

Reakcja układu strop-filar w komorowo-filarowym systemie eksploatacji

Reaction of the roof-pillar system in the chamber-pillar technology



*Mgr inż. Wiesław Grzebyk**



*Dr inż. Lech Stolecki**

Treść: W artykule zaprezentowano wstępne wyniki badań mających na celu rozpoznanie wzajemnego współdziałania na sobie poszczególnych elementów układu geomechanicznego jaki na złożu rud miedzi stanowią: strop, filary-calizna i spąg. Do obserwacji procesu deformacji górotworu wykorzystano tzw. metodę objętościową, polegającą na ocenie zmian objętościowych ośrodka skalnego na podstawie rejestracji zmian ciśnienia oleju w sondzie pomiarowej wprowadzonej do otworu wiertniczego nawierconego w górotworze. Badania prowadzono równolegle w warstwach stropowych oraz w wybranym filarze technologicznym. Wykonano trzy otwory wiertnicze, jeden prostopadle do stropu oraz dwa otwory prostopadle do filara technologicznego, po jednym w jego części piaskowcowej i dolomitowej. Sondy pomiarowe zostały umieszczone odpowiednio: w otworze stropowym na wysokości 15 m, natomiast w części piaskowcowej filara na głębokości 7 m od ociosu, a w części dolomitowej na głębokości 4 m. Stanowisko pomiarowe zlokalizowano na wyprzedzeniu frontu eksploatacyjnego w rejonie oddziaływania dużej strefy tektonicznej. Wykazano, że lokalna deformacja warstw stropowych ma swoje odzwierciedlenie w ośrodku skalnym usytuowanym na poziomie złoża (filary, calizna). Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że zastosowana metoda objętościowa może być wykorzystywana do określania i oceny procesów deformacyjnych zachodzących w górotworze, w trakcie eksploatacji złoża.

Abstract: This paper discusses the results of mining observations that describe the reaction of geomechanical system in Polish cooper mines. This system consists of three elements: roof layers, pillars and floor layers. The authors applied new measuring technique (volumetric measurement method) to determine the method of deformation of rock mass. The pressure probe is a basic element of the measurement system under the volumetric method. The probe is inserted into the borehole. The measurements that are taken include the changes of the oil pressure in the probe. Observations were made in roof layers and in the technological pillar. Three boreholes were made. One borehole was made in the roof layers. Two others in the pillar – one borehole in the sandstone part and the second one in the dolomite part of the pillar. Probes were inserted into boreholes accordingly: in the roof layers at the height of 15 m, in the sandstone part at the depth of 7 m from the pillar side wall and the dolomite part at the depth of 4 m. Measurement station was located in the lead of the mining field in the area of the impact of a large fault zone. It was shown that the local deformation of roof layers are reflected in the rock formation located at the level of deposits (pillars, face). The experience gained during the research indicates that the proposed method delivers promising results in the area of monitoring and assessing the deformation of a rock mass, while mining the deposit.

Słowa kluczowe:

deformacja górotworu, procesy objętościowe, wstrząsy sejsmiczne

Key words:

rock mass deformation, volumetric changes, seismic events

1. Wprowadzenie

Zaburzenie istniejącego stanu równowagi w górotworze na skutek wybierania złoża uruchamia w masywie skalnym procesy deformacyjne mające na celu osiągnięcie nowego sta-

nu równowagi [2, 9]. Ze względu na specyfikę wykształcenia złoża rud miedzi LGOM oraz stosowany system eksploatacji w kopalniach LGOM, w obrębie masywu skalnego można wyróżnić trzy podstawowe elementy składowe układu geomechanicznego jakimi są: strop, filary i calizna oraz spąg [7].

