

DANUTA FLISIAK\*

## Laboratoryjne badania właściwości geomechanicznych soli kamiennej z wybranych złóż cechsztyńskich

### Wprowadzenie

Poszukiwanie optymalnych rozwiązań przy projektowaniu podziemnych magazynów zlokalizowanych w złożach soli kamiennej – polegających na zapewnieniu długotrwałej stateczności pozostawionych calizn ochronnych i ich szczelności, przy równoczesnym spełnieniu warunku efektywności ekonomicznej – musi być poprzedzone wnikliwą analizą właściwości geomechanicznych skał, w których jest planowane wykonanie kawern. W praktyce górniczej jest powszechnie znany fakt, że przebieg zjawisk deformacyjnych zarejestrowany w podziemnych wyrobiskach niejednokrotnie w znacznym stopniu odbiega od wyników obliczeń przeprowadzonych z wykorzystaniem liczbowych parametrów górotworu, określonych na drodze badań laboratoryjnych. Można przypuszczać, że przyczyna tego stanu leży w pozytywnej selekcji pobieranego materiału badawczego, jego zbyt małej ilości w stosunku do zmienności złoża, niedoskonałości laboratoryjnych metod badawczych lub ich celowym uproszczeniu, czy w końcu w uproszczonych formułach matematycznych, dostosowanych do możliwości technik obliczeniowych.

Przy prognozowaniu zjawisk geomechanicznych – zachodzących w górotworze solnym w otoczeniu podziemnych komór magazynowych, wykonywanych na ogół z wykorzystaniem profesjonalnych programów komputerowych przeznaczonych do standardowej analizy stanu naprężenia w ośrodkach skalnych – wykorzystuje się podstawowe parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe skał sprężystych, określane w laboratoryjnych próbach jednoosiowego ściskania (wytrzymałość na ściskanie, moduł sprężystości, liczba Poissona), rozciągania jednoosiowego lub metodą brazylijską (wytrzymałość na rozciąganie)

---

\* Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków; e-mail: danutaf1@agh.edu.pl

oraz pełzania pod jednoosiowym, stałym obciążeniem, w wyniku którego określa się najczęściej lepkość soli. Rozbieżność między wynikami tych obliczeń a rzeczywistym zachowaniem się górotworu powiększa lokalizacja podziemnych magazynów na dużych głębokościach, gdzie wielkość naprężeń pierwotnych i przestrzenna koncentracja naprężeń wtórnych – zmienna w czasie zgodnie z procesem eksploatacji magazynu, zwłaszcza w warunkach zmieniających się temperatur – kwalifikuje górotwór solny jako ośrodek o cechach niesprężystych i niewygasających właściwościach reologicznych. Jak wykazują badania, w pewnych warunkach pełzanie może doprowadzić do kruchego zniszczenia struktury skały.

Na podstawie zgromadzonych wyników badań, realizowanych w różnych okresach czasu dla potrzeb inwestycji planowanych w złożach soli, w artykule pokazano zmienność podstawowych parametrów określających właściwości mechaniczne skały. Wykazano również, że tradycyjnie stosowane do skał techniki badawcze, między innymi zalecenia ISRM (International Society for Rock Mechanics), w przypadku soli kamiennej są niewystarczające do wyczerpującego opisu jej zachowania.

### **1. Właściwości soli kamiennych w próbach jednoosiowego ściskania**

Przegląd liczbowych wartości parametrów soli, określonych laboratoryjnie w próbach jednoosiowego ściskania, wskazuje na znaczne zróżnicowanie właściwości, zwłaszcza w zakresie cech odkształceniowych (tab. 1 i 2). Na podstawie przytoczonych wartości nie można jednak przeprowadzić jednoznacznego porównania właściwości, tak dla poszczególnych serii solnych, jak i dla całych złóż, ponieważ są to wyniki prac zrealizowanych w różnych okresach czasu, z wykorzystaniem niejednolitej metodyki prowadzenia badań laboratoryjnych i opracowywania wyników (Metodyka 1986; Laboratoryjne 1993; Charakterystyka 1994; Kortas 1999; Kasprzyk 2002; Flisiak, Klisowski 2004; Grzybowski 2007). Jedynie przy badaniach soli z pokładowego złoża w LGOM i z wysadu Dębina oraz częściowo z Mogilna, kierowano się zaleceniami opracowanymi przez ISRM dla typowych skał (Ulsay, Hudson 2007). Wytyczne te określają szczegółowo sposób przygotowania próbek i ich wymiary, sterowania próbą jednoosiowego ściskania z ustaloną prędkością zadawania odkształceń oraz obliczania współczynników odkształcalności. W efekcie wyniki badań uzyskiwane w różnych laboratoriach stają się porównywalne.

Zgodnie z zaleceniami ISRM współczynniki odkształcalności: podłużnej (moduł Younga) i poprzecznej (liczba Poissona), jako parametry sprężyste, powinny być określone w zakresie liniowości charakterystyki naprężenie-odkształcenie lub w przedziale naprężeń od 20 do 80% wytrzymałości.

Z laboratoryjnych badań właściwości wytrzymałościowych i odkształceniowych skał wynika, że na wyidealizowanej charakterystyce naprężeniowo-odkształceniowej można wyróżnić kilka charakterystycznych odcinków, opisujących poszczególne fazy odkształcania i niszczenia skały:

TABELA 1

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie i rozciąganie soli kamiennej z wybranych złóż cechsztyńskich

TABLE 1

Compressive and tensile strength of rock salt for the chosen of the Permian limestone deposits

Lp.	Miejsce pobrania	Rodzaj soli	Wytrzymałość [MPa]	
			ściskanie, $R_C$	rozciąganie $R_T$
1.	Kłodawa	sól biała starsza, średnio- i grubokrystaliczna	34,15	1,22
		sól biała starsza drobnokrystaliczna	40,70	1,54
2.	Góra (G-3, G-4, G-5)	sól biała starsza drobno- i średniokrystaliczna	33,69 24,27–39,44	0,96 0,20–1,47
		sól biała starsza grubokrystaliczna	28,23 21,85–32,48	0,89 0,17–1,80
		sól różowa, drobnokrystaliczna	41,43	1,79
			32,10–47,41	1,38–2,25
3.	Lubień Kujawski (L-17 i L-18)	sól biała średniokrystaliczna	31,59 29,10–34,59	brak danych
		sól białoszara, średnio- i drobnokrystaliczna	32,35 27,27–37,50	brak danych
		sól jasnoszara, średnio- i grubokrystaliczna	32,09 30,08–36,04	brak danych
		sól szara drobno- i średniokrystaliczna	36,34 30,08–43,29	brak danych
		sól różowa grubo- i średniokrystaliczna	34,20 32,97–36,59	brak danych
4.	Inowrocław	sól starsza, białoszara średniokrystaliczna	30,94	brak danych
5.	Mogilno	sól biała średniokrystaliczna	26,91 20,74–30,94	1,45–1,69
6.	Dębina	sól szara i jasnoszara, średnio- i grubokrystaliczna (PD23, 1721B, 1757B, 1763B)	25,43 13,47–34,39	brak danych
7.	LGOM	sól biała, średniokrystaliczna	29,54 25,14–33,54	brak danych

- stadium nieliniowego odkształcania się skały, w którym pod wpływem działania naprężeń osiowych następuje zamykanie się pierwotnych mikroszczelin. Objętość próbki maleje szybciej niż wynika to z jej cech liniowo-sprężystych. Odkształcenie próbki jest częściowo odwracalne, a wielkość krzywizny wykresu zależy od gęstości skały;
- stadium liniowego odkształcania się skały, które odpowiada sprężystemu odkształcaniu się szkieletu skalnego, powodując, że wykresy wszystkich odkształceń (osiowych, poprzecznych i objętościowych) są liniami prostymi;
- stadium liniowości odkształceń podłużnych i nieliniowości odkształceń poprzecznych i objętościowych, w którym zostaje zapoczątkowany proces zniszczenia skały.

TABELA 2

Parametry odkształceniowe soli kamiennej z wybranych złóż cechsztyńskich

TABLE 2

The deformability parameters of rock salt for the chosen Permian limestone deposits

Lp.	Miejsce pobrania	Rodzaj soli	Parametry odkształceniowe		
			współczynnik sprężystości E [GPa]	liczba Poissona $\nu$	lepkość $\eta$ [Pas]
1.	Góra (G-3, G-4, G-5)	sól biała starsza drobno- i średniokrystaliczna	0,87 0,57–1,25	0,23 0,05–0,31	brak danych
		sól biała starsza grubokrystaliczna	0,77 0,43–1,33	0,34 0,09–0,50	brak danych
		sól różowa, drobnokrystaliczna	1,08 0,65–2,22	0,28 0,09–0,34	brak danych
2.	Lubień Kujawski (L-17, L-18)	sól biała średniokrystaliczna	1,19	0,45	$1,28 \cdot 10^{17}$
		sól biało-szara, średnio- i drobnokrystaliczna	1,52 1,21–2,26	0,36 0,16–0,48	$3,81 \cdot 10^{16}$
		sól jasnoszara, średnio- i grubokrystaliczna	1,31	0,48	$4,33 \cdot 10^{16}$
		sól szara drobno- i średniokrystaliczna	1,53 1,17–1,60	0,27 0,21–0,37	$1,67 \cdot 10^{17}$
		sól różowa grubo- i średniokrystaliczna	1,61 1,33–1,99	0,38 0,37–0,44	brak danych
3.	Mogilno	sól biała średniokrystaliczna	1,42 1,11–2,59	0,35 0,27–0,45	$3,45 \cdot 10^{16}$ $(2,51–6,01) \cdot 10^{16}$
4.	Dębina	sól szara i jasnoszara, średnio- i grubokrystaliczna (PD23, 1721B, 1757B, 1763B)	4,67 1,05–11,52	0,25 0,05–0,50	$4,65 \cdot 10^{14}$ $(0,76–14,39) \cdot 10^{14}$
5.	LGOM	sól biała, średniokrystaliczna	1,89 1,04–2,89	0,24 0,17–0,32	$3,98 \cdot 10^{16}$ $(1,08–12,88) \cdot 10^{16}$

Po przekroczeniu pewnego naprężenia granicznego rozpoczyna się propagacja istniejących w próbce pierwotnych mikroszczelin;

- stadium stabilnego, nieliniowego odkształcania się skały, w którym zachodzi zaawansowany proces stabilnej propagacji spękań, objawiający się utratą liniowości odkształceń podłużnych;
- stadium niestabilnego, nieliniowego odkształcania się skały, w którym następuje niekontrolowana, samopodtrzymująca się propagacja spękań, prowadząca do zniszczenia skały. Objawem tego procesu jest anomalny wzrost objętości skały, nazywany dylatacją, charakteryzujący się wartością współczynnika rozszerzalności poprzecznej większą niż 0,5.

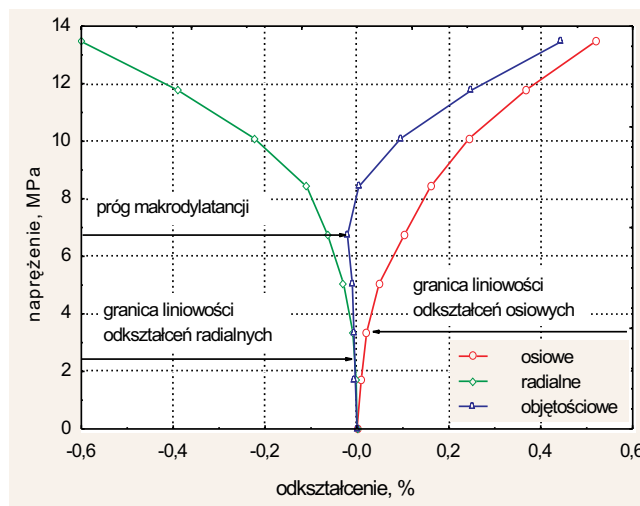
Progowi dylatacji można przypisać pewne znaczenie reologiczne, utożsamiając go z długotrwałą wytrzymałością skały (Kwaśniewski 1986). Prowadzące bowiem do znisz-

czenia progresywne pelzanie skały następuje w wyniku przekroczenia pewnej krytycznej gęstości szczelin. Próg dylatacji jest również związany z określoną gęstością szczelin, można więc uznać, że przekroczenie pewnej wartości granicznej niesprężystego odkształcenia objętościowego rozpoczyna proces progresywnego pelzania skały.

Na tle powyższych rozważań o przebiegu deformowania się skał można sformułować pewne ogólne spostrzeżenia o właściwościach deformacyjnych soli kamiennej opierając się na obszernych badaniach prób z wysadu Mogilno i pokładu w LGOM (rys. 1):

- nie występuje wstępne stadium nieliniowości odkształceń osiowych i poprzecznych. Świadczy to o małej porowatości soli kamiennej. Faza zaciskania pierwotnych mikropęknięć nie ujawnia się, a całkowite obciążenie przejmuje szkielet krystaliczny, odkształcając się w sposób nieliniowy w prawie całym przedziale obciążeń pionowych;
- określanie współczynników odkształcalności podłużnej i poprzecznej jest uzasadnione w przedziałach obciążeń, w których odpowiednie charakterystyki są najbardziej zbliżone do linii prostej. Zatem w pokazanym przykładzie moduł Younga może być obliczony dla naprężeń mniejszych od 25% wytrzymałości, a liczba Poissona w przedziale do 20%;
- powyżej progu makrodylatacji wzrostowi naprężeń towarzyszy znaczny przyrost odkształceń poