

Piotr KOŁODZIEJCZYK
Politechnika Śląska, Gliwice

OKREŚLENIE SZEROKOŚCI FILARA NA BAZIE OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiona została optymalizacja szerokości filara ochronnego rozdzielającego bliźniacze wyrobiska korytarzowe przy wykorzystaniu metody elementów skończonych. Jako kryterium oceny przyjęto wielkość stref zniszczeń powstałych wokół bliźniaczych wyrobisk korytarzowych. Kryterium takie pozwoli ocenić wyniki obliczeń zarówno pod kątem wentylacji, jak i zagrożenia tąpnięciami.

WIDTH DESIGNATION OF PROTECTING PILLAR ON THE BASE NUMERICAL ESTIMATIONS

Summary. In this article the most favourable width of the protecting pillar (which divides the identical dog headings using the methods of finite elements) is being represented there. The dimension of destruction sphere arised round the identical dog headings is being taken into consideration as a valuation criterion. Such criterion will allowed to evaluate the calculation outcome both from the point of view of the ventilation and the danger of rock bursts.

1. Wstęp

Bardzo istotnym zagadnieniem z punktu widzenia praktyki górniczej jest określenie optymalnych gabarytów filara ochronnego rozdzielającego bliźniacze wyrobiska korytarzowe. W aspekcie zagrożenia tąpnięciami filar taki powinien być możliwie wąski, tak by naprężenia spowodowały zniszczenie jego struktury lub też bardzo szeroki, tak by nie powodował on koncentracji naprężeń stwarzających zagrożenie tąpnięciami. Wąski filar powodować będzie migrację powietrza pomiędzy sąsiadującymi wyrobiskami, z kolei bardzo szeroki pas węgla oddzielający wyrobiska oznacza większe straty w pokładzie. W pracy wykorzystując metodę

elementów skończonych podjęto próbę wyznaczenia optymalnych gabarytów takiego filara. Jako kryterium oceny przyjęto wielkość stref zniszczeń powstałych wokół bliźniaczych wyrobisk korytarzowych. Kryterium takie pozwoli ocenić wyniki obliczeń zarówno pod kątem wentylacji, jak i zagrożenia tapaniami.

2. Model górotworu

Model górotworu, na podstawie którego prowadzona będzie analiza numeryczna, stanowi płaską tarczę o wymiarach 100 m w kierunku poziomym oraz 60 m w kierunku pionowym. Na głębokości 600 m zamodelowano dwa prostokątne wyrobiska górnicze o szerokości 4 m i wysokości 3 m. Odległość pomiędzy wyrobiskami wynosi w zależności od wariantu obliczeniowego od 5 do 20 m.

Obudowę wyrobisk korytarzowych zamodelowano przy użyciu zespołu sił działających w kierunku prostopadłym do wewnętrznych krawędzi wyłomu wyrobiska.

Bezpośrednim otoczeniem wyrobiska jest pokład węgla o grubości 3 m. Strop pokładu stanowi 11 naprzemianległych warstw łupku piaszczystego oraz piaskowca o miąższości od 0.5 m do 4 m. Spąg pokładu odwzorowano przy pomocy 9 warstw o miąższości od 0.5 m do 5.5 m. Podobnie jak w przypadku pakietu stropowego, spąg tworzą naprzemianległe warstwy łupku piaszczystego oraz piaskowca. Schemat modelu górotworu przedstawiono na rysunku 1.

Parametry wytrzymałościowe warstw skalnych przyjęte do obliczeń zestawiono w tabeli nr 1 [2, 4].

Tabela 1

Parametry wytrzymałościowe warstw

	Ex [MPa]	ν [-]	ρ [kg/m ³]	Rc [MPa]	Rr [MPa]	k [MPa]	ϕ [stopnie]
Piaskowiec	10000	0.15	2450	85	7	16	31
Łupek piaszczysty	6000	0.12	2570	75	6.25	10	27
Węgiel	2200	0.28	1400	22	1.6	4.5	22

Warstwom tworzącym model górotworu przyporządkowano model sprężysto-kruchy opisany warunkiem wytrzymałościowym Coulomba – Mohra:

$$f_1 = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) + \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)\sin\rho - k\cos\rho = 0$$

lub warunkiem największego naprężenia rozciągającego [4]:

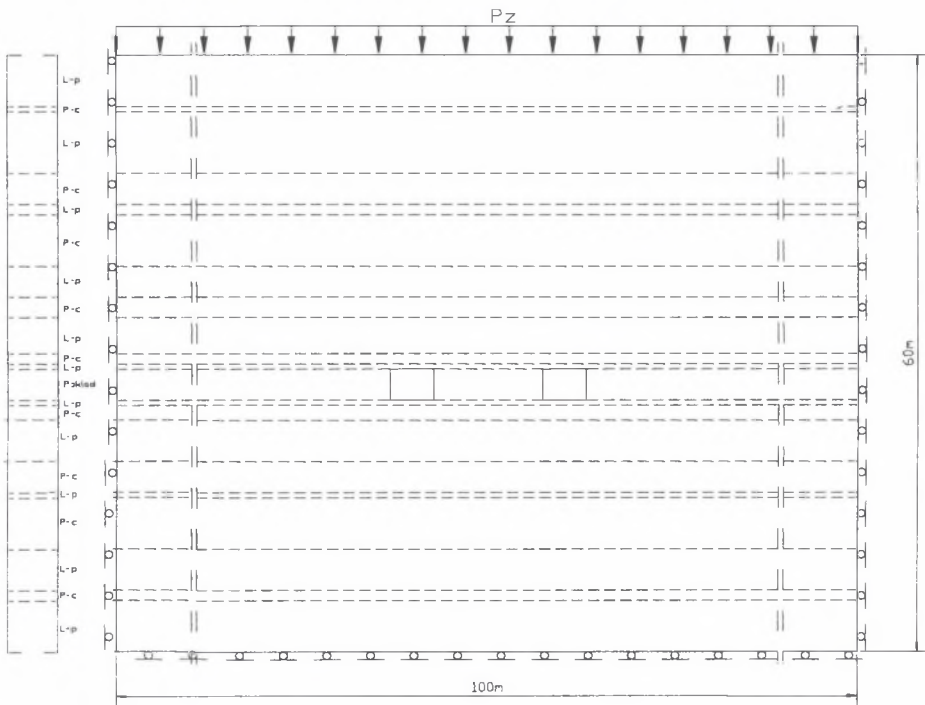
$$\sigma_{3\min} = -\sigma_T$$

gdzie:

k - kohezja,

ρ - kąt tarcia wewnętrznego,

σ_T - wytrzymałość graniczna na jednoosiowe rozciąganie.



Rys.1. Schemat modelu górotworu

Fig. 1. Schematic diagram of the rock mass model

Przedstawiony powyżej 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 [1, 5].

Określając warunki brzegowe założono, że górna krawędź modelu obciążona będzie ciśnieniem pionowym $P_z=16$ [MPa], wynikającym z głębokości górnej krawędzi modelu w górotworze. Wartość pierwotnych naprężeń pionowych σ_z w tarczy powiększona została o ciężar warstw budujących model. Poziome naprężenie pierwotne zostało wyznaczone zgodnie z klasyczną teorią sprężystości i stanowi ułamek właściwy naprężenia pionowego (zależny od współczynnika Poissona). W przypadku górotworu niezaburzonego tektonicznie, założenie takie jest warunkiem wystarczającym do określenia początkowych warunków symulacji komputerowej [3, 6].

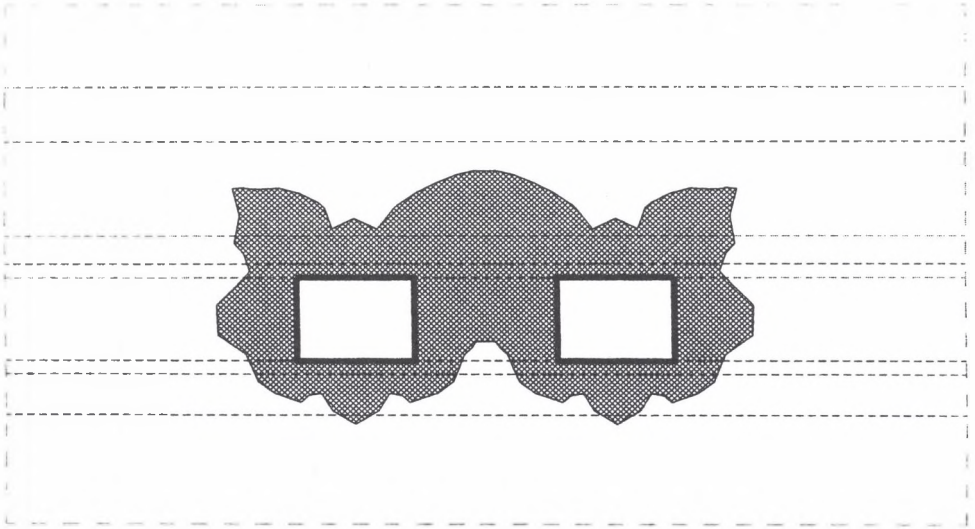
3. Wyniki obliczeń

Opierając się na przedstawionym powyżej modelu przeprowadzono analizę numeryczną wytyczenia górotworu dla różnych szerokości filara oddzielającego rozpatrywane wyrobiska. Symulacja komputerowa obejmowała cztery warianty obliczeń:

- wariant I - szerokość filara 5 m,
- wariant II - szerokość filara 10 m,
- wariant III - szerokość filara 15 m,
- wariant IV - szerokość filara 20 m.

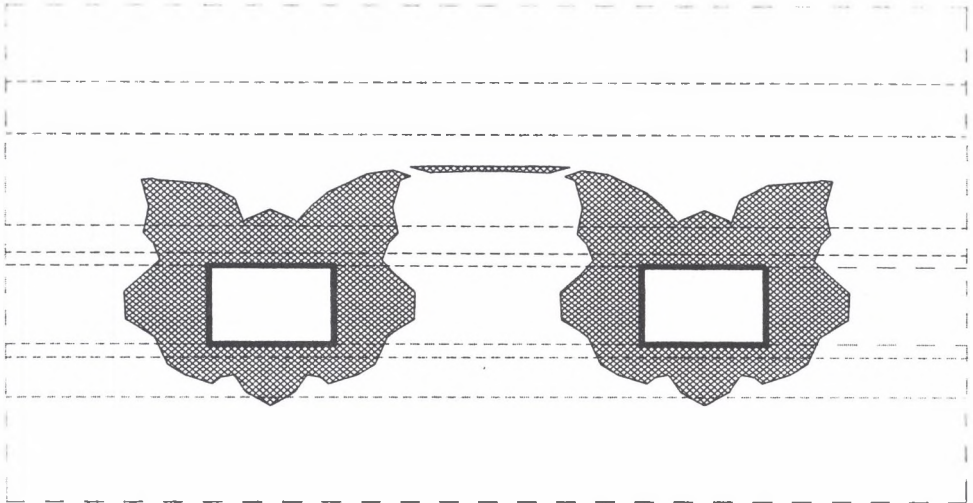
Na bazie uzyskanych wyników obliczeń sformułowano następujące wnioski:

Wariant I. Przeprowadzone obliczenia numeryczne wykazały, że cała szerokość filara ochronnego oddzielającego rozpatrywane wyrobiska uległa zniszczeniu. Strefy wyznaczonych zniszczeń obejmują również warstwy stropowe do wysokości ok. 4 m nad filarem węglowym. Stosunkowo niewielka odległość pomiędzy wyrobiskami oraz utrata stateczności filara ochronnego wpływa również w istotny sposób na zniszczenia ociosów węglowych obydwu wyrobisk. Wyznaczone zniszczenia w ociosach wyrobisk wynoszą ok. 3 m. W spągu wyrobisk strefy zniszczeń sięgają do głębokości ok. 3 m. Ze względu na tak rozległe strefy zniszczeń oraz całkowitą utratę stateczności przez filar węglowy można wnioskować, że rozpatrywane wyrobiska korytarzowe ulegną poważnym deformacjom zagrażającym ich funkcjonalności. Schemat stref zniszczeń wyznaczonych dla wariantu I przedstawia rys.2.



Rys. 2. Schemat zniszczeń wokół wyrobisk oraz w filarze węglowym o szerokości 5 m

Fig. 2. Schematic diagram of destructions round the rock masses and into the coal pillar, which is 5 meters wide



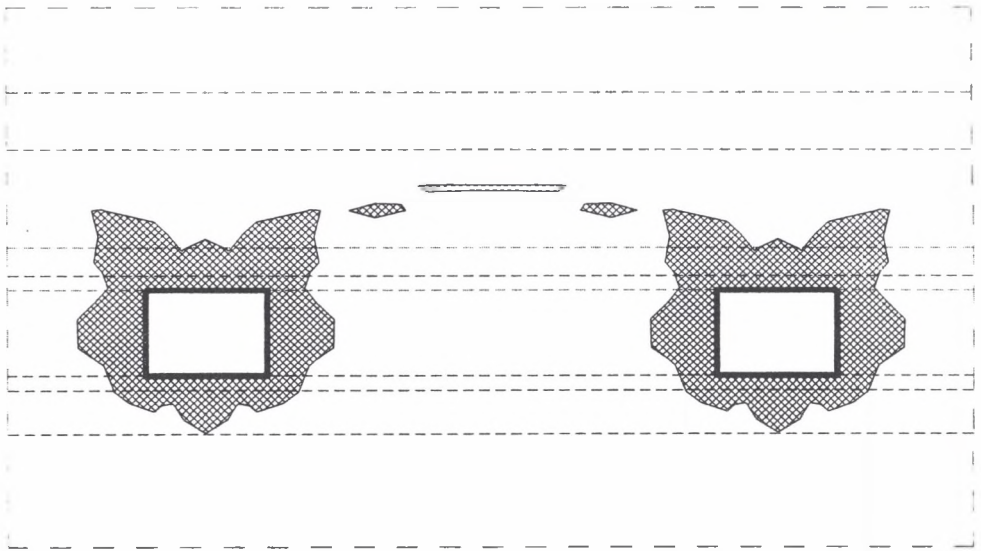
Rys. 3. Schemat zniszczeń wokół wyrobisk oraz w filarze węglowym o szerokości 10 m

Fig. 3. Schematic diagram of destructions round the excavations and into the coal pillar, which is 10 meters wide

Wariant II. Zwiększenie szerokości filara węglowego oddzielającego rozpatrywane wyrobiska do szerokości 10 m powoduje nieznaczną redukcję stref zniszczeń ociosowych do ok. 2.7 m. W stopie oraz spągu wyrobiska wyznaczone zniszczenia są zbliżone do wariantu I. W przypadku filara węglowego zniszczenia obejmują jedynie jego skrajne części do głębokości ok. 3 m. Środkowa część filara pozostaje nienaruszona. Ze względu

na konieczność utrzymania wyrobisk przyjęta szerokość filara jest zadowalająca. Ze względu na zagrożenie tapaniami nienaruszona część filara może być jednak przyczyną tąpnięcia ociosowego. Ponad filarem w warstwach stropowych wystąpiły oddzielne strefy zniszczeń, które mogą być przyczyną migracji powietrza pomiędzy wyrobiskami. Schemat stref zniszczeń wyznaczonych dla wariantu II przedstawia rys.3.

Wariant III. W przypadku pozostawienia pomiędzy wyrobiskami filara węglowego o szerokości 15 m redukcji ulegają przede wszystkim strefy zniszczeń spągowych do 1.5 m oraz stropowych do ok. 2 m. Nieznacznie zmniejszyły się również zniszczenia w ociosach wyrobisk, które wynoszą ok. 2.5 m. Jednakowe wielkości stref zniszczeń w ociosach oraz w filarze świadczyć mogą o dostatecznie dużej szerokości filara węglowego dla zapewnienia pełnej stateczności wyrobiskom korytarzowym. Ponad filarem występują jednak nadal zniszczenia mogące powodować przepływ powietrza w górotworze. Zniszczenia wyznaczone dla wariantu III przedstawia rys.4.

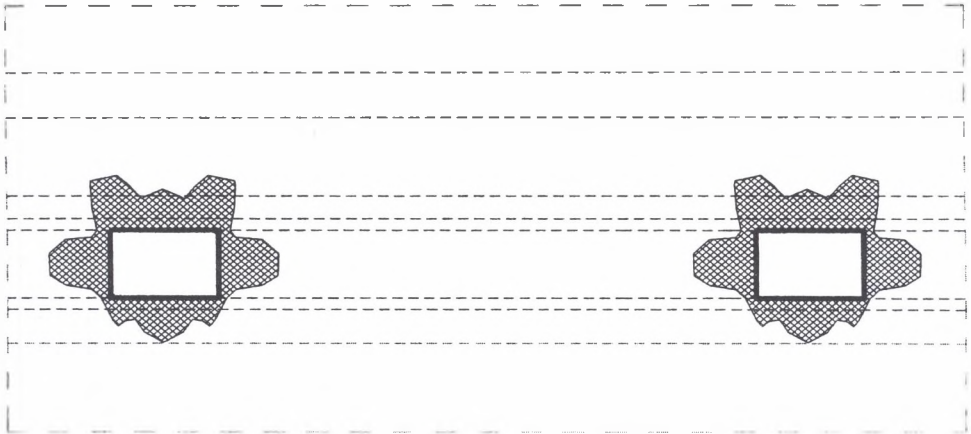


Rys. 4. Schemat zniszczeń wokół wyrobisk oraz w filarze węglowym o szerokości 15 m
 Fig. 4. Schematic diagram of destructions round the excavations and also into the coal pillar, which is 15 meters wide

Wariant IV. Dalsze zwiększenie szerokości filara węglowego do 20 m wpłynęło jedynie na zmniejszenie zniszczeń w stropie wyrobisk. Wynoszą one obecnie ok.1.8 m. Pozostałe strefy zniszczeń wokół wyrobisk w porównaniu do wariantu III nie uległy zmianie.

Zwiększenie szerokości filara węglowego do 20 m spowodowało natomiast całkowity zanik zniszczeń nad filarem węglowym. Można zatem sądzić, że ze względu na stateczność

wyrobisk oraz zjawisko migracji powietrza przez szczeliny spękań filar taki będzie wystarczająco skutecznym zabezpieczeniem. Schemat stref zniszczeń wyznaczonych dla wariantu IV przedstawia rys.5.



Rys. 5. Schemat zniszczeń wokół wyrobisk oraz w filarze węglowym o szerokości 20 m
Fig. 5. Schematic diagram of destructions round the excavations and into the coal pillar, which is 20 meters wide

4. Podsumowanie i wnioski

Celem przeprowadzonej analizy numerycznej była ocena wielkości i rozkładu stref wytyżeń w górotworze w zależności od szerokości filara węglowego oddzielającego dwa wyrobiska korytarzowe. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski końcowe:

1. Z uwagi na zachowanie stateczności przez wyrobiska korytarzowe najbardziej niekorzystnym rozwiązaniem jest wygrodenie filara ochronnego o szerokości poniżej 10 m. Wyznaczone strefy zniszczeń tym przypadku wpłyną w istotny sposób na deformacje obudowy wyrobisk, co prawdopodobnie spowoduje całkowitą utratę ich stateczności.
2. Ze względu na zagrożenie tąpnięciami najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest stosowanie filarów węglowych o szerokościach poniżej 5 m lub powyżej 20 m. W przypadku filara o szerokości 5 m wyznaczone strefy zniszczeń obejmują całą jego szerokość, co wyklucza możliwość wystąpienia tąpnięć ociosowych. W przypadku

filarów o szerokościach powyżej 20 m odnotowano najmniejsze strefy zniszczeń, co świadczy o redukcji naprężeń w filarze węglowym.

3. Z uwagi na aspekt wentylacyjny najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie filarów odgradzających o szerokości ok. 20 m. Brak stref zniszczeń ponad filarem węglowym uniemożliwia przepływ powietrza pomiędzy wyrobiskami.

LITERATURA

1. Filcek H., Walaszczyk J., Tajduś A.: Metody komputerowe w geomechanice górniczej. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
2. Kidybiński A.: Podstawy geotechniki kopalnianej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.
3. Kłęczek Z.: Geomechanika górnicza. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
4. Kwaśniewski M., Wang J.: Symulacja komputerowa eksploatacji pokładu węgla systemem ścianowym z zawalem stropu, II. Zachowanie się uskoku poddanym wpływom eksploatacji. Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Górnictwo z. 221, Gliwice 1994.
5. Wesołowski M. i inni: Sposób wyznaczania trwałych zniszczeń w calźnie węglowej powstających w trakcie eksploatacji. Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Górnictwo z. 221, Gliwice 1999.
6. Wesołowski M.: Wybrane aspekty modelowania numerycznego ruchów górotworu pod wpływem eksploatacji podziemnej i jej oddziaływania na obiekty. Praca doktorska (niepublikowana) Gliwice 2001.

Recenzent: Prof. Pedro Riesgo Fernandez

Abstract

In this article the most favourable width of the protecting pillar (which divides the identical dog headings using the methods of finite elements) is being represented there. The dimension of destruction sphere arised round the identical dog headings is being taken into consideration as a valuation criterion. Such criterion will allowed to evaluate the calculation outcome both from the point of view of the ventilation and the danger of rock bursts.