



Zasięg strefy spękań w otoczeniu wyrobiska przyścianowego w trakcie dwóch faz jego istnienia - za frontem pierwszej ściany i przed frontem drugiej ściany

Crack zone range around longwall excavation during the two phases of its existence - behind the front of the first wall and before the front of the second wall

Dr inż. Łukasz Herezy*)

Treść: W pracy przedstawiono wyniki pomiarów nieciągłości ścianek otworów badawczych w fazie utrzymania wyrobiska przyścianowego po zakończonej eksploatacji pierwszego pola ścianowego. Następnie opisano sposób pomiarów parametrów deformacyjnych wyrobiska przyścianowego ze szczególnym uwzględnieniem propagacji rozwarstwień skał stropowych w fazie utrzymania wyrobiska przed frontem drugiej ściany eksploatacyjnej. Wyniki pomiarów propagacji rozwarstwień skał stropowych przed frontem drugiej ściany przedstawiono w postaci tabelarycznej i rysunkowej. Dokonano również analizy otrzymanych wyników wskazując charakterystyczne wielkości propagacji rozwarstwień w stosunku do odległości frontu eksploatacyjnego od stanowiska pomiarowego. Przedstawione wyniki pomiarów są kontynuacją pracy [3], gdzie przedstawiono nieciągłości ścianek otworów przed rozpoczęciem eksploatacji i propagacje rozwarstwień w fazie utrzymania wyrobiska przed czołem pierwszej ściany eksploatacyjnej. W pracy dokonano również porównania zakresu i wielkości nieciągłości ścianek otworów badawczych oraz propagacji nieciągłości przed frontem pierwszej i drugiej ściany eksploatacyjnej.

Abstract: This paper presents the results of measurements of the discontinuities of walls of the boreholes during the maintenance of longwall excavation after the exploitation of the first longwall panel. Then, a method for measuring deformation parameters of longwall excavation, with particular attention to the propagation of delamination of roof rocks during the maintenance of longwall excavation before the front of the second wall, has been presented. The measurement results of the propagation of delamination of roof rocks before the front of the second wall are presented in the form of tables and drawings. Furthermore, the analysis of the results indicating the characteristic propagation values of delaminations in relation to the distance of exploitation front from the measuring position has been done. The presented results are a continuation of the work [3], which has shown the discontinuities of walls of the boreholes before the start of exploitation and the propagation of delaminations during the maintenance of longwall excavation before the front of the first longwall. What is more, the paper compares the scope and size of the discontinuities of walls of the boreholes and propagation of discontinuities before the front of the first and the second longwall.

Słowa kluczowe:

strefa spękań, górotwór odprężony, rozwarstwienia stropu

Key words:

crack zone, relaxed rock mass, roof delamination

1. Wprowadzenie

W trakcie eksploatacji złóż węgla kamiennego systemem ubierkowym ścianowym jednym z najistotniejszych czynników wpływających na osiągane wyniki produkcyjne jest deformacja wyrobisk przyścianowych. Z punktu widzenia funkcjonalności wyrobiska przyścianowego jest zachowanie jego wymiarów poprzecznych. Zmianę wymiarów poprzecznych określa się poprzez określenie konwergencji pionowej i poziomej. Na przestrzeni lat powstało wiele prac o charakterze empirycznym podejmujących problematykę, tj. [9, 10]. W ostatnich latach rozwój metod numerycznych przyczynił się do bardziej zintensyfikowanego ich wykorzystania dla określenia konwergencji wyrobisk [1].

Przed czołem ściany w wyniku przemieszczającego się frontu ściany powstaje ciśnienie eksploatacyjne. Jego oddziaływanie przed frontem ściany zależy od prędkości

postępu ściany i wytrzymałości na ściskanie skał stropowych. Wielkość ciśnienia eksploatacyjnego zależy natomiast od głębokości eksploatacji, prędkości przemieszczającego się frontu ściany i wytrzymałości na ściskanie skał stropowych [4]. W roku 1952 Budryk [cytowany 4] ogłosił swą teorię falowego charakteru ciśnienia górotworu, która została wykorzystana między innymi przez Drzewieckiego [2] dla określenia zniszczenia górotworu przed frontem ściany. Zakres (wysokość, odległość od czoła ściany) zniszczenia górotworu ma bezpośredni wpływ na obciążenie obudowy wyrobisk przyścianowych i ich konwergencję [8, 12].

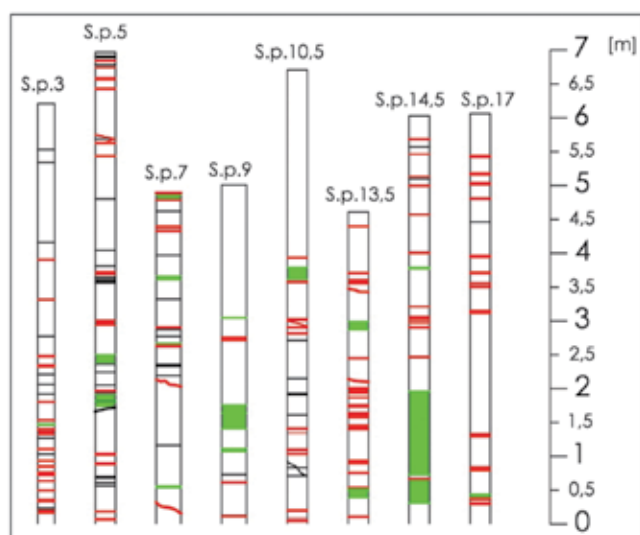
2. Zasięg szczelinowatości górotworu w fazie utrzymania wyrobiska przyścianowego za frontem ściany

Zasięg szczelinowatości został określony na podstawie zwiernikowania otworów badawczych endoskopem. Otwory badawcze wykonywane były po zakończonej eksploatacji pola

*) AGH w Krakowie

ściany 1/VI/385. Otwory zostały zlokalizowane na stanowiskach pomiarowych [3]:

- 3, 2200 m wybiegu ściany 2/VI/385 (100 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 5, 2000 m wybiegu ściany 2/VI/385 (300 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 7, 1800 m wybiegu ściany 2/VI/385 (500 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 9, 1600 m wybiegu ściany 2/VI/385 (700 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 10,5, 1450 m wybiegu ściany 2/VI/385 (850 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 13,5, 1150 m wybiegu ściany 2/VI/385 (1150 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 14,5, 1050 m wybiegu ściany 2/VI/385 (1250 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- 17, 800 m wybiegu ściany 2/VI/385 (1500 m wybiegu ściany 1/VI/385).



Rys. 1. Lokalizacja pęknięć i rozwarstwień skał stropowych w fazie utrzymania wyrobiska przyścianowego za frontem ściany 1/VI. szczelina; szczelina z rumoszem; pęknięcie.

Fig. 1. Location of cracks and delamination of roof rocks during the maintenance of longwall excavation behind the front of the 1/VI wall. crack; crack with rubble; fracture.

Zakładana długość otworów badawczych miała być większa lub co najmniej równa wysokości strefy skotwionej kotwami strunowymi o długości 6 m. W zależności od lokalnych warunków geologiczno-górnictwowych długości te są zróżnicowane i wynoszą od 4,5 m do 7,0 m (rys. 1). Naturalną granicą końca otworów badawczych zlokalizowanych na stanowiskach pomiarowych 7, 9, 13,5 były przesunięte względem siebie warstwy górotworu uniemożliwiające wprowadzenie endoskopu. W pozostałych otworach długość wynikała z ograniczeń technicznych.

