

Krzysztof Setlak*, Mirosław Moszko*, Łukasz Siodlak*

BADANIE PRZEMIESZCZEŃ OBUDOWY ŁUKOWEJ ZA POMOCĄ SYSTEMU MONSUPPORT W KWK „ZIEMOWIT”

1. Wstęp

Skomplikowana budowa górotworu powoduje, że do zrozumienia i wyjaśnienia wielu zjawisk w nim zachodzących używa się coraz bardziej złożonych metod badawczych. Udoskonalane są zarówno metody teoretyczne, jak i empiryczne [6, 7]. Obecnie w zakresie geotechniki oraz geomechaniki, prowadzi się na świecie liczne badania laboratoryjne, modelowe, jak również badania *in situ*. Interpretacja wszelkich badań doświadczalnych może być doskonałym uzupełnieniem rozważań teoretycznych, w wielu przypadkach odzwierciedlających rzeczywisty stan panujący w górotworze bądź masywie skalnym [6–10].

Najbardziej dokładnym sposobem prognozowania zachowania się wyrobisk korytarzowych znajdujących się w jednostronnym otoczeniu zrobów mogą być prognozy oparte o obserwacje i pomiary kopalniane, prowadzone w konkretnych warunkach geologiczno–górnicznych [2]. Od czasu prowadzenia badań przez Jacobiego metody badawcze i aparatura pomiarowa znacznie się rozwinęły [1, 3, 4, 6, 7]. Zmieniły się zasadniczo parametry górnicze robót przygotowawczych i eksploatacyjnych. Znacznie większe są postępy wyrobisk eksploatacyjnych, wyraźnemu skróceniu uległ również czasokres wybierania pola, wykonuje się chodniki o większych przekrojach, stosowane obudowy posiadają znacznie lepsze parametry wytrzymałościowe. Rozwój techniki prowadzenia pomiarów, z możliwością przesyłania wyników do dysków komputera znajdującego się najczęściej na powierzchni, jest dużym ułatwieniem w realizacji przedsięwzięć badawczych [5, 7].

Obecnie w KWK „Ziemowit” poszukuje się nowych sposobów prowadzenia badań i obserwacji dołowych, które mogą być użyte do prognozy zachowania się wyrobisk za frontem eksploatacji i które umożliwiają podjęcie w odpowiednim czasie adekwatnych decyzji, co do

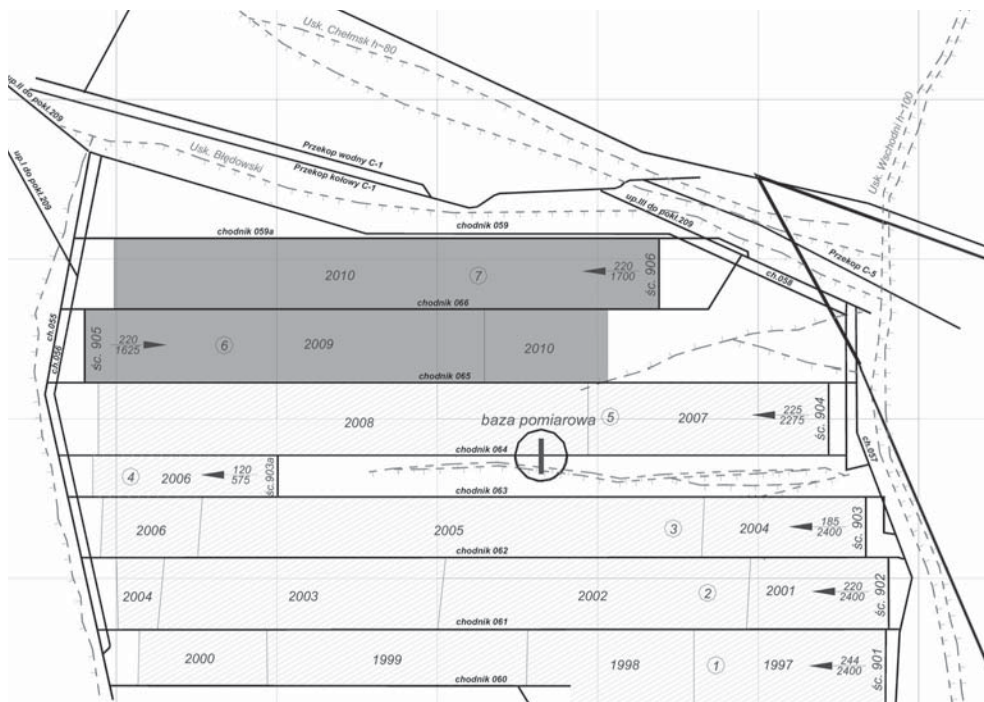
* Kompania Węglowa S.A. Oddział KWK „Ziemowit”, Łędziny