Odpowiedni dobór parametrów eksploatacyjnych odnoszący się do danej odmiany komorowo-filarowej systemu eks-

* Politechnika Śląska w Gliwicach

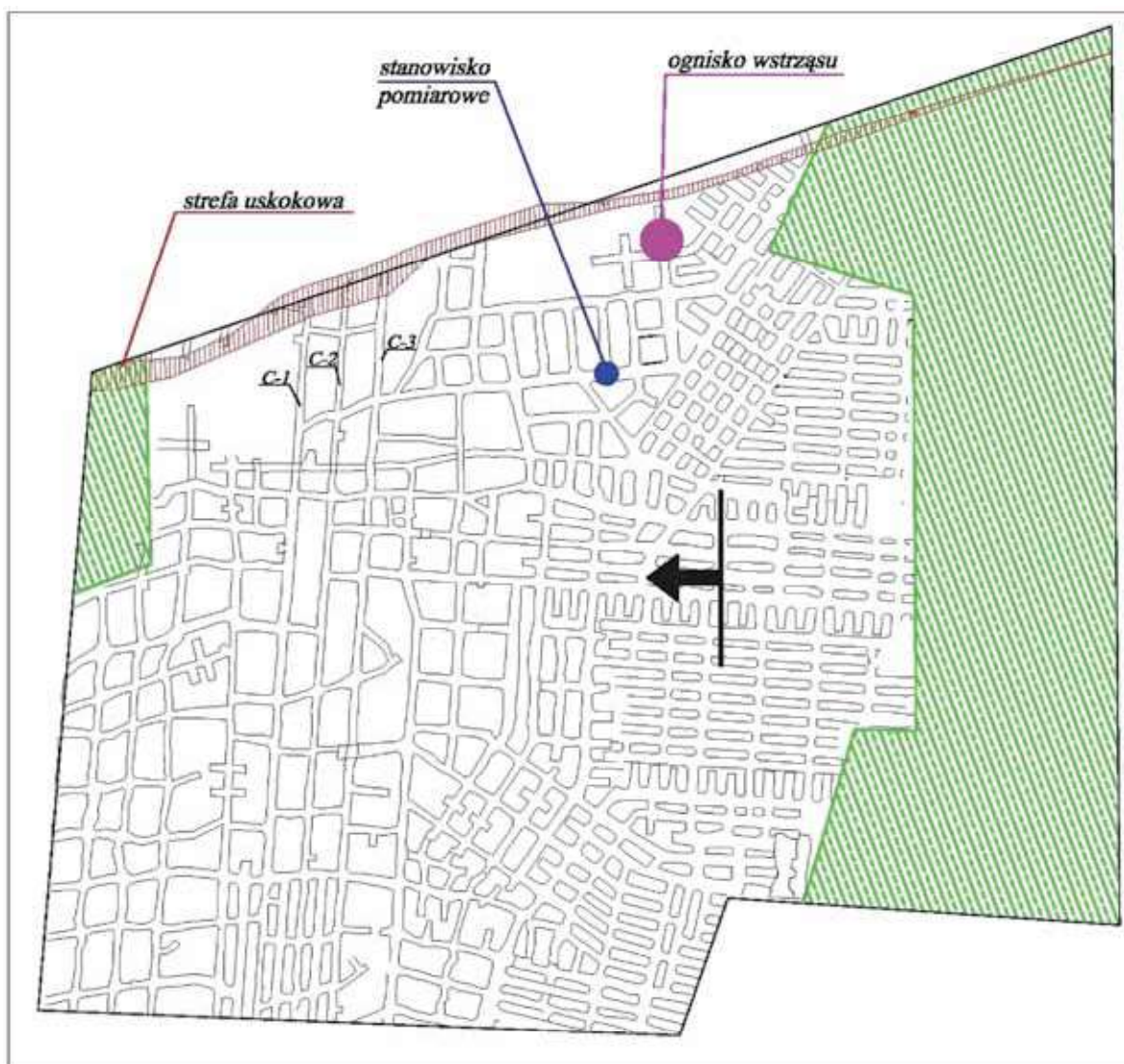
ploatacji, a następnie projektu eksploatacji danej partii złoża, decyduje o pożądanym sposobie deformacji górotworu oraz efektywności i bezpieczeństwie procesu eksploatacyjnego [1]. Dlatego też, tak ważnym jest właściwe rozpoznanie współoddziaływania na siebie poszczególnych elementów układu geomechanicznego i możliwość monitorowania ich pracy [5, 6]. Przybliżenie tego zagadnienia, a konkretnie wstępne rozpoznanie reakcji układu strop-filar w trakcie prowadzonej eksploatacji, zostało określone na podstawie przeprowadzonych obserwacji w warunkach kopalnianych. Obserwacje te polegały na równoczesnym śledzeniu zmian objętościowych ośrodka skalnego w filarze i stropie, w tym samym miejscu pola eksploatacyjnego. Uzyskane wyniki pozwoliły wykazać ścisłą zależność procesów deformacyjnych zachodzących w warstwach stropowych i reakcji filara technologicznego.

