESTIMATION OF ATTENUATION RELATIONS WITH THE
AMPLIFICATION OF VIBRATION FOR CHOSEN REGIONS OF BYTOM
SYNCLINE (UPPER SILESIA)**

Abstract

This article shows results of estimation the amplification factors. In this study was used data from six acceleration stations installed in areas under investigation. The amplification was calculated from attenuation relation, which implicates amplification factor. The size of amplification was related with the site of amplification factor calculated from HVSR method. All results show that in different regions of Bytom Syncline (Upper Silesia) occur different values of vibration amplification. So we connect the results with the geology at the site of measurement.

Key words: attenuation relation, amplification facto, resonance frequency, local effects

Wstęp

Obszar Niecki Bytomskiej objęty jest podziemną eksploatacją górnictw. W związku, z czym obserwuje się w tym rejonie wstrząsy indukowane. Z występującymi tu zjawiskami sejsmiki indukowanej nierozzerwalnie związany jest efekt amplifikacji drgań gruntu. Ponieważ geologia rejonu Niecki Bytomskiej jest dość zróżnicowana amplifikacji drgań w różnych miejscach przyjmuje różne wielkości. Problem ten jest dość istotny w związku z planowaniem przestrzennej zabudowy celem uniknięcia negatywnego wpływu wstrząsów na infrastrukturę budowlaną.

Dane pomiarowe

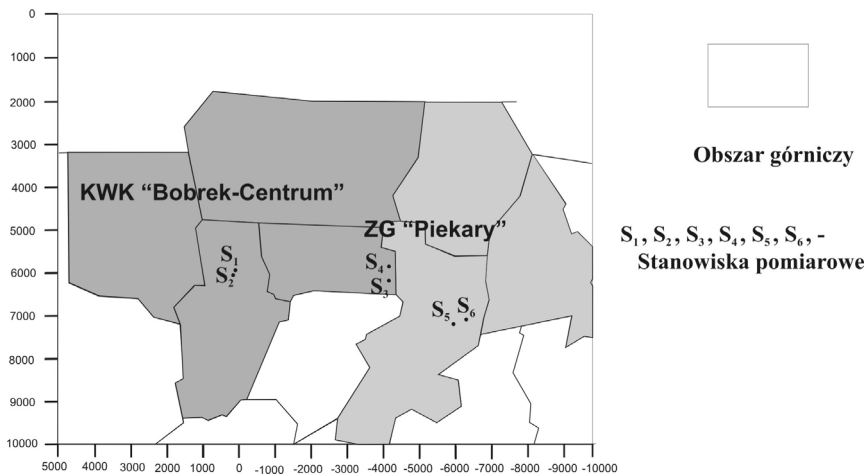
Estymacje parametrów relacji tłumienia oraz wielkości współczynnika amplifikacji dokonano w oparciu o zapisy pochodzące z stanowisk akcelerometrycznych. Wykorzystane dane zawierają 10-sekundowy odcinek zapisu drgań gruntu powyżej wartości przyspieszenia równej około 20 mm/s² (Markowski et al., 2002). Wszystkie analizowane zapisy pochodzą z sześciu stanowisk pomiarowych (Tab. 1) zlokalizowanych na terenie Niecki Bytomskiej (Rys. 1).

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej, adamfrej@interia.pl, Sosnowiec

Tab. 1 Dane wykorzystane w analizie.

Tab. 1 Basic data concerning site of observations.

LP	Nazwa stacji akcelerometrycznej	Liczba rejestracji	Współrzędne stanowisk pomiarowych		
			X	Y	Z
1	S ₁	228	5960	4	270
2	S ₂	328	6020	88	270
3	S ₃	121	6225	-4064	283
4	S ₄	147	5835	-3712	-
5	S ₅	348	7242	-5982	298
6	S ₆	46	7160	-6316	-
Całkowita liczba rejestracji		1218			



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji rejestrujących.

Fig. 1 Position of the recording stations.