sposobu dodatkowego wzmocnienia górotworu i obudowy, dla zapewnienia funkcjonalności powtórnie użytkowanych wyrobisk.

Takim rozwiązaniem wydaje się być projekt badawczy „Monsupport” realizowany w Kopalni „Ziemowit” we współpracy z Głównym Instytutem Górniczym. Próby ruchowe rozpoczęto w 2008 roku w chodniku nadścianowym 064 dla ściany 904 w pokładzie 209. System pozwala na ciągłą obserwację współpracy obudowy z górotworem, szczególnie w wyrobiskach, które mają być utrzymywane za frontem eksploatacji w sąsiedztwie zrobów narażonych na oddziaływanie znacznych wartości ciśnienia górotworu.

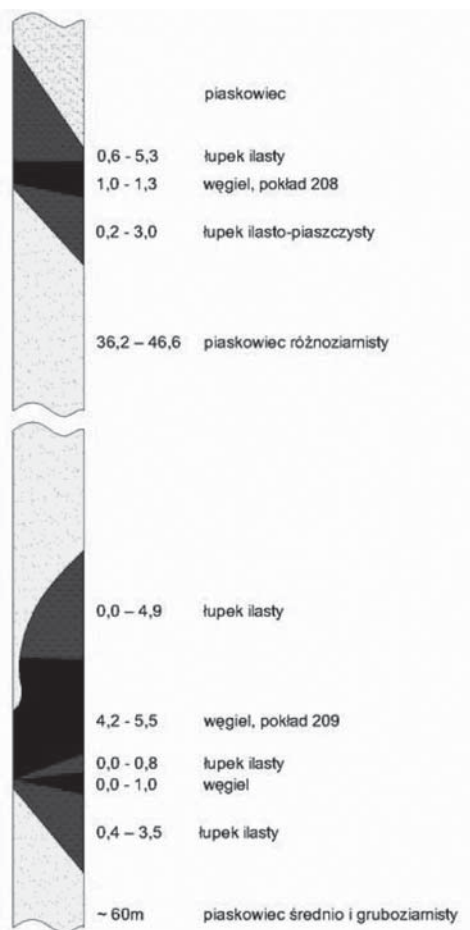
2. Opis warunków geologiczno–górnich w rejonie prowadzonych badań

Chodnik 064, w którym zainstalowano bazę pomiarową był w tym czasie wyrobiskiem nadścianowym ściany 904 prowadzonej w pokładzie 209 (rys. 1). Ściana prowadzona z załamem skał stropowych, zlokalizowana była na głębokości około 700 m w OG „Łęziny I”. Długość ściany wynosiła około 225 m, wybieg 2338 m, a nachylenie podłużne do 40. Średniomiesięczny postęp dobowy frontu ścianowego wynosił 6÷10 m, a średniomiesięczne wydobycie około 7000 t/dobę. Chodnik 064 wykonany został w obudowie łukowej podatnej trzyczęściowej ŁP9/V29/A o rozstawie odrzwi 0,75 m.



Rys. 1. Mapa pokładu 209 — rejon badań

W stropie bezpośrednim pokładu 209 zalega warstwa łupku o miąższości 0÷5 m, a powyżej piaskowiec o grubości 36÷47 m. Spąg pokładu stanowi warstwa 0,4÷3,5 m łupku ilastego, poniżej którego zalegał piaskowiec o miąższości przekraczającej 60 m (rys. 2).



