

Doświadczenia związane ze sposobem wzmocnienia wyrobiska zlokalizowanego na wybiegu ściany w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Jastrzębie”

Tomasz Chiliński, Artur Słomian, Zbigniew Lubosik, Wojciech Masny

1. Wstęp

W polskim górnictwie węgla kamiennego dominującym systemem eksploatacji jest system ścianowy. Stosowanie tego systemu podyktowane jest głównie względami ekonomicznymi, wynikającymi bezpośrednio z możliwości uzyskania znacznej koncentracji wydobycia i mechanizacji robót.

Cechą charakterystyczną systemu ścianowego, w przypadku prowadzenia eksploatacji od pola, jest konieczność wcześniejszego okonturowania pola za pomocą wyrobisk korytarzowych. W takim przypadku może wystąpić sytuacja, w której na wybiegu ściany zlokalizowane będą wyrobiska korytarzowe. Mogą one być usytuowane prostopadle, ukośnie lub równoległe do czoła ściany, przy czym te dwa ostatnie warianty są najbardziej niekorzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa prowadzonej eksploatacji, ze względu np. na wzrost zagrożenia tąpnięciami czy wzrost naprężeń (Rajwa i inni 2016).

Tematyką wzrostu naprężeń wskutek przemieszczającego się frontu eksploatacyjnego oraz efektów z tym związanych zajmowało się wielu badaczy, a ich uwagi zawarte zostały m.in. w pracach (Biliński 1968, Everling, Meyer 1972, Bieniawski 1987, Biliński 2005, Brady, Brown 2006, Junker i inni 2006, Peng 2006, 2008). Na podstawie tych prac można stwierdzić, że:

- wskutek przemieszczającego się frontu eksploatacyjnego następuje wzrost naprężeń w pokładzie od 1,2- do nawet 6,4-krotności naprężeń pierwotnych, wynikających z głębokości zalegania danego pokładu;
- pierwsze oznaki wzrostu naprężeń w pokładzie węgla mogą być już widoczne w odległości około 150 m od postępującego czoła ściany;
- wyraźny wzrost naprężeń następuje, gdy front eksploatacyjny znajduje się w okolicy 30 metra, zaś maksymalna wartość koncentracji naprężeń występuje w odległości 1–6 m;
- zgodnie z badaniami niemieckimi maksymalny wzrost naprężeń występuje w odległości 3- do 6-krotności miąższości eksploatowanego pokładu;
- wpływ chodników znajdujących się przed frontem ściany uwzględnia się m.in. w metodyce doboru obudowy zmechanizowanej stosowanej w polskim górnictwie węglowym.

Również Główny Instytut Górnictwa w ostatnim czasie prowadził badania nad oddziaływaniem przemieszczającego się frontu ściany na wyrobisko korytarzowe. Na podstawie

Streszczenie: KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Jas-Mos” (obecnie Ruch „Jastrzębie”) w latach 2012–2013 w pokładzie 502/1 w partii C3 eksploatowała ścianę 23. W artykule zaprezentowano przykład skutecznego wzmocnienia wyrobiska zlokalizowanego na wybiegu tej ściany. Wzmocnienia obejmowały zabudowę kotwionych podciągów stalowych, słupów drewnianych oraz słupów betonowych wypełnionych spoiwem mineralno-cementowym.

W przedmiotowym wyrobisku chodnikowym, w trakcie zbliżania się frontu eksploatacji, prowadzono pomiary konwergencji (10 punktów pomiarowych) oraz obciążenia (3 stanowiska) za pomocą dynamometrów. Z przeprowadzonych obserwacji i pomiarów wynika, że największe wpływy uwiaryściły się w środkowej części przecinki wentylacyjno-badawczej – C3. W wyrobisku zarejestrowano konwergencję pionową wynoszącą ok. 0,8 m, również pomiar na dynamometrze zlokalizowany w tym rejonie przez cały okres pomiarowy charakteryzował się największymi wskazaniem. Wzmacniając zatem wyrobisko znajdujące się na wybiegu ściany, należy zwrócić baczniejszą uwagę na środkową część wyrobiska, znajdującą się pomiędzy chodnikami przyścianowymi.

pomiarów dołowych stwierdzono m.in., że w warunkach geologiczno-górnictwowych KWK ROW Ruch „Marcel”, można wyróżnić trzy fazy oddziaływania przesuwanego się frontu ściany na wyrobisko zlokalizowane na jej wybiegu. Pierwsza faza miała miejsce w momencie pojawienia się pierwszych efektów, gdy ściana znajdowała się w odległości 100–120 m od analizowanego wyrobiska. Druga faza obejmowała okres, gdy ściana znajdowała się w odległości od 100–120 m do 20–30 m od wyrobiska. Trzecia faza miała miejsce w momencie, gdy ściana zbliżała się do wyrobiska na odległość 15–20 m. Charakteryzowała się ona intensywnymi zmianami wszystkich mierzonych wielkości (Rajwa i inni 2016).

W artykule zaprezentowano przykład skutecznego wzmocnienia wyrobiska zlokalizowanego na wybiegu ściany oraz przedstawiono wyniki pomiarów, jakie przeprowadzono na etapie zbliżania się frontu eksploatacji.

2. Opis warunków geologiczno-górnictwowych

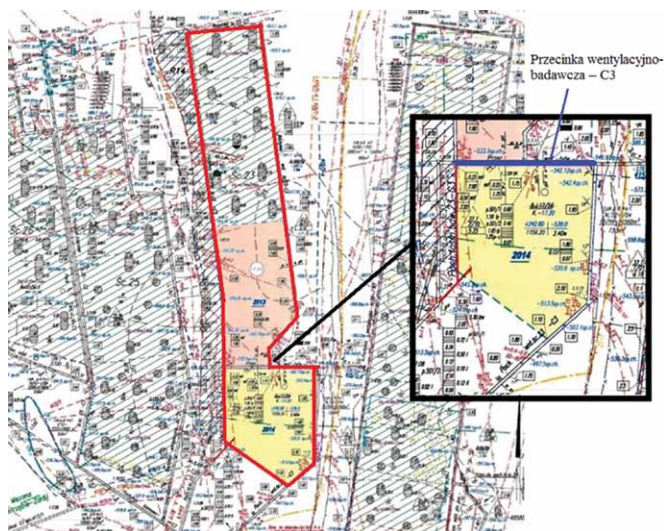
KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Jas-Mos” (obecnie Ruch „Jastrzębie”) w latach 2012-2013 w pokładzie 502/1, w partii C3, eksploatowała ścianę oznaczoną numerem 23. Eksploatacja ściany prowadzona była w kierunku południowym, systemem na zawał, w rejonie występującego w tym rejonie zrębu tektonicznego. Parcelę ściany ograniczały – od strony zachodniej strefa uskoku o zrzucie $h \sim 1,5-95,0$ m, a od strony wschodniej strefa Uskoku Gogołowskiego I o zrzucie $h \sim 1,5-30,0$ m. Ściana prowadzona była w rejonie osi lokalnej antykliny biegnącej w kierunku północ – południe o niewielkiej amplitudzie.

W ścianie 23 zastosowano obudowy zmechanizowane typu JZR-11/25-POz (liniowe) i JZR-11/25-POz/S (skrajne) o podporności wstępnej stojaków 2,011 MN i roboczej 3,297 MN. Dobowy średni postęp ściany 23 został ograniczony do 5,5 m.

Eksploatację ściany 23 planowano pierwotnie zakończyć około 50 m przed zlokalizowaną na wybiegu ściany 23 przecinką wentylacyjno-badawczą – C3. Wyrobisko to wykonano w 2009 roku, w obudowie podatnej łukowej ŁP8/V29/4/A, z rozstawem odrzwi 1,0 m. Na wybiegu ściany miało ono długość 116 m. W czasie eksploatacji ściany 23 podjęto jednak decyzję o wydłużeniu wybiegu ściany o około 250 metrów – rysunek 1.

