

Marian MADAJ
Politechnika Śląska, Gliwice

OPTIMALIZACJA SZEROKOŚCI OCHRONNEGO PASA PODPOROWEGO

Streszczenie. Stosując metodę elementów skończonych przeanalizowano skuteczność przyjętych sposobów ochrony chodnika podścianowego J-3 w zależności od szerokości ochronnego pasa podporowego. Jako kryterium oceny jego optymalnej szerokości przyjęto wielkość stref zniszczeń w górotworze otaczającym wyrobisko.

OPTIMALIZATION OF THE WIDTH OF THE ROADSIDE PACK OF THE MAIN GATE

Summary. Using the finite element method has been analyzed efficiency of the protection ways of the main gate J-3 depending on the width of roadside pack. As an criterion of the estimation of the width optimum the size of failure zone in the rock mass has been accepted.

1. Wprowadzenie

Utrzymywanie chodników trzyscianowych ścian zawałowych za frontem eksploatowanej ściany jest rozwiązaniem stosowanym w wielu kopalniach węgla kamiennego. Jest to jedno z trudniejszych zagadnień praktycznych, szczególnie przy eksploatacji pokładów węgla na dużych głębokościach i w trudnych warunkach górniczo-geologicznych. Sposoby utrzymania stateczności chodników przyścianowych zależą w dużej mierze od lokalnych warunków górniczo-geologicznych i doświadczeń praktycznych poszczególnych kopalń [10,12]. Doświadczenia zagraniczne i krajowe w tym zakresie dowodzą, że ochronne pasy podsadzkowe wykonywane z mineralnych materiałów wiążących stanowią najskuteczniejszy

sposób utrzymania ich stateczności, stanowiąc zarazem ważny element profilaktyki pożarowej i metanowej [1,28,10,11].

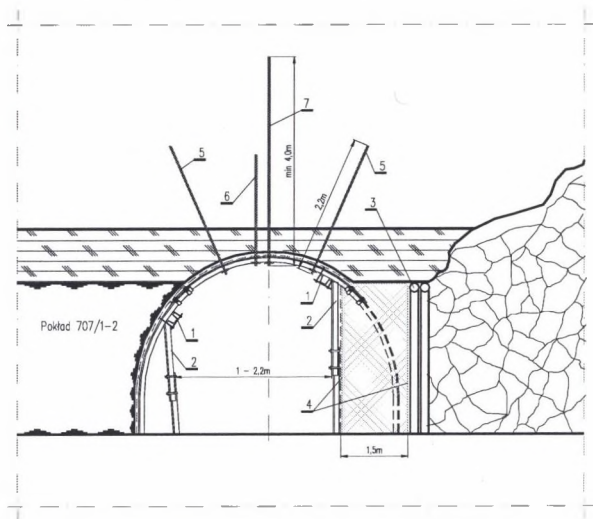
O skuteczności ochronnego pasa podporowego decydują między innymi: jego szerokość, właściwości fizyko-mechaniczne i sposób transportu stosowanego mineralnego materiału wiążącego w warunkach dołowych /pneumatyczny czy hydromechaniczny/. Na przykładzie chodnika podścianowego J-3 na poziomie 1000m w KWK „Anna” przedstawiono wyniki modelowania numerycznego, określające wpływ szerokości ochronnego pasa podsadzkiowego na wielkość stref zniszczeń w górotworze w otoczeniu wyrobiska. Najlepszą oceną skuteczności stosowanej metody prognozowania stateczności wyrobiska korytarzowego jest możliwość jej weryfikacji w warunkach dołowych, tak jak to miało miejsce w chodniku podścianowym J-3 w KWK „Anna”

2. Warunki górniczo-geologiczne

Ściana J-3 w pokładzie 701/1-2 i 707/1-2 + 708 była prowadzona systemem podłużnym z zawałem stropu. Długość ściany wynosiła od 177,0 do 184,0 m. Wysokość średnia ściany dla pokładu 701/1-2 wynosiła 2,4 m, a dla pokładu 707/1-2 + 708 - 3,8 m. Wybieg ściany wynosił 820 m, a nachylenie od 4 – 11 stopni. Chodnik podścianowy J-3 był likwidowany na odcinku od początku wybiegu do powierzchni ścianowej J-4 wraz z postępowaniem ściany. Na odcinku od 670 m do końca wybiegu ściany chodnik podścianowy J-3 był utrzymywany z uwagi na planowane jego powtórne wykorzystanie. Temperatura pierwotna skał w rejonie ściany J-3 wynosiła 31,8 °C. Pokład 707/1-2 i 707/1-2 + 708 zaliczony został do II kategorii zagrożenia metanowego i do II grupy samozapalności. Na wybiegu ściany w rejonie połączenia pokładów 707/1-2 i 708, tj. na odcinku, gdzie łączna miąższość tych pokładów przekraczała zakres pracy obudowy zmechanizowanej, eksploatacja ściany prowadzona była z pozostawieniem warstwy węgla w stropie. Ponadto na wybiegu ściany J-3 występowały zaburzenia geologiczne w formie uskoków o zrzucie do 2,2 m. Eksploatację ściany J-3 rozpoczęto w październiku 2001 r., a zakończono w lutym 2002 r. Średni postęp ściany wynosił 7,5m/d. Kolejna ściana J-4 ruszyła w lutym 2002r, a zakończenie jej eksploatacji nastąpiło w lipcu 2002r.

3. Ochrona chodnika podścianowego J-3

Mając na uwadze doświadczenia uzyskane w trakcie prób utrzymania chodników podścianowych J-2 i J-1 w tym samym pokładzie, szczegółowo przeanalizowano warunki górnico-geologiczne występujące w partii „J” pokładu 707/1-2 i 707/1-2 + 708. Ustalono, że w celu utrzymania stateczności chodnika J-3 wykonywany będzie ochronny i zarazem izolujący zroby pas podsadzkowy ze spoiwa mineralnego Utex-15. Chodnik ten prowadzony był częściowo w pokładzie 707/1-2 oraz w połączonych pokładach 707/1-2 + 708 i miał pełnić funkcję chodnika nadścianowego wentylacyjno-transportowego dla kolejnej ściany J-4. Sposób ochrony chodnika J-3 w połączonych pokładach 707/1-2 + 708 w strefie zagrożeń górnico-geologicznych jest przedmiotem osobnego opracowania, natomiast sposób zabezpieczenia chodnika J-3 w pokładzie 707/1-2 przedstawia rys.3.1



Rys. 3.1. Sposób zabezpieczenia chodnika J-3 w pokładzie 707/1-2;

1 – spięcie szynami lub korytkami prostymi, 2 – stojaki SV, 3 – stojaki organowe, 4 – płótno podsadzkowe + siatka, 5 – przykotwienie odrzwi parą kotew, 6 – kotwienie międzyodrzwiowe, 7 – kotwienie wysokie

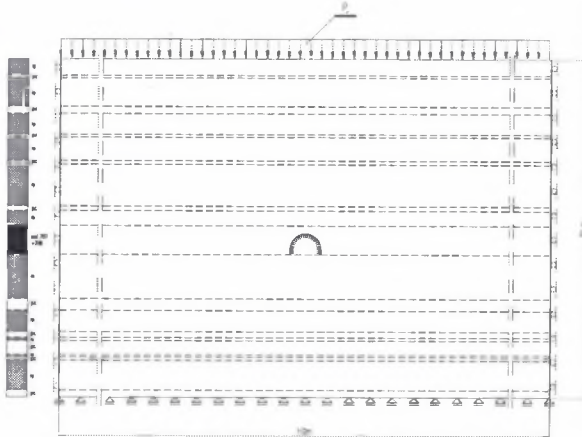
Fig. 3.1. The protection way of the main gate J-3 in the seam 707/1-2;

1-steel /rail/ stringer, 2-friction props, 3-breaker props, 4-screen+roadway system, 5-timbrt frame-bolting, 6,7-roof bolting

Dla przedstawionych powyżej wariantów zabezpieczeń wykonano badania modelowe, obejmujące określenie wielkości stref zniszczeń wokół wyrobiska w zależności od szerokości ochronnego pasa podsadzkowego.

4. Model górotworu

Na podstawie danych górnictwo-geologicznych rejonu chodnika podścianowego J-3 zbudowano numeryczny model górotworu, stanowiący płaską tarczę o wymiarach 100m x 75m (L x H). Stanowi on fizykalne oraz strukturalne odwzorowanie górotworu w rejonie pola eksploatacyjnego ściany J-3 w pokładzie 707/1-2 + 708. Powyżej pokładu węgla zamodelowano kolejno 11 warstw stropowych. Są to naprzemianległe warstwy łupku piaszczystego oraz piaskowca o grubości od 0.5m do 4.3m. Spąg pokładu odwzorowano za pomocą 10 warstw o miąższości od 0.4m do 8.05m. Podobnie jak w przypadku pakietu stropowego spąg tworzą naprzemianległe warstwy łupku piaszczystego oraz piaskowca. Schemat modelu górotworu przedstawia rys. nr 4.1.



Rys. 4.1. Model górotworu
Fig. 4.1. Strata model

Na głębokości 1000 m (głębokość spągu wyrobiska) zamodelowano wyrobisko korytarzowe w obudowie 10ŁP - V25, pełniące funkcję chodnika podścianowego J-3. Bezpośrednim otoczeniem modelowego wyrobiska jest pokład węgla 707/1-2 oraz 708. Prawą część wyrobiska korytarzowego stanowi pole wybierkowe ściany J-3 dla eksploatacji górniczej z zawałem skał stropowych. Skałom tworzącym model górotworu przyporządkowano nieliniowy model sprężysto-kruchy. Wytrzymałość graniczną oraz resztkową opisano warunkiem wytrzymałościowym Hoeka i Browna. Parametry materiałowe warstw wyznaczone zostały na podstawie profilu litologicznego oraz wyników badań laboratoryjnych udostępnionych przez KWK „Anna”. Zakres zmienności parametrów materiałowych warstw skalnych przedstawiono w tab. 4.1. [6, 9]. Właściwości materiałowe

skął do badań modelowych przyjęto na podstawie danych z kopalni, właściwości innych materiałów przyjęto na podstawie literatury [3,4,5,6,11].

Tablica 4.1

Zakres zmienności parametrów warstw

	Zakres zmienności parametrów warstw				
	E_x [MPa]	ν [-]	ρ [kg/m ³]	R_c [Mpa]	R_r [MPa]
Piaskowce	8000÷12000	0,12÷0,15	2400÷2500	60÷70	6÷7
Łupek piaszczysty	6000÷6600	0,13÷0,15	2400÷2450	30÷45	3÷4,5
Węgiel	1100÷1500	0,25÷0,28	1400	16÷28	1,6÷2,8

Obudowę wyrobiska korytarzowego zamodelowano przy użyciu elementów prętowych oraz zespołu sił działających w kierunku prostopadłym do wewnętrznej powierzchni wyłomu wyrobiska (prętów).

Przedstawiony model podzielony został siatką elementów prostokątnych oraz trójkątnych. Budując siatkę elementów modelu górotworu przyjęto zasadę, że punkty węzłowe znajdujące się na skrajnych krawędziach bocznych tarczy mogą przemieszczać się jedynie wzdłuż osi Z (pionowa oś głębokości). Punkty węzłowe, które znajdują się na dolnej krawędzi tarczy, mogą natomiast przemieszczać się jedynie wzdłuż kierunku wyznaczonego przez poziomą oś X. Pozostałe węzły przynależne do modelu mogą swobodnie przemieszczać się w dowolnym kierunku płaszczyzny X-Z [3,4].

Określając warunki brzegowe założono, że wartość pierwotnych naprężeń w górotworze pochodzi jedynie od sił grawitacyjnych. W przypadku górotworu niezaburzonego tektonicznie założenie takie jest warunkiem wystarczającym do określenia początkowych warunków symulowanej eksploatacji.

Poziome naprężenie pierwotne σ_x zostało wyznaczone na podstawie klasycznej teorii sprężystości i stanowi ułamek właściwy naprężenia pionowego (zależny od współczynnika Poissona) [2, 7, 13].

5. Szerokość ochronnego pasa podporowego

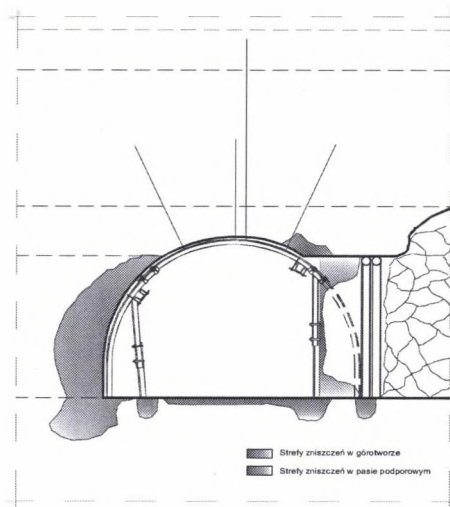
Weryfikacja optymalnej szerokości pasa podporowego polegała na analizie stateczności wyrobiska w trzech wariantach zabezpieczeń:

- wariant I - szerokość pasa $L=1.0\text{m}$,
- wariant II - szerokość pasa $L=1,5\text{m}$,
- wariant III - szerokość pasa $L=2.0\text{m}$.

Na bazie przygotowanych modeli numerycznych przeprowadzona została symulacja eksploatacji górniczej z zawałem stropu. Analizowano zmiany stref zniszczeń w bezpośrednim otoczeniu chronionego chodnika oraz w projektowanym pasie podporowym. Po zasymulowaniu eksploatacji górniczej w prawym skrzydle chodnika J-3 i zbadaniu powstałych zmian dla różnych wariantów modelowego górotworu sformułowano następujące wnioski:

Wariant I - pas podporowy o szerokości 1.0 m

Wykonanie ochronnego pasa podporowego o szerokości 1.0 m w chodniku podścianowym J-3 prowadzonym w pokładzie 707/1-2 spowodowało powstanie w pasie rozległych stref zniszczeń. Strefy te obejmują całą szerokość pasa w jego górnej i dolnej części (rys.5.1.) oraz centralną część pasa po stronie przestrzeni roboczej wyrobiska. Głębokość tych stref wynosi odpowiednio ok. 0.75m w strefach górnej i dolnej oraz 0.3m w jego środkowej części. Wielkość powstałych zniszczeń spowoduje prawdopodobnie utratę stabilności pasa oraz wpłynie niekorzystnie na obudowę podporową chodnika podścianowego. Należy przyjąć, że szerokość pasa podporowego 1.0 m będzie niewystarczająca do skutecznego chronienia rozpatrywanego wyrobiska.

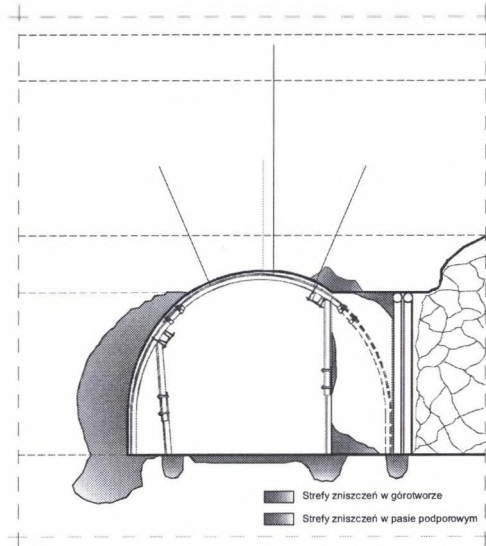


Rys. 5.1. Strefy zniszczeń w pasie podporowym o szerokości 1m /chodnik 41 w pokładzie 707/1-2/
Fig. 5.1. Failure zones in the roadside pack 1.0 m width/ the main gate 41 in the seam 707/1-2/

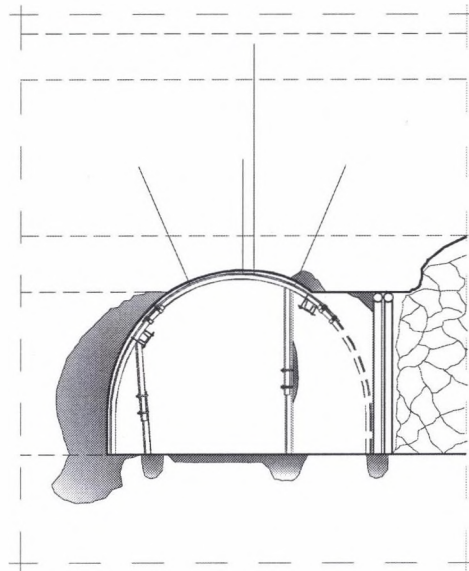
Wariant II - pas podporowy o szerokości 1.5m

W przypadku chodnika J-3 wykonanego w pokładzie 707/1-2 prowadzona eksploatacja górnicza spowodowała powstanie niewielkich stref zniszczeń w narożach pasa podporowego (rys.5.2.). Głębokość uszkodzeń naroży pasa wynosi ok. 0.4 m. W środkowej części pasa

podporowego po stronie przestrzeni roboczej wyrobiska odnotowano również niewielką strefę zniszczeń, której głębokość dochodzi do 0.1 m. Pozostała część pasa podporowego pozostaje nienaruszona. Można więc stwierdzić, że ochronny pas podporowy ze spoiwa mineralnego UTEX-15 szerokości 1.5 m może stanowić skuteczny sposób zabezpieczenia chodnika podścianowego J-3.



Rys. 5.2. Strefy zniszczeń w pasie podporowym o szerokości 1.5 m /chodnik 41 w pokładzie 707/1-2/
 Fig. 5.2. Failure zones in the roadside pack 1.5 m width /the main gate 41 in the seam 707/1-2/



Rys. 5.3. Strefy zniszczeń w pasie podporowym o szerokości 2.0 m /chodnik 41 w pokładzie 707/1-2/
 Fig. 5.3. Failure zones in the roadside pack 2.0 m width /the main gate 41 in the seam 707/1-2/

Wariant III - pas podporowy o szerokości 2.0 m

Przeprowadzona symulacja komputerowa wykazała, że prowadzona eksploatacja w pokładzie 707/1-2 nie spowoduje istotnych zmian w pasie podporowym o szerokości 2.0 m (rys.5.3.). Jedynie w środkowej części pasa podporowego po stronie przestrzeni roboczej wyrobiska odnotowano nieznaczne strefy zniszczeń, których głębokość nie przekracza kilku centymetrów. Strefy te nie mają jednak większego wpływu na stabilność pasa podporowego. Pozostała część pasa podporowego zostaje nienaruszona.

6. Wnioski końcowe

1. Badania modelowe oraz ich analiza numeryczna wykazały, że obliczona i praktycznie stosowana szerokość ochronnego pasa podporowego wynosząca 1,5 m ze spoiwa mineralnego Utex-15 razem z pozostałymi zabezpieczeniami stanowi skuteczny sposób utrzymania stateczności chodnika podścianowego J-3 w pokładzie 707/1-2. [fot. 6.1].



Fot. 6.1. Fragment chodnika podścianowego J-3 w pokł.707/1-2 na poz.1000 m w KWK „Anna” chronionego pasem podporowym o szerokości 1,5 m

Fig. 6.1. View of the main gate J-3 in the seam 707/1-2 located at the depth of 1000 m protected by mineral roadside pack 1,5 m width in the “Anna” colliery

2. Przy założeniu szerokości ochronnego pasa podsadzowego równej 1.0 m, wykonane badania modelowe oraz ich analiza wykazały, że powstałe strefy zniszczeń w pasie podporowym spowodują całkowitą utratę jego stateczności.
3. Zastosowanie pasa podporowego o szerokości 2.0 m stanowi również skuteczny sposób zabezpieczenia wyrobiska, jednak większa szerokość pasa podporowego nie wpływa na

znaczne zmniejszenie się stref zniszczeń wokół chodnika J-3. Zwiększenie szerokości pasa powyżej 1.5 m wpłynie jedynie na zwiększenie kosztów stosowanego zabezpieczenia.

4. Wyniki badań modelowych znalazły potwierdzenie w warunkach dołowych „in situ”. Chodnik podścianowy J-3 na poziomie 1000 m został utrzymany w pełnej funkcjonalności ruchowej dla kolejnej ściany J-4.

LITERATURA

1. Chudek M., Madaj M., Majchrzak R., Klimas W.: Spoiwa mineralne do wykonywania ochronnych pasów podsadzkowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych. Ostrawa 1995r. Materiały konferencyjne.
2. Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt centralny nr 956/61, Wydawnictwo Pol. Śl. Gliwice 1981.
3. Drzęzła B., Wesołowski M.: Określenie stref deformacji w górotworze w czasie rozruchu wyrobiska ścianowego. Część I: Ogólne zasady numerycznego modelowania górotworu. Zesz. Nauk. Pol. Śl. seria Górnictwo, z. 239, Gliwice 1999.
4. Filcek H., Walaszczyk J., Tajduś A.: Metody komputerowe w geomechanice górniczej. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
5. Głuch P.: Sposoby wzmacniającego oddziaływania obudowy na masyw skalny. Zesz. Nauk. Pol. Śl. seria Górnictwo, z. 239, Gliwice 2000.
6. Kidybiński A.: Podstawy Geotechniki Kopalnianej. „Śląsk” Katowice 1982.
7. Kłeczek Z.: Geomechanika górnicza. Śląskie Wydawnictwo Techniczne. Katowice 1994.
8. Madaj M.: Pasy podsadzkowe ze spoiw mineralnych jako element profilaktyki pożarowej”. Seminarium – Wybrane aspekty profilaktyki pożarowej w kopalniach-Teoria i praktyka. NOT-SITG, Rybnik-Chwałowice, 2000r.
9. Kwaśniewski M., Wang J.: Analiza numeryczna deformacji górotworu wywołanych eksploatacją górniczą. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej’96. Kraków 1996.
10. Madaj M., Majchrzak R., Klimas W., Wesołowski M.: Dobór optymalnego sposobu ochrony chodnika przyścianowego ściany zawałowej w świetle badań numerycznych. Ustroń 2001. Materiały Konferencyjne.
11. Król R., Madaj M.: Mineralne spoiwa górnicze Utex-1, Utex-5, Utex-15. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, Katowice 1/96.
12. Madaj M., Jeziorny L.: Ochrona chodników przyścianowych wysokich ścian zawałowych za pomocą pasów podsadzkowych na przykładzie kopalni „Warndt-Luisenthal” – Zagłębie Saary”, VII Międzynarodowe Sympozjum Geotechnika 96’, Ustroń – Gliwice 1996. Materiały Konferencyjne.
13. Wesołowski M.: Wybrane aspekty modelowania numerycznego ruchów górotworu pod wpływem eksploatacji podziemnej i jej oddziaływania na obiekty. Praca doktorska (niepublikowana), Gliwice 2001.

Abstract

One of more difficult practical problem in Polish coal mines is the stability of the main gates of the longwalls with roof caving. The protection way depends on mining and geological local conditions. Foreign and national experiences of this range show that the roadside packs made of mineral binding materials are the most efficient way to hold their stability. Efficiency of the protection by the roadside pack depends among other things on its width. Using finite element method it was analyzed efficiency of the protection of the main gate J-3 depending on the width of roadside pack. As efficiency criterion of each type of protection way of the main gate J-3 on level 1000 m in the “Anna” colliery the size of failure zones in the rock mass has been accepted.