

Janusz Makówka, Józef Kabiesz**

SPOSÓB ANALIZY PRZYCZYŃ I KONSEKWENCJI WYSTĘPOWANIA ZAGROŻENIA TĄPANIAMI NA PRZYKŁADZIE KOPALNI ČSA

1. Wprowadzenie

Analiza stanu zagrożenia tąpniętami, szczególnie dla wyrobisk chodnikowych, jest problemem trudnym i wymagającym indywidualnego traktowania. Wynika to z większej wrażliwości chodników na dynamiczne oddziaływanie wstrząsów sejsmicznych, mających swe źródło w ich otoczeniu i potencjalnie większych skutków dla pracującej w nich załogi.

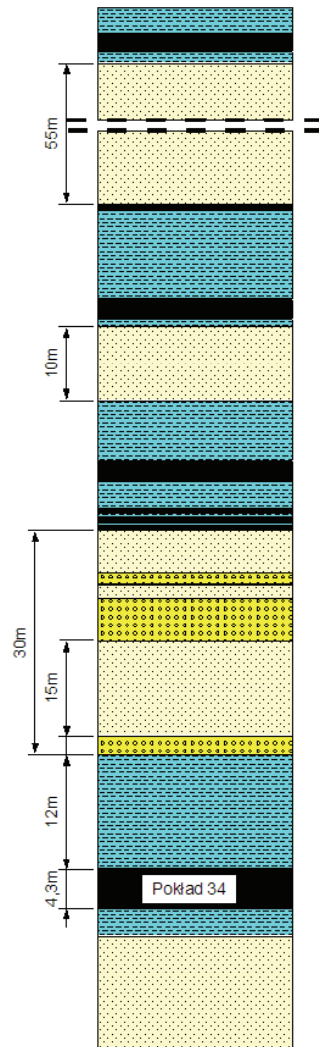
Opracowana w Zakładzie Tępań i Mechaniki Górotworu GIG metoda analizy stanu zagrożenia tąpniętami jest metodą nową, lecz coraz szerzej stosowaną w warunkach górnictwa polskiego i czeskiego, charakteryzującego się podobnymi warunkami geologicznymi.

W przedstawionym przykładzie zadanie polegało na określeniu warunków bezpiecznego prowadzenia robót chodnikowych w sąsiedztwie czynnej eksploatacji ścianowej w kopalni ČSA w Karwinie, w Republice Czeskiej. Według obowiązujących tam przepisów nie jest dopuszczalne zbliżenie się czołem drążonego chodnika na odległość mniejszą niż 80 m do linii zrobów ściany, która jest w ruchu; tymczasem ze względu na konieczność przygotowania do eksploatacji sąsiedniego pola ścianowego konieczne było prowadzenie takich robót. Wcześniejsze wykonanie wyrobisk przygotowawczych było niemożliwe ze względu na natrafienie na uskok lokalny.

2. Kopalnia ČSA — warunki naturalne i górnicze

Pola ściany 50 i ścian sąsiednich znajdują się w filarze zlikwidowanego szybu Doubrava II w 22 partii pokładu 34. Zgodnie z profilem geologicznym dla tego szybu (rys. 1), w stropie pokładu 34 zalega 15 m łupku, a powyżej niego 30-metrowy kompleks piaskowców i zlepieńców, z czego dolna część o grubości 15 m stanowi — według profilu — monolit.