Wyniki

Główną metodą badawczą wykorzystaną w analizie zebranych danych była rozbudowana relacja tłumienia. Zależność relacji tłumienia jest powszechnie znanym mechanizmem wiążącym energię wstrząsu sejsmicznego z amplitudą rejestrowanych drgań oraz odległości epicentralną. W analizie wykorzystano relację tłumienia uwzględniającą dodatkowo wpływ warunków lokalnych na rejestrowaną amplitudę drgań:

$$\log a_i = \alpha_1 + \alpha_2 \log E + \alpha_3 \log R + \delta_i \quad (1)$$

gdzie:

a_i – wartość szczytowa poziomej bądź pionowej składowej przyspieszeń drgań gruntu [mm/s²] dla poszczególnych stacji pomiarowych,

E – energia wstrząsu [J],

R – odległość epicentralna wstrząsu [m],

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – współczynniki relacji tłumienia,

δ_i – logarytmiczny współczynnik amplifikacji dla i – tej stacji ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$).

Prezentowana relacja tłumienia wykorzystana została w badaniach obszaru Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (Olszewska i Lasocki, 2006). W trakcie analizy przyjęto założenie, iż nie obserwuje się amplifikacji drgań gruntu w rejonie stanowiska S1, co odpowiada poziomowi równemu 1.0. W efekcie wyznaczono parametry relacji tłumienia a następnie poziom amplifikacji dla pozostałych stanowisk. Wyznaczony poziom amplifikacji dla wszystkich stanowisk jest oczywiście odniesiony do amplifikacji dla stanowiska S1. Efektem przeprowadzania analizy w oparciu o wzór (1) określono następujące parametry relacji tłumienia:

$$\log a_i = 1.857 + 0.174 \log E - 0.221 \log R + \delta_i \quad (2)$$

Estymowana wielkość parametru δ_i w związku z charakterem zależności a_i prezentowanej w formie logarytmicznej również odpowiada wielkości logarytmowanej. Celem uzyskania wielkości amplifikacji należy czynnik ten przedstawić w formie 10^{δ_i} . Taka forma wyników umożliwi odniesienie ich do rezultatów analizy z wykorzystaniem metody HVSR.

Tab. 2 Względna amplifikacja na stanowiskach pomiarowych.

Tab. 2 The relative amplification factor at place of registration.

Lp.	Stanowisko pomiarowe	Logarytmiczne współczynniki amplifikacji δ_i	Względne współczynniki amplifikacji 10^{δ}
1.	S ₁	0.00	1.000
2.	S ₂	0.044	1.107
3.	S ₃	-0.049	0.893
4.	S ₄	0.250	1.777
5.	S ₅	-0,278	0.527
6.	S ₆	-0,004	0.991

Celem weryfikacji przeprowadzonej analizy z użyciem relacji tłumienia otrzymane wyniki poziomu amplifikacji drgań skorelowano z wynikami uzyskanymi w oparciu o metodę HVSR (Nakamura, 2000). Wielkość amplifikacji drgań w metodzie HVSR określa się ze stosunku składowej poziomej (H) względem składowej pionowej (V) drgań gruntu:

$$\frac{H}{V} = \frac{G_h}{G_v} \frac{\left[A_H + \frac{R_H}{G_H} \right]}{\left[A_V + \frac{R_V}{G_V} \right]} = A_H \quad (3)$$

