

Mirosław Chudek, Stanisław Duży**

GEOTECHNICZNE PROBLEMY UTRZYMANIA WYROBISK KORYTARZOWYCH W ZŁOŻONYCH WARUNKACH GEOLOGICZNO-GÓRNICZYCH

1. Wprowadzenie

Prowadzenie eksploatacji górniczej powoduje konieczność wykonania szeregu wyrobisk korytarzowych udostępniających i przygotowawczych. Wyrobiska te zwykle wykonuje się z odpowiednim wyprzedzeniem i utrzymuje do zakończenia wybierania złoża w danym polu eksploatacyjnym. W trakcie użytkowania wyrobisk, wskutek prowadzonych robót górniczych, często znacznym zmianom ulegają warunki utrzymania stateczności wyrobisk powodujące ich zaciskanie, deformacje obudowy, jej uszkodzenie, a nawet zniszczenie. W takich sytuacjach obserwuje się występowanie trudności w realizacji procesów technologicznych oraz wzrost zagrożenia dla pracujących tam ludzi.

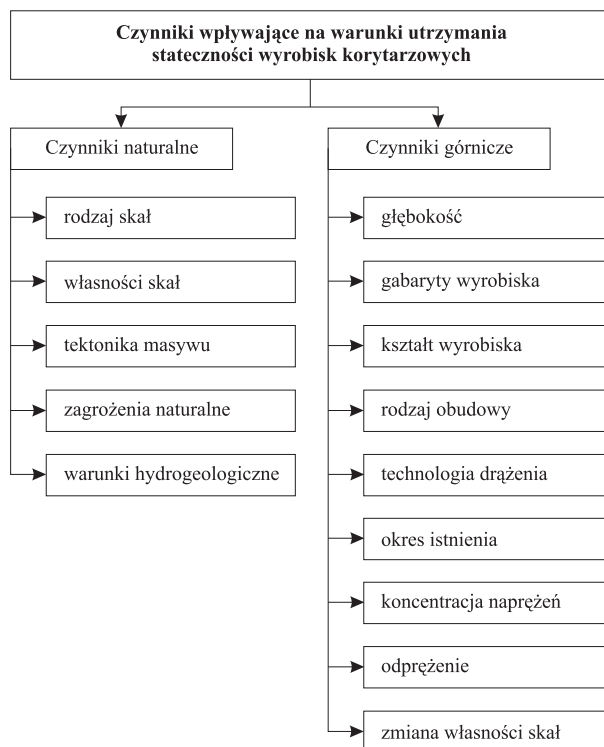
W celu minimalizacji zagrożenia wyrobiska występowaniem niekorzystnych zjawisk w praktyce stosuje się rozwinięte metody projektowania oraz różne działania zmierzające do poprawy warunków utrzymania stateczności wyrobisk. Aby właściwie dobrać sposób zabezpieczenia wyrobiska, konieczna jest znajomość przyczyn zaistniałej sytuacji. W warunkach wyrobisk korytarzowych w kopalniach podziemnych na zachowanie się wyrobisk w czasie wpływa szereg czynników, które nie zawsze są możliwe do zidentyfikowania już na etapie projektowania wyrobiska.

2. Czynniki decydujące o warunkach utrzymania stateczności wyrobisk

Wyrobiska górnicze wykonywane są w górotworze zbudowanym z niejednorodnego materiału skalnego, często poddanego oddziaływaniu dodatkowych czynników wynikają-

* Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice

cych z działalności górniczej w jego rejonie. Stan taki powoduje, że zjawiska towarzyszące wykonywaniu i utrzymywaniu wyrobisk korytarzowych charakteryzują się znaczną różnorodnością.