W porównaniu z liczbą szczelin i pęknięć przed rozpoczęciem eksploatacji w polu ścianowym 1/VI/385 liczba nieciągłości po zakończonej eksploatacji zwiększa się około 15-krotnie. Zmienia się również zakres odległości od stropu wyrobiska w jakim można zaobserwować nieciągłości. W otworach wzniesionych przed rozpoczęciem eksploatacji w odległości około 0,25÷0,30 m od stropu wyrobiska zaobserwowano szczelinę o rozwarciu około 0,02÷0,03 m w dwóch na dziesięć otworów badawczych. Pęknięcia nato-

miast zaobserwowano w czterech otworach w odległości 4 m, 6 m i 7 m [3]. W przypadku badanych otworów po zakończeniu eksploatacji poza szczelinami i pęknięciami pojawiły się również szczeliny wypełnione rumoszem skalnym. Nieciągłości występują na całej długości otworów badawczych z wyjątkiem stanowiska 9 i 10,5. Największa liczba nieciągłości obserwowana jest w odległości około 4÷4,5 m od stropu wyrobiska i w tym zakresie również zlokalizowane są praktycznie wszystkie szczeliny wypełnione rumoszem skalnym. Sumaryczna wielkość rozwarcia szczelin po zakończeniu eksploatacji jest około 20-krotnie większa niż przed eksploatacją i wynosi odpowiednio dla stanowiska badawczego:

- 3, 0,32 m;
- 5, 0,45 m;
- 7, 0,27 m;
- 9, 0,47 m;
- 10,5, 0,43 m;
- 13,5, 0,69 m;
- 14,5, 0,57 m bez uwzględnienia rozluźnianego górotworu na długości około 1,58 m składającego się z szeregu szczelin wypełnionych rumoszem skalnym;
- 17, 0,39 m.

3. Stanowiska badawcze dla określenia parametrów deformacyjnych wyrobiska przyścianowego w fazie eksploatacji drugiego pola ścianowego

W celu zebrania danych dla kompleksowej oceny zachowania się chodnika podścianowego 1/VI/385 pełniącego funkcję chodnika nadścianowego dla ściany 2/VI/385 wykonano pięć stanowisk badawczych. Posłużyły one do pomiarów skutków ruchów górotworu tj.:

- Zmiana wysokości i szerokości chodnika w świetle obudowy,
- Zmiana wysokości chodnika w wyłomie,
- Przesunięcia obudowy,
- Rozwój rozwarstwień skał stropowych w strefie skotwionej.
- Do realizacji pomiarów w ramach stanowisk badawczego należało wykonać:
- Znaczniki na obudowie w celu pomiarów przesunięć oraz konwergencji chodnika,
- Otwory badawcze.

Stanowiskom badawczym w celu łatwiejszej ich identyfikacji przypisano numery porządkowe od 1 do 5.

Lokalizacja stanowisk względem wybiegu ściany 2/VI/385 (rys. 2):

- Stanowisko pomiarowe nr 1 – 800 m (1500 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- Stanowisko pomiarowe nr 2 – 1050 m (1250 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 3 – 1150 m (1150 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 4 – 1500 m (800 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 5 – 1800 m (500 m wybiegu ściany 1/VI/385).

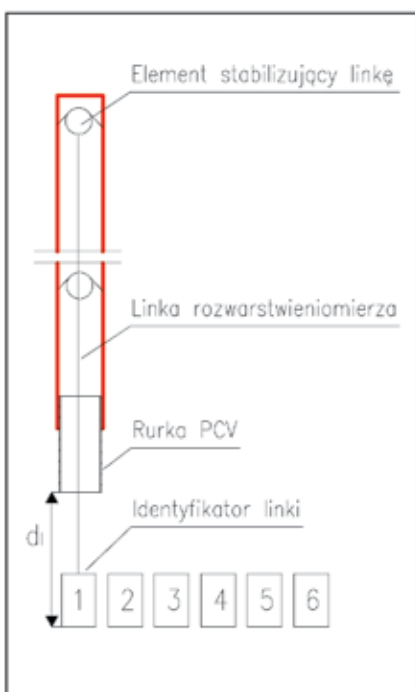
Pomiar propagacji rozwarstwień skał stropowych w strefie kotwionej wykonywano otworach o średnicy 0,28 m i długości 6 m (wysokość strefy skotwionej) gdzie wprowadzano rozwarstwieniomierz wielopunktowy, składający się z sześciu cięgien (linek) o długościach 6 m, 5 m, 4 m, 3 m, 2 m, 1 m. Jeden koniec cięgna zastabilizowano w otworze na określonej głębokości, drugi wyposażony w identyfikator, wyprowadzony był na zewnątrz. Do wlotu otworu wprowadzano rurkę PCV stanowiącą bazę pomiarową przemieszczających się cięgien. Odzwierciedleniem pojawiającego się rozwarstwienia