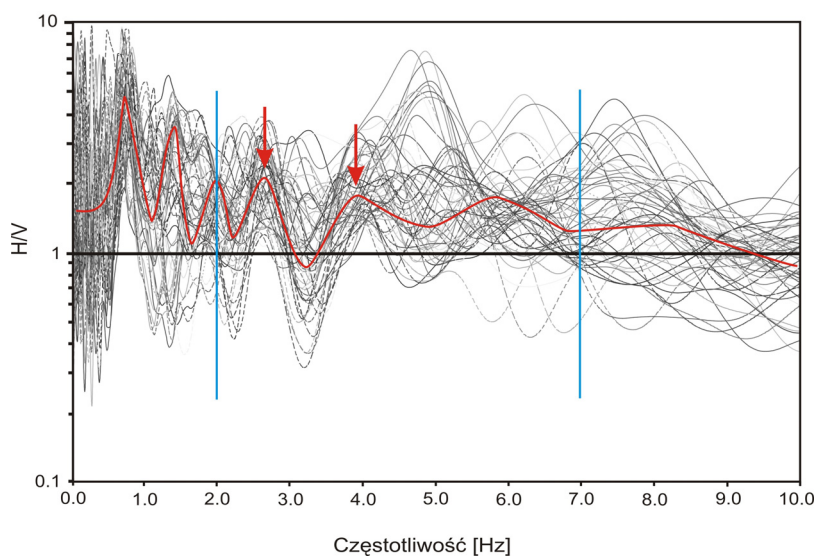
gdzie:

AH, AV – współczynniki amplifikacji składowej poziomej i pionowej pionowo padającej fali wgłębnej,

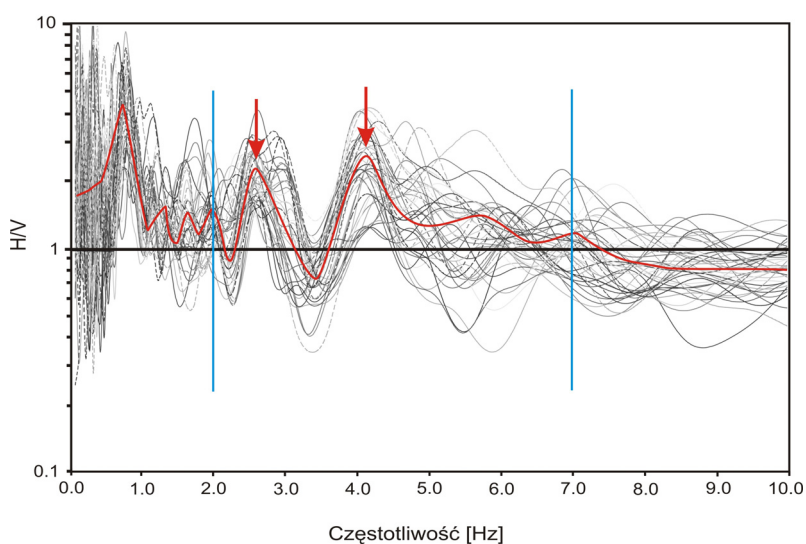
GH, GV – widma składowej poziomej i pionowej przyspieszenia drgań twardego podłoża,

RH, RV – widma składowej poziomej i pionowej fali powierzchniowej Rayleigha.

