ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: GÓRNICTWO z. 138 Nr kol. 840

Józef ULIASZ
Piotr BAŃKA
Wiesław PIECHA
Wojciech SZYMICZEK
Jerzy SZYMIK

ZMIANY NAPRĘŻENIA PRZED CZOŁEM DRĄŻONEGO CHODNIKA WĘGLOWEGO OKREŚLONE IN SITU

Streszczenie. W pracy podano wyniki badań dołowych zmian naprężenia przed czołem chodnika drążonego za pomocą roboty strzelniczej. Zmiany naprężenia określono czujnikiem elektrooporowym o dużej sztywności.

1. WPROWADZENIE

Stateczność wyrobisk korytarzowych jest podstawowym elementem zespołu warunków zapewniających górnikom bezpieczną pracę. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w przypadku występowania zagrożenia tąpaniami. W tym przypadku miejscem szczególnie zagrożonym jest przodek wyrobiska korytarzowego. Stateczność skał w przodku jest funkcją ich własności fizycznych i panującego pola naprężenia w otoczeniu przodka. Rozkład naprężenia określić można analitycznie, na drodze badań modelowych oraz na drodze badań in situ. Badania teoretyczne jak i modelowe obciążone są błędami wynikającymi z różnicy między przyjmowanymi modelami górotworu a rzeczywistą sytuacją górniczą. Rozwiązaniem najbardziej odpowiednim jest pomiar w konkretnym przodku konkretnego górotworu, tylko na tej drodze można określić rzeczywisty stan mechaniczny jaki występuje w otoczeniu powierzchni przodku. Znanych jest szereg metod określania stanu naprężenia górotworu w warunkach kopalnianych [1]. Przyjęta metoda spełniać musi warunki ilościowego określenia stanu naprężenia. Warunki te spełnia metoda pomiarowa oparta na stosowaniu czujnika o dużej sztywności, jest to rozwiązanie w postaci tzw. inkluzji "twardej".

2. OPIS METODY OKREŚLANIA ZMIANY STANU NAPRĘŻENIA

W górotworze występuje trójosiowy stan naprężenia o składowych σ_x, σ_y, σ_z, τ_{xy}, τ_{yz}, τ_{zx}, tak więc dla określania tensora naprężenia należy wyprowadzić co najmniej sześć równań. Rozwiązanie konstrukcji czujnika o

dużej sztywności, którym określić można sześć składowych stanu naprężenia, jest obecnie prawie niemożliwe. Dlatego też stosuje się pewne uproszczenia w rachunku, które są logicznie uzasadnione. Prowadząc badania w górotworze uspokojonym przyjąć można, że czujnik mierzący płaski stan odkształcenia będzie powodował nieduży błąd w określaniu stanu naprężenia. Błąd ten dla węgla o wartości współczynnika Poissona 0,2 wyniesie nie więcej niż 5%, jest to błąd wynikający z pominięcia naprężenia działającego w kierunku osi czujnika. Jak wynika z badań, skały karbońskie, w tym węgiel, wykazują się anizotropię własności właściwą ośrodkom transwersalnie izotropowym. Ośrodki takie wykazują izotropię własności w płaszczyźnie uwarstwienia, wielkość anizotropii określona jest wskaźnikiem k_E

$$k_E = \sqrt{\frac{E_{\parallel}}{E_{\perp}}}, \qquad (1)$$

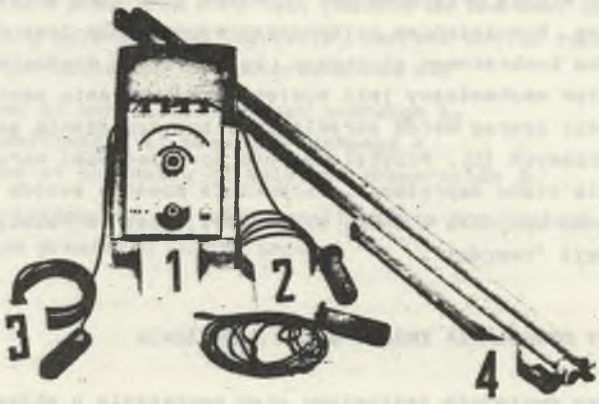
gdzie:

$E_{\parallel}$ i $E_{\perp}$ - moduły sprężystości podłużnej skał określone dla kierunków odpowiednio równoległego i prostopadłego do płaszczyzny uwarstwienia.

Dla $k_E < 1,5$ skały traktowane są jak ośrodki o słabej anizotropii. Przyjmując, że skała jest ośrodkiem izotropowym wynik obciąży się błędem 6-8%.