Pokład w rejonie zakończenia ściany zbudowany był z jednej warstwy węgla, której miąższość wynosiła 0,20–2,15 m. W ścianie występowało erozyjne wymycie pokładu. Nachylenia poprzeczne w ścianie zawierało się w przedziale od 0 do 120, zaś podłużne od 0 do 100. W polu eksploatacyjnym występowały uskoki tektoniczne o zrzutach $h = 0,1-1,7$ m, o zróżnicowanych kierunkach biegu. Najbliższe krawędzie eksploatacyjne związane były z pokładem 415/1-2 i 415/1-4, w odległości poziomej 10–100 m i pionowej od 40 do 115 m, oraz w pokładem 415/3-4 w odległości poziomej 0–110 m i pionowej ok. 15–110 m.

W stropie pokładu zalegał łupek piaszczysty o grubości dochodzącej do 3,0 m, powyżej występowały pokłady 501/1 oraz 501/2, o miąższości $\sim 0,5$ m każdy, rozdzielone warstwą



Rys. 1. Wycinek mapy pokładu 502/1 wraz z zaznaczonym obrysem ściany 23 oraz lokalizacją przecinki wentylacyjno-badawczej – C3

reklama

Tabela 1. Parametry wytrzymałościowe oraz rozmakalność pokładu 502/1 i skał otaczających

Rodzaj skały	Wytrzymałość na ściskanie Rc [MPa]	Rozmakalność [-]
Węgiel – pokł. 502/1	3,82-11,19	-
Łupek ilasty	20,60-58,49	0,8
Piaskowiec	57,64-120,30	1,0
Łupek piaszczysty	43,30-92,13	1,0

mułowca. Powyżej tych warstw występowało 35–40 m piaskowca, który w części parceli ścianowej zalegał bezpośrednio w stropie pokładu 502/1. W spągu pokładu 502/1 zalegał łupek ilasty oraz miejscami zapiaszczony o grubości do 4,0 m, pod którym występowała 30,0-metrowa jednolita warstwa piaskowca.

3. Sposób wzmocnienia przecinki wentylacyjno-badawczej – C3

Dotychczasowe doświadczenia kopalni z przechodzeniem wyrobisk ścianowych przez wyrobiska korytarzowe znajdujące się na wybiegu ściany opierały się głównie na wzmocnieniu obudowy poprzez zabudowę kasztów drewnianych lub samych stojaków drewnianych. Ze względu na brak wystarczającej podporności w wyrobiskach tych występowała znaczna deformacja obudowy. Wzmocnienia te przyczyniały się również do obniżenia poziomu bezpieczeństwa pracy załogi, ze względu na konieczność transportu resztek drewnianych elementów wzmocnienia chodnikami urządzeniami odstawy na powierzchnię.

W przecince wentylacyjno-badawczej – C3 kopalnia zdecydowała się natomiast na zastosowanie różnego typu wzmocnień, mając na celu zebranie jak największej ilości doświadczeń. Wzmocnienia prezentowały się następująco:

- podciąg stalowy SPK-29 połączony z każdymi odrzwiami obudowy ŁP8/V29/4/A, przykotwiony kotwami strunowymi o długości 5,0 m i nośności 320 kN, generalnie co drugie pole (fot. 1);



Fot. 1. Widok podciągu przykotwionego kotwami strunowymi

- słupy drewniane, wykonane z 4 stojaków drewnianych powiązanych wzajemnie łańcuchem (fot. 2);



Fot. 2. Widok podciągu przykotwionego kotwami strunowymi

- kartonowe tuby szalunkowe wypełnione spoiwem mineralno-cementowym typu ADIBET-W60 o wytrzymałości na ściskanie spoiwa 60 MPa po 28 dniach, przy współczynniku w/c 0,38 (Instrukcja 2011) (fot. 3).