Rys. 2. Rozmieszczenie stanowisk badawczych względem wybiegu ściany w chodniku podścianowym 1/VI (spełniający funkcję nadścianowego)

Fig. 2. Arrangement of research positions in relation to the panel length in the 1/VI main gate (functioning as a tail gate)

i jego propagacji była zmiana odległości pomiędzy cięgnami i bazą (rys. 3).



Rys. 3. Schemat rozwarstwieniomierza wielopunktowego
Fig. 3. The scheme of multi-level delamination meter

Pomiary skutków ruchów górotworu nieprzyczynianych w niniejszym artykule odbywał się w sposób analogiczny jak opisano w pracy [7]. Istotnym z punktu widzenia deformacji wyrobisk jest sposób zabezpieczenia wyrobiska za pomocą obudowy ŁP oraz dodatkowych wzmocnień dla jego utrzymania we wszystkich fazach jego istnienia jak i parametry geo-mechaniczne skał, informacje te przedstawiono w [6, 7, 11].

4. Rozwój rozwarstwień skał stropowych

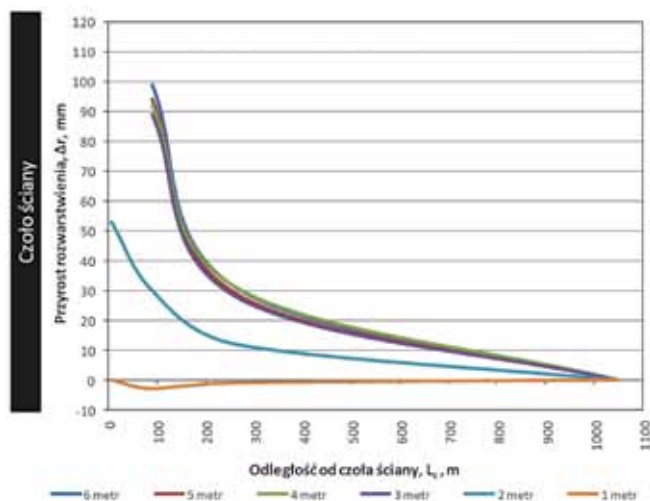
Z zaplanowanych pięciu otworów badawczych wyposażonych w rozwarstwieniomierz wielopunktowy wykorzystano jedynie trzy. Na stanowiskach pomiarowych 1 i 3 w odległości około 0,5 m od stropu wyrobiska otwory badawcze uległy zniszczeniu poprzez przesunięcie się warstw skalnych. Wyniki pomiarów z zainstalowanych rozwarstwieniomierzy przedstawiono w tablicach 1÷3 i rysunkach 4÷6.

Z analizy wartości propagacji rozwarstwień skał stropowych wynika, iż:

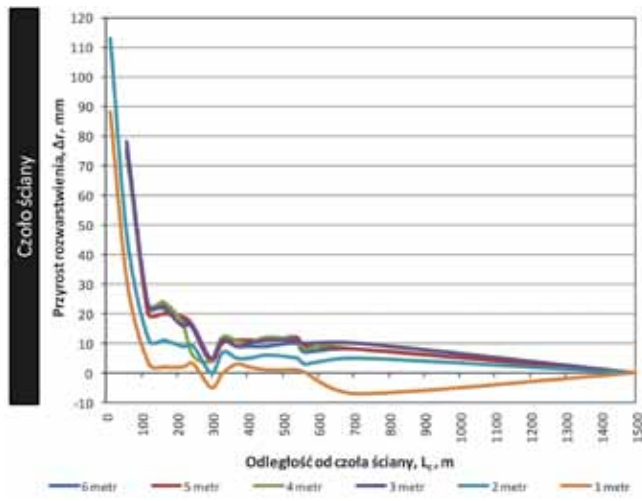
- Maksymalna wartość propagacji rozwarstwień skał stropowych dla całej długości otworu w odległości około 10 m od czoła ściany wynosi:
 - $\Delta r > 0,177$ m – stanowisko pomiarowe nr 2;
 - $\Delta r > 0,176$ m – stanowisko pomiarowe nr 4;
 - $\Delta r > 0,169$ m – stanowisko pomiarowe nr 5.
- Maksymalna wartość propagacji rozwarstwień skał stropowych dla całej długości otworu w odległości 90÷50 m od czoła ściany wynosi:

Tablica 1. Wyniki pomiarów propagacji rozwarstwień – stanowisko pomiarowe nr 2
Table 1. Results of the measurements of the propagation of delamination – measuring position no. 2

rzędna zakotwienia linki	nr linki	odległość od czoła ściany, Lc, m			
		1050	262	90	6
		odległość końca linki od bazy pomiarowej, dl, mm			
6 metr	6	141	110	42	linki wciągnięte do otworu
5 metr	5	148	119	54	
4 metr	4	177	146	85	
3 metr	3	161	133	72	
2 metr	2	185	173	155	132
1 metr	1	171	172	174	171
		przyrost rozwarstwienia, Δr , mm			
	6	0	31	99	linki wciągnięte do otworu
	5	0	29	94	
	4	0	31	92	
	3	0	28	89	
	2	0	12	30	53
	1	0	-1	-3	0



Rys. 4. Propagacja rozwarstwień - stanowisko pomiarowe nr 2
Fig. 4. Propagation of delamination – measuring position no. 2



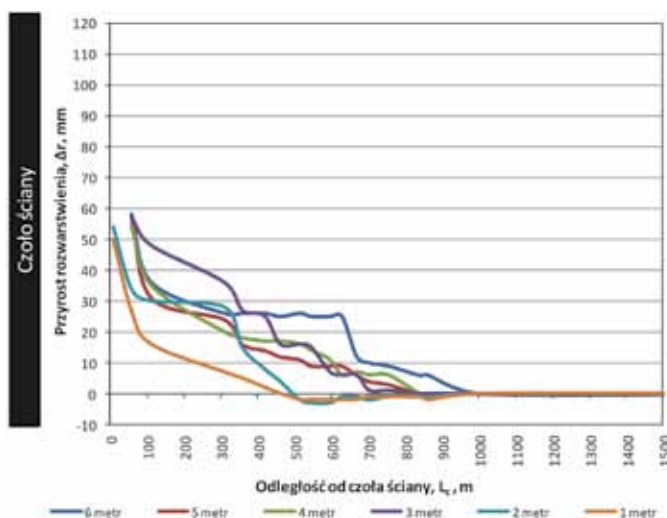
Rys. 5. Propagacja rozwarstwień - stanowisko pomiarowe nr 4
Fig. 5. Propagation of delamination – measuring position no. 4

Tablica 2. Wyniki pomiarów propagacji rozwarstwień – stanowisko pomiarowe nr 4
Table 2. Results of the measurements of the propagation of delamination – measuring position no. 4

rzędna zakotwienia linki	nr linki	odległość od czoła ściany, L _c , m														
		1500	712	565	540	456	404	370	330	297	246	216	162	120	59	
		odległość końca linki od bazy pomiarowej, d _p , mm														linki wciągnięte do otworu
6 metr	6	170	162	163	160	161	161	161	158	166	155	152	147	148	92	
5 metr	5	174	166	165	162	163	163	163	164	170	158	155	154	154	99	
4 metr	4	162	152	154	151	150	152	151	150	158	156	145	138	139	88	
3 metr	3	176	166	166	165	165	166	167	165	171	160	160	154	153	100	
2 metr	2	203	198	200	198	197	198	198	196	203	194	194	192	192	158	
1 metr	1	203	210	203	202	202	201	200	203	208	200	201	201	200	173	115
		przyrost rozwarstwienia, Δr, mm														linki wciągnięte do otworu
6	0	8	7	10	9	9	9	12	4	15	18	23	22	78		
5	0	8	9	12	11	11	11	10	4	16	19	20	20	75		
4	0	10	8	11	12	10	11	12	4	6	17	24	23	74		
3	0	10	10	11	11	10	9	11	5	16	16	22	23	76		
2	0	5	3	5	6	5	5	7	0	9	9	11	11	45	113	
1	0	-7	0	1	1	2	3	0	-5	3	2	2	3	30	88	

