

Henryk KLETA, Stanisław DUŻY

ANALIZA NUMERYCZNA ZACHOWANIA SIĘ GÓROTWORU ZABURZONEGO TEKTONICZNIE W STREFACH WPŁYWU EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono przykłady modelowania numerycznego przemieszczeń masywu skalnego w rejonach dyslokacji tektonicznych z uwzględnieniem ruchów górotworu powodowanych podziemną eksploatacją górniczą. Do analizy wpływu uskoku na wielkość i rozkład przemieszczeń przyjęto model bryły górotworu poddanego oddziaływaniu sił ciężkości oraz zlokalizowane w nim uskoki o różnych modelach współpracy bloków tektonicznych.

NUMERICAL ANALYSIS OF THE BEHAVIOUR OF THE ROCK MASS DISTURBED BY TECTONIC DISLOCATION IN THE AREAS OF MINING INFLUENCE

Summary. The work presents examples of computer modelling of displacements in the areas of tectonic dislocations, making allowance for the movements of rock mass caused by underground mining. To analyze the influence of the fault on the extent and distribution of the deformation in the vicinity of the rock mass, a spatial model of the rock mass body subjected to the gravitation forces was assumed, together with identified therein faults of different interaction models of tectonic blocks in the plane of the fault throw.

ЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ГОРНОГО МАССИВА НАРУШЕННОГО СЪРОСАМИ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РОБОТ

Резюме. В работе представлено примеры числительного моделирования перемещений горных пород вблизи сброса учитывая перемещения массива вызванные влиянием очистных работ. До анализа влияния сброса на величину и расположение деформаций принята модель массива подвергаемого гравитации. В массиве расположены сбросы о разных моделях взаимодействия тектонических блоков на поверхности сброса.

1. WPROWADZENIE

Budowa masywu skalnego ma istotne znaczenie w procesie jego deformacji. Jednym z podstawowych elementów wpływających w istotny sposób na wielkość i rozkład procesów naprężeniowo-deformacyjnych ma tektonika masywu. Dotychczasowe obserwacje wskazują, że w rejonie zaburzeń tektonicznych występuje koncentracja naprężeń [3, 5].

Wieloletnie badania wskazują, że zwiększone naprężenia występujące w rejonie uskoku swoją genezą sięgają czasów ruchów skorupy ziemskiej, które spowodowały powstanie uskoku [3,4,10]. Teorie opisujące stan naprężenia w otoczeniu uskoku wychodzą z założenia, że w chwili powstania uskoku w masywie skalnym występował stan graniczny, który spowodował ścięcie warstw skalnych. Po wystąpieniu ścięcia w masywie skalnym wystąpił stan, w którym naprężenia ulegały zmniejszeniu w wyniku relaksacji naprężeń.

Określenie wielkości i rozkładu procesów naprężeniowo-deformacyjnych w rejonie uskoku wiąże się ściśle z modelem współpracy bloków tektonicznych wzdłuż płaszczyzny uskoku. W literaturze, w rozwiązaniach teoretycznych, spotyka się najczęściej trzy sposoby uwzględniania uskoku w masywie skalnym [3,4], a mianowicie:

- występowanie w masywie skalnym płaszczyzny nieciągłości, po której powstałe bloki skał mogą swobodnie się przemieszczać,
- występowanie w górotworze płaszczyzny nieciągłości, po której powstałe bloki skał mogą się przemieszczać, jednak siły powodujące ruch bloków masywu skalnego muszą pokonać siły tarcia występujące wzdłuż płaszczyzny uskoku,
- występowanie w masywie skalnym szczeliny o stosunkowo niedużej szerokości wypełnionej materiałem skalnym (lub pustej), usytuowanej w masywie pod odpowiednim kątem od pionu.

Przyjęcie odpowiedniego modelu uskoku pociąga za sobą przyjęcie odpowiednich założeń, które w decydujący sposób wpływają na wyniki przeprowadzonej analizy. Biorąc dodatkowo pod uwagę złożoność procesów zachodzących w strefach zaburzeń tektonicznych można stwierdzić, że zagadnienie wpływu uskoku na przebieg procesów naprężeniowo-deformacyjnych można najefektywniej analizować w oparciu o modelowanie numeryczne.