Fot. 3. Widok kartonowych tub szalunkowych w trakcie transportu

Słupy z tub szalunkowych, ze spoiwem ADIBET-W60, posadowiono na podkładach drewnianych, a w pobliżu stropu – w celu zapewnienia lepszego kontaktu – wyłożono drewnem z prefabrykatów z drewna kasztowego. Spoiwo tłoczone było agregatem pompująco-mieszającym typu PuMa. Agregat umiejscowiony został ok. 200 metrów od wykonywanych robót. Wzmocnienie w postaci słupów wykonane było na długości 65 metrów wyrobiska od pochylni taśmowej śc. 23-C3 – część wschodnia – porównaj rysunek 2 (długość wyrobiska na wybiegu ściany to 116 m). Widok zabudowanych słupów przedstawiono na fotografii 4.



reklama

Fot. 4. Widok zabudowanych słupów wypełnionych spoiwem Adibet W-60

reklama

4. Wyniki pomiarów

W przecince wentylacyjno-badawczej – C3, znajdującej się na wybiegu ściany 23, założono bazy pomiarowe w postaci stanowisk do pomiaru konwergencji (10 punktów pomiarowych) oraz obciążenia wyrobiska (3 stanowiska dynamometryczne) – rysunek 2 i fotografia 5. Wraz ze zbliżaniem się frontu ścianowego prowadzono pomiary konwergencji oraz odczyty wskazań wartości ciśnień, które przeliczone zostały na obciążenie w kN.

Odsłonięcie obudowy przecinki wentylacyjno-badawczej – C3 nastąpiło od strony pochylni taśmowo-badawczej – C3. Wyniki pomiarów konwergencji pionowej oraz obciążenia dynamometrów przedstawiono odpowiednio w tabelach 2 i 3. Ponadto wyniki zaprezentowano w formie graficznej na rysunkach 3 i 4.

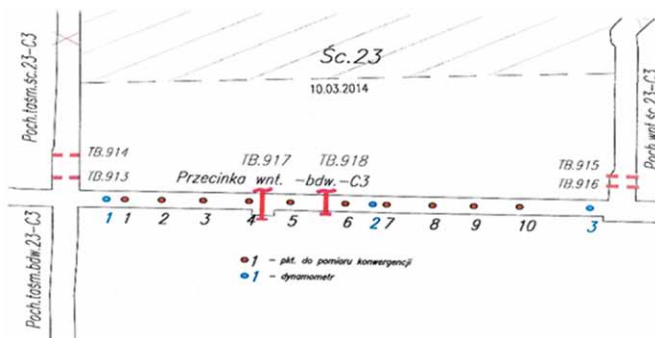
Z przeprowadzonych obserwacji i pomiarów wynika, że największe wpływy uwidoczniły się w środkowej części przecinki wentylacyjno-badawczej – C3, to znaczy pomiędzy reperami nr 3 i 7. Maksymalna wartość konwergencji pionowej w tej części wyrobiska nie przekroczyła 0,8 m. Wartość obciążenia zarejestrowana w dynametrze nr 2, zlokalizowanym w centralnej części wyrobiska, była nieco mniejsza od wskazań dynamometru nr 3 (233 wobec 266 kN), natomiast dociążenie do wartości maksymalnej nastąpiło najszybciej, bo już w momencie, gdy ściana oddalona była o ok. 35 m.

Tabela 2. Wyniki pomiarów konwergencji pionowej w przecince wentylacyjno-badawczej - C3