Tablica 3. Wyniki pomiarów propagacji rozwarstwień – stanowisko pomiarowe nr 5
Table 3. Results of the measurements of the propagation of delamination – measuring position no. 5

rzędna zakotwienia linki	nr linki	odległość od czoła ściany, L _c , m																	
		1800	1012	865	840	756	704	670	630	597	546	516	462	420	359	310	112		58
		odległość końca linki od bazy pomiarowej, d _p , mm																linki wciągnięte do otworu	
6 metr	6	155	155	149	149	146	145	143	130	130	130	129	130	129	129	119	97		linki wciągnięte do otworu
5 metr	5	169	169	169	169	166	165	163	160	160	160	158	157	155	153	145	138	112	
4 metr	4	139	139	139	139	133	133	132	133	128	125	123	122	122	121	119	104	85	
3 metr	3	165	165	165	165	164	164	159	159	158	150	149	149	140	138	129	117	108	
2 metr	2	154	154	155	155	155	156	155	155	157	157	156	150	146	139	126	124	120	
1 metr	1	165	165	167	166	166	166	167	167	167	167	167	165	163	160	158	149	138	
		przyrost rozwarstwienia, Δr, mm																linki wciągnięte do otworu	
6	0	0	6	6	9	10	12	25	25	25	26	25	26	26	26	36	58		
5	0	0	0	0	3	4	6	9	9	9	11	12	14	16	24	31	57		
4	0	0	0	0	6	6	7	6	11	14	16	17	17	18	20	35	54		
3	0	0	0	0	1	1	6	6	7	15	16	16	25	27	36	48	57		
2	0	0	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-3	-3	-2	4	8	15	28	30	34		54
1	0	0	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	5	7	16	27	50	



Rys. 6. Propagacja rozwarstwień - stanowisko pomiarowe nr 5
Fig. 6. Propagation of delamination – measuring position no. 5

- $\Delta r = 0,099$ m – stanowisko pomiarowe nr 2;
- $\Delta r = 0,078$ m – stanowisko pomiarowe nr 4;
- $\Delta r = 0,058$ m – stanowisko pomiarowe nr 5.
- Największa wartość propagacji rozwarstwień notuje się pomiędzy 0,2 m a 0,3 m długości otworu badawczego. W odległości około 10 m od czoła ściany wartość ta wynosi:
 - $\Delta r > 0,161$ m – stanowisko pomiarowe nr 2;
 - $\Delta r > 0,176$ m – stanowisko pomiarowe nr 4;
 - $\Delta r > 0,165$ m – stanowisko pomiarowe nr 5.
- W odległości około 90÷50 m od czoła ściany wartość ta wynosi:
 - $\Delta r = 0,089$ m – stanowisko pomiarowe nr 2;
 - $\Delta r = 0,076$ m – stanowisko pomiarowe nr 4;
 - $\Delta r = 0,057$ m – stanowisko pomiarowe nr 5.
- Wzrost wartości propagacji rozwarstwień rozpoczyna się około 300 m przed czołem ściany osiągając średnią wartość około 0,023 m, a w odległości około 90÷120 m wynosi:
 - $\Delta r = 0,099$ m – stanowisko pomiarowe nr 2;
 - $\Delta r = 0,022$ m – stanowisko pomiarowe nr 4;
 - $\Delta r = 0,036$ m – stanowisko pomiarowe nr 5.