2. Poligon doświadczalny

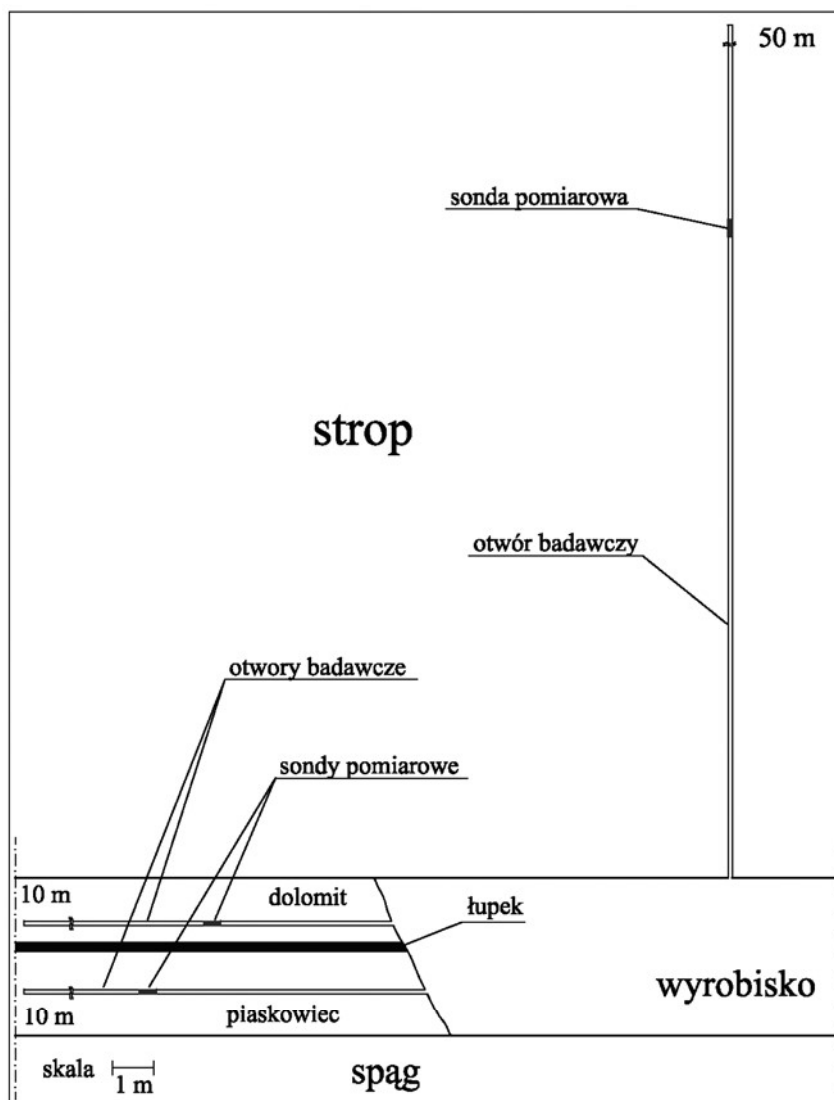
Badania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym usytuowanym w polu G-3/4 kopalni Rudna. Pole to było polem zamykającym, prawym skrzydłem przylegającym do strefy uskokowej Rudna Główna. W rejonie tym złoża miedzi wykształcone jest w białych piaskowcach czerwonego spagowca,

łupkach miedzionośnych i dolomicie o całkowitej miąższości ok. 70 m. Stanowisko pomiarowe zostało zlokalizowane na prawym skrzydle pola, na wyprzedzeniu w stosunku do aktualnej linii frontu eksploatacyjnego (rys. 1).

Do obserwacji procesu deformacji górotworu wykorzystano tzw. metodę objętościową, polegającą na ocenie zmian objętościowych ośrodka skalnego na podstawie rejestracji zmian ciśnienia oleju w sondzie pomiarowej wprowadzonej do otworu wiertniczego nawierconego w górotworze [3]. W tym celu na wybranym stanowisku pomiarowym wykonano trzy otwory wiertnicze, jeden prostopadle do stropu oraz dwa otwory prostopadle do filara technologicznego, po jednym w jego części piaskowcowej i dolomitowej. Sondy pomiarowe zostały umieszczone odpowiednio: w otworze stropowym na wysokości 15 m, natomiast w części piaskowcowej filara na głębokości 7 m od ociosu, a w części dolomitowej na głębokości 4 m. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 2. Ze względu na różne warunki początkowe rozpoczęcia obserwacji w stropie i w filarze, w początkowym momencie wspólnych obserwacji ciśnienie oleju w sondzie „stropowej” wynosiło ok. 8000 hPa, a w sondach umieszczonych w filarze, ok. 3600 hPa. Rejestracje zmian ciśnienia prowadzono w cyklu 10-minutowym.



Rys. 1. Sytuacja górnicza w polu G-3/4
Fig. 1. Mine layout in G-3/4 field



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego
Fig. 2. Measurement system diagram

