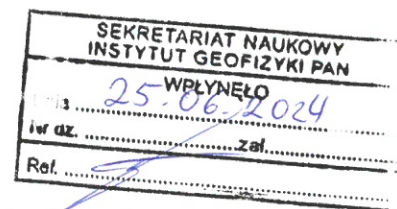


SN.410.3.2024



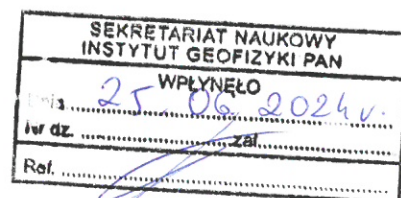
Streszczenie

Kiedy następuje trzęsienie ziemi, nie znamy przyczyn ani sił, które je wywołały. Do określenia mechanizmu trzęsienia ziemi szeroko stosowanym narzędziem jest tensor momentu sejsmicznego (MT). Nieścinające składowe tensora momentu sejsmicznego dla naturalnych trzęsień ziemi mogą informować o niedokładności rozwiązania, ale są istotną częścią mechanizmów wstrząsów indukowanych. Powszechnie stosowaną metodę obliczeń MT jaką jest inwersja amplitud pierwszych wstąpień fal P należy zbadać pod kątem wrażliwości na szeroki zakres czynników. Dla prawidłowego rozwiązania MT istotne są pokrycie azymutalne i szum w zapisach sejsmicznych, ale dokładny wpływ tych czynników na rozwiązanie MT jest nieokreślony. Wiedza o błędach pozwoli na zwiększenie dokładności rozwiązań MT.

W pierwszym etapie badań zostały przeprowadzone testy syntetyczne, gdzie na podstawie założonego mechanizmu generowane były syntetyczne amplitudy, których wartość była zaburzana szumem po czym dokonywano inwersji do MT. Testy zostały przeprowadzone dla czterech sieci założonych w celu monitoringu sejsmiczności antropogenicznej: w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym, kopalni Bogdanka, zbiornikach Song Tranh 2 i Lai Chau. Analizowane były różne mechanizmy oraz poziomy szumu. Następnie sprawdzono czy zastosowanie wysokoczęstotliwościowych danych GNSS w celu zwiększenia pokrycia azymutalnego wpływa na jakość inwersji MT. Wykonano to na przykładzie dwóch wstrząsów o magnitudach $M=3.8$ oraz $M=4$, które wystąpiły w obszarze LGOM i miały dostępne dane GNSS pozwalające na ich użycie w analizie MT. Ostatnim etapem było określenie poziomu wpływu pola pośredniego na amplitudy rejestrowane na stacjach sieci w LGOM i Song Tranh. Badania oparte były na założeniu modelu Haskell'a dla źródła ścinającego i uwzględniały uproszczone pole radiacji.

Przedstawione badania wskazują na istotność znajomości modelu prędkości podczas rozwiązywania MT oraz wskazują cechy modelu, które mogą powodować błędy, takie jak występowanie wstrząsu na granicy warstw lub obecność warstw o niskiej prędkości. Sieci Lai Chau i Song Tranh zapewniają stabilne rozwiązania MT, natomiast sieci kopalni Rudna i Bogdanka nie powinny być wykorzystywane do rutynowej inwersji MT bez szeroko zakrojonych testów zmienności, jak pokazano w tej pracy, lub informacji *in situ* o efektach w wyrobisku. Zaproponowana metoda implementacji dodatkowych danych HR-GNSS wskazuje na użyteczność w przypadku rejestracji w bliskiej odległości wstrząsów powyżej $M=3.5$. Pozwala to na poprawę pokrycia azymutalnego. Badania nad wpływem pola pośredniego wskazują na istotność tego problemu i konieczność dalszych badań w temacie. W przypadku stacji sejsmicznych położonych bliżej niż 10 km od źródła warto wziąć pod uwagę wpływ pola pośredniego. Obie zaprezentowane metody mogą wspierać otrzymywanie dobrej jakości rozwiązań MT dla płytkich zjawisk sejsmicznych obserwowanych w bliskich odległościach, np. w monitoringu wstrząsów wywoływanych przez górnictwo podziemne.

SN.410.3.2024



Abstract

When an earthquake occurs, we do not know the causes or forces which drive the tremor. To determine earthquake mechanism the seismic moment tensor (MT) is a widely used tool. The non-shearing components of the seismic moment tensor for natural earthquakes could inform about the inaccuracy of the solution. However, for induced events non-double-couple components are an important part of the mechanism. The commonly used method of MT calculations for induced seismic events needs to be examined for sensibility for a wide range of factors. Relevant to correct MT solution are azimuthal coverage and noise, but the distinct influence that factors on MT solution is undetermined. Knowledge about possible errors will allow us to improve MT solutions interpretation.

As the first stage of the research, synthetic tests were carried out, where synthetic amplitudes were generated based on the assumed mechanism, and after adding noise, the mechanism was solved. The tests were carried out for four seismic networks established for anthropogenic seismicity monitoring: Legnica-Głogów Cooper District, Bogdanka mine, Song Tranh 2 reservoir and Lai Chau reservoir. Different mechanisms were analysed, from shear to non-DC under noise levels up to 40% of the initial amplitude. As the first way to improve MT inversion, the possibility of implementing HR-GNSS data to increase the azimuth coverage was checked. The analysed data concerned two shocks with magnitudes $M=3.8$ and $M=4$ occurring in the LGCD area. The last stage was to determine the influence of the intermediate field on the amplitudes recorded at stations at different distances from the source based on the networks in LGCD and Song Tranh. The research was based on the assumption of the Haskell model for a shear source and took into account a simplified radiation pattern.

The findings highlight the importance of knowing the velocity model when solving MT and identifying features of the model that can cause errors, like layer boundaries or low-velocity layers. The Lai Chau and Song Tranh networks provide stable and reliable MT solutions, while mine networks Rudna and Bogdanka should not be used for routine MT inversion without extensive tests of variability as shown in this work or *in situ* information. The proposed method of implementing additional data from HR-GNSS demonstrates its usefulness for recording tremors above $M=3.5$ at close distances, which improves azimuthal coverage. Research on the influence of the intermediate field underscores the significance of this issue and the necessity for further investigation. For seismic stations closer than 10 km to the seismic event, it's worth considering intermediate field term influence. Both methods can improve MT solutions for shallow events observed in short distances, like in mine area monitoring.