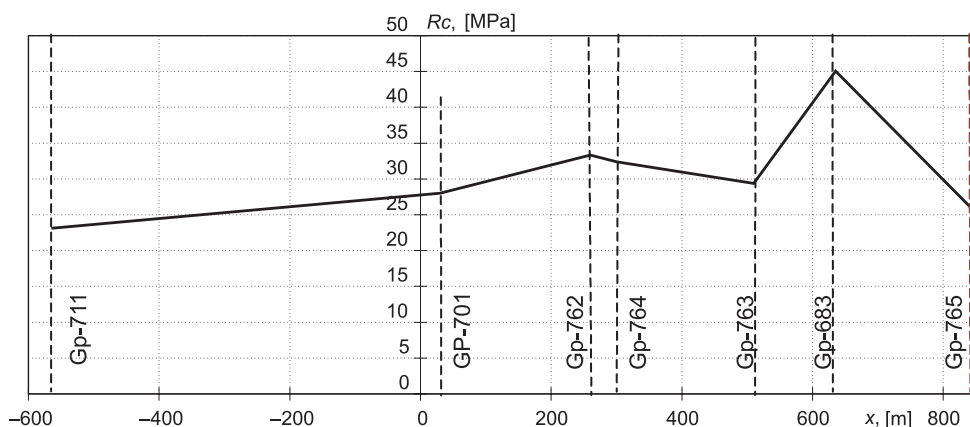
Rys. 1. Czynniki wpływające na warunki utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych

Wymienione na rysunku 1 czynniki wskazują na możliwość ich występowania w różnych układach i kombinacjach. Za złożone uważa się takie warunki geologiczno-górnice, w których występuje nagromadzenie niekorzystnych z punktu widzenia stateczności wyrobisk czynników powodujących konieczność stosowania nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych lub innych działań profilaktycznych. W praktyce do warunków tych zalicza się takie, w których występuje nietypowa budowa geologiczna górotworu (np. własności skał i ich zmienność, zaburzenia tektoniczne itp.), zwiększone wartości naprężeń i przemieszczeń (wpływ krawędzi eksploatacyjnych, resztek pokładów, wstrząsów górotworu, wpływ czynnego frontu eksploatacyjnego itp.) [3, 4].

Podstawowymi danymi przyjmowanymi w procesie doboru obudowy są informacje o budowie geologicznej górotworu, które opierają się najczęściej na wynikach wierceń badawczych oraz obserwacji w trakcie prowadzenia innych robót górniczych w analizowa-

nym rejonie. W oparciu o analizę zebranych materiałów opracowuje się profil charakterystyczny i w przypadku gdy na wybiegu wyrobiska obserwuje się znaczne różnice w budowie geologicznej górotworu, wprowadza się podział wyrobiska na odcinki [7].

Dla skał budujących masyw w obrębie profilu charakterystycznego przyjmuje się własności wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Własności te przyjmują z reguły różne wartości, nawet w obrębie tej samej warstwy. Dla uzasadnienia tego stwierdzenia na rysunku 2 przedstawiono przykładowy wykres kształtowania się wytrzymałości na ściskanie skał w otoczeniu wyrobiska w oparciu o badania penetrometryczne, które wskazują na zmienność wytrzymałości skał na ściskanie wzdłuż wybiegu wyrobiska sięgającą 100%, podczas gdy stosowane powszechnie w kopaniach węgla kamiennego metody doboru obudowy dopuszczają odchylenie nie przekraczające 10% wartości średniej [5].



Rys. 2. Wykres kształtowania się wytrzymałości na ściskanie skał wzdłuż wybiegu wyrobiska

Własności skał mogą ulegać zmianie również w ujęciu czasowym. Prowadzenie w rejonie wyrobiska robót górniczych powoduje tworzenie się pól naprężeń i przemieszczeń, które wywoływać mogą przekroczenie w skałach stanu granicznego i w efekcie trwałe zmiany własności skał [1]. Wykorzystując te doświadczenia, w pracy [5] przy ustalaniu własności wytrzymałościowych skał wprowadzono współczynniki uwzględniające wpływ zaszczości eksploatacyjnych na własności skał otaczających projektowane wyrobisko.