3. OPIS STOSOWANEJ METODY OKREŚLANIA ZMIAN NAPRĘŻENIA

W pracy niniejszej do pomiarów zastosowano metodę opartą na czujniku o dużym module Younga, tzw. metodę inkluzji twardej. Konstrukcja czujnika oraz technologia pomiarów opracowana została przez J. Uliasza. Aparatura pomiarowa pokazana została na rys. 1.



Rys. 1

Czujnik pomiarowy wykonano z mieszaniny epidianu i węglika krzemu. Czujnik zawiera trzy tensometry elektrooporowe w układzie rozety "delta" mierzącej odkształcenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi czujnika. Tensometr kompensacyjny umieszczono wewnątrz czujnika. Końcówki tensometrów połączono w gwiazdę i podłączono do pięciożyłowego przewodu.
Wymiary czujnika wynoszą: ϕ 38 mm a długość 180 mm.
Umieszczenie czujnika w otworze odbywa się za pomocą żerdzi zalewając uprzednio otwór taką samą substancją, z której czujnik jest wykonany.
Zastosowana w czujniku rozeta "delta" składa się z trzech tensometrów nachylonych wzajemnie pod kątem 60°.
Tensometr poziomy mierzący odkształcenia wzdłuż osi poziomej y oznaczono literą A, tensometr tworzący z osią poziomą kąt 60° oznaczono literą B, trzeci tensometr nachylony do osi poziomej pod kątem 120° oznaczono literą C. Zmierzone odkształcenia oznaczono odpowiednio ε_A, ε_B, ε_C.
Wydłużenia główne wyznaczono ze wzorów:

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{3}(\varepsilon_A + \varepsilon_B + \varepsilon_C) \pm \frac{\sqrt{2}}{3}\sqrt{(\varepsilon_A - \varepsilon_B)^2 - (\varepsilon_B - \varepsilon_C)^2 + (\varepsilon_C - \varepsilon_A)^2} \quad (2)$$

Kąt φ pomiędzy osią poziomą y a osią 1 wydłużenia głównego ε_1 określono ze wzoru:

$$tg2\varphi = \frac{\sqrt{3}(\varepsilon_B - \varepsilon_C)}{2\varepsilon_A - (\varepsilon_B + \varepsilon_C)} \quad (3)$$

Naprężenia główne wynoszą:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2) \quad (4)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_2 - \nu\varepsilon_1) \quad (5)$$

4. OKREŚLENIE ROZKŁADU NAPRĘŻENIA PRZED CZOŁEM PRZODKA CHODNIKOWEGO

Pomiary prowadzone były przed czołem przodka chodnika podścianowego ściany VI E1 w pokładzie 620/1-2 na poziomie 600 m w kopalni "RYDUŁTOWY". Pokład 620/1-2 o miąższości 2,0-3,3 m i nachyleniu $3-6^{o}$, eksploatowany systemem ścianowym podłużnym na podsadzkę suchą, zaliczony został do II stopnia zagrożenia tąpaniami.

Powyżej tego pokładu przeszło 10 lat temu wyeksploatowano na zawał pokłady: 615/1 o miąższości 1,0 m w odległości 180 m oraz pokład 613/3 o miąższości 1,0 m w odległości 210 m.

W spągu pokładu zalega łupek szary o grubości 2,3 m, w stropie łupek ciemnoszary o grubości 6,2 m, a wyżej piaskowiec drobnoziarnisty i łupek piaszczysty. Chodnik, w którym prowadzono pomiary (prowadzony w obudowie ŁP-8, wyprzedzał ścianę o 22 m), zlokalizowany jest na głębokości 600 m. Przodek urabiany był za pomocą materiałów wybuchowych, odpalano ok. 9,5 kg MW.

Czujnik został założony na głębokości 9,5 m. Pierwszy pomiar przeprowadzono po upływie 24 godzin od zainstalowania czujnika i przyjęto go jako bazowy. Od każdego następnego pomiaru odejmowano wartość uzyskaną w pomiarze bazowym.

Stałe materiałowe węgla z pokładu określono po pobraniu prób z warstwy, w której umieszczony został czujnik, w Laboratorium Mechaniki Górotworu przy KWK "Marcel" w Wodzisławiu Śl. Próby wycięte w postaci sześcianu o boku 5 cm poddawano obciążeniom prostopadle i równolegle do obciążenia. Otrzymano wartości:

$E_{\perp} = 2585$ MPa,

$E_{\parallel} = 1898$, MPa,

$\nu_{\perp} = 0{,}21$,

$\nu_{\parallel} = 0{,}19$.