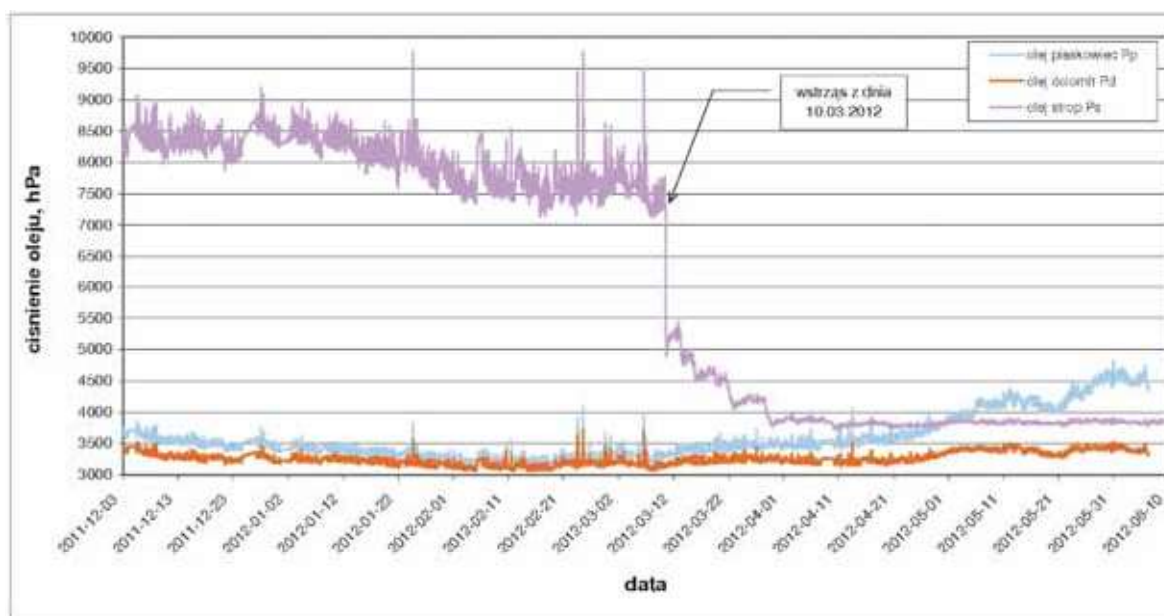
3. Wyniki pomiarów

Równoległe pomiary sondami ciśnieniowymi w stropie i w filarze prowadzono od początku grudnia 2011 r. do połowy czerwca 2012 r., tj. przez okres ok. 6 miesięcy. Uzyskane wyniki pomiarów zmian ciśnienia przedstawiono w postaci odpowiednich wykresów na rys. 3. Pomijając zdecydowanie większą rozpiętość amplitudy rejestrowanego tła dla stropu, do 10 marca 2012 roku można obserwować względne podobieństwo charakteru rejestrowanych zmian ciśnienia zarówno w stropie, jak i w filarze. W dniu tym wystąpił wstrząs sejsmiczny o energii $1,1E6$ J związany z uaktywnieniem się strefy uskokowej Rudna Główna. Po tej dacie następuje radykalna zmiana obrazu zmian ciśnienia w obydwu elementach układu geomechanicznego, tzn. w stropie i filarze. W stropie doszło początkowo do gwałtownego spadku ciśnienia oleju w sondzie pomiarowej oraz w dalszej kolejności do okresowych skokowych zmian ciśnienia, które trwały przez okres ok. jednego miesiąca. W okresie późniejszym ciśnienie to się ustabilizowało na poziomie ok. 3800 hPa. Jednocześnie, okresowi dużego spadku ciśnienia w stropie odpowiadała niewielki (o ok. 300 hPa), ale sukcesywny wzrost ciśnienia w filarze, szczególnie w jego części piaskowcowej, który uległ wyraź-

nemu przyśpieszeniu z chwilą ustabilizowania się ciśnienia w stropie. Opisane zmiany rejestrowanych ciśnień po wystąpieniu wymienionego wstrząsu sejsmicznego, w połączeniu z sytuacją górnictwem można interpretować jako rozciągniętą w czasie utratę spójności struktury masywu skalnego w części stropowej górotworu, co spowodowało zwiększenie obciążenia na jego partię złożową. Przy ustabilizowanym ciśnieniu w stropie, wyraźny wzrost ciśnienia w filarze należy wiązać głównie ze zbliżającym się frontem eksploatacyjnym (jego odległość wynosiła wówczas ok. 155 m) i wzrostem ciśnienia eksploatacyjnego na filar.

4. Analiza procesów deformacyjnych masywu skalnego w rejonie stanowiska pomiarowego po wstrząsie o energii $1,1E6$ J

Zastosowana metoda pomiarowa polegająca na rejestracji zmian ciśnienia w sondzie wprowadzonej do otworu stanowi w pewnym stopniu analogię do metodyki badań na walcowych próbkach skalnych [8]. Aczkolwiek w obydwu przypadkach rejestrowane zmiany określonych wielkości fizycznych są wynikiem odkształceń obwodowych, to w praktyce związane



Rys. 3. Pomierzone zmiany ciśnienia oleju w sondach pomiarowych zlokalizowanych w stropie (Ps), części piaskowcowej filara (Pp) oraz części dolomitowej filara (Pd)

Fig. 3. Graphs of oil pressure changes measured in test probes located in: roof (Ps), the sandstone part (Pp) and dolomite part (Pd) of the pillar

są one z inną powierzchnią oddziaływać sił zewnętrznych. W przypadku przedmiotowych obserwacji czujnik pomiarowy (sonda pomiarowa) znajduje się wewnątrz badanego obiektu i dzięki względnie dużej powierzchni przylegania sondy do ścianek otworu wiertniczego, pozwala spotęgować efekt działających sił.

Zasady interpretacji wyników pomiarów są stosunkowo proste w odniesieniu do obserwacji w filarze technologicznym. Wzrost obciążenia na filar powoduje wzrost ciśnienia w sondzie, które to wskazania bardzo dobrze korelują z głównymi fazami odkształcania się skały w warunkach jednoosiowego ściskania [6]. W przypadku sondy umieszczonej w pionowym otworze, w warstwach stropowych, zmiany ciśnienia oleju w sondzie pomiarowej również wynikają z oddziaływania zewnętrznych sił obwodowych, ale zorientowanych w płaszczyźnie poziomej. Przyczyny zmiany tych sił należy upatrywać w określonym stanie struktury ośrodka skalnego, który może podlegać procesowi kompaktacji lub relaksacji. Procesy te z kolei zależą od lokalnego stanu naprężeń panującego w warstwach stropowych. W konkretnym przypadku wystąpienia wstrząsu sejsmicznego na uskoku, niewątpliwie doszło do zaburzenia istniejącego pola naprężeń w jego strefie i redukcji naprężeń w warstwach stropowych po stronie stanowiska pomiarowego [4]. Konsekwencją powyższego była relaksacja ośrodka skalnego i zmniejszenie wielkości sił działających na sondę pomiarową. W rezultacie utraty spójności warstw stropowych na uskoku, warstwy te uległy przemieszczeniu pod wpływem siły ciężkości, co doprowadziło z kolei do wzrostu obciążenia filara. Powyższa analiza została przedstawiona schematycznie na rys. 4.