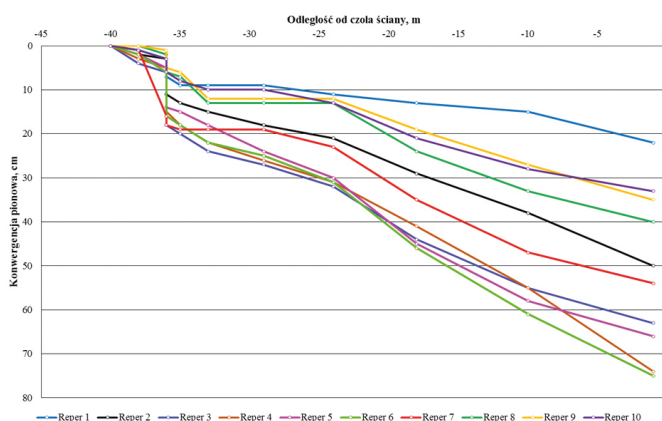
Odległość do czoła ściany [m]	Numer repera									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Wartości [cm]									
-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-38	1	2	4	3	2	2	1	0	0	1
-36	3	3	6	5	5	6	16	2	1	3
-36	7	11	18	15	14	16	18	6	5	6
-35	9	13	20	18	15	18	19	7	6	8
-33	9	15	24	22	18	22	19	13	12	10
-29	9	18	27	26	24	25	19	13	12	10
-24	11	21	32	31	30	31	23	13	12	13
-18	13	29	44	41	45	46	35	24	19	21
-10	15	38	55	55	58	61	47	33	27	28
-1	22	50	63	74	66	75	54	40	35	33

Tabela 3. Wyniki pomiarów obciążenia w przecince wentylacyjno-badawczej - C3

Odległość od czoła ściany [m]	Numer dynamometru		
	1	2	3
	Obciążenie [kN]		
-39	27,0	72,9	49,9
-38	27,0	84,3	49,9
-36	27,0	118,8	49,9
-36	72,9	233,6	72,9
-35	72,9	233,6	95,8
-33	84,3	233,6	95,8
-29	95,8	233,6	118,8
-24	107,3	233,6	136,0
-20	107,3	233,6	136,0
-18	136,0	233,6	210,6
-10	153,2	233,6	256,5
-2	153,2	233,6	268,0



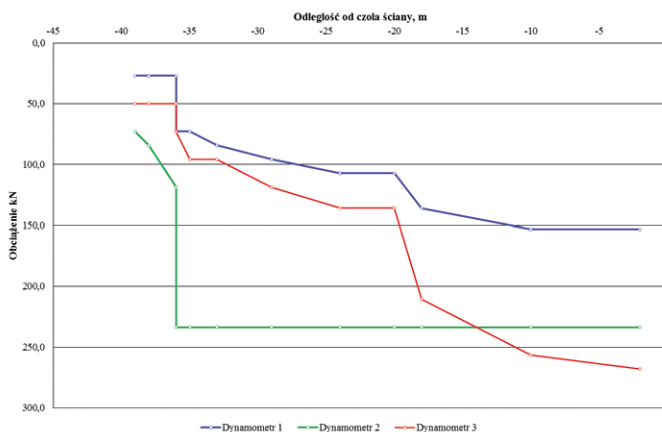
Rys. 2. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych konwergencji oraz obciążenia w przecince wentylacyjno-badawczej - C3



Rys. 3. Wyniki pomiarów konwergencji pionowej w przecince wentylacyjno-badawczej - C3



Fot. 5. Stanowisko do pomiaru obciążenia w wyrobisku



Rys. 4. Wyniki pomiarów obciążenia w przecince wentylacyjno-badawczej - C3

Ponadto, jak można zaobserwować na rysunkach 3 i 4, właśnie odległość 35 m od czoła ściany jest charakterystyczna dla przeprowadzonych pomiarów, gdyż wtedy nastąpił gwałtowny przyrost zarówno konwergencji, jak i obciążeń. Od około 25 m następował już natomiast stały przyrost wartości konwergencji pionowej.

Drugą charakterystyczną odległością wyrobiska od czoła ściany, w analizowanych warunkach geologiczno-górnictwowych, wydaje się być odległość 20 m. Wtedy to na dynamometrach nr 1 i 3, czyli bliższych wyrobiskom przyścianowym, zaobserwowano gwałtowne przyrosty obciążeń.