Wartość współczynnika anizotropii wynosi $k_E = 1{,}2$ i spełnia warunek $K_E < 1{,}5$ - pokład można traktować jako ośrodek izotropowy. Na podstawie zmierzonych w czujniku odkształceń obliczono naprężenia. Przejścia na naprężenia w otoczeniu otworu dokonano na podstawie wzorów [2] :

$$\sigma_1 = \frac{k(\varkappa+2) + \varkappa_o}{2k(\varkappa+1)}\sigma_{10} + \frac{\varkappa_o - 2 - k(\varkappa-2)}{2k(\varkappa+1)}\sigma_{20} \tag{6}$$

$$\sigma_2 = \frac{\varkappa_o - 2 - k(\varkappa-2)}{2k(\varkappa+1)}\sigma_{10} + \frac{k(\varkappa+2) + \varkappa_o}{2k(\varkappa+1)}\sigma_{20} \tag{7}$$

gdzie:

$k = \frac{G_o}{G}$,

G - moduł sprężystości poprzecznej górotworu,

G_o - moduł sprężystości poprzecznej czujnika,

$\varkappa = \frac{3-\nu}{1+\nu}$,

$\varkappa_o = \frac{3-\nu_o}{1+\nu_o}$.

Przyjęto stała materiałowe o wartości:

- czujnik: E_o = 5224 MPa

ϑ_o = 0,17

- węgiel: E = 2240 MPa

ϑ = 0,20

Wstawiając te wartości do wzorów (6) i (7) otrzymano:

$$\sigma_1 = 0{,}808\ \sigma_{10} - 0{,}010\ \sigma_{20},$$

$$\sigma_2 = 0{,}806\ \sigma_{20} - 0{,}010\ \sigma_{10}.$$

Ostatecznie otrzymano następujący rozkład zmian naprężenia przed czołem przodka.
Zmierzone wartości zmian odkształcenia czujnika w funkcji głębokości jego położenia od czoła przodka podano w tabeli 1. Głębokość bazowa wynosi 8,4 m.

Tabela 1

Głębokość (m)	ε_A	ε_B	ε_C
5,3	-0,00113	0,00039	0,00048
1,8	0,0001	-0,00059	0,00076
0,0	-0,00056	-0,00066	-0,0014

Stosując wyżej podane wzory obliczono wartości naprężeń głównych w pokładzie oraz kąt φ, tj. kąt odchylenia σ_1 od osi poziomej, podano je w tabeli 2.

Tabela 2

Głębokość(m)	σ_1[MPa]	σ_2 [MPa]	φ
5,3	2,41	-3,23	1^o26
1,8	3,28	2,13	320^o20
0,0	-1,74	-7,12	333^o12

Na podstawie wartości podanych w tabeli 2 stwierdzono, że czujnik był zamocowany poprawnie, gdyż oprócz ściskania wykazywał niesymetryczne rozciąganie. Rozkład zmian naprężenia wykazuje max przyrostu na głębokości

1,8 m, wartość przyrostu naprężenia, ich równomierność wskazywać może na występowanie strefy hydrostatycznego ciśnienia, co się może wiązać z uplastycznieniem węgla.

4. PODSUMOWANIE

Praca niniejsza stanowi początek cyklu pomiarowego, w którym zamierzone jest określenie rozkładu naprężenia dla różnych warunków górniczych. Wyniki tej pracy należy więc traktować jako rozpoznawcze i wymagające weryfikacji. Niemniej można wyciągnąć wnioski praktyczne jeżeli chodzi o położenie max. naprężenia przed czołem chodnika.

LITERATURA

[1] Kurlenja M.W., Popow S.N.: Teoreticzieskije osnowy opredielenja napr. w gornych porodach. Izd. NAUKA Nowosybirsk 1983.

[2] Jaeger J.C., Cook N.G.W.: Fundamentals of Rock Mechanics. Chapman and Hall. London 1979 r.

Recenzent: Prof. dr inż. Adam SZCZUROWSKI

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРИЗАБОЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРОВОДИМОГО ШТРЕКА, ОПРЕДЕЛЁННЫЕ В НАТУРАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Р е з ю м е

В работе даются результаты изменений напряжения в призабойном пространстве штрека, проводимого взрывчатым методом. Изменения напряжения определялись реостатным датчиком большой жёсткости.

STRESS CHANGES IN FRONT OF THE HEAD OF A DRIVEN COAL ROAD DETERMINED IN SITU

S u m m a r y

In the paper are given underground test results on the stress changes in front of the head of a road driven by means of blasting. The stress changes have been determined with an electro-resistant gauge of great rigidity.