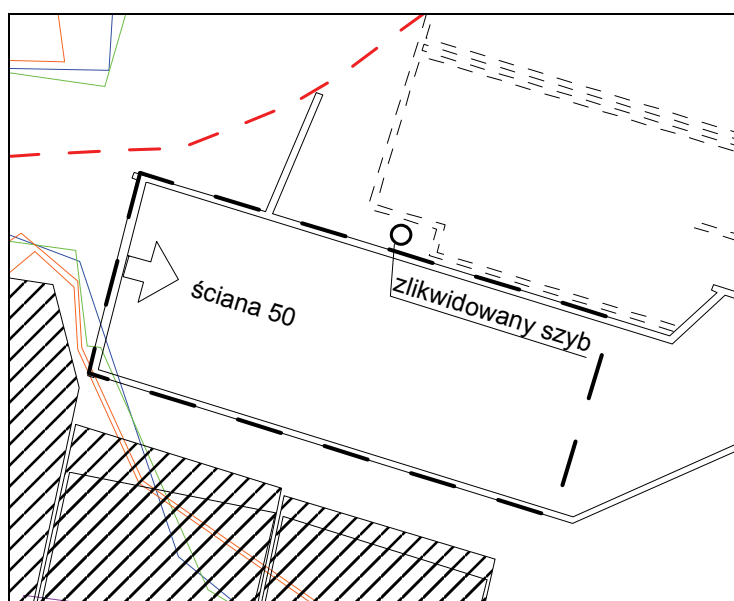
* Główny Instytut Górnictwa, Zakład Tępań i Mechaniki Górotworu, Katowice



Rys. 1. Profil geologiczny otoczenia pokładu 34

Powyżej zalega zespół cienkich warstw łupków i pozabilansowych pokładów węgla oraz pokład 32. Powyżej niego górotwór składa się z cienkich warstw łupków, a nad nim leży 15-metrowa warstwa piaskowca. Powyżej niej, oddzielony około 2-metrową warstwą łupku, znajduje się pokład 31de. Nad pokładem występuje kolejny kompleks cienko uławiczonego górotworu składającego się z pokładów węgla (w tym pokładu 31bc), piaskowców i łupków. Powyżej występują dwie warstwy piaskowca o grubości 32 i 20 m, przedzielone cienką warstwą łupku. W spągu pokładu górotwór zbudowany jest w większości z piaskowców aż do odległego o 130 m pokładu 37.

W filarze szybu Doubrava II nie była dotychczas prowadzona eksploatacja, natomiast na jego obrzeżach eksploatowano 6 pokładów: 31 bc (100 m powyżej pokładu 34), 31de (95 m), 32, (40 m), 34, 37 (140 m poniżej pokładu 34) i 39 (155 m poniżej). Analizowany obszar przecina podwójny układ uskoków przecinających północno-zachodnie naroże filara. Na jeden z uskoków z tego układu natrafił przodek chodnika, który miał stanowić przecinkę kolejnej ściany (rys. 2).



Rys. 2. Mapa rejonu ściany 50 w pokładzie 34

W trakcie eksploatacji prowadzonej w tym rejonie notowano aktywność sejsmiczną. W okresie od początku 2003 roku energia wstrząsów sejsmicznych nie przekraczała rzędu 10^5 J, a najsilniejszy wstrząs miał energię $6,3 \cdot 10^4$ J.

3. Stan górotworu przed eksploatacją i w jej trakcie

Obliczenia ciśnienia pionowego w pokładzie obliczono stosując program SIGMAZ [3] bazujący na charakterystykach oddziaływania krawędzi eksploatacji, określonych przez J. Dubińskiego [2]. Rozkład ciśnienia pionowego na horyzoncie pokładu 34 jest kształtowany głównie przez krawędzie eksploatacji w ścianach zlokalizowanych na południe od pola ściany 50 (rys. 3). W nieznacznym stopniu stan ten jest zmieniany przez oddziaływanie krawędzi eksploatacji dokonanej w pokładach 32 i 37. Pozostałe pokłady leżą w dużych odległościach i nie wpływają na rozkład ciśnienia w pokładzie 34. Rozkład ten, zarówno przed

podjęciem eksploatacji jak i po niej, nie wykazuje występowania obszarów o koncentracji ciśnień w zakresie przekraczającym normalne warunki prowadzenia robót górniczych. Przed rozpoczęciem eksploatacji w polu ściany 50, poza ograniczonymi obszarami w południowo-zachodniej części jego pola w sąsiedztwie rozcinki, nie występowały obszary o podwyższonym w stosunku do naturalnego poziomie ciśnień. Z tego powodu w trakcie postępu frontu ściany strefy koncentracji ciśnienia pionowego będą wynikały jedynie z obecności nowo wytwarzanych krawędzi zrobów.