Wzrost wartości propagacji rozwarstwień skał stropowych przy eksploatacji drugiego pola eksploatacyjnego (2/VI/385) w odległości około 20÷30 m przed czołem ściany wzrasta ponad 10-krotnie w stosunku do propagacji rozwarstwień przy eksploatacji pierwszego pola eksploatacyjnego (1/VI/385).

5. Podsumowanie

1. Z analizy danych pomiarowych wynika, iż przyrost rozwarstwień skał stropowych rozpoczyna się w odległości

300÷600 m przed czołem ściany, gdy dla pola ścianowego 1/VI/385 odległość ta wynosiła 50÷100 m [3]. Wpływ na zwiększenie tejże odległości będzie miał fakt, iż pojawiające się ciśnienie eksploatacyjne oddziaływało na rumowisko zawałowe, które ulegało zaciskaniu. Potwierdzeniem tego są również pomiary konwergencji wyrobiska przyścianowego oraz zsuwu elementów obudowy ŁP, które to będą przedmiotem kolejnych publikacji.

2. Z powodu zniszczenia warstw stropowych w trakcie analiz nie zaobserwowano zaciskania nieciągłości pod wpływem ciśnienia eksploatacyjnego tak jak to miało miejsce w trakcie eksploatacji pola ścianowego 1/VI/385 [3].

3. Sumaryczna wielkość rozwarcia nieciągłości oraz ich propagacja w odległości około 10 m przed czołem ściany 2/VI/385 stanowiła około 12 % długości kotew strunowych zastosowanych dla wzmocnienia wyrobiska.

Praca wykonana w ramach badań statutowych 11.11.100.775

Literatura

1. *Cala M., Flisiak J. i Tajduś A.*: Mechanizm współpracy kotwi z górotworem o zróżnicowanej budowie. Kraków: Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej – seria z lampką górniczą. 2004.
2. *Drzewiecki J.*: Wpływ postępu frontu ściany na dynamikę niszczenia górotworu karbońskiego. Katowice: Prace naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Nr 860, 2004.
3. *Herezy Ł.*: Kształtowanie się zasięgu strefy spękań w otoczeniu wyrobisk przyścianowych w warunkach geologiczno-górnictwowych LW „Bogdanka” S.A. Przegląd Górniczy. Nr 6, 2012.
4. *Kleczek Z.*: Geomechanika górnictwa. Katowice: Śląskie Wydawnictwo Techniczne. 1994.
5. *Korzeniowski W.*: Pomiar przemieszczeń górotworu przy pomocy ekstensometrów precyzyjnych. Kraków: Materiały konferencyjne AGH, Budownictwo. 1998.
6. *Korzeniowski W. i Herezy Ł.*: Nowoczesna technologia ścianowej eksploatacji pokładu węgla o miąższości 1,6 m kompleksem strugowym. Przegląd górniczy. Nr 1-2, 2011.
7. *Korzeniowski W., Herezy Ł., Krauze K., Rak Z. i Skrzyppowski K.*: Monitoring górotworu na podstawie analizy pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. Kraków: Wydawnictwo AGH. 2013.
8. *Majcherczyk T. i Malkowski P.*: Wpływ frontu ściany na wielkość strefy spękań wokół wyrobiska chodnikowego. Wiadomości Górnictwa. Nr 1, 2003.
9. *Niedbalski Z. i Majcherczyk T.*: Badania nad zachowaniem się wyrobisk korytarzowych w obudowie podporowo-kotwiowej. Przegląd Górniczy. Nr 11, 2005.
10. *Prusek S.*: Empirical-statistical model of gate roads deformation. Arch. Min. Sci. No 2, 2010.
11. *Rak Z.*: Utrzymanie chodnika za ścianą w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych na przykładzie kopalni LW „Bogdanka” S.A. – część II – doświadczenia ruchowe. Przegląd Górniczy. Nr 1-2, 2011.
12. *Walentek A.*: Wpływ eksploatacji z zawałem stropu na charakterystykę strefy spękań wokół chodnika przed frontem ściany. Katowice: Praca doktorska niepublikowana. 2012.