2. CHARAKTERYSTYKA MODELI NUMERYCZNYCH MASYWU SKALNEGO W OTOCZENIU USKOKU

Do modelowania przebiegu procesów naprężeniowo - deormacyjnych w procesie eksploatacji górniczej w masywie skalnym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku wykorzystano program "BEASY" [1] oparty na metodzie elementów brzegowych.

Analizę wpływu uskoku na rozkład i wielkość naprężeń i przemieszczeń w strafach wpływów eksploatacji górniczej przeprowadzono na modelach górotworu zbudowanych z warstw o zmiennych własnościach mechanicznych i wytrzymałościowych poddanych oddziaływaniu sił ciężkości oraz zlokalizowane w nich uskoki o modelach współpracy bloków tektonicznych na płaszczyźnie uskoku. W modelach tych symulowano prowadzenie w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku eksploatacji górniczej, która prowadzona była bądź w skrzydle zrzuconym, bądź w skrzydle wiszącym. Przeprowadzono analizę następujących modeli:

Model I - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje płaszczyzna nieciągłości, po której może odbywać się poślizg warstw skalnych. W płaszczyźnie poślizgu ruch może odbywać się bez tarcia. W skrzydle zrzuconym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku prowadzona była eksploatacja górnicza.

Model II - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje płaszczyzna nieciągłości, po której może odbywać się poślizg warstw skalnych. W płaszczyźnie poślizgu ruch może odbywać się bez tarcia. W skrzydle wiszącym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku prowadzona była eksploatacja górnicza.

Model III - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje płaszczyzna nieciągłości, po której ruch może odbywać się po pokonaniu sił tarcia występujących na płaszczyźnie poślizgu w wyniku działających tam naprężeń stycznych. W skrzydle zrzuconym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku prowadzona była eksploatacja górnicza.

Model IV - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje płaszczyzna nieciągłości, po której ruch może odbywać się po pokonaniu sił tarcia występujących na płaszczyźnie poślizgu w wyniku działających tam naprężeń stycznych. W skrzydle wiszącym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku prowadzona była eksploatacja górnicza.

Model V - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje szczelina o niedużej szerokości nachylona pod pewnym kątem do poziomu i wypełniona materiałem sypkim. W skrzydle zrzuconym prowadzona była eksploatacja górnicza.

Model VI - oparty na założeniu, że w górotworze istnieje szczelina o niedużej szerokości nachylona pod pewnym kątem do poziomu i wypełniona materiałem sypkim. W skrzydle wiszącym w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku prowadzona była eksploatacja górnicza.

3. WPŁYW ZABURZEŃ TEKTONICZNYCH NA PRZEBIEG PROCESÓW DEFORMACYJNYCH MASYWU SKALNEGO

Przeprowadzone obliczenia wielkości i rozkładu naprężeń i przemieszczeń masywu skalnego w sąsiedztwie uskoku wykazały, że uskoki w sposób zasadniczy mogą wpływać na zmianę kształtowania się naprężeń i odkształceń masywu. Występowanie uskoku powoduje występowanie koncentracji naprężeń. Koncentracja naprężeń w sposób wyraźny dotyczy naprężeń poziomych, zaś w mniejszym stopniu naprężeń pionowych. Strefa zmienionych wielkości naprężeń w wyniku występowania uskoku obejmuje obszar przylegający do uskoku w odległości do około 100 m, przy czym znaczna koncentracja naprężeń występuje w odległości do około 30 m.

W przypadku prowadzenia eksploatacji górnicznej w sąsiedztwie uskoku, zmianie może ulec rozkład przemieszczeń masywu skalnego. Istotny wpływ ma tu odległość frontu eksploatacyjnego od uskoku, wielkość przemieszczeń wywołanych eksploatacją górniczną, lokalizacja eksploatacji względem uskoku (skrzydło zrzucone, skrzydło wiszące), jak i model współpracy bloków tektonicznych wzdłuż płaszczyzny uskoku. Na rys. 1-12 przedstawiono w postaci map izolinii rozkłady przemieszczeń masywu skalnego, wyrażonych w metrach, w rejonie uskoku w wyniku oddziaływania eksploatacji górnicznej.