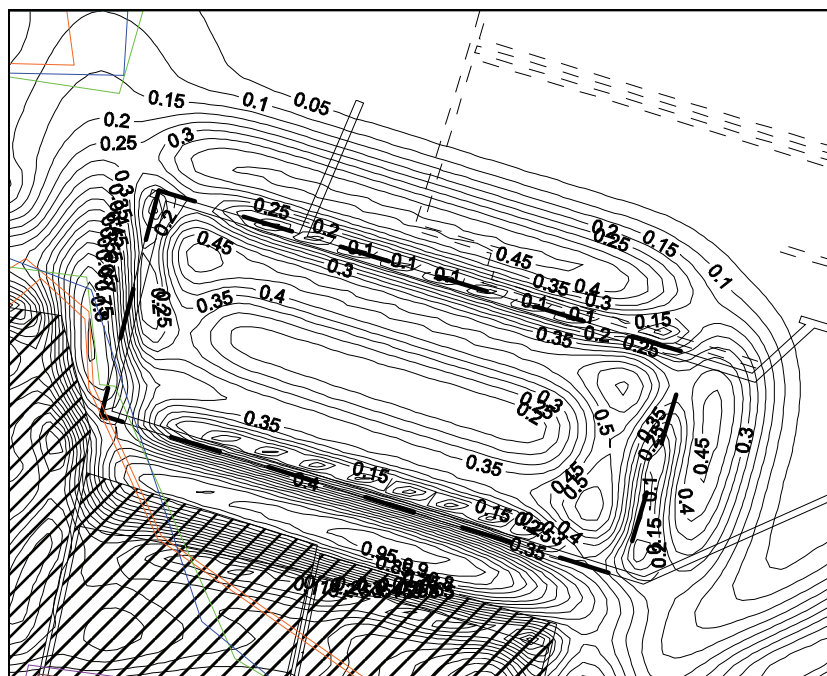


Rys. 3. Rozkład ciśnienia pionowego na horyzoncie pokładu 34

Stan deformacji górotworu w otoczeniu pola ściany 34 obliczono używając programu komputerowego opierającego się na metodzie Budryka–Knothego [5]. Kąt wpływów głównych w górotworze przyjęto w oparciu o badania A. Kowalskiego [4]. Obliczenia wykonano dla trzech horyzontów obliczeniowych, na których występują warstwy piaskowca mogące generować aktywność sejsmiczną. Pierwszy horyzont ustalono na poziomie 665 m, czyli na poziomie stropu 15-metrowej grubości piaskowca zalegającego 15 m nad pokładem 34. Ponad nim występują cieńsze warstwy piaskowców i zlepieńców, które w pewnych okolicznościach, przy dużej wzajemnej kohezji, mogą uginać się wspólnie i kumulować większe ilości energii sprężystej. Drugi horyzont wyznaczono na poziomie 615 m, na którym znajduje się również piaskowiec o grubości 10 m. Blisko nad nim występuje pokład 31de. Trzeci horyzont ustalono na poziomie 550 m pomiędzy dwoma grubymi warstwami piaskowca: zalegający niżej ma grubość 32 m, leżący wyżej — 20 m. Przedzielający je przerost, prawdopodobnie łupkowy, może zanikać i wtedy warstwy mogą tworzyć jeden kompleks, pracujący wspólnie.

Na wszystkich poziomach, w związku z brakiem eksploatacji prowadzonej bezpośrednio pod czy nad polem analizowanej ściany, rozkład deformacji na wybranych trzech horyzontach pokazuje powstawanie normalnej w takiej sytuacji niecki osiadania i wynikającego z tego rozkładu krzywizn.