5. Podsumowanie

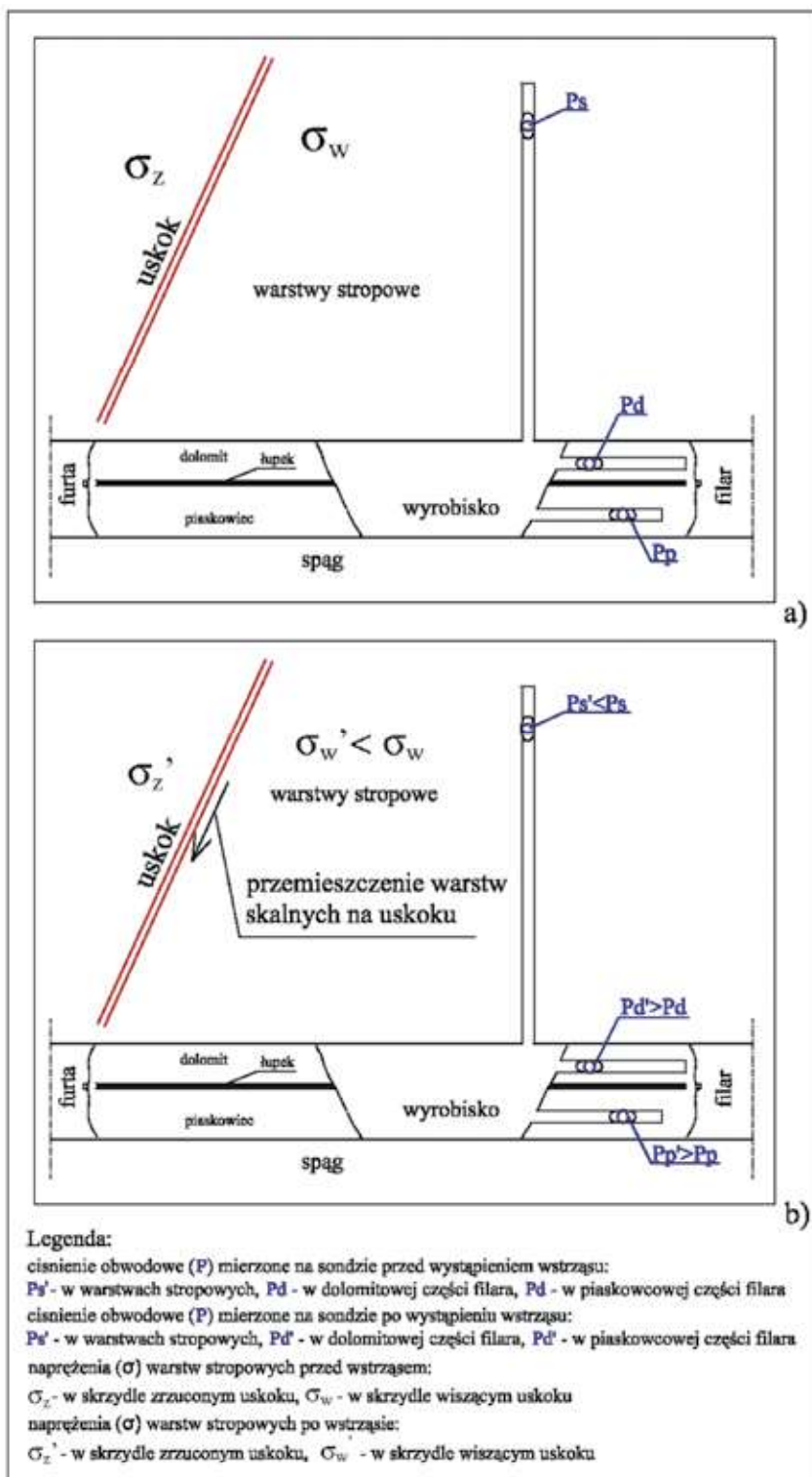
Znajomość rzeczywistej deformacji górotworu ma podstawowe znaczenie przy opracowywaniu optymalnych projektów eksploatacji określonych partii złoża. W kopalniach rud miedzi LGOM, ze względu na budowę geologiczną górotworu,

