

Waldemar ZIELONKA

Jan ZAWIŚLAK

## PRZYCZYNY ZMIAN WYTRZYMAŁOŚCI OŚRODKA SKALNEGO W OTOCZENIU WYROBISKA KORYTARZOWEGO NA DUŻEJ GŁĘBOKOŚCI

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono przebieg zmian parametrów wytrzymałościowych ośrodka skalnego w czasie wokół konturu wyrobiska korytarzowego w warunkach LZW. Zasygnalizowano rolę głównych czynników wpływających na charakter tych zmian oraz mechanizmy tworzenia się stref różnych stanów geometrycznych górotworu w otoczeniu chodnika, szczególnie powstawanie i rozwój strefy zniszczenia. Wykazano związek pomiędzy wytrzymałością ośrodka skalnego na ściskanie a deformowaniem się przekroju poprzecznego wyrobiska.

### THE REASONS FOR CHANGES OF ROCK MEDIUM STRENGTH IN THE SURROUNDING OF DOG HEADING ON HIGH DEPTH

**Summary.** In the article has been shown the course of changes in time of rock medium strength parameters around the contour of dog heading in the conditions of L.Z.W. The role of main parameters effecting the character of these changes and the mechanisms of forming of different geometrical states of rock mass in the surrounding of heading has been pointed out. The connection between the resistance on compression of rock mass and the deformation of heading cross - section has been shown.

**Резюме.** В работе представлен ход изменений параметров прочности породной среды во времени вокруг контура длинной (коридорной) выработки в условиях ЛЗВ. Сигнализируется роль главных факторов, влияющих на характер этих изменений, а также механизмы образования зон разных геомеханических состояний горного массива вокруг штрека, особенно возникновение и развитие зоны разрушения. Установлена связь между прочностью породной среды на сжатие и деформацией поперечного сечения выработки.

## 1. WSTĘP

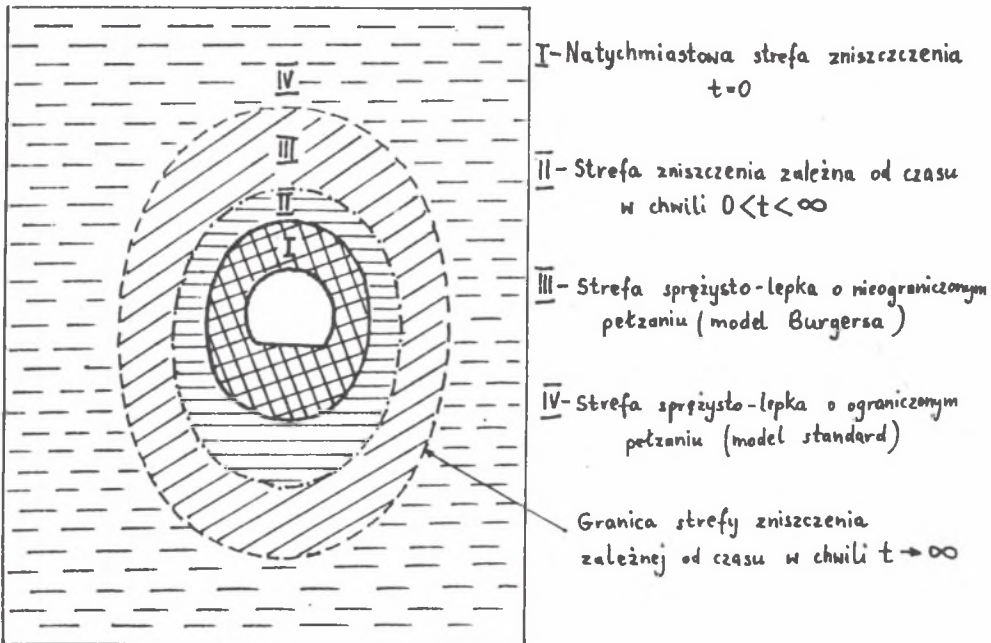
Drażenie wyrobisk korytarzowych na dużej głębokości wywołuje zachodzenie szeregu zjawisk geomechanicznych, prowadzących do powstawania takich stanów naprężeniowych ośrodka skalnego, które mogą wywołać zagrożenie stateczności wyrobiska. Następuje znaczny wzrost odkształceń objętościowych, będących konsekwencją stanu wytężeniowego górotworu i dający w efekcie znaczny wzrost przemieszczeń mas skalnych w otoczeniu wyrobiska. Przemieszczenia te powodują w czasie deformacje łuków obudowy, wypiętrzenie spągu i w konsekwencji zaciskanie przekroju poprzecznego. Wokół chodników tworzy się strefa górotworu zniszczonego, której zasięg jest zależny od charakteru skał, ich zawilgocenia, czasu od wykonania wyrobiska, konstrukcji obudowy, jej rozstawu, przekroju poprzecznego oraz wpływu sąsiadujących wyrobisk eksploatacyjnych i korytarzowych [1, 3, 4, 5, 6]. W szczególnie niekorzystnych stanach naprężeniowo-odkształceniowych może dochodzić do całkowitego zniszczenia obudowy.

Utrzymywanie wyrobisk górniczych w takich warunkach geotechnicznych związane jest z dużymi nakładami na wzmocnianie obudów oraz częste przebudowy i pobierki spągu. W skali całego górnictwa węglowego, eksploatującego coraz niższe poziomy stanowi to istotny problem. W literaturze fachowej brak jest spójnych opracowań analitycznych ujmujących zależności pomiędzy parametrami naprężeniowymi, odkształceniowymi i wytrzymałościowymi ośrodka skalnego oraz pracę obudowy chodnikowej, szczególnie z uwzględnieniem czynnika czasu. Z tych względów interesujące jest podejmowanie prób określenia wpływu takich elementów geomechanicznych, jak: czas, stan wytężeniowy górotworu, rodzaj skał, wilgotność skał i innych na własności wytrzymałościowe ośrodka skalnego (jako zespołu warstw różnych skał) w otoczeniu wyrobiska korytarzowego i rozwój strefy zniszczenia.

Niniejszy artykuł stanowi taką właśnie próbę określenia kompleksowego oddziaływania najistotniejszych czynników na charakterystykę wytrzymałościową ośrodka otaczającego chodnik w czasie, na podstawie analizy zjawisk geomechanicznych wokół chodnika N-532 w KWK "Bogdanka".

## 2. PODSTAWOWE CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WŁASNOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE OŚRODKA SKALNEGO WOKÓŁ CHODNIKA W LZW

Oplerając się na badaniach i obserwacjach dołowych oraz na podstawie literatury fachowej [2, 10] można przyjąć model sprężysto-lepko-kruchy lub model sprężysto-lepko-plastyczny zachowania się górotworu w otoczeniu chodnika w LZW z występowaniem czterech stref (rys.1):



Rys.1 Strefy zniszczenia ośrodka skalnego wokół wyrobiska korytarzowego  
Fig.1 Areas of rock medium destruction around dog heading

- strefa zniszczenia natychmiastowa I ( $t = 0$ ),
- strefa zniszczenia zależna od czasu II ( $0 < t < \infty$ ),
- strefa sprężysto-lepka III, przechodząca w czasie  $0 < t < \infty$  w strefę II,
- strefa sprężysto-lepka nie ulegająca zniszczeniu IV.