Rozkład krzywizn na wybranych horyzontach odzwierciedla te spostrzeżenia. Rysunek 4 przedstawia rozkład krzywizn na horyzoncie obliczeniowym 665 m, pozostałe dwa są jakościowo podobne. Wszystkie trzy charakteryzuje wspólna cecha: w części południowej i wschodniej występuje tam złożony stan deformacji, wynikający z wpływu różnych pól eksploatacyjnych, natomiast na północy i wchodzie mamy do czynienia z typowym obrazem deformacji pochodzącym od pojedynczej parceli eksploatacyjnej.



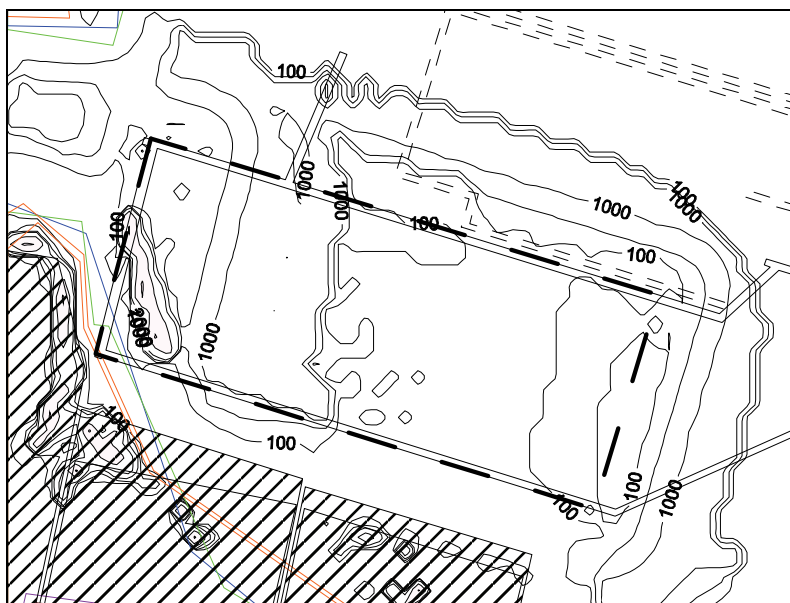
Rys. 4. Rozkład krzywizn [1/km] 35 m nad pokładem 34

Należy zwrócić uwagę na stan deformacji i rozkład krzywizn na horyzoncie 665 m nad obszarem, w którym będą drążone planowane wyrobiska. Jeśli w obszarze tym będzie występować stan bliski utraty stateczności, to wykonywanie chodników może doprowadzić do naruszenia stabilności górotworu i wygenerowania wstrząsu sejsmicznego. W analizowanym przypadku obszar taki obejmuje pas o szerokości około 70 m. Wynika to z zakresu występowania krzywizn o wartościach 0,1 1/km, która to wartość jest prawdopodobną wartością krzywizny krytycznej dla piaskowca leżącego 15 m nad pokładem 34. W pasie tym powinny skupiać się ewentualne działania profilaktyczne.

4. Prognoza energii wstrząsów

Prognozę maksymalnej prawdopodobnej energii wstrząsu wykonano z użyciem metody A. Bilińskiego [1] z modyfikacją polegającą na zastosowaniu rozkładu ciśnienia pionowego w miejsce współczynnika modyfikacji ciśnienia górotworu. Dla określenia prawdopodobnej lokalizacji ognisk wstrząsów dokonywane jest sprawdzenie, w którym miejscu płaszczyzny na analizowanym horyzoncie zachodzi zmiana wartości krzywizny z mniejszej od krytycznej do równej lub większej od krytycznej. Określenie, jaka to jest wartość, dokonywane jest albo na podstawie stwierdzenia odległości płaszczyzn rozwarstwienia *in situ* (np. kamerą introskopową), albo na podstawie analizy aktywności sejsmicznej w analogicznych warunkach górnictwo-geologicznych.