Rys. 2. Profil geologiczny pokładu 209

Średnie wartości parametrów wytrzymałościowych skał i pokładu są następujące:

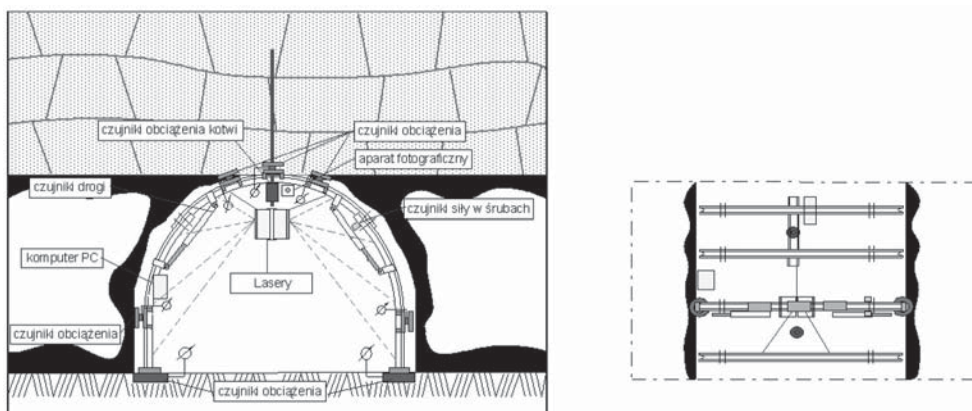
- średnia wytrzymałość węgla pokładu 209 wynosi $R_c = 25,6$ MPa,
- średnia wytrzymałość stropu bezpośredniego (w przedziale 0÷10 m) wynosi $R_c = 16,7$ MPa,
- średnia wytrzymałość skał spągowych wynosi $R_c = 19,7$ MPa.

Współczynnik rozmałności skał występujących w stropie pokładu 209 wynosi dla łupku ilastego $r = 0,8$, dla piaskowca 1,0.

Pokład 209 w analizowanym rejonie zaliczony został do: I-go stopnia zagrożenia tąpniętami, I-go stopnia zagrożenia wodnego, klasy A zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Powyżej pokładu 209 prowadzono eksploatację w pokładach: 205/4, 206/1 i 207.

3. Charakterystyka systemu pomiarowego oraz prezentacja wybranych wyników

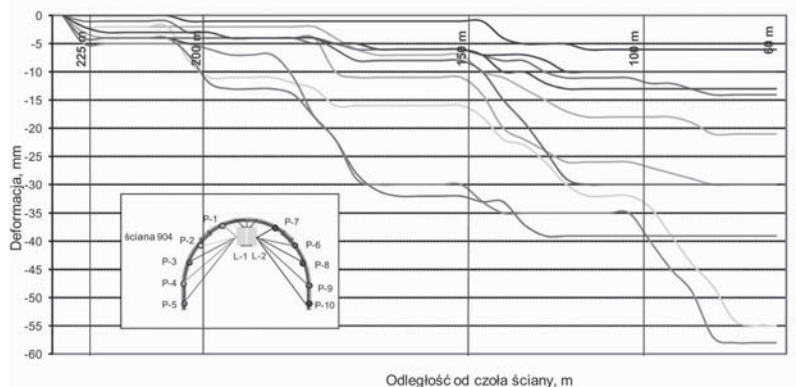
W chodniku nadścianowym 064, w odległości około 230 m przed czołem ściany 904, zlokalizowana była baza pomiarowa stanowiąca system ciągłego monitoringu przemieszczeń odrzwi obudowy łukowej (rys. 3). Wszystkie uzyskiwane dane pomiarowe zbierane były przez pracujący na dole kopalni komputer, a następnie przy zastosowaniu techniki światłowodowej transmitowane do komputera na powierzchni.



Rys. 3. Schemat systemu ciągłego monitoringu obudowy w chodniku nadścianowych 064 ściany 904

Sposób rozmieszczenia reperów P1÷P10 na odrzwiach obudowy łukowej pokazany jest na rysunku 4. Każdemu z reperów odpowiada na załączonym wykresie określony kolor krzywej. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów (rys. 4), zaciskanie wyrobiska w świetle obudowy objawiające się zmianą kształtu obudowy, a dokładniej zmniejszaniem przekroju wyrobiska, jest w strefie oddziaływania ciśnień eksploatacyjnych pokładu 209 niewielkie. Przemieszczenie wytypowanych na odrzwiach punktów wynosi zaledwie kilkanaście milimetrów, w pojedynczych przypadkach (P2 i P5) wynosi około 60 milimetrów. Zaciskanie obudowy rozpoczyna się po takim przemieszczeniu otaczającego górotworu, które prowadzi do wypełnienia pustki, jaka po wykonaniu wyrobiska pozostaje między obrysem a obudową. Tradycyjnie systemy wykładki stosowane w kopalniach sprawdzają się tylko w niektórych warunkach. Jedynym racjonalnym rozwiązaniem tego problemu byłoby wprowadzenie wykładki mechanicznej, na przykład systemu „Bullflex” [11]. Punktowy kontakt odrzwi z górotworem może powodować pojawienie się stref lokalnych koncentracji naprężeń w odrzwiach