Na rys. 1 i 2 przedstawiono rozkład przemieszczeń masywu skalnego dla modelu I. Z rysunków tych widać wyraźnie, że w wyniku występowania uskoku proces deformacji górotworu ulega załamaniu na uskoku i jego przebieg jest zmieniony. Widać też, że jeżeli uskoku jest płaszczyzną poślizgu, po której bloki skalne mogą się przemieszczać bez tarcia, w przypadku ujawniania się wpływów eksploatacji górnicznej prowadzonej w skrzydle zrzuconym, występuje poślizg po płaszczyźnie uskoku.

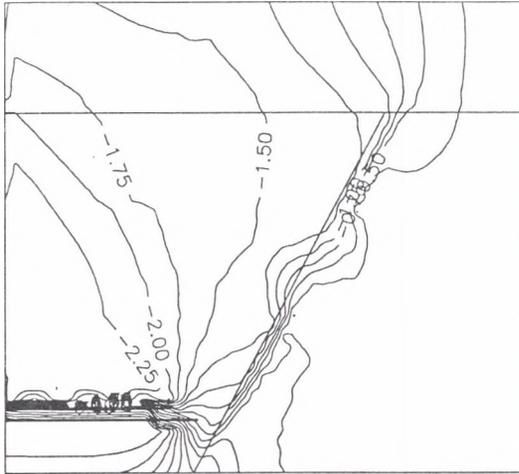
Na rys. 3 i 4 przedstawiono rozkład przemieszczeń dla modelu II. Z rysunków tych wynika, że w przypadku prowadzenia eksploatacji w skrzydle wiszącym, występowanie uskoku w znacznym stopniu zmienia rozkład przemieszczeń pod eksploatowanym pokładem. Ma to znaczenie dla zagadnień związanych z nadbieraniem pokładów i budowlą podziemnych.

Na rys. 5 i 6 przedstawiono rozkłady przemieszczeń dla modelu III. Z rysunków tych wynika, że w przypadku występowania na płaszczyźnie uskoku tarcia lub innych sił stwarzających występowanie oporu w stosunku do przemieszczania się bloków skalnych, wielkość poślizgu wzdłuż płaszczyzny uskoku maleje. Maleje zatem i wpływ uskoku na rozkład przemieszczeń masywu skalnego.

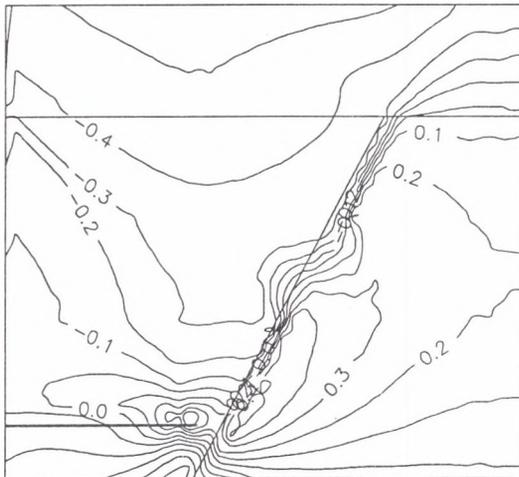
Na rys. 7 i 8 przedstawiono rozkłady przemieszczeń dla modelu IV. Z rysunków tych wynika, że w tym przypadku, gdy eksploatacja prowadzona jest w skrzydle wiszącym, wpływ uskoku na przemieszczenia masywu skalnego jest wyraźny i to zarówno pod, jak i nad eksploatacją.

Na rys. 9 i 10 przedstawiono rozkłady przemieszczeń dla modelu V. W przypadku eksploatacji w skrzydle zrzuconym i uskoku będącego w postaci szczeliny o niewielkiej szerokości i wypełnionej materiałem sypkim wpływ takiego uskoku na charakter przemieszczeń jest mniejszy niż przy innych modelach współpracy bloków skalnych. Wpływ uskoku w tym przypadku bardziej jest widoczny w rozkładzie przemieszczeń pionowych.

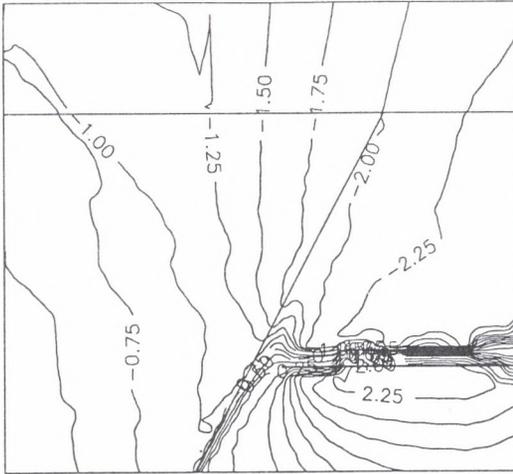
Na rys. 11 i 12 przedstawiono rozkłady przemieszczeń dla modelu VI. W przypadku eksploatacji w skrzydle wiszącym i uskoku będącego w postaci szczeliny o niewielkiej szerokości i wypełnionej materiałem sypkim wpływ takiego uskoku na charakter przemieszczeń jest mniejszy niż przy innych modelach współpracy bloków skalnych. Wpływ uskoku w tym przypadku bardziej jest widoczny w rozkładzie przemieszczeń pionowych, co objawia się zmniejszeniem zasięgu wpływów.



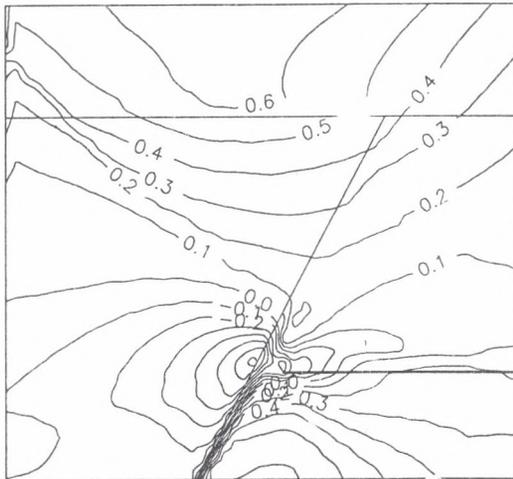
Rys. 1. Rozkład przemieszczeń pionowych - model I
Fig. 1. Distribution of vertical displacements - model I



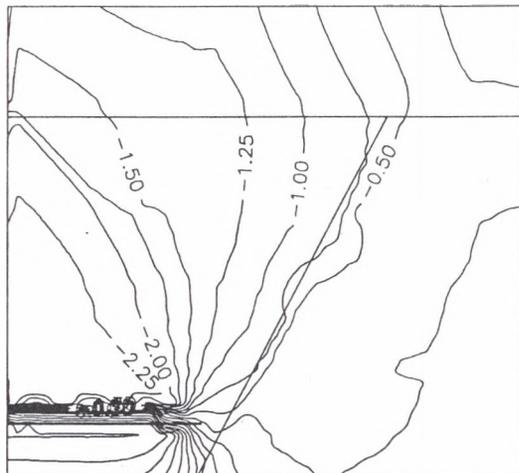
Rys. 2. Rozkład przemieszczeń poziomych - model I
Fig. 2. Distribution of horizontal displacements - model I



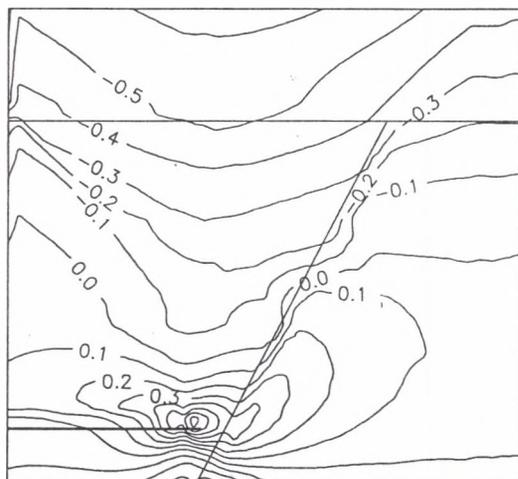
Rys.3. Rozkład przemieszczeń pionowych - model II
Fig. 3. Distribution of vertical displacements - model II



