



Mgr inż. Jerzy Kłosiński

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Miesięcznik WUG, Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie, nr 5 (105)/2003, Katowice, 50-51.

Wstępne wyniki badania właściwości tłumiących utworów fliszu karpackiego metodą refrakcji sejsmicznej

Streszczenie

W pracy przedstawiono wstępne wyniki badań właściwości tłumiących utworów fliszu karpackiego za pomocą pomiarów techniką refrakcji sejsmicznej. Analizowano tłumienie energii fali S. Wyniki przedstawiono w postaci zmian funkcji tłumienia oraz powierzchni współczynnika anizotropii K_s . Wskazano na przydatność współczynnika tłumienia w określaniu warunków propagacji fali i jakości górotworu.

1. Wprowadzenie

Rozpoznanie właściwości górotworu za pomocą metod geofizycznych jest szeroko stosowane w wielu krajach dla potrzeb budownictwa podziemnego i powierzchniowego. W artykule przedstawiono przykład określenia tłumienia energii fali S we fliszu karpackim na podstawie pomiarów techniką refrakcyjną w rejonie projektowanych tuneli komunikacyjnych. Przedstawione wyniki są fragmentem badań przeprowadzonych w ramach projektu badawczego KBN [5].

2. Warunki geologiczne w rejonie badań

Badania tłumienia energii fali S w utworach fliszu karpackiego przeprowadzono w dwóch miejscach: w Lalikach k/Zwardonia oraz w Milówce w województwie śląskim (w rejonach planowanej budowy tuneli komunikacyjnych na drodze ekspresowej S-94). Oba tereny pomiarowe występują w Beskidzie Śląskim w strefie łusek przedmagurskich będących elementem granicznym pomiędzy płaszczowinami śląską na północnym-zachodzie i magurską na południowym-wschodzie [2]. Na terenie badań w Lalikach występują utwory łuski przedmagurskiej południowej (grybowskiej), a w Milówce – łuski przedmagurskiej północnej (dukielskiej).

3. Metodyka pomiarowa i interpretacyjna

Pomiary techniką refrakcji sejsmicznej wykonano na profilach w przybliżeniu prostopadłych do siebie o długościach 35 m. Punkty wzbudzania fali sejsmicznej (PS-y) przyjęto w środku profili, na ich końcach oraz w określonych odstępach od końców profili. Konfiguracja profili pomiarowych została tak dobrana, aby możliwie optymalnie obserwować wpływ anizotropii ośrodka na zmianę tłumienia energii fali S. Do badań sejsmicznych użyto 24. kanałowy rejestrator sejsmiczny GEODE-24CH firmy Geometrics Inc., geofony trójskładowe o częstotliwości własnej 4,5 Hz oraz 6 kg młota jako źródła energii sejsmicznej.

Sposób przetwarzania i interpretacja danych sejsmicznych miały na celu wyznaczenie zmian tłumienia energii refrakcyjnej fali S. Do przetwarzania danych refrakcyjnych profilowań sejsmicznych wykorzystano program PickWin95 [4]. W przypadku analizy tłumienia energii refrakcyjnej fali S, dokonano:

- wprowadzenia korekty na efekt geometrycznego rozchodzenia się fali (przyjęto założenie, że fala refrakcyjna jest rozpraszana tak, jak fala cylindryczna, a więc energia refrakcyjnej fali sejsmicznej maleje z odległością),
- obliczenia sumy kwadratów amplitud fali S. Amplitudy fali S sumowano od czasu wejścia tej fali przez jeden okres drgań,
- normalizacji sumy kwadratów amplitud względem ilości próbek n ,
- prezentacji graficznej w układzie odległości od źródła i logarytmu naturalnego znormalizowanej energii $\ln(E^S/E^S_0)$ [5].

Postać matematyczna podanego sposobu obliczenia energii refrakcyjnej fali S - E^S jest określona wzorem:

$$E^S = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n A_k^2,$$

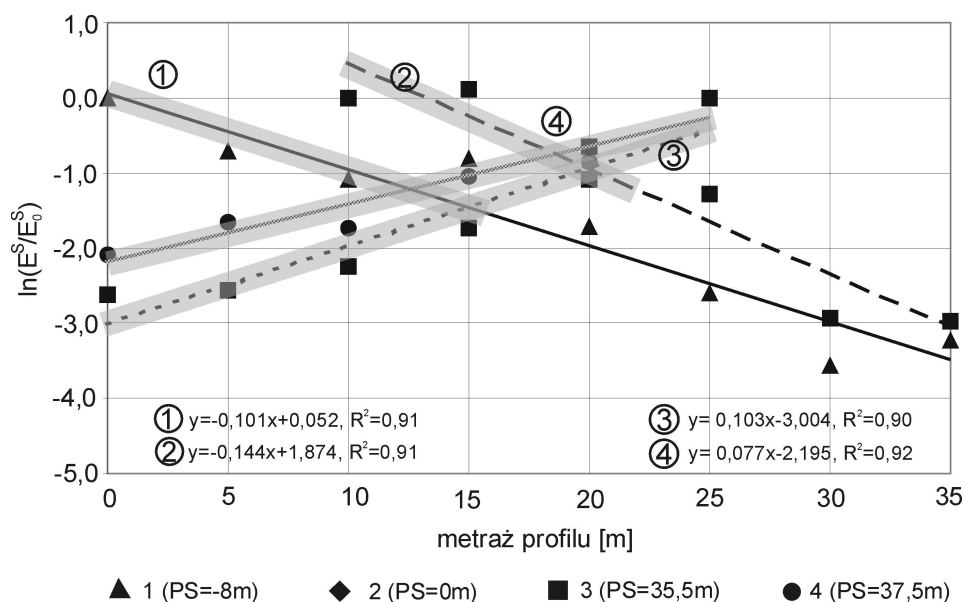
gdzie:

A_k – są amplitudami sygnału sejsmicznego, a $n \Delta$ jest długością okna czasowego (Δ – krok próbkowania) [5].

4. Wyniki badań i ich analiza

Na terenie pomiarowym w Lalikach analizowano zmiany tłumienia energii fali S wzdłuż profili PP'60 i PP'170 dla drugiej warstwy ośrodka, którą stanowiła zwietrzelina fliszu karpackiego. Było to uwarunkowane dobrym rozpoznaniem jej właściwości oraz granic tej warstwy na podstawie badań archiwalnych [1]. Na terenie badań w Milówce analizowano E^S dla podłoża fliszowego wzdłuż profili PP'15 i PP'104.

W celu eliminacji wpływu zarejestrowanych fal innych niż refrakcyjne od II warstwy w Lalikach dokonano selekcji zapisów (cieniowane odcinki na rys 4.1.). W przypadku Milówki podobnie postąpiono dla rejestracji fal refrakcyjnych od III warstwy skorelowanej z podłożem fliszowym. Następnie określono parametry regresji liniowej i współczynnik korelacji R^2 dla oceny jakości dopasowania punktów pomiarowych. Na rysunku 4.1 przedstawiono wynik estymacji współczynnika tłumienia w oparciu o zmiany energii refrakcyjnej fali S na profilu PP'60, dla źródeł drgań położonych w różnych punktach na profilu.



Rys. 4.1. Tłumienie znormalizowanej energii fali S na profilu PP'₆₀ dla źródła drgań położonego w punktach -8 m, 0 m, 35,5 m, 37,5 m; odcinki cieniowane dotyczą fali refrakcyjnej z II warstwy [5]

Podobne obliczenia wykonano dla rejestracji uzyskanych na profilu PP'₁₇₀ na terenie Lalików oraz na profilach PP'₁₅ i PP'₁₀₄ na terenie Milówki. W tablicach 4.1 i 4.2 zestawiono współczynniki tłumienia energii refrakcyjnej fali S obliczone dla różnego położenia źródła drgań na profilach pomiarowych odpowiednio w Lalikach i Milówce [5].

Tablica 4.1.

Zestawienie współczynników tłumienia pomierzonych na profilach na terenie badań w Lalikach [5]

Wielkość	Współczynnik tłumienia α									
	Profil PP' ₆₀					Profil PP' ₁₇₀				
	Położenie źródła drgań (PS)				Średni współ. tłumienia*	Położenie źródła drgań (PS)				Średni współ. tłumienia*
	-8m	0m	35,5m	37,5m		-25m	-15m	2,5m	35m	
E^S	0,101	0,144	0,103	0,077	0,124	0,107	0,115	0,083	0,135	0,109

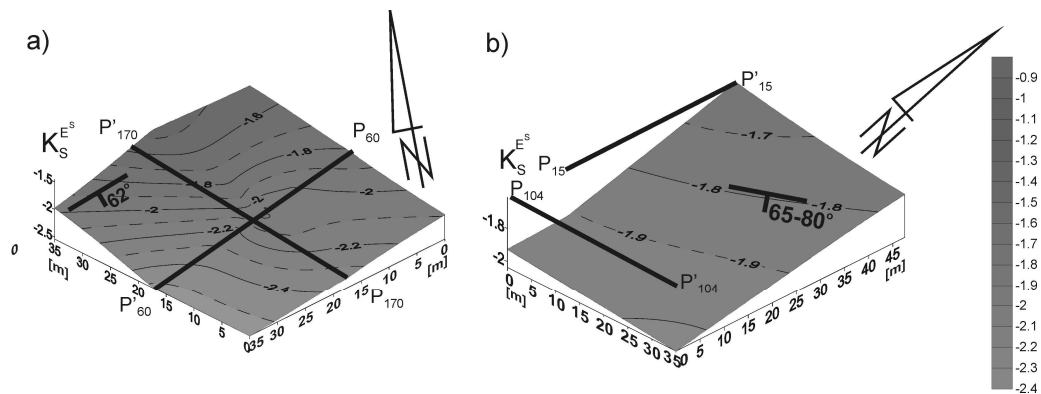
Tablica 4.2.

Zestawienie współczynników tłumienia pomierzonych na profilach na terenie badań w Milówce [5]

Wielkość	Współczynnik tłumienia α									
	Profil PP' ₁₅					Profil PP' ₁₀₄				
	Położenie źródła drgań (PS)				Średni współ. tłumienia*	Położenie źródła drgań (PS)				Średni współ. tłumienia*
	-14m	2,5m	32,5m	55m		-20m	2,5m	32,5m	55m	
E^S	0,070	0,104	0,121	0,052	0,112	0,128	0,083	0,076	0,063	0,079

* obliczony dla PS-ów w przybliżeniu równooddalonych od profilu; dla PP'_{60} -0 m i 35,5 m, dla PP'_{170} -2,5 m i 35 m, dla PP'_{15} 2,5 m i 32,5 m, dla PP'_{104} 2,5 m i 32,5 m

Wartości współczynnika tłumienia α wyznaczone dla położenia źródeł blisko końców profili są z reguły większe od wartości tego współczynnika dla źródeł w punktach bardziej oddalonych od końców profili. Wobec tego „skalibrowano” współczynniki tłumienia α , a następnie wyznaczono średnie arytmetyczne zredukowanych funkcji tłumienia z obu stron profilu, które opisują efekt anizotropii ośrodka. Wielkość tą nazwano współczynnikiem anizotropii K_s [5]. Dla zilustrowania zmian anizotropii na terenie badań w Lalikach i Milówce skonstruowano powierzchnie zmienności wartości współczynnika K_s dla tłumienia energii refrakcyjnej fali S. Powierzchnie te zostały skonstruowane przez uśrednienie metodą krigingu wyników obliczeń w układzie dwóch profili dla każdego z terenu badań (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Powierzchnie zmian współczynnika anizotropii K_s znormalizowanego parametru sejsmicznego w układzie dwóch profili dla energii refrakcyjnej fali S dla a) terenu Lalików, b) terenu Milówki [5]

Dla warunków pomiarowych w Lalikach pokazane zmiany współczynnika anizotropii są zgodne z kierunkiem nachylenia powierzchni terenu. Jest to również kierunek w przybliżeniu rozciągłości warstw podłoża fliszowego. Południowo-zachodnia i zachodnia część terenu badań (położona niżej) jest również silniej zawodniona w porównaniu do części północno-zachodniej, położonej wyżej. Zróżnicowane zawodnienie zwietrzeli jest prawdopodobnie głównym czynnikiem obserwacji zmian współczynnika K_s . Zauważono również, że w przypadku parametrów fali S uzyskano dużą rozdzielczość obrazu. Dla terenu Milówki kierunek nachylenia powierzchni sejsmicznych jest w przybliżeniu południowo-wschodni. Kierunek ten jest zgodny z kierunkiem zapadania warstw.

5. Podsumowanie

Tłumienie energii refrakcyjnej fali S jest dobrym parametrem do określania stref zawodnionych, a także anizotropii warstw podłoża. Zarówno w przypadku Lalików jak i dla podłoża fliszowego w Milówce parametr ten był dobrze skorelowany z zapadaniem warstw. Generalnie, wielkość współczynnika tłumienia dla zwietrzeli fliszu karpackiego w Lalikach była większa od wielkości tego współczynnika dla bardzo słabej jakości utworów fliszu karpackiego (serii łupkowej) w Milówce. Funkcja tłumienia pozwoliła wyznaczyć współczynnik K_s jako miarę anizotropii ośrodka. Przedstawione wyniki badań wskazują na przydatność współczynnika tłumienia α do określania warunków propagacji fali i jakości górotworu.

Literatura

- [1] Dokumentacja techniczna budowy drogi ekspresowej II klasy technicznej S-94 Bielsko Biala – Żywiec – Zwardoń, odcinek w Lalikach, część tunelowa, km 21+900 ÷ km 22+700. Mostoprojekt Kraków, 2001.
- [2] Pilecka E. 2002: Geologiczne uwarunkowania w projektowaniu tuneli drogowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia, Wyd. IGSMiE PAN, nr 6, Kraków.
- [3] Pilecki Z., Kłosiński J. 2003: Zastosowanie metody refrakcji sejsmicznej do rozpoznania warunków geologiczno – inżynierskich górotworu w rejonie tunelu drogowego w Milówce, Miesięcznik WUG nr 1, Katowice.
- [4] SeisImager/2D, Introduction and installation, OYO Corporation Tsukuba Technical Research&Development Center.
- [5] Praca zbiorowa po redakcją H. Marcaka i Z. Pileckiego, 2003: Wyznaczanie właściwości utworów fliszu karpackiego metodą sejsmiczną dla potrzeb budownictwa tunelowego. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków.

Preliminary investigation results of attenuation properties of the Carpathian Flysch formations using seismic refraction technique

The preliminary investigation results of attenuation properties in the Carpathian Flysch formations using seismic refraction technique have been presented. The attenuation of S-wave energy was analysed. The results in the form of attenuation function and anisotropy coefficient K_s for S-wave energy have been presented. Usability of attenuation coefficient in determining of wave propagation and rock mass quality have been indicated.