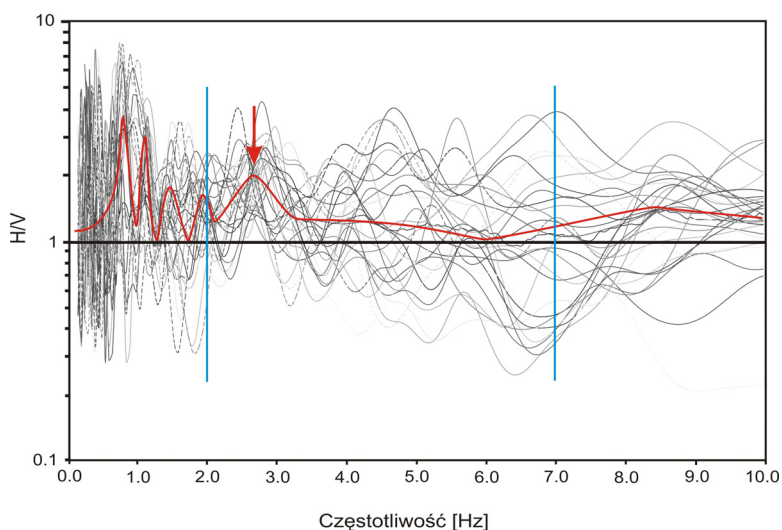
Wyznaczenie takiego stosunku przeprowadzono przy wykorzystaniu widma całego sygnału. Zalecane jest korzystanie z fazy S sygnału jednak w związku z małymi odległościami epicentralnymi nie jest możliwe wydzielenie z sygnału poszczególnych faz. Analiza z całego widma sygnału również daje poprawne wyniki jednak może to powodować w efekcie wzrost współczynnika amplifikacji dla większych częstotliwości (Olszewska i Lasocki, 2003). Wynikiem określania stosunku składowych są wykresy przedstawiające zależność H/V względem częstotliwości dla poszczególnych stanowisk (rysunki 2,3,4,5,6,7). Zakres poprawnej analizy ograniczony jest częstotliwościami 2 Hz oraz 7 Hz. Częstotliwości graniczne związane są z założeniami metody, gdzie w obszarach poniżej 2 Hz występują szumy zniekształcające prawdziwy obraz. Natomiast powyżej 7 Hz obserwuje się coraz większy wpływ fali Rayleigha, co również daje mylne wyniki (Tsuboi i in. 2001). Maksimum dominujących pików przedstawionych na wykresach zależności określają wartości współczynnika amplifikacji w miejscu analizy. Natomiast częstotliwość, dla której określono dominujący pik wskazuje na częstotliwość rezonansowa warstwy przypowierzchniowej. Rejon badań charakteryzuje się różnorodnymi warunkami geologicznymi i występowaniem w warstwie przypowierzchniowej głównie glin i piasków o zmiennej miąższości. Dokładne określenie ich miąższości w miejscach pomiarowych nie jest możliwe, wiadomo jednak, iż utwory czwartorzędowe sięgają w rejonie badań do głębokości około 26 metrów.



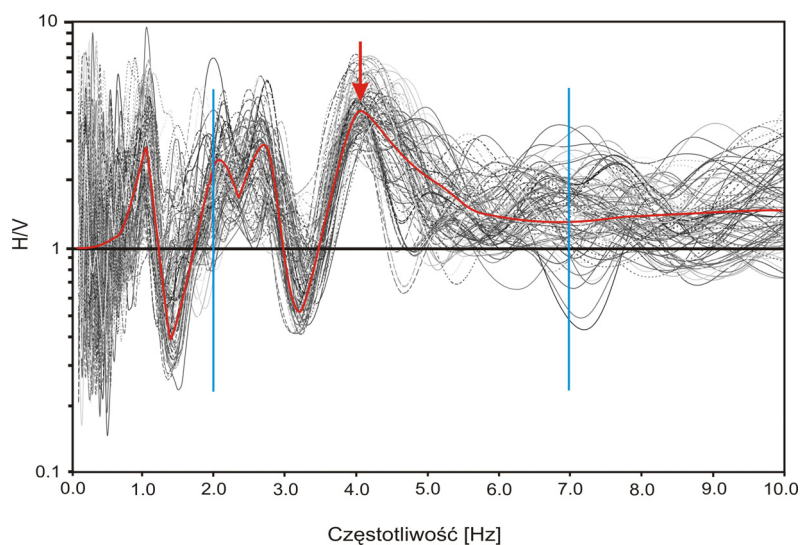
Rys. 2 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S1.
Fig. 2 Spectral ratios of strong ground motions for S1 station.



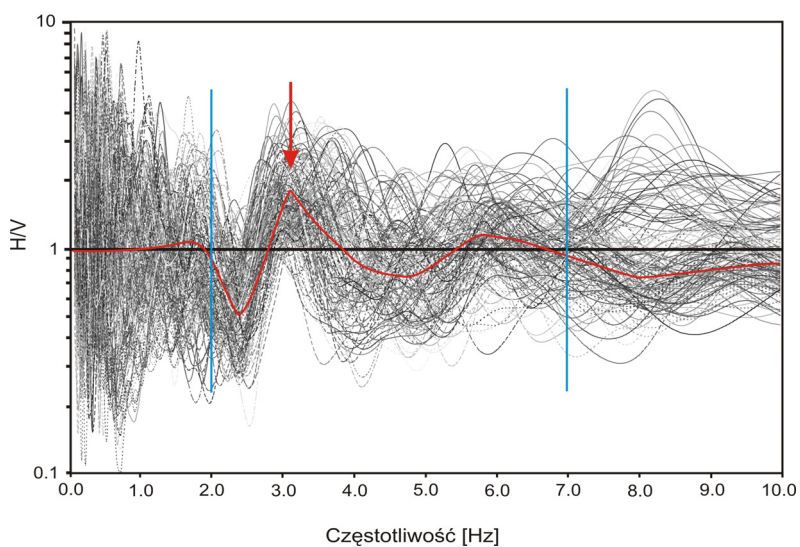
Rys. 3 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S2.
Fig. 3 Spectral ratios of strong ground motions for S2 station.



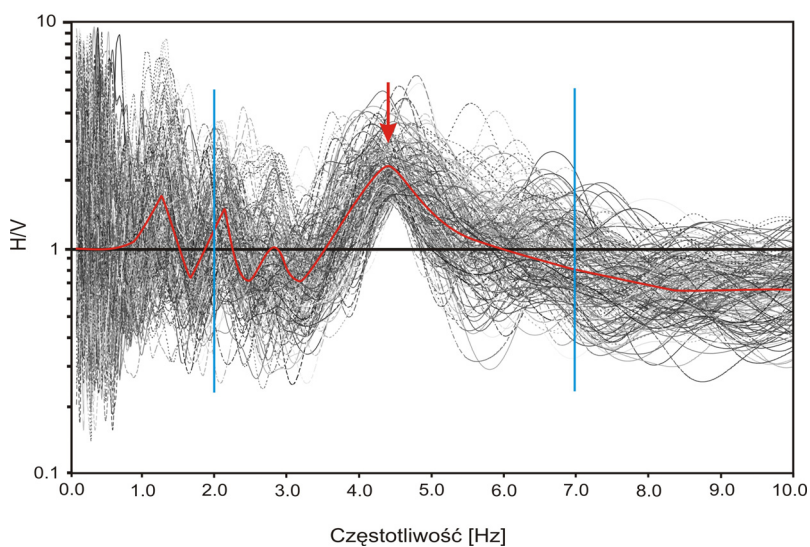
Rys. 4 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S3.
Fig. 4 Spectral ratios of strong ground motions for S3 station.



Rys. 5 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S4.
Fig. 5 Spectral ratios of strong ground motions for S4 station.



Rys. 6 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S5.
Fig. 6 Spectral ratios of strong ground motions for S5 station.



Rys. 7 Stosunki widm rejestracji akcelerometrycznych dla stanowiska S6.
Fig. 7 Spectral ratios of strong ground motions for S6 station.

Analizując poszczególne zależności wielkości amplifikacji względem częstotliwości określono, iż dla stanowiska:

- ❑ S1 obserwuje się więcej niż jeden główny pik, co może wskazywać na złożoną budowę geologiczną. Wielkość amplifikacji dla tego stanowiska określono na poziomie 2.1 w oparciu o pik zlokalizowany w okolicach częstotliwości 2.6 Hz. Drugi mniejszy pik obserwuje się przy częstotliwości 3.9 Hz, jego wielkość równa jest 1.8.
- ❑ S2 również obserwuje się dwa piki. Poziom amplifikacji dla tego miejsca pomiarowego wynosi około 2.6 a częstotliwość rezonansowa 4.2 Hz. Maksimum drugiego pik wynosi 2.1 i znajduje się w okolicach częstotliwości 2.6 Hz.
- ❑ S3 maksimum dominującego pik znajduje się przy częstotliwości 2.65 Hz. Wielkość amplifikacji drgań określono w tym przypadku na poziomie 2.0.
- ❑ S4 obserwuje się czterokrotną amplifikację, co odpowiada maksimum pik zlokalizowanego przy częstotliwości 4.0 Hz.
- ❑ S5 określono wielkość amplifikacji drgań na poziomie 1.9 natomiast częstotliwość rezonansową warstwy przypowierzchniowej na około 3.1 Hz.
- ❑ S6 wielkość dominującego pik amplifikacji wskazują na wzmocnienia drgań na poziomie 2.2 oraz na częstotliwość rezonansową równą 4.4 Hz.