5. Podsumowanie


Na podstawie przeprowadzonych pomiarów oraz analiz można podać następujące uwagi i wnioski:

- wzmacniając wyrobisko korytarzowe, znajdujące się na wybiegu ściany, należy poświęcić baczniejszą uwagę środkowej części wyrobiska, znajdującej się pomiędzy chodnikami przyścianowymi;
- wzmocnienie w postaci tub szalunkowych wypełnionych spoiwem mineralno-cementowym musi być wykonane co najmniej około miesiąc przed spodziewanymi wpływami, przez co spoiwo może uzyskać w pełni swoje parametry wytrzymałościowe;
- niezwykle istotna jest odległość pomiędzy tubami – najbardziej optymalnym rozwiązaniem będzie zabudowa w każdym polu pomiędzy odrzwiami obudowy podporowej dwóch tub szalunkowych;
- należy zwrócić szczególną uwagę na dobór spoiwa o odpowiednich parametrach wytrzymałościowych oraz posiadającego możliwość pompowania w postaci gęstoplastycznej na znaczne odległości, co pozwoli w rezultacie na ograniczenie zakresu transportu materiałów;
- tuby szalunkowe dzięki swojej niewielkiej masie (karton) transportowane, budowane oraz zatłaczane mogą być przez zespół dwóch pracowników;
- zastosowanie wzmocnienia w postaci wypełnionych tub spoiwem mineralno-cementowym pozwoliło na eliminację zagrożenia związanego z urabianiem drewna oraz jego odstawą. Wypełnione tuby ulegały zniszczeniu w czasie urabiania przez kombajn ścianowy oraz rozdrobnieniu przez kruszarkę kęsów zabudowaną w trasie przenośnika PZP;

- rozwiązanie w postaci tub wypełnionych spoiwem mineralno-cementowym, które stosowane jest od wielu lat w górnictwie australijskim oraz USA, potwierdziło swoją przydatność również w warunkach GZW;
- również słupy wykonane z wzajemnie powiązanych stojaków drewnianych po raz kolejny potwierdziły swoją przydatność, wynikającą z korzystnej charakterystyki podpornościowej, prostoty zabudowy oraz stosunkowo niskich kosztów.

Literatura

- [1] BILIŃSKI A.: *Przejawy ciśnienia górotworu w polach eksploatacji ścianowej w pokładach węgla*. Politechnika Śląska. Zeszyt Naukowy nr 221. Górnictwo w 31, Gliwice 1968.
- [2] BILIŃSKI A.: *Metoda doboru obudowy ścianowych wyrobisk wybierkowych i chodnikowych do warunków pola eksploatacyjnego*. CMG Komag, Gliwice 2005.
- [3] BIENIAWSKI Z.T.: *Strata control in mineral engineering*. Student edition A.A. Balkema, Rotterdam 1987.
- [4] BRADY B., BROWN E.: *Rock mechanics for underground mining. The Netherlands*. Wyd. Springer, 3rd edition 2004, reprinted with corrections 2006.
- [5] EVERLING G., MEYER A.: *Ein Gebirgsdruck-Rechenmodell als Planungshilfe*. Glückauf – Forschungshefte 3, 1972.
- [6] Instrukcja stosowania wraz z zasadami BHP IS/NR 10/05/2011 spoiwa mineralno-cementowego ADIBET – w odmianie ADIBET – W60, Mysłowice 2011.
- [7] JUNKER M. I INNI: *Gebirgsbeherrschung von Flözstrecken*. Verlag Glückauf GmbH, Essen 2006.
- [8] PENG S.: *Longwall Mining. 2nd Edition*. West Virginia University Press, Morgantown 2006.
- [9] PENG S.: *Coal ground control. 3rd Edition*. West Virginia University Press, Morgantown 2008.
- [10] RAJWA S., MASNY W., ROBAKOWSKI A., KOWALCZUK J.: *Sposób wzmocnienia i przygotowania wyrobiska zlokalizowanego w polu wybiegu ściany wraz z technologią prowadzenia ściany*. „Przegląd Górniczy” 9(1125)/2016.

 Tomasz Chiliński, Artur Słomian
KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Jastrzębie”;
Zbigniew Lubosik, Wojciech Masny
Główny Instytut Górnictwa Katowice