Z punktu widzenia przedmiotu prowadzonej analizy najistotniejszym zagadnieniem jest rozkład stref potencjalnie aktywnych sejsmicznie na najbliższym pokładzie poziomym, czyli na poziomie 665 m. Na rysunku 5 można stwierdzić, że obok stosunkowo małego obszaru występowania wstrząsów najsilniejszych, występują dwie strefy, w których mogą być generowane wstrząsy na poziomie 1,103 J. Jest to obszar leżący w 1/4 wybiegu ściany oraz pas okalający pole ściany od północy i wschodu. W pasie tym wykonana będzie przecinka kolejnej ściany, a potem wzdłuż niego będzie biegł chodnik podścianowy. Z uwagi na najmniejszą odległość pionową od pokładu 34, to ta strefa będzie realnie kształtowała poziom zagrożenia tapaniami podczas drążenia wymienionych wyrobisk.



Rys. 5. Rozkład prognozowanej energii wstrząsu sejsmicznego [J] mogącego powstać podczas eksploatacji

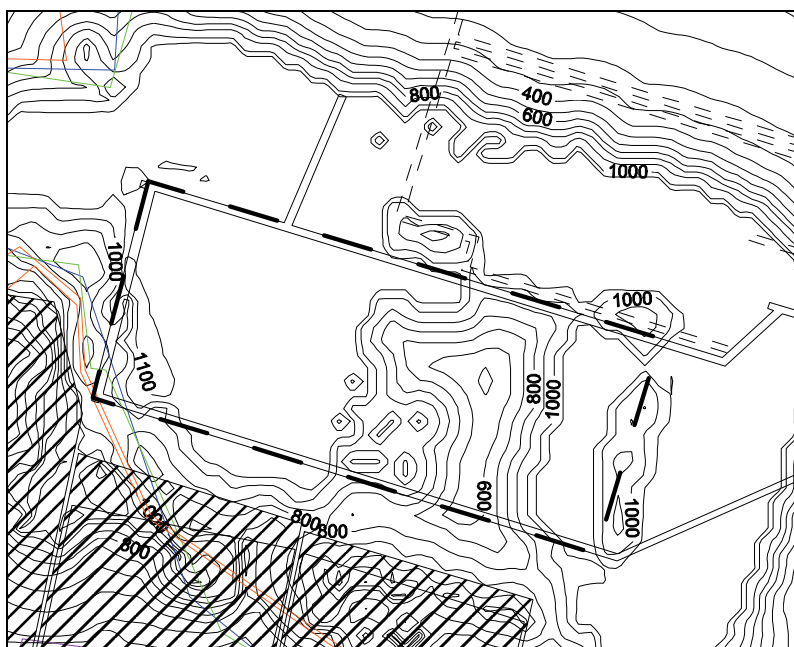
5. Transmisja energii wstrząsu z ogniska do pokładu

Istotnym parametrem świadczącym o poziomie zagrożenia wystąpieniem tąpnięcia jest ilość energii sejsmicznej docierającej ze źródła wstrząsu do określonego punktu w pokładzie. Energia sejsmiczna wstrząsu rozprzestrzenia się w górotworze w formie mechanicznej fali o składowych poprzecznych i podłużnych, ulegając wszystkim właściwym falom mechanicznym procesom. Zależność na gęstość energii w punkcie górotworu charakteryzującym się tłumieniem λ oddalonym o odległość r od ogniska wstrząsu o energii E ma postać [6, 7]:

$$\varepsilon = \frac{E}{\pi \cdot r^{2[-0,667+0,1894 \cdot \log(E)]} \cdot e^{2\lambda r}} \quad (1)$$

Jest to zależność empiryczna i za jej wymiar należy przyjmować wymiar gęstości energii J/m^2 . Obowiązuje ona dla wartości energii wstrząsu większej lub równej $5 \cdot 10^3 J$.