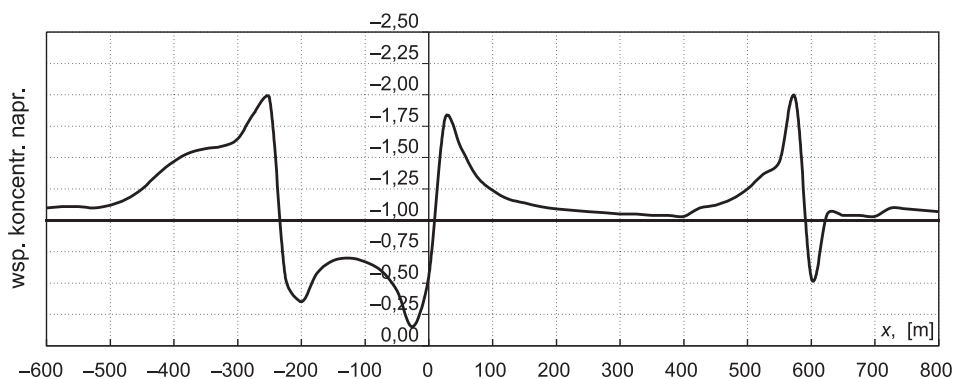
W praktyce projektowej dobór obudowy wyrobisk korytarzowych, w przeważającej części stosowanych metod, dokonuje się w oparciu o wytrzymałość skał na ściskanie lub rozciąganie. Stosowanie tych metod wprowadza trudności nie tylko w doborze obudowy, ale i w uzasadnieniu obserwacji zachowania się wykonywanych i utrzymywanych wyrobisk korytarzowych. Na podstawie doświadczeń w kopalniach można wskazać przypadki, w których wyrobisko zlokalizowane w skałach o małej wytrzymałości na ściskanie zachowuje stateczność przy zabezpieczeniu go określoną konstrukcją obudowy, podczas gdy wyrobisko zlokalizowane na podobnej głębokości, o tych samych gabarytach i podobnych warunkach

kach górniczych w skałach o czasem wielokrotnie większej wytrzymałości, ulega nadmiernym deformacjom. Stąd wynika konieczność stosowania rozwiniętych metod doboru obudowy, które uwzględnić będą również własności odkształceniowe górotworu.

Wieloletnie obserwacje zachowania się wyrobisk korytarzowych w kopalniach wykazują, że obok własności wytrzymałościowych istotny wpływ na zachowanie się górotworu w otoczeniu wyrobiska ma sztywność warstw. Warstwy sztywne przy niewielkich przemieszczeniach ulegają pękaniu i w większym stopniu tracą swoją nośność niż warstwy o mniejszej sztywności, które nawet w przypadku wystąpienia znacznych przemieszczeń zachowują swoją nośność [9].

Analizując budowę geologiczną górotworu jako czynnika wpływającego na złożoność warunków utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych, należy uwzględnić również tektonikę masywu. W powszechnie stosowanych metodach uwzględnia się podzielność masywu, jego szczelinowatość, nachylenie warstw oraz oddziaływanie uskoków. Pomija się tak istotny czynnik, jak sfałdowanie. Przeprowadzone analizy wykazały, że w rejonie fałdu w masywie skalnym występuje inny rozkład naprężeń powodujący trudności w utrzymaniu stateczności wyrobiska [1, 8].

Na warunki utrzymania stateczności wyrobisk górniczych, obok warunków naturalnych, znaczący wpływ mają warunki górnicze. Wyrobiska korytarzowe zlokalizowane w polach eksploatacyjnych narażone są na wpływy krawędzi eksploatacyjnych, resztek pokładów, czynnego frontu eksploatacyjnego czy wstrząsów górotworu. Wymienione czynniki powodują występowanie stref koncentracji naprężeń i pól zwiększonych przemieszczeń tworzących lokalnie zmienne warunki utrzymania stateczności wyrobisk.

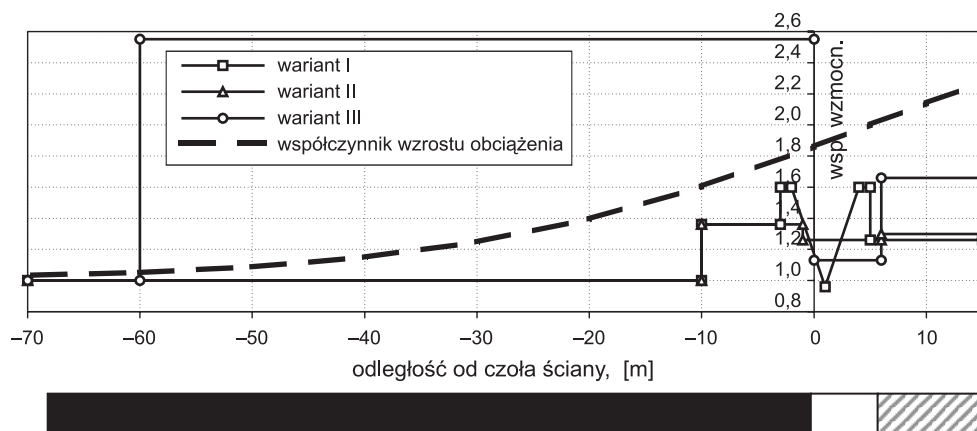


Rys. 3. Rozkład naprężeń pionowych w górotworze w rejonie projektowanego wyrobiska

Na rysunku 3 przedstawiono rozkład stref koncentracji naprężeń i odprężenia wzdłuż wybiegu wyrobiska korytarzowego [9]. Jako miarę wpływu zaszczości eksploatacyjnych przyjęto współczynnik koncentracji naprężeń pionowych będący stosunkiem naprężeń pionowych w górotworze z uwzględnieniem warunków górniczych do pierwotnych naprężeń

pionowych. Na podstawie przedstawionego układu stref koncentracji naprężeń i odprężenia na tle projektowanego wyrobiska należy stwierdzić, że przy doborze obudowy wyrobiska konieczny jest jego podział na odcinki charakterystyczne oraz zróżnicowanie na nich konstrukcji obudowy.

Z punktu widzenia warunków utrzymania stateczności wyrobisk górniczych jednym z najtrudniejszych przypadków jest wpływ czynnego frontu eksploatacyjnego. W takim przypadku wyrobisko poddane jest zmiennym w czasie oddziaływaniom górotworu, które powodując trwale zmiany w masywie skalnym, zmieniają warunki jego stateczności. Szczególnie jest to widoczne w przypadku utrzymywania chodników przyścianowych, w których ze względów technologicznych konieczne jest naruszenie konstrukcji obudowy. Zmiana konstrukcji obudowy na poszczególnych odcinkach chodnika powoduje zmienną nośność konstrukcji i nie zawsze jest w stanie zabezpieczyć wyrobisko przed jego nadmiernym zaciskaniem [7].



Rys. 4. Kształtowanie się obciążenia obudowy i jej nośności w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą

Na rysunku 4 przedstawiono kształtowanie się obciążenia obudowy i jej nośności w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą dla trzech wariantów konstrukcji obudowy:

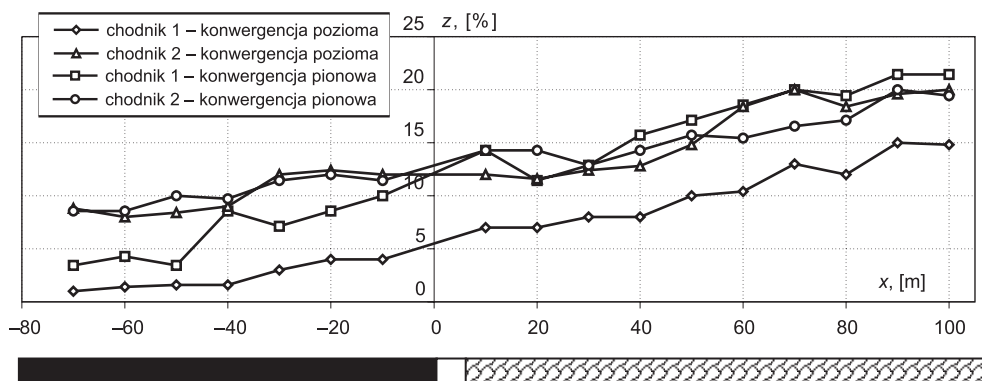
- wariant I — obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej z koniecznością wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona podciągami stalowymi oraz stojakami;
- wariant II — obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej bez konieczności wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona podciągami stalowymi oraz stojakami;

wariant III — obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej z koniecznością wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona przez przykotwienie łuku stropnicowego do górotworu.

3. Przykład zachowania się wyrobisk korytarzowych w strefie wpływów czynnego frontu eksploatacyjnego

Analizy zachowania się wyrobisk przygotowawczych w strefie wpływów eksploatacji górniczej dokonano na podstawie zachowania się dwóch chodników. Chodniki wykonane były w obudowie ŁP-9 z kształtownika V-29. Odległość między odrzwiami w chodniku 1 wynosiła 1,0 m, a w chodniku 2 — 0,75 m. W rejonie chodnika 1 grubość pokładu wynosiła ok. $1,6 \div 1,8$ m, a chodnika 2 — $2,5 \div 3,6$ m. W stropie chodników występowały głównie iłowce z przerostami mułowców i piaskowców, natomiast w spągu — iłowce.

W rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą obudowę ŁP wzmocniono za pomocą podciągu stalowego z kształtownika V-29 lub szyny S-24 minimum 10 m przed czołem ściany i za linią zawału. Ponadto od strony calizny łuk stropnicowy wzmocniony był za pomocą podciągu stalowego. Podciąg ten lub odrzwia obudowy, z którymi był połączony, były podbudowane stojakami typu Valent. Ponadto od strony eksploatowanej ściany budowano na styk i zakładkę podciąg kroczący podparty stojakami SHC. Wzmocnienie obudowy chodników za frontem eksploatacyjnym realizowano poprzez utworzenie od strony zawałowej ochronnego i izolacyjnego pasa podsadzkowego wykonanego ze skały płonnej. Skała płonna w wykonywanym pasie wypełnia przestrzeń pomiędzy rzędem łamaczy a ponownie zabudowanym łukiem ociosowym obudowy ŁP. W omawianych chodnikach prowadzone były pomiary ich zaciskania na odcinku od około 70 m przed do około 100 m za czołem ściany. Wyniki pomiarów zaciskania wyrobiska przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wykres zaciskania chodników przyścianowych w zależności od odległości od czoła ściany

Przedstawione wyniki pomiarów wskazują na wpływ różnicy sztywności warstw masywu skalnego na przebieg zaciskania poziomego wyrobiska. W chodniku 2 grubość pokładu była znacznie większa, co przy podobnych własnościach skał stropowych i spagowych oraz tym samym sposobie zabezpieczenia wyrobisk uwidoczniło się w wielkości i przebiegu zaciskania poziomego wyrobiska.

4. Podsumowanie

Dobór obudowy dla wyrobisk korytarzowych uwzględnia szereg czynników naturalnych i górniczych, jednak w znaczny sposób upraszcza rzeczywistość. Praktyka projektowa wykazuje, że większość wyrobisk udostępniających i przygotowawczych w kopalniach węgla kamiennego znajduje się w złożonych warunkach geologiczno-górniczych, na które składają się m.in.:

- duża głębokość lokalizacji;
- duży przekrój poprzeczny wyrobiska;
- stosunkowo wysoka zmienność własności wytrzymałościowych i odkształceniowych warstw górotworu, co w warunkach rozwiniętego systemu spękań powoduje występowanie wzmożonych i nierównomiernych obciążeń obudowy;
- długi okres istnienia wyrobisk sprzyjający rozwojowi strefy spękań w ich otoczeniu;
- zaburzenie stanu naprężenia w górotworze wynikające z występowania licznych krańdźwi eksploatacyjnych oddziaływających na analizowane wyrobiska;
- stosunkowo duża miąższość eksploatowanych pokładów;
- liczne zagrożenia naturalne.

Ocena stateczności wyrobisk korytarzowych w złożonych warunkach geologiczno-górniczych musi zatem być wykonywana dla poszczególnych odcinków wyrobiska uwzględniających kombinacje poszczególnych czynników decydujących o warunkach utrzymania wyrobisk. Konstrukcja obudowy oraz inne działania profilaktyczne mające na celu zabezpieczenie wyrobiska powinny odpowiadać warunkom panującym w rejonie analizowanego odcinka wyrobiska i w odpowiednim czasie.

Wykonywanie wzmocnień obudowy dotyczy w ujęciu czasowym przede wszystkim dodatkowych zabezpieczeń chodników przyścianowych przed frontem ściany. Obserwacje zachowania się wyrobisk przyścianowych wskazują jednoznacznie, że stosowane wzmocnienia obudowy winny być wykonywane z większym wyprzedzeniem w odniesieniu do czoła ściany, niż jest to stosowane powszechnie. Wzmocnienie obudowy winno wyprzedzać czasowo w określonym przekroju chodnika pojawienie się ciśnienia eksploatacyjnego.

LITERATURA

- [1] *Chudek M.*: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Gliwice, Wyd. Politechniki Śląskiej 2002
- [2] *Chudek M.*: Obudowa wyrobisk górniczych. Cz. I. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych. Katowice, Wyd. „Śląsk” 1986

- [3] *Chudek M., Duży S., Kleta H., Iwaszczenko W.*: Ocienka wozmożnosti prodolženija gornych robot w rajonie charakterizujuszczimsia powysiennoj opasnostiu wozniknowienija gornych udarow. Wisti Donieckogo Girmiczogo Institutu, Bceieukrainskij Naukowo-Technicznyj Žurnał Girmiczogo Profiliu, nr 1, 2004, 71–73
- [4] *Chudek M., Duży S., Kleta H.*: Geomechanické podminky hodnoceni stability dólnich del umistenych v obtižnych hornicko-geologických podminkách – polske poznatky a zkušeni. Uhli. Rudy geologický průzkum, no 5, 2001, 23–27
- [5] *Chudek M., Duży S., Kleta H., Kleczek Z., Stoiński K., Zorychta A.*: Zasady doboru i projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych i ich połączeń w zakładach górnichych wydobywających węgiel kamienny. Gliwice – Kraków – Katowice, Wyd. Katedry Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej 2000
- [6] *Duży S.*: Utrzymanie stateczności chodników przyscianowych w strefie wpływu czynnego frontu eksploatacyjnego w świetle przeprowadzonych badań. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, nr 4, 2001, 8–16
- [7] *Duży S.*: Własności wytrzymałościowe skał a badania dla potrzeb doboru obudowy wyrobisk. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 8(96), 2002, 13–17
- [8] Praca zbiorowa: Dobór obudowy przecinki ściany 9 w pokładzie 405/2 ze szczególnym uwzględnieniem czasu istnienia wyrobiska. Gliwice, KGBPiOP, Politechniki Śląskiej 2002 (praca niepublikowana)
- [9] Praca zbiorowa: Techniczno-technologiczne rozwiązania poprawy stateczności wyrobisk korytarzowych utrzymywanych za postępowaniem ścian uwzględniając warunki górnico-geologiczne KWK „Pniówek” oraz ich aspekty ekonomiczne. Katowice, 2002 (praca niepublikowana)