Strefa I powstaje bezpośrednio po wykonaniu wyrobiska i obejmuje obszar, w którym wartości naprężeń  $\sigma_g$  (wytężenie) przekraczają wytrzymałość natychmiastową skał  $R_C^{gn}$ .

Strefa II powstaje w obszarze, w którym nastąpił spadek wytrzymałości ośrodka skalnego w czasie  $t$  poniżej wartości wytężenia

$$R_C^{gr} < R_C^g(t) < \delta_g(t) < R_C^{gn}.$$

gdzie:

$R_C^{gr}$  - resztkowa wytrzymałość górotworu na ściskanie,

$R_C^{gn}$  - wytrzymałość natychmiastowa górotworu na ściskanie,

$R_C^g(t)$  - wytrzymałość górotworu po czasie  $t$ .

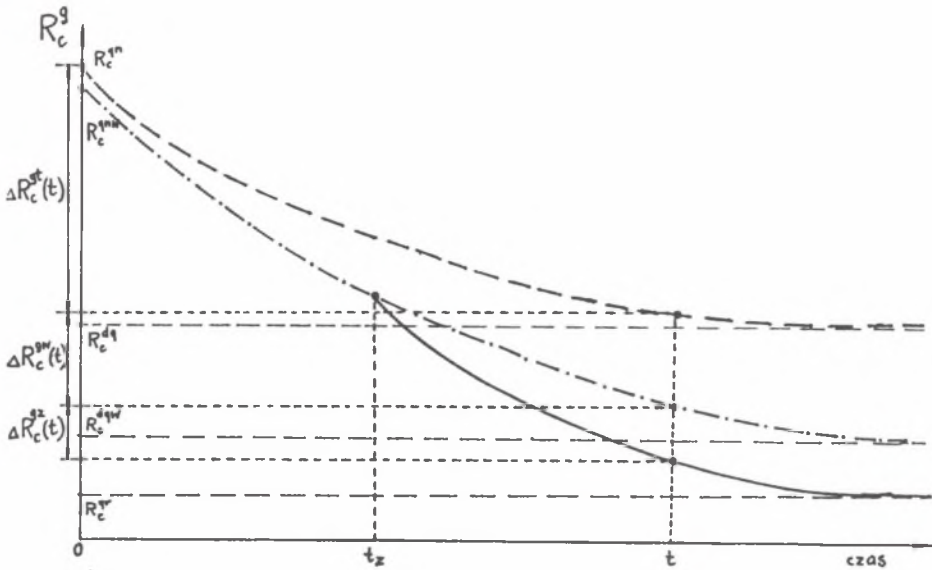
Zasięg tej strefy ulega zwiększeniu z upływem czasu w wyniku zachodzenia procesu obniżania się wytrzymałości skał w przestrzeni otaczającej wyrobisko. Zachowanie się skał w strefie I i II może być opisywane charakterystyką sprężysto-kruchą lub sprężysto-plastyczną.

Strefa III jest ośrodkiem sprężysto-lepkim do pewnego czasu  $t$ . Później przechodzi ona w strefę II na skutek spadku wytrzymałości skał poniżej poziomu wytężenia  $R_C^g(t) < \delta_g(t)$ . Zachowanie się górotworu w tej strefie można opisać modelem Burgersa o nieograniczonym pełzaniu.

Strefa IV stanowi część przestrzeni otaczającej wyrobisko, w której skały nie ulegają zniszczeniu. Jest to ośrodek sprężysto-lepkim opisywany modelem typu "standard" (model Poyntinga-Thomsona lub Zenera) o ograniczonym pełzaniu. O charakterze strefowym ośrodka skalnego wokół wyrobiska chodnikowego i zasięgu poszczególnych stref decyduje więc zmiana parametrów wytrzymałościowych górotworu  $R_C^g$ , będąca efektem działania kilku czynników.

Badania i obserwacje w chodniku N-532 oraz w innych wyrobiskach korytarzowych (w pokładzie, w kamieniu, w zrobach), a także badania laboratoryjne wpływu wilgotności na wytrzymałość skał [8] pozwalają na wydzielenie 3 podstawowych czynników. Są to:

- czas  $t$  oddziaływania stanu naprężeń na ośrodek skalny (reologia skał),
- wielkość wytężenia górotworu  $\delta_g(t)$  powodująca bądź nie powodująca zniszczenia struktury skał w ośrodku (charakterystyka wytrzymałościowa przed- i pozniszczeniowa),
- wilgotność skał w ośrodku w czasie  $w(t)$ .



Rys.2 Charakterystyka zmian własności wytrzymałościowych górotworu

Fig.2 Characteristics of changes of rock strength qualities

- $R_c^{gn}$  - wytrzymałość natychmiastowa na ściskanie w określonym punkcie ośrodka skalnego, bez wpływu wilgoci;
- $R_c^{gnw}$  - wytrzymałość natychmiastowa z uwzględnieniem wpływu wilgoci;
- $R_c^{dg}$  - wytrzymałość długotrwała na ściskanie w określonym punkcie ośrodka skalnego, bez wpływu wilgoci;
- $R_c^{dgw}$  - wytrzymałość długotrwała w określonym punkcie górotworu z uwzględnieniem wpływu wilgoci;
- $R_c^{gr}$  - wytrzymałość resztkowa na ściskanie w określonym punkcie górotworu;
- $\Delta R_c^{gt}(t)$  - reologiczna zmiana wytrzymałości skał w określonym wycinku górotworu po czasie  $t$ ;
- $\Delta R_c^{gtw}(t)$  - zmiana wytrzymałości na ściskanie w określonym wycinku górotworu wskutek oddziaływania wilgoci po czasie  $t$ ;
- $\Delta R_c^{gz}(t)$  - zmiana zniszczeniem struktury skały i przebiegiem charakterystyki pozniszczeniowej w czasie  $t-t_z$ ;
- $t_z$  - czas, po którym nastąpiło zniszczenie skały w danym punkcie górotworu.

Całkowita zmiana wytrzymałości górotworu  $R_C^g(t)$  jest efektem superpozycji zmian od każdego czynnika. Zależność tę poglądowo zilustrowano na rys. 2. Wartość  $\Delta R_C^{gZ}$  jest zależna od charakterystyki pozniszczeniowej górotworu. Dla charakterystyki plastyczno-kruchej jest ona znaczna. W miarę przechodzenia do charakterystyki plastycznej wartość  $\Delta R_C^{gZ}$  maleje.

W skałach słabych budujących górotwór LZW oraz przy istnieniu dużych ciśnień bocznych w górotworze na głębokości ponad 900 m charakterystyka pozniszczeniowa powinna zbliżać się do plastycznej. Wytrzymałość skał w ośrodku skalnym otaczającym wyrobisko korytarzowe po czasie  $t$  można wyrazić zależnością:

$$R_C^g(t) = R_C^g - [\Delta R_C^{gt}(t) + \Delta R_C^{gW}(t) + \Delta R_C^{gZ}(t)] = F_1(t, \delta_g, w) \quad (1)$$

Ponieważ  $\delta_g$  i  $w$  są funkcjami czasu, to  $F_1$  można zapisać następująco:

$$F_1(t, \delta_g, w) = F_1[t, \sigma_g(t), w(t)] = F(t) \quad (2)$$

Funkcja  $F(t)$  wyraża więc kompleksowo ujęty wpływ rozważanych czynników na czsowy przebieg zmian wytrzymałości górotworu:

$$R_C^g(t) = F(t) \quad (3)$$

Istniejące dane badawcze nie pozwalają na określenie udziału każdego czynnika osobno.

W strefie zniszczenia natychmiastowej I i zależnej od czasu II następuje obniżenie się wytrzymałości ośrodka w efekcie oddziaływania czasu  $t$  i wilgoci  $w(t)$  na zniszczoną strukturę skały.

W strefie III do momentu zniszczenia spadek wytrzymałości jest wynikiem oddziaływania czasu i wilgoci na niezniszczoną strukturę skał (charakterystyka przedzniszczeniowa). Od momentu zniszczenia zachodzą zjawiska jak w strefach I i II.

W strefie IV w przedziale czasu  $0 < t < \infty$  zmiana charakterystyki wytrzymałościowej następuje przez oddziaływanie czasu i wilgoci na ośrodek sprężysto-lepki. Opierając się na przedstawionym modelu geomechanicznym zinterpretowano wyniki badań w chodniku N-532 dla opisu przebiegu zmian własności wytrzymałościowych ośrodka skalnego i zjawisk deformujących przekrój wyrobiska.

### 3. WYNIKI BADAŃ W CHODNIKU N-532

Chodnik N-532 w KWK "Bogdanka" został wykonany w pokładzie 385/2 w rejonie Nadrybia na głębokości 910 m w obudowie łukowej podatnej V-36/8-4 otwartej przy rozstawie odrzwi 0,75 m [7,8,9].

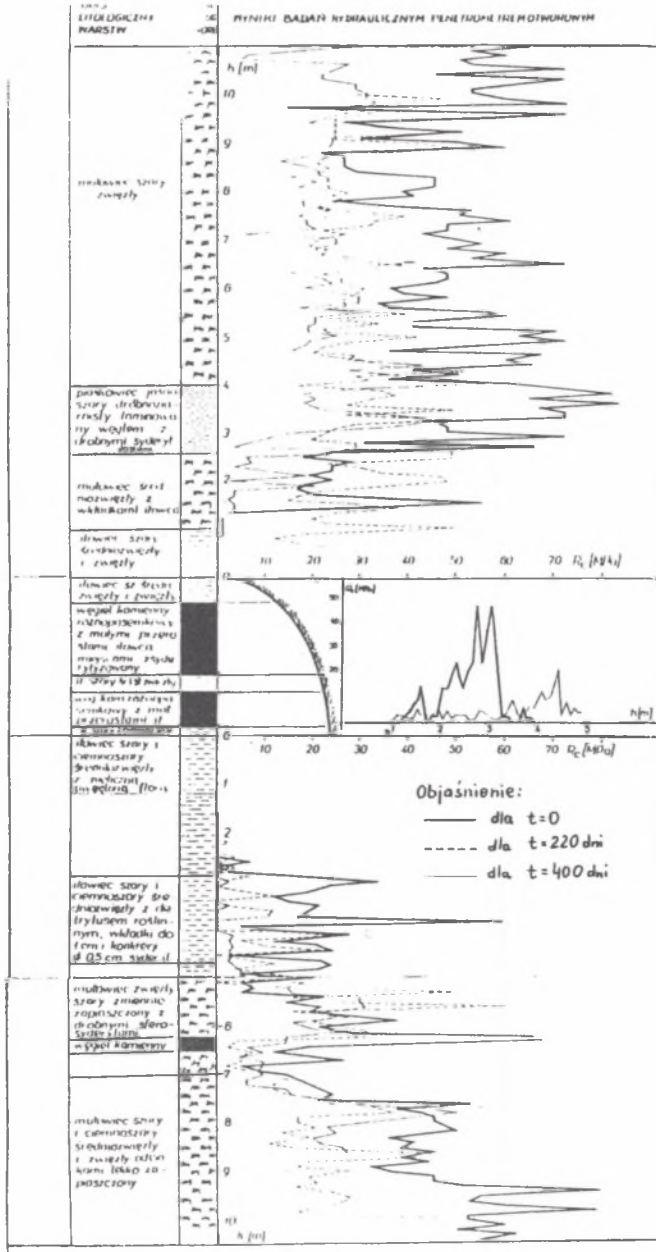
W stropie chodnika zalegały warstwy łłowaca, mułowaca oraz drobnoziarnistego piskowca. W spągu występowały skały łłowcowe i mułowcowe. W okresie badawczym chodnik znajdował się poza zasięgiem wpływów eksploatacji ścianowej i innych wyrobisk korytarzowych. W przodku chodnika N-532 przy określonym jego wybiegu, wykonano pomiary oporów rozwarstwienia skał za pomocą hydraulicznego penetrometru otworowego w otworach wiertniczych:

- a) o średnicy 93 mm i długości 11 m w stropie,
- b) o średnicy 93 mm i długości 10.4 m w spągu,
- c) o średnicy 93 mm i długości 5 m w ociosie węglowym.

Celem stwierdzenia zmian wytrzymałościowych pomiary te powtórzono w tym samym odcinku chodnika, w nowo odwierconych otworach, po upływie 220 i 400 dni. Wyniki pomiarów oporów penetracji wraz z profilem geologicznym przedstawiono na rys. 3. Uśrednione wyniki dla poszczególnych warstw skalnych, zalegających w stropie i spągu chodnika zilustrowano na rys.4,5. Wykonane zostały również w tych samych warunkach badania geofizyczne, polegające na pomiarach oporu elektrycznego skał wokół otworów wiertniczych o średnicy 40 mm w stropie i spągu a pomocą aparatu typu CMG-01 przez Zakład geofizyki GIG. Przebieg zmian oporności właściwej warstw skalnych oraz interpretację stref rozluźnienia w otoczeniu chodnika przedstawiono na rys.6.

W rejonie badań penetrometrycznych i pomiarów oporu elektrycznego prowadzono w analizowanym przedziale czasowym pomiary zmian przekroju poprzecznego wyrobiska (obniżanie stropnicy obudowy, przemieszczenia łuków ociosowych i wypiętrzanie spągu). Ich wyniki zostały zilustrowane na rys.7, gdzie przedstawiono wzory krzywych aproksymujących przebieg zaciskania wyrobiska.

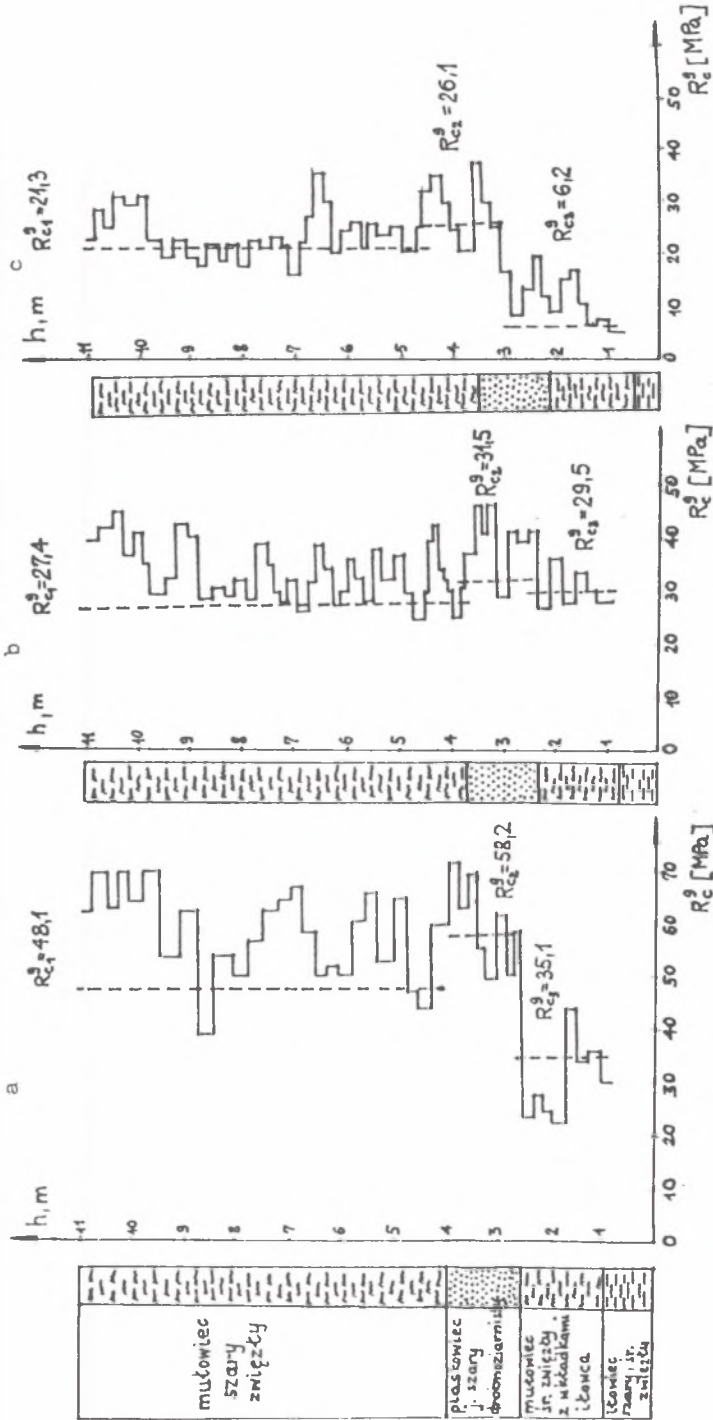
Prowadzone obserwacje wskazywały na znaczne zawilgocenie górotworu, otaczającego chodnik N-532 na skutek dopływu wody z warstw nadległych, głównie zalegającego wyżej pokładu 382. Dopływ został uaktywniony w efekcie zeszczelinowania górotworu wykonaniem wyrobiska. Pod koniec okresu badawczego obserwowano osuszenie masywu skał w rejonie stanowisk badawczych. Stopień zawilgocenia skał miał więc istotny wpływ na parametry wytrzymałościowe ośrodka skalnego, utworzonego po wykonaniu chodnika. Wskazują na to badania zależności wytrzymałości na ściskanie próbek skał od stopnia zawilgocenia, wykonane przez GIG OTL, których wyniki przedstawiono na rys.8 [8].



Rys. 3 Wykres zmian wytrzymałości skał w stropie, spągu i ociosach chodnika N-532

Fig.3 Diagram of rock strength changes in roof, floor and walls of N-532 heading



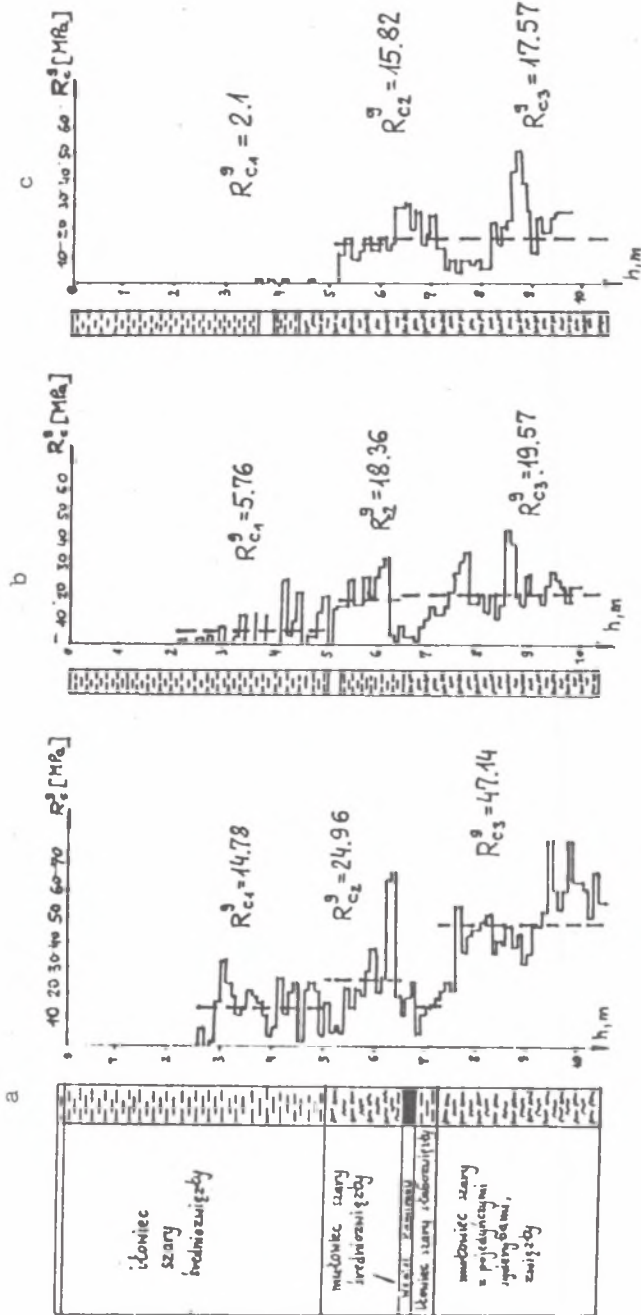


a - bezpośrednio po wykonaniu wyrobiska

b - po 220 dniach od wykonania wyrobiska

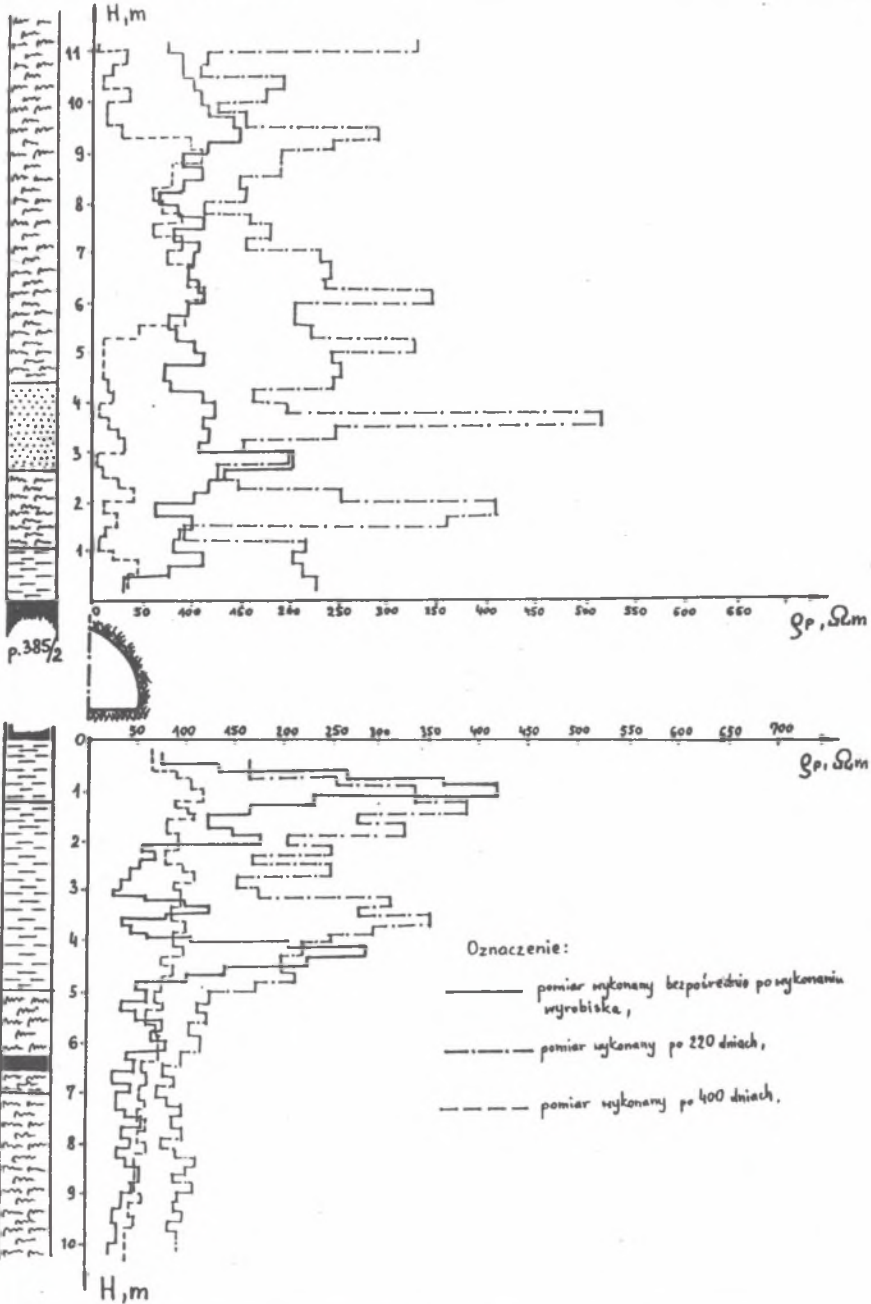
c - po 400 dniach od wykonania wyrobiska

Rys. 4 Wytrzymałości wartsw skalnych w stropie chodnika N-532  
 Fig. 4 Strength of rock layers in roof of N-532 heading



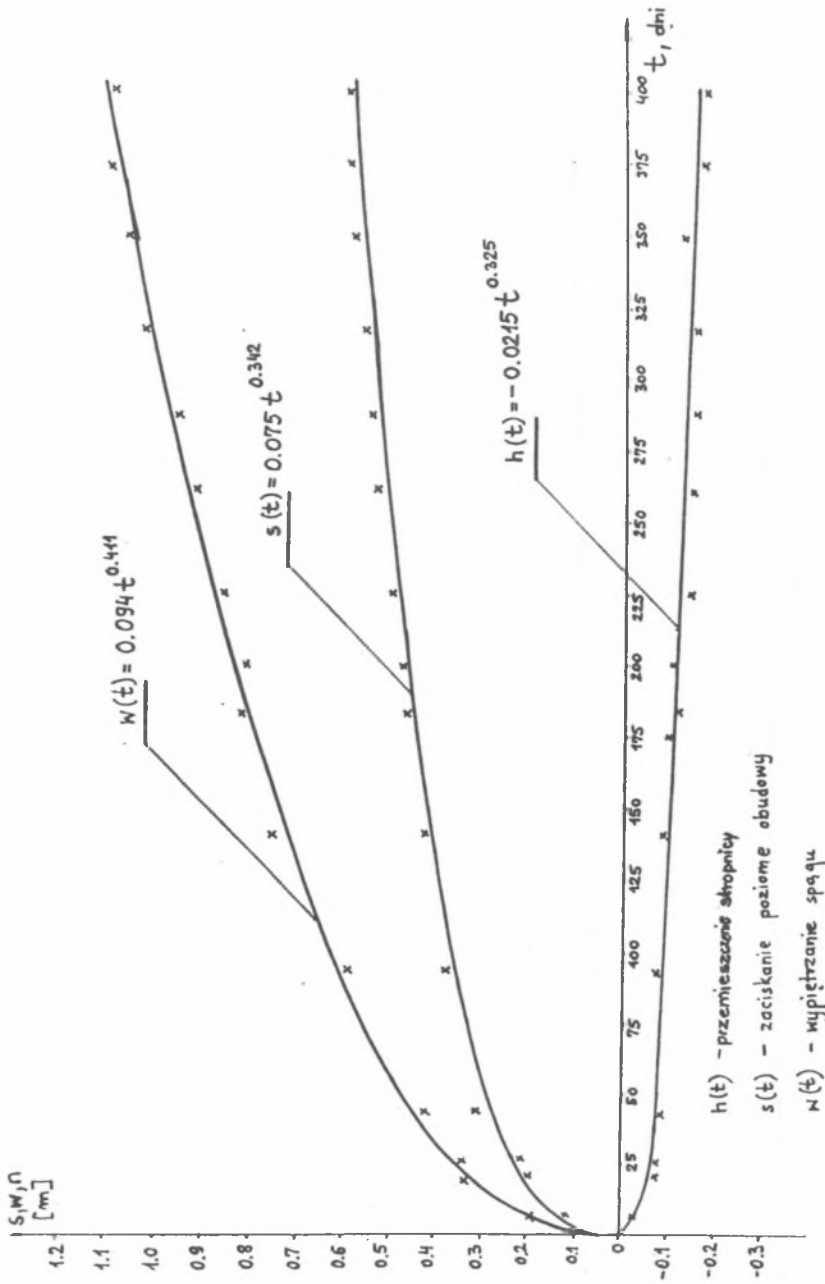
a - bezpośrednio po wykonaniu wyrobiska      b - po 220 dniach od wykonania wyrobiska      c - po 400 dniach od wykonania wyrobiska

Rys. 5 Wytrzymałość warstw skalnych w spągu chodnika N-532  
 Fig. 5 Strength of rock layers in floor of N-532 heading



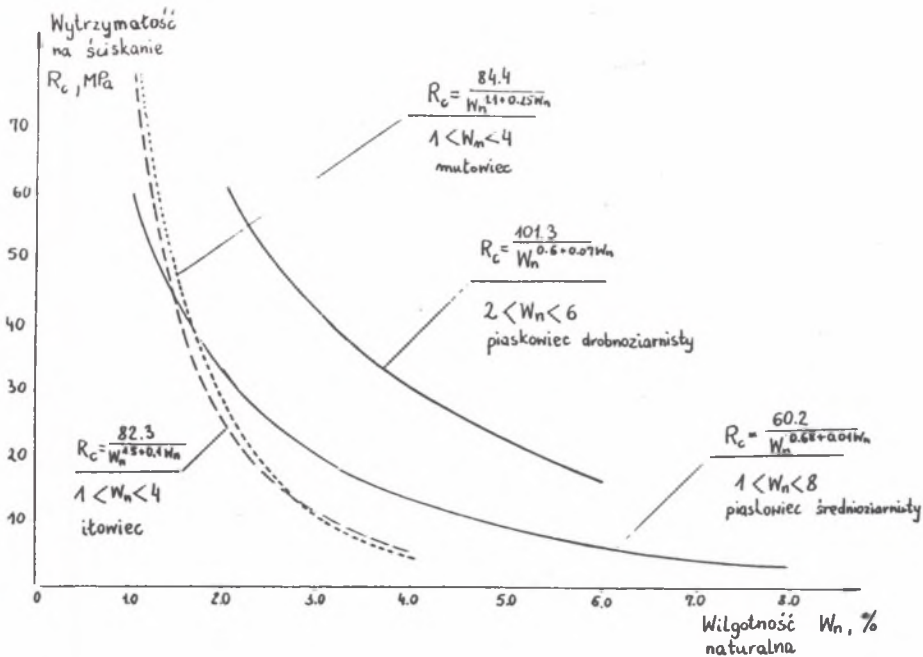
Rys.6 Zmiany oporu elektrycznego warstw stropowych i spągowych chodnika N-532

Fig.6 Changes of electrical resistance in roof and floor layers of N-532 heading



Rys. 7 Przebiegi krzywych konwergencji przekroju poprzecznego chodnika N-532

Fig. 7 Run of convergence curve of N-532 heading cross-section



Rys.8 Zależność wytrzymałości skał w LZW od stopnia zawilgocenia  
Fig.8 Dependence of rock strength in LZW on the degree of moistness

Zaletą wykonanych badań jest ich realizacja w warunkach in situ, przez co uzyskane wyniki bardziej odzwierciedlają rzeczywiste zmiany własności geomechanicznych pakietu skał aniżeli badania laboratoryjne próbek. Niekorzystną stroną stanowi ograniczony zakres ilościowy pomiarów penetrometrycznych w czasie, spowodowany wysokimi kosztami odwiercenia otworów.

#### 4. ANALIZA PROCESU ZMIAN WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH OŚRODKA SKALNEGO WOKÓŁ CHODNIKA

Wyniki pomiarów zmian wytrzymałości na ściszenie w czasie poszczególnych warstw ośrodka skalnego w otoczeniu wyrobiska aproksymowano krzywymi, których postać określono za pomocą opisanej wcześniej funkcji  $f(t)$ . Uwzględniono w ten sposób sumaryczne oddziaływanie trzech wspomnianych czynników geomecha-

nicznych na zmiany wytrzymałościowe górotworu w konkretnych warunkach wykonania chodnika N-532.

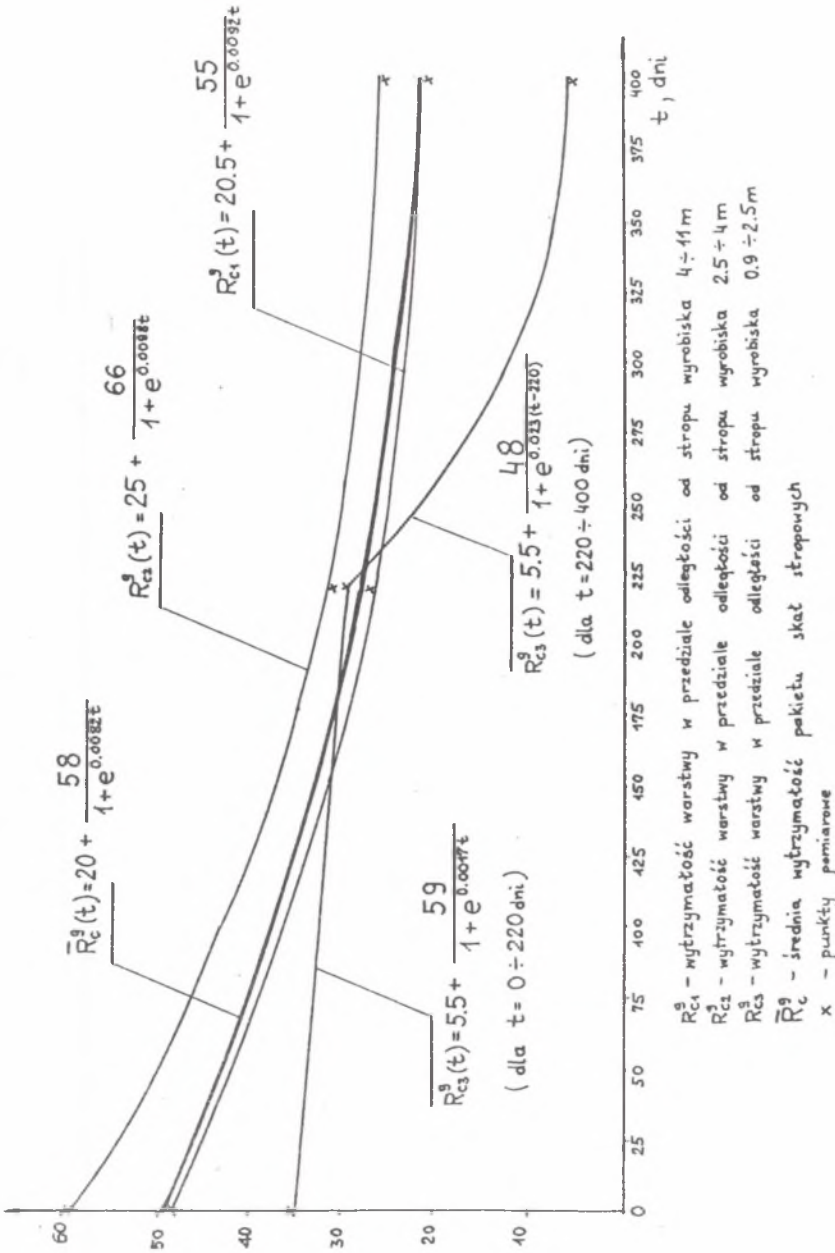
Ogólną postać funkcji, wyrażającej zależność wytrzymałości długotrwałej górotworu od czasu dla badanego odcinka chodnika, można przedstawić za pomocą wzoru:

$$R_c^g(t) = R_c^{gr} + \frac{2(R_c^{gnw} - R_c^{gr})}{1 + e^{At}} \quad (4)$$

W obliczeniach dla celów otrzymania postaci krzywych aproksymacji w przedziale czasowym od 0 do 400 dni przyjęto we wzorze (4) w miejsce  $R_c^{gr}$  wartość wytrzymałości zbliżoną do zmierzonej po 400 od wykonania chodnika  $R_c^{g400}$ . Natomiast w miejsce wartości  $R_c^{gnw}$  przyjęto wartość wytrzymałości zmierzona w przodku wyrobiska (moment wykonania)  $R_c^{go}$ . Wyniki aproksymacji dla warstw stropowych i spągowych przedstawiono na rys. 9,10. Natomiast na rys. 11 zilustrowano hipotetyczne zasięgi stref różnego stanu geomechanicznego ośrodka wokół chodnika, uzyskane z analizy badań penetrometrycznych i oporu elektrycznego skał. Zjawiska zachodzące wokół chodnika w okresie badawczym można, opierając się na przyjętym modelu górotworu i innych informacjach z literatury fachowej zinterpretować następująco. Wykonanie wyrobiska spowodowało naruszenie pierwotnego stanu górotworu i wytworzenie się w najbliższym otoczeniu chodnika nowego stanu naprężeniowego (wytężenia), w którym wartości ciśnień przekraczały wytrzymałość skał. Utworzyła się w efekcie strefa natychmiastowego zniszczenia o określonym zasięgu (rys.11). W wyniku reologicznego oddziaływania stanu naprężeń i wilgoci następowało w czasie obniżanie wytrzymałości ośrodka skalnego zarówno w strefie zniszczenia natychmiastowej, jak również poza nią. Spadek wytrzymałości skał poniżej wartości wytężenia, w pewnych obszarach ośrodka skalnego prowadził do rozszerzania się strefy zniszczenia w czasie w efekcie przyrostu strefy II. Po 400 dniach osiągnęła ona granice przedstawione na rys.11.

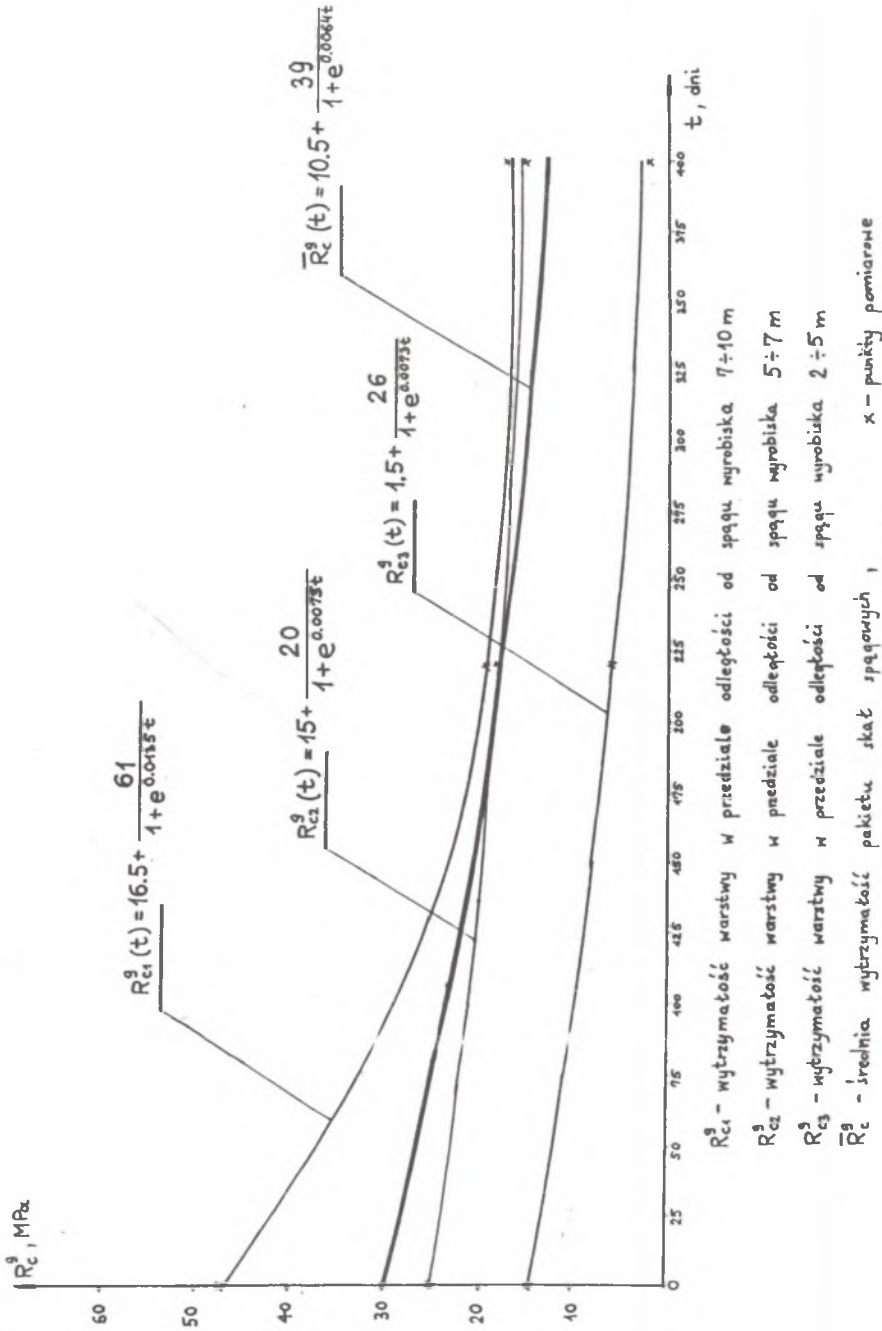
Na rozwój strefy zniszczenia istotny wpływ wywarły zjawiska na kontakcie górotwór-obudowa, będące skutkiem reakcji obudowy i jej zmian w czasie. Reakcja ta była zależna od podporności odrzwi obudowy, rozstawu, wielkości przekroju poprzecznego, konstrukcji obudowy (otwarta).

Wpływ poszczególnych czynników, związanych z obudową był w konkretnych warunkach trudny do określenia, toteż nie przedstawiono w artykule jego interpretacji ilościowej. Znaczne odkształcenia objętościowe, występujące w górotworze zniszczonym, powodowały wypiętrzanie skał spągowych do wyrobiska.



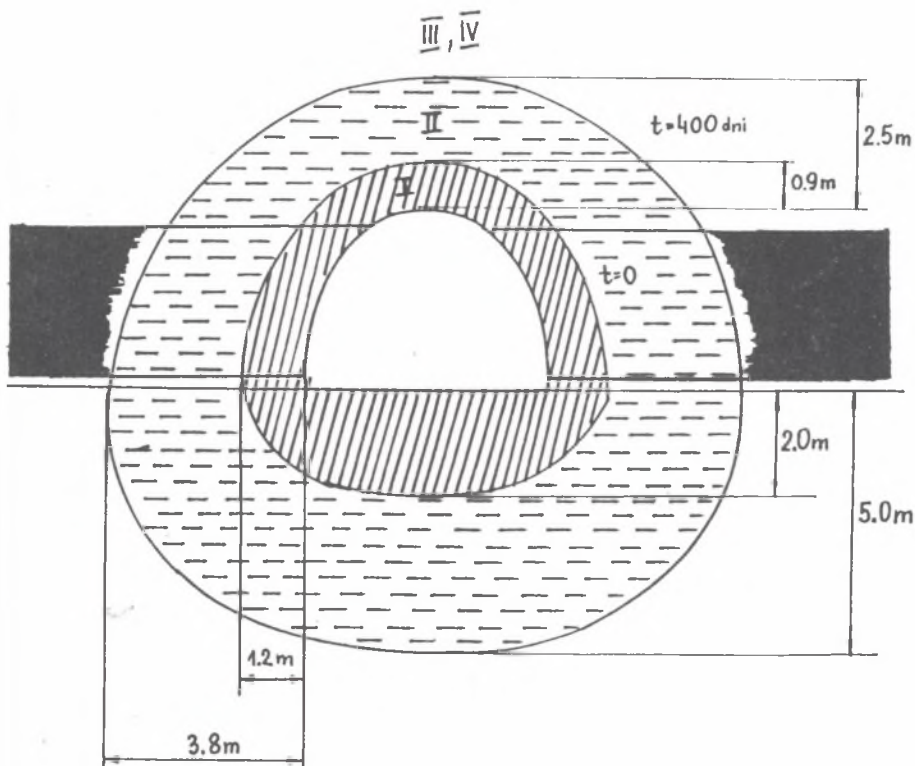
Rys. 9 Przebieg zmian wytrzymałości warstw stropowych chodnika N-532

Fig. 9 Course of strength changes of N-532 heading roof layers



Rys. 10 Przebieg zmian wytrzymałości warstw spagowych chodnika N-532  
 Fig 10 Course of strength changes of N-532 heading floor layers





Rys.11 Zasięgi stref zniszczenia górotworu w otoczeniu chodnika N-532

Fig.11 Ranges of rock destruction areas around N-532 heading

Stwierdzono również duże zaciskanie boczne. Natomiast stropnice przemieszczały się do góry (rys.7) z uwagi na zwiększony wyłom. Szczególnie intensywne procesy konwergencji i zmian wytrzymałościowych górotworu miały miejsce do 220 dni po wykonaniu wyrobiska. Po 400 dniach od wykonania nastąpiła stabilizacja procesów przemieszczeniowych i spadku wytrzymałości. Było to efektem rekonsolidacji masy skalnej w strefie zniszczenia, przy istnieniu ciśnień górotworu ze wszystkich kierunków oraz uzyskaniem przez obudowę określonej podporności. Powstanie w strefie zniszczenia stanu naprężeń zbliżonego do hydrostatycznego (duże ciśnienia boczne) mogło, w tego rodzaju skałach, prowadzić do tego, że charakterystyka wytrzymałościowa pozniszczeniowa miała przebieg bardziej zbliżony do modelu plastycznego niż kruchego. Wskazywałoby to na możliwość wystąpienia pewnego wzmocnienia ośrodka skalnego w obrębie

strefy zniszczenia, będącego następstwem rekonsolidacji zniszczonej skały. Obserwacje zachowania się chodników w zrobach w LZW potwierdzają korzystne działanie zjawiska rekonsolidacji masy skalnej na stateczność wyrobisk.

Stan wytrzymałościowy górotworu w badanym odcinku chodnika N-532 uległ poprawie również w efekcie obserwowanego po 400 dniach osuszenia. Porównując krzywe z rys. 7, 9 i 10 można wskazać na istnienie zależności pomiędzy wielkością zaciskania przekroju wyrobiska a wytrzymałością na ściskanie skał w górotworze otaczającym chodnik. Dla skał spągowych chodnika N-532 w odcinku badawczym korelacja pomiędzy wytrzymałością na ściskanie i wypiętrzaniem spągu może być określona za pomocą wyrażenia:

$$\bar{R}_c^g = 10.5 + \frac{39}{1 + e^{2 \cdot 01675w^{2 \cdot 43309}}} \quad (5)$$

gdzie:

w - wielkość wypiętrzania spągu, m,

$\bar{R}_c^g$  - średnia wytrzymałość na ściskanie pakietu 0-10 m skał spągowych, MPa.

Wzór (5) pozwala dla konkretnych warunków geotechnicznych (chodnik n-532) określać parametry wytrzymałościowe ośrodka skalnego na podstawie pomiarów wypiętrzania spągu.

## 5. STWIERDZENIA I WNIOSKI

Uzyskane liczbowe wyniki analizy zjawisk geomechanicznych, zachodzących wokół wyrobiska korytarzowego, mogą być odnoszone do konkretnych warunków górotworu, w jakich wykonano chodnik N-532, a nawet tylko do badanego odcinka tego chodnika. Wynika to z dużej zmienności przestrzennej parametrów wytrzymałościowych masywu skalnego w LZW, stwierdzanej badaniami skał i obserwacjami zachowania się wyrobisk, która obniża reprezentatywność wyników obliczeń i zawęża ich stosowalność do warunków lokalnych. Przedstawione w artykule ujęcie ilościowe zmian wytrzymałościowych górotworu oraz ich związek z deformacjami konturu wyrobiska i tworzeniem się strefy zniszczenia stanowi rodzaj przykładu. Aby więc można było uogólniać dane obliczeniowe na ośrodki skalne, w których wykonano wyrobiska korytarzowe, pozostające poza zasięgiem wpływu innych wyrobisk (chodnikowych i eksploatacyjnych), należałoby znacznie poszerzyć zakres badań.

Niemniej jednak, jak wykazały to badania *in situ*, przyjęty model geomechaniczny z występowaniem 4 stref różnego stanu górotworu pozwala na jakościową interpretację przebiegu procesów naprężeniowo-odkształceniowych w górotworze LZW po wydrążeniu wyrobiska korzytarzowego. Model ten powiązano z kompleksowo ujętym oddziaływaniem czasu, zniszczenia struktury skały i wilgoci na zmiany własności wytrzymałościowych ośrodka skalnego, których efektem było generowanie i propagacja przestrzenno-czasowa strefy zniszczenia. Charakter przeprowadzonych badań (dołowe) pozwolił na uwzględnienie zespołowych własności górotworu jako masywu skalnego.

Z treści artykułu wynika konieczność prowadzenia dalszych prac badawczych celem określenia oddzielnego wpływu każdego z czynników geomechanicznych (reologia, zniszczenie, wilgotność) na przebiegi charakterystyk wytrzymałościowych w poszczególnych strefach ośrodków skalnych stanowiących otoczenie wyrobisk chodnikowych. Dotyczy to w głównej mierze badań reologii skał zarówno w obszarze przed-, jak również pozniszczeniowym oraz określania wpływu nasycenia wilgocią na wytrzymałość reologiczną. Istotna jest również ocena zmian stanu wytężenia górotworu, kierunków i wielkości naprężeń wokół konturu wyrobiska w aspekcie ich powiązania z charakterystyką pracy obudowy oraz konwergencją przekroju poprzecznego.

#### LITERATURA

- [1] *CHudek M., Plewka h.*: Zagadnienie stateczności wyrobisk korytarzowych w obudowie podatnej zamkniętej w świetle badań "in situ". Wyd. PAN Ossolineum 1991
- [2] *Czerniak I.B. i inni*: woprosy gornogo dieła. Moskwa 1967
- [3] *Filcek H., Tajduś A.*: Stan naprężenia, przemieszczenia i wytężenia w otoczeniu wyrobisk górniczych w górotworze sprężysto-lepkim. ZN Pol. Śl. Gliwice 1987
- [4] *Kłeczek Z.*: Wpływ czasu na wytrzymałość skał. ZN AGH nr 206, Górnictwo z. 15, Kraków 1969
- [5] *Kłeczek Z. i inni*: Geomechaniczny model górotworu w LZW. Praca nauk.-bad. Kraków 1985
- [6] *Tajduś A.*: Utrzymanie wyrobisk korzytarzowych w świetle wpływu czasu na naprężenia, odkształcenia i strefy zniszczenia w górotworze. ZN AGH, Górnictwo, z. 154, Kraków 1990

- [7] *Praca zbiorowa: badania strefy zruszenia górotworu powstałej pod wpływem eksploatacji ściany badawczej w kopalni pilotująco-wydobywczej w Bogdan-  
ce. Praca naukowo-badawcza GIG, OT Lublin 1985*
- [8] *Praca zbiorowa: Wyniki badań zasięgu i rozmieszczenia strefy zruszenia  
warstw spągowych oraz opracowanie wstępnej metody zapobiegania wypiętrza-  
niu spągu. Praca naukowo-badawcza GIG, OT Lublin 1987*
- [9] *Praca zbiorowa: Wyniki badań geotechnicznych skał LZW na potrzeby doboru  
obudów ścianowych (etap I i II). Praca naukowo-badawcza GIG, OT Lublin  
1987, 1988*
- [10] *Zastawskij Ju. Z., Zorian A.N., Czerniak I .Ł.: Rasczloty paramietrow  
kriepi wyrobotok głębokich szcht. Technika, Kijew 1972*

Recenzent: Prof.dr hab. inż. **Kazimierz PODGÓRSKI**

Wpłynęło do Redakcji 17 sierpnia 1992 r.