i niekontrolowanego rozwoju strefy odprężenia. Z prowadzonych obserwacji wynika, że w warunkach pokładu 209, kiedy w stropie bezpośrednim występuje piaskowiec, opisane sytuacje nie występują i w związku z tym brak pełnej wykładki nie powinien zakłócać wyników prowadzonych obserwacji.

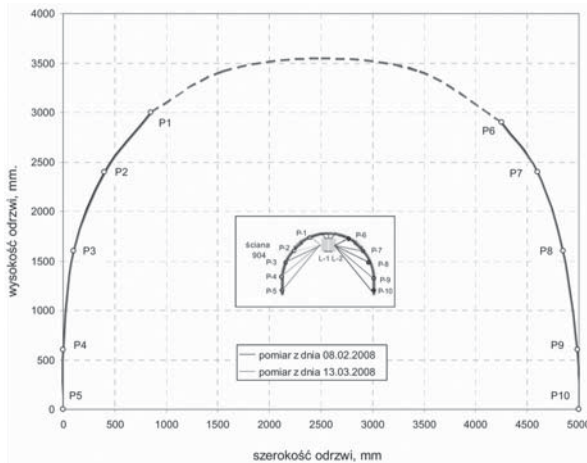


Rys. 4. Wyniki pomiarów przemieszczeń obudowy chodnika za pomocą modułów laserowych

Wyniki pomiarów deformacji obudowy w chodniku 064 przed frontem ściany nie pozwalają na wyciąganie ostatecznych wniosków odnośnie pracy obudowy, a jedynie na stwierdzenie, że przed frontem ściany (w badanym zakresie odległości od frontu 230 m do 60 m) nie przenosi ona znaczących obciążeń. Pojawiają się one dopiero na kilka metrów przed frontem, co można stwierdzić nawet wizualnie. Omawiana metodyka pomiarowa nie mogła być zastosowana w tym miejscu z uwagi na znajdujące się przed ścianą urządzenia i zagrożenie zniszczenia czujników. Pomiar deformacji obudowy wykonywane z wykorzystaniem systemu „Monsupport” pozwalają na stwierdzenie, że w warunkach pokładu 209 obudowa chodników w odległości do 60 m przed frontem ścianowym nie przenosi istotnych obciążeń.

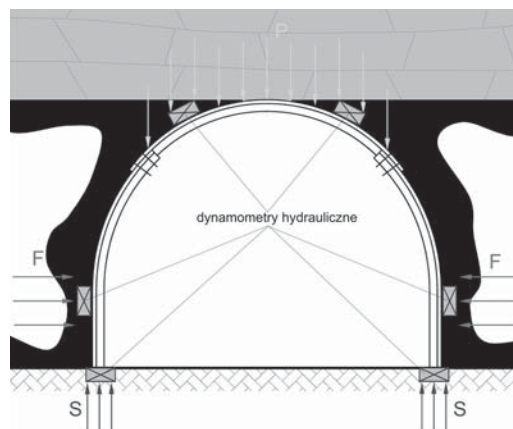
Ciągły pomiar zmian kształtu obudowy prowadzony był od 08.02.2008 do 13.03.2008 (rys. 5). Front ściany w czasie pomiaru zerowego oddalony był od miejsca prowadzenia badań o około 225 m. Pomiar prowadzony był tylko do chwili kiedy front ścianowy zbliżył się na 60 m do bazy. Rozmieszczenie punktów P1÷P10 stabilizowanych na odrzwiach obudowy łukowej, których ruch obserwowany był za pomocą modułów laserowych, pokazano na rysunku 5. Obwódnię punktów wyznaczoną na podstawie pomiaru zerowego pokazano na rysunku kolorem niebieskim. Kolorem czerwonym pokazano przebieg obwódni stwierdzony 60 m przed frontem ściany, jak wynika z rysunku w obserwowanym przedziale odległości od frontu ściany nie zarejestrowano większych zmian w kształcie odrzwi obudowy. Brak obciążenia obudowy podporowej chodnika do 60 m przed frontem eksploatacji umożliwia zachowanie pierwotnego kształtu. Opisana metodyka badawcza zastosowana w warunkach pokładu 209 potwierdziła jedynie przypuszczenia, że wzrost obciążenia obudowy