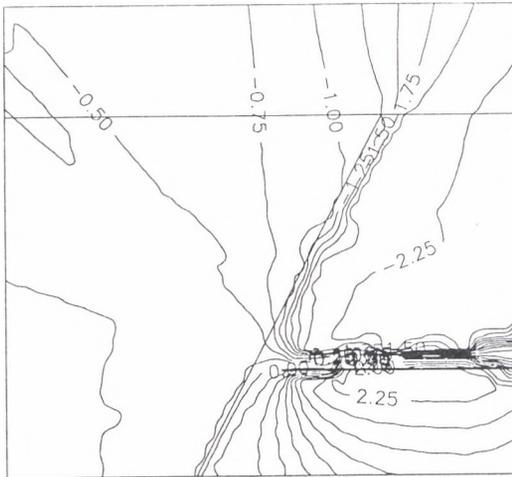
Rys.4. Rozkład przemieszczeń poziomych - model II
Fig. 4. Distribution of horizontal displacements - model II



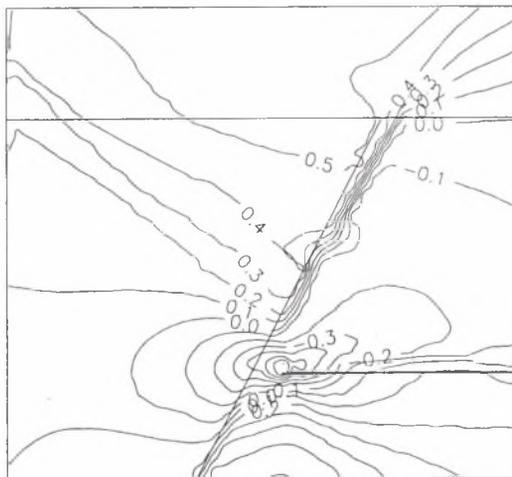
Rys. 5. Rozkład przemieszczeń pionowych - model III
Fig. 5. Distribution of vertical displacements - model III



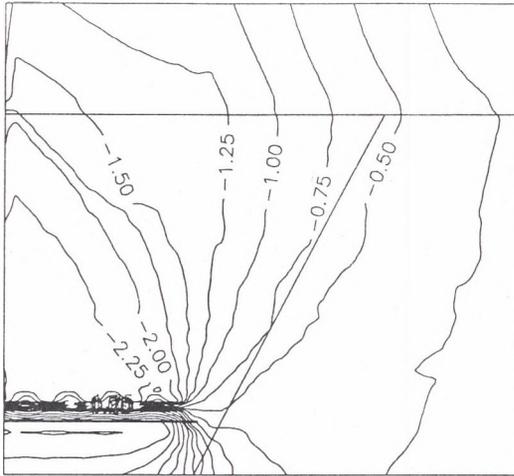
Rys. 6. Rozkład przemieszczeń poziomych - model III
Fig. 6. Distribution of horizontal displacements - model III



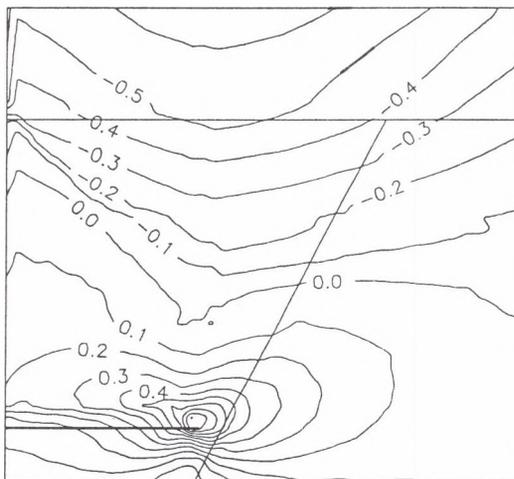
Rys. 7. Rozkład przemieszczeń pionowych - model IV
 Fig. 7. Distribution of vertical displacements - model IV



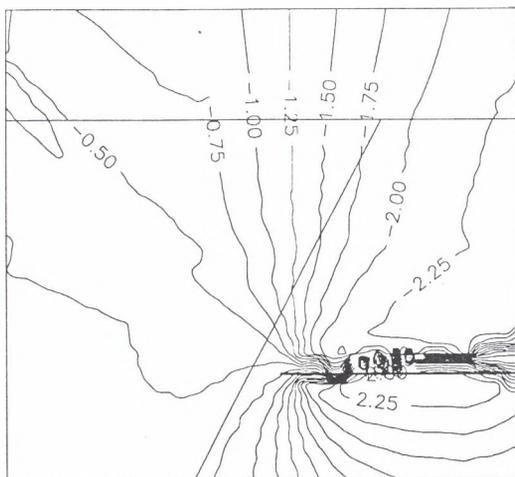
Rys. 8. Rozkład przemieszczeń poziomych - model IV
 Fig. 8. Distribution of horizontal displacements - model IV



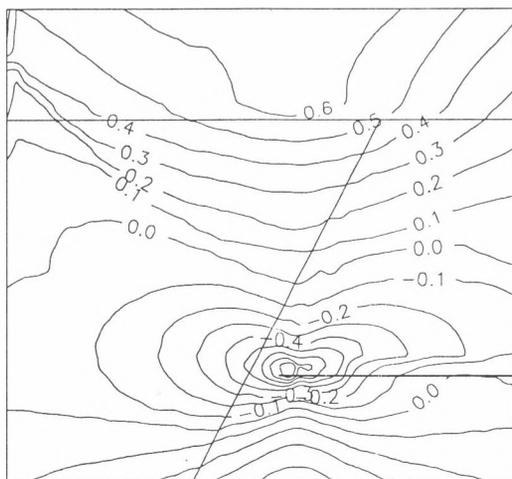
Rys. 9. Rozkład przemieszczeń pionowych - model V
Fig. 9. Distribution of vertical displacements - model V



Rys. 10. Rozkład przemieszczeń poziomych - model V
Fig. 10. Distribution of horizontal displacements - model V



Rys. 11. Rozkład przemieszczeń pionowych - model VI
 Fig. 11. Distribution of vertical displacements - model VI



Rys. 12. Rozkład przemieszczeń poziomych - model VI
 Fig. 12. Distribution of horizontal displacements - model VI

4. PODSUMOWANIE

Proces deformacji górotworu zaburzonego tektonicznie w procesie eksploatacji górniczej ulega pewnym zmianom w odniesieniu do deformacji w górotworze nie zaburzonym tektonicznie.

Jednym z podstawowych czynników decydujących o przebiegu procesu deformacji górotworu jest model współpracy bloków skalnych w płaszczyźnie zrzutu uskoku. W przypadku przyjęcia uskoku jako płaszczyzny poślizgu warstw skalnych obserwuje się występowanie poślizgów skał na płaszczyźnie uskokowej i w konsekwencji zmianę rozkładu przemieszczeń masywu. W warunkach występowania uskoku jako szczeliny lub obszaru skał będących w stanie zniszczonym zaburzenia rozkładu przemieszczeń są mniejsze.

Istotnym czynnikiem wpływającym na rozkład przemieszczeń masywu skalnego zaburzonego tektonicznie w procesie eksploatacji górniczej jest lokalizacja eksploatacji górniczej względem uskoku. Prowadzenie eksploatacji w skrzydle zrzuconym powoduje wywoływanie poślizgów wzdłuż płaszczyzny uskokowej, co w konsekwencji może doprowadzić do znacznych zmian zasięgów wpływów eksploatacji. W przypadku prowadzenia eksploatacji w skrzydle wiszącym w wyniku prowadzenia eksploatacji na uskok działają siły zmierzające do rozwierania szczeliny uskokowej. Sytuacja taka powoduje również głównie zmiany zasięgu wpływów eksploatacji i zmiany rozkładu przemieszczeń.