Wyniki obliczeń transmisji energii sejsmicznej przedstawiono w formie mapy izolinii gęstości energii docierającej do określonego punktu w górotworze (wartość maksymalna spośród wartości właściwych dla różnych ognisk wstrząsów). Przedstawiono jedynie gęstości energii docierającej z poziomu 665, gdyż z warstwy zalegającej na tym poziomie jest największa (rys. 6).



Rys. 6. Rozkład gęstości strumienia energii wstrząsu mogącego docierać do pokładu 34

Dla warstwy drugiej (poziom 615 m) maksymalna wartość gęstości strumienia energii nie przekracza 300 J/m^2 , natomiast dla najbardziej odległej warstwy trzeciej (poziom 550 m) wynosi 31 J/m^2 . Rejony, w których te wartości występują, leżą poza obszarem planowanych robót chodnikowych. W analizowanym przypadku, przy założeniu wystąpienia najsilniejszych prognozowanych wstrząsów, wartość gęstości strumienia energii nie przekracza 1200 J/m^2 .

Biorąc pod uwagę wartość kryterialną 1592 J/m^2 , przy której obserwowano wystąpienie tąpnięć, można stwierdzić, że obliczona wartość strumienia energii dla rejonu ściany 50, świadczy o niskim prawdopodobieństwie zaistnienia tąpnięcia.

6. Podsumowanie

Po wykonaniu przedstawionych analiz można stwierdzić, że bezpieczne drażnienie wyrobisk chodnikowych w trakcie biegu ściany 50 w sąsiedztwie jej zrobów jest możliwe.

Opinię taką obwarowano dodatkowymi warunkami:

- podczas eksploatacji pierwszej części pola ściany 50 nie wystąpią wstrząsy o energii większej niż $1,104 \text{ J}$ w sąsiedztwie projektowanego chodnika,
- odległość frontu ściany do czoła drażonego chodnika nie może być mniejsza niż 150 m , mierząc w linii prostej,
- przed czołem ściany 50 zostaną wykonane roboty strzałowe obejmujące górną część piaskowca zalegającego 15 m nad pokładem 34.

Przedstawiona w artykule metoda pozwala w bardziej precyzyjny niż dotychczas sposób określać miejsca najbardziej prawdopodobnego wystąpienia stanu zagrożenia tąpnięciami, co z kolei pozwala bardziej precyzyjnie projektować zabiegi aktywnej profilaktyki tąpniowej.

LITERATURA

- [1] *Biliński A.*: Tąpnięcia w świetle mechaniki górotworu odprężonego. Zeszyty Naukowe AGH, nr 2, 1985
- [2] *Dubiński J.*: Sejsmiczna metoda wyprzedzającej oceny zagrożenia wstrząsami górnictwami w kopalniach węgla kamiennego. Katowice, Prace GIG. Seria dodatkowa, 1989
- [3] *Kabiesz J., Jędrzejec E.*: Analityczno-empiryczna metoda prognozowania pól naprężeń w górotworze. Katowice, Praca n-b GIG o symbolu 2004024BT. 1994 (praca niepublikowana)
- [4] *Kowalski A.*: Określenie zmienności parametru promienia zasięgu wpływów głównych w górotworze z teorii Budryka-Knothe'go na podstawie badań geodezyjnych przemieszczeń pionowych punktów górotworu. Auto-referat pracy doktorskiej. Katowice, GIG 1984
- [5] *Kwiatek J. (red.)*: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Katowice, GIG 1998
- [6] *Makówka J.*: Zagrożenie tąpnięciami jako kryterium zaniechania części pokładu węgla kamiennego. Katowice, GIG, 1999 (praca doktorska)
- [7] *Makówka J.*: Analityczna metoda określania ryzyka związanego z zagrożeniem tąpnięciami. Materiały VIII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Tąpnięcia 2001”. Ustroń, 2001