Otrzymane wyniki analizy metodą relacji tłumienia oraz metodą HVSR porównano ze sobą celem korelacji otrzymanych wielkości amplifikacji drgań. Wyniki korelacji przedstawia tabela 3.

Tab. 3 Porównanie względnych współczynników amplifikacji.

Tab. 3 Comparison the relative amplification factor based on different methods.

Lp.	Stanowisko pomiarowe	Względne współczynniki amplifikacji drgań określone za pomocą:	
		Metoda HVSR	Relacji tłumienia
1.	S ₁	1.000	1.000
2.	S ₂	1.238	1.107
3.	S ₃	0.952	0.893
4.	S ₄	1.905	1.777
5.	S ₅	0.905	0.981
6.	S ₆	1.048	0.991

Wyniki korelacji pokazują zgodność, co do przeprowadzonej analizy. Ponadto można przyjąć, iż wyniki uzyskane za pomocą relacji tłumienia są bardziej wiarygodne. Założenie takie można przyjąć za prawdziwe gdyż w wypadku stanowisk S1 oraz S2 na wykresach zależności H/V obserwuje się dwa główne piki, co wskazuje na skomplikowaną budowę geologiczną. W takim wypadku niejednokrotnie metoda HVSR daje niepełny rzeczywisty obraz amplifikacji drgań. W związku z tym wyniki analizy z wykorzystaniem relacji tłumienia wskazują na lepsze dopasowanie rzeczywistego przebiegu zjawiska.

Wnioski

- 1) Estymacja wielkości amplifikacji drgań z wykorzystaniem relacji tłumienia dała wiarygodne rezultaty.
- 2) Korelacja wyników analizy amplifikacji drgań uzyskanych z relacji tłumienia oraz z metody HVSR wskazuje na lepsze dopasowanie względem rzeczywistości relacji tłumienia. Wyniki metody HVSR w przypadku skomplikowanej budowy geologicznej są niedoszacowane.
- 3) Zmienność współczynników amplifikacji drgań wskazuje na dużą różnorodność budowy geologicznej w rejonie Niecki Bytomskiej.

Literatura

- [1] Markowski, E., Kornowski, J. a Zuberek, W.M. (2002): Podsumowanie i analiza wyników powierzchniowych obserwacji przyspieszeń pochodzących od wstrząsów górniczych z zakładów górniczych zrzeszonych w Bytomskiej Spółce Węglowej S.A. za okres 1998-2000. Sosnowiec.
- [2] Nakamura, Y. (2000): Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. Proceedings 12WCEE.
- [3] Olszewska, D., Lasocki S. (2003): Zastosowanie metody HVSR do oceny lokalnego współczynnika wzmocnienia drgań wzbudzonych wstrząsami górniczymi. Warsztaty Górnicze "Zagrożenia naturalne w górnictwie". Kraków, 255-267.
- [4] Olszewska, D., Lasocki, S. (2006): Relacja tłumienia wartości szczytowej przyspieszenia drgań gruntu z uwzględnieniem amplifikacji dla wybranych rejonów obszaru LGOM. Warsztaty Górnicze 2006 z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, 12-14 czerwca 2006, 293-307.
- [5] Tsuboi, S., Saito, M., Ishihara, Y. (2001): Verification of horizontal-to-vertical spectral-ratio technique for estimation of site response using borehole seismographs. Bull. Seismol. Soc. Am. 91, 499–510.