chodnika 064 spowodowany oddziaływaniem frontu eksploatacji zaczyna się w bezpośrednim sąsiedztwie czoła ściany.



Rys. 5. Zmiana kształtu odrzwi obudowy chodnika w okresie przeprowadzonych pomiarów

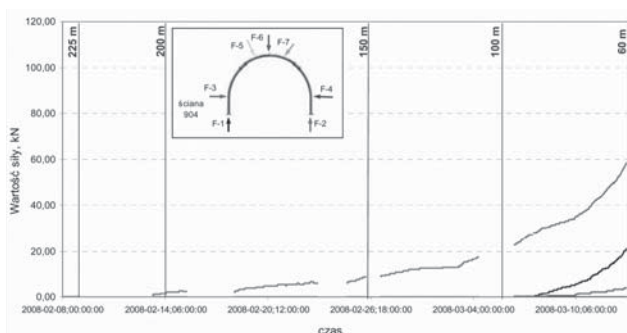
W ramach systemu „Monsupport” przeprowadzono również pomiary obciążenia łuków obudowy z których zbudowane są odrzwia przez otaczający górotwór. Z przedstawionego na rysunku 6 wynika, że czujniki zamontowane na stropnicy przejmują obciążenia pionowe górotworu na odrzwia, a czujniki zamontowane na łukach ociosowych obciążenia poziome, zaś czujniki zamontowane pod stopami odrzwi obudowy łukowej rejestrują wartości ciśnienia odpowiadające obciążeniu spągu przez oba łuki ociosowe. Prowadzone w ten sposób pomiary obciążenia przekazywanego z obudowy na spąg wykazują, że odrzwia nie zawsze obciążane są symetrycznie. Z tego powodu konieczne jest montownie siłowników pod oba łuki ociosowe. Czujniki obciążenia F-1÷F-7



Rys. 6. Schemat rozmieszczenia czujników dla pomiaru obciążenia odrzwi obudowy

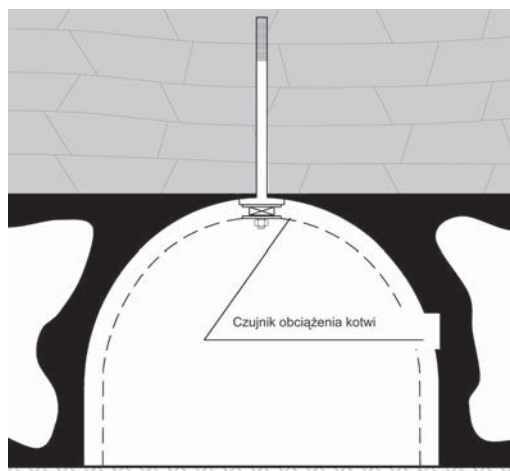
górotworu na odrzwi rozmieszczone zostały jak pokazano to na rysunku 6. Każdemu z czujników przypisano na wykresie określony kolor. Krzywe przedstawiające wartości punktowego obciążenia odrzwi w funkcji odległości od frontu ścianowego posiadają kolor określonego czujnika.

Na podstawie analizy wyników omawianych pomiarów stwierdzono niewielkie, niesymetryczne obciążenie odrzwi (rys. 7). Czujnik F-2 (kolor czerwony) na 60 m przed frontem wykazał obciążenie stopy łuku ociosowego z przeciwległej strony ściany wynoszące około 58 kN. Kolejny czujnik F-1 (kolor granatowy) na 60 m przed frontem wykazał obciążenie stopy łuku osiosowego od strony ściany wynoszące około 22 kN. W tej samej odległości od frontu ściany zarejestrowano również niewielkie obciążenie łuku stropowego odrzwi wynoszące ok. 4 kN (czujnik F-6 — kolor niebieski).