stosowany komorowo-filarowy system eksploatacji oraz usytuowanie furty eksploatacyjnej, można wydzielić trzy zasadnicze elementy układu geomechanicznego, tj. strop, filary technologiczne i otaczające partie calizny oraz spąg. Poprawne rozpoznanie wzajemnego współdziałania tych trzech elementów składowych pozwoli na opracowanie adekwatnego do warunków kopalni LGOM modelu deformacji górotworu.

Przedstawiony w artykule materiał pomiarowy stanowi tylko fragmentaryczny wycinek zagadnienia jakim jest badanie procesu deformacji ośrodka skalnego w prawdziwym trójosiowym stanie naprężeń. Ze względu na złożoność tego zagadnienia, jest ono jeszcze słabo rozpoznane. W dodatku, dotychczasowa wiedza w tym zakresie pochodzi głównie z badań laboratoryjnych na próbkach skalnych. Należy przypuszczać, że stosując wykorzystaną przez autorów technikę pomiarową można będzie w względnie prosty sposób rozpoznać przedmiotowe zagadnienie w odniesieniu do masywu skalnego, a więc bezpośrednio na podstawie obserwacji w warunkach *in situ*.

Literatura

1. Butra J.: Eksploatacja rud miedzi w warunkach zagrożenia tąpnięciami i zawałami. KGHM Cuprum CB-R. Wrocław 2010.
2. Goszcz A.: Elementy mechaniki skał oraz tąpnięcia w polskich kopalniach węgla i miedzi. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej Wydawnictwo PAN. Kraków 1999.
3. Grzebyk W., Stolecki L.: Identyfikacja procesów termodynamicznych zachodzących w górotworze pod kątem oceny zagrożeniami zjawiskami dynamicznymi. „Górnictwo i Geoinżynieria” 2010, R. 34, z. 2, s. 289-295.
4. Grzebyk W., Stolecki L.: Wpływ zaburzeń tektonicznych na przebieg deformacji masywu skalnego w obrębie eksploatowanego pola. Czasopismo N-T „Cuprum” 2013, nr 1, s. 81-86.
5. Grzebyk W., Stolecki L.: Sposób deformacji górotworu w trakcie eksploatacji złoża rud miedzi w LGOM. „Przeгляд Górnictwa” 2013, nr 7, s. 99-105.



Rys. 4. Sytuacja geomechaniczna w obserwowanym rejonie przed wstrząsem (a) i po wstrząsie (b) o energii 1,1 E6 J z dnia 10.03.2012
Fig. 4. Geomechanical situation in the observed part of the panel before the seismic event (a) and after seismic event (b) of the energy of 1,1 E6 J which occurred on 10 March, 2012

6. Grzebyk W., Stolecki L.: Charakterystyka deformacyjna filara technologicznego w komorowo-filarowym systemie eksploatacji. Archives of Mining Science. Vol 59 (2014), No 2, s. 323-335.
 7. Kapiesz J., Makówka J.: Przemieszczenia płyt stropu podczas eksploatacji złoża rud miedzi systemem J-UG i J-UGZ. Międzynarodowy Kongres Górnictwa Rud Miedzi. Lubin 2002, s. 91-102.
 8. Kwaśniewski M.: Zachowanie się skał w warunkach prawdziwie trójosiowego ściskania – odkształcenia objętościowe i dylatacja. Archives of Mining Science. Vol 52. 2007, No 3, s. 409-435.
 9. Walaszczyk J., Drzewiecki J., Mutke G.: Model niszczenia skał stropowych górotworu będącego źródłem intensywnych zjawisk dynamicznych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2002.