Podsumowując przeprowadzoną analizę rozkładu i wielkości przemieszczeń masywu skalnego zaburzonego tektonicznie poddanego wpływom eksploatacji górniczej można stwierdzić, że analizując oddziaływanie eksploatacji na budowę podziemne należy uwzględnić tektonikę górotworu. Aby można było uwzględnić wpływ zaburzeń tektonicznych na deformacje masywu skalnego, uwzględnić należy model współpracy bloków skalnych w płaszczyźnie uskoku oraz lokalizację eksploatacji względem uskoku (skrzydło uskoku).

LITERATURA

1. BEASY. The boundary element analysis system. User Guide. Computational Mechanics Publications. Southampton UK and Boston USA, 1991.

2. Brebia C. A., Walker S.: Boundary element techniques in engineering. Newns - Butterworths, London 1980.
3. Chudek M., Duży S., Kleta H.: Wpływ strefy uskokowej na stateczność wyrobiska korytarzowego w świetle badań na modelach numerycznych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 201, Gliwice 1994.
4. Dadlez R., Jaroszewski W.: Tektonika, PWN, Warszawa 1994.
5. Filcek H., Walaszczyk J., Tajduś A.: Metody komputerowe w geomechanice górniczej. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
6. Gil H.: Wpływ uskoku na możliwość wystąpienia tąpnięcia w jego sąsiedztwie. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 70, Gliwice 1970.
7. Goszcz A.: Wpływ naprężeń tektonicznych na niektóre własności skał i warunki górnicze w północno-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. ZN AGH, Geologia, nr 4, Kraków 1964.
8. Józkiwicz S.: Rozkład przemieszczeń i naprężeń w sąsiedztwie jednego uskoku normalnego. Archiwum Górnictwa, nr 4, 1977.
9. Kleta H., Duży S.: Numerical analysis of the behaviour of the rock mass disturbed by tectonic dislocation in the areas of mining influence. Konferencje 50 let VSB - TU v Ostrave, Sekce 3, Geologie, Podsekcje 3c, Geoinformatika, Ostrawa 1995.
10. Michalski A.: Ocena zagrożenia tapaniami przy zbliżaniu się ściany zawałowej do uskoku. Przegląd Górniczy, nr 9, 1977.
11. Podgórski K., Kleta H.: Określenie stanu naprężenia w masywie skalnym przy uwzględnieniu ruchów górotwórczych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 107, Gliwice 1980.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1995 r.

Abstract

In view of the experience gathered so far, the phenomena occurring in the areas of tectonic disturbances in the process of mining are of specific character and may result in changes in the distribution of the deformation and in the deformation process, as compared to the rock mass unaffected by tectonic disturbances.

The origin of increased stresses in the area of tectonic dislocations goes back to the times of earth movements which effected the creation of faults. Due to the above, it is very difficult to define and to describe the distribution of stresses in the immediate vicinity of the fault, using comparatively uncomplicated mathematical formulas. Hence, for practical reasons, it seems advisable to apply the model of numerical modeling.

The work presents examples of computer modelling of displacements in the areas of tectonic dislocations, making allowance for the movements of rock mass caused by underground mining. To analyze the influence of the fault on the extent and distribution of the deformation in the vicinity of the rock mass, a spatial model of the rock mass body subjected to the gravitation forces was assumed, together with identified therein faults of different interaction models of tectonic blocks in the plane of the fault throw. The numerical calculations of displacements in the rock mass were carried out for these models. The applied computer aided system was based on the software utilizing the principles of the boundary elements method and current effort criteria for ravelly rocks.

Basing on the analysis of resultant findings, the influence of the assumed interaction model of tectonic blocks in the plane of fault slip, on the extent and distribution of the deformation zones was indicated, in the rock mass in the vicinity of tectonic disturbances, in the area subjected to mining.