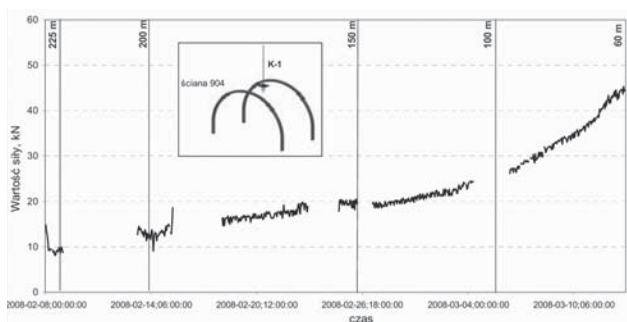
Rys. 7. Wyniki pomiaru wartości siły działającej na obudowę chodnika

Obciążenie kotwi strunowych rejestrowane było czujnikami tensometrycznymi. Kotwa strunowa była mocowana jednym ładunkiem klejowym (rys. 8). Dla przeciwdziałania wciśnięcia czujnika w skałę stropową, pomiędzy górotwór i czujnik wprowadzana była również stalowa płyta oporowa.



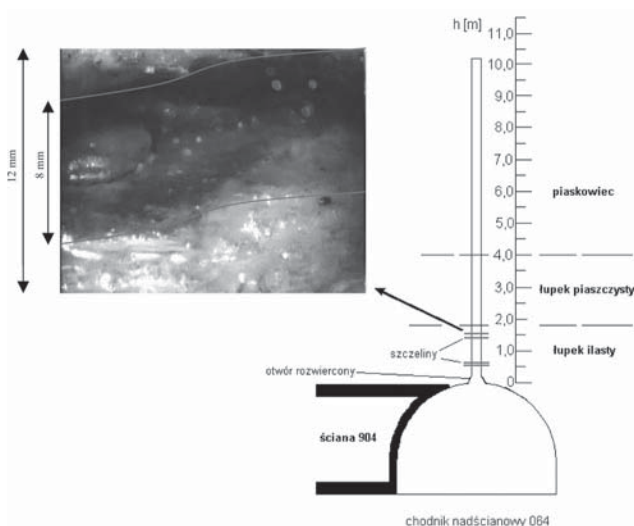
Rys. 8. Schemat instalacji czujnika obciążenia kotwi strunowej

Czujniki siły zamontowane na kotwach strunowych wykazały niewielkie, ale jednoznaczne wzrosty obciążenia strun wraz ze zbliżaniem się frontu eksploatacji. W odległości około 200 m przed frontem ściany zmierzone obciążenie struny wynosiło około 15 kN, a 60 m przed frontem 45 kN (rys. 9). Wyniki tych pomiarów potwierdzają, że w odległości około 60 m przed frontem ściany nie dochodzi jeszcze do znaczących zmian struktury skał stropowych i widocznego obciążenia kotwi. Podobne tendencje zaobserwowano w obciążeniu obudowy podporowej.



Rys. 9. Wyniki pomiaru wartości siły działającej na kotwę strunową zamontowaną w skałach stropowych chodnika

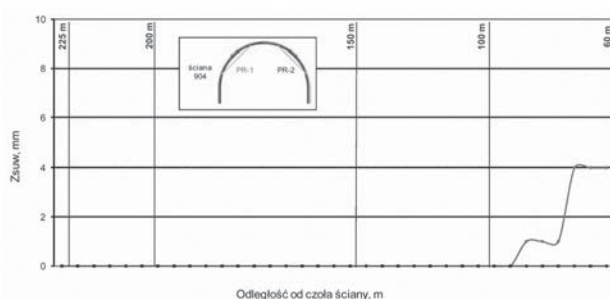
Obciążenie kotwi strunowych stwierdzone na 60 m przed frontem ściany jest nieznaczne, co potwierdzają niewielkie rozwarstwienia w skałach stropowych zaobserwowane w tym miejscu badaniami introskopowymi (rys. 10). Prezentowane badania



Rys. 10. Lokalizacja rozwarstwień stwierdzonych w otworze stropowym dla chodnika nadścianowego 064

obciążenia kotwi pokazują, że skuteczne wzmacnianie obudowy i górotworu z wykorzystaniem kotwienia w warunkach pokładu 209 powinno być realizowane nie bliżej jak 60 m przed frontem ściany, choć korzystniej jest wzmacniać obudowę już w momencie drążenia wyrobiska.

W ramach wykorzystania systemu „Monsupport” w chodniku 064 prowadzono również pomiary zsuwu na złączach obudowy. Stwierdzony wcześniejszymi badaniami brak obciążeń obudowy skutkuje również brakiem zsuwu na złączach ciernych. W chodniku 064 w odległości 60 m od frontu ściany zaobserwowano niewielkie zsuwy na złączach wynoszące około 4 mm (czujnik PR-1 — kolor czerwony) co pokazano na rysunku 11.



Rys. 11. Wyniki pomiaru wartości zsuwu w złączach ciernych

4. Podsumowanie i wnioski

Zaprojektowana obudowa wyrobisk korytarzowych powinna zapewniać zachowanie ich funkcjonalności w całym przewidzianym okresie użytkowania. Dlatego już na etapie projektowania obudowy dla chodników ważnym zagadnieniem jest trafne prognozowanie parametrów zaciskania, które nastąpi w całym okresie utrzymywania. Zjawiska takie szczególnie często występują w chodnikach przyścianowych, które znajdują się w strefach zwiększonych wartości naprężeń, spowodowanych oddziaływaniem frontu eksploatacji. Przedstawiony w referacie system pozwala na ciągły pomiar wielu parametrów, dających obraz pracy obudowy wyrobisk korytarzowych. Uzyskiwane dane pomiarowe mogą, a nawet powinny być wykorzystywane w procesie doboru i wzmocnienia obudowy chodników przyścianowych. Dodatkowo rezultaty pomiarów stanowić mogą bardzo cenne wskazówki dla projektantów obudów górniczych, przyczyniając się do opracowania nowych typów obudowy o odpowiedniej podporności i podatności.

Obciążenie obudowy chodnika przyścianowego 064 rozpoczyna się dopiero w bliskim sąsiedztwie czoła ściany, na około 50÷60 m przed frontem. Na tej podstawie można wnioskować, że w warunkach pokładu 209 wzmocnienie obudowy chodników dla poprawy bezpieczeństwa na skrzyżowaniu z przestrzenią roboczą ściany i umożliwienia utrzymania wyrobiska za frontem w sąsiedztwie zrobów powinno być wykonywane nie później jak około 70 m przed frontem ściany.

LITERATURA

- [1] *Biliński A.*: Wyniki badań ruchów górotworu w polach eksploatacji ścianowej. Prace naukowe GIG, seria dodatkowa, Katowice, 1989
- [2] *Jacobi O.*: Praxis der Gebirgsbeherrschung. Verlag Glückauf, Essen, 1976
- [3] *Kabiesz J., Konopko W.*: Deformacje chodnika przyścianowego przed postępującym frontem ściany. Prace naukowe Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, 1995
- [4] *Konopko W., Kostyk T., Żywirski K.*: Sposób wykonywania i utrzymywania chodników przyścianowych w warunkach wzmożonych ciśnień górotworu lub zagrożenia tapaniami. Przegląd Górniczy nr 2, 1985
- [5] *Korzeniowski W.*: Współczesne metody pomiarów geomechanicznych *in situ* z inteligentną akwizycją danych. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, wyd. CPPGSMiE PAN – Sympozja i konferencje. Kraków, 1993
- [6] *Korzeniowski W.*: Ocena stanu podziemnych wyrobisk chodnikowych i komorowych na podstawie empirycznych metod badawczych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Badawcze, Seria: Rozprawy Monografie, nr 156, Kraków 2006
- [7] *Prusek S.*: Możliwości monitoringu obudowy wyrobisk korytarzowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG nr 9, 2008
- [8] *Prusek S.*: Wyznaczanie zależności do prognozowania zaciskania chodników przyścianowych. Prace Naukowe GIG, Katowice, 2007
- [9] *Prusek S., Kostyk T.*: Prognoza zaciskania chodników przyścianowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG nr 1, 2003
- [10] *Prusek S., Skrzyński K.*: Model obudowy i otoczenia chodnika przyścianowego. Przegląd Górniczy nr 7–8, 2008
- [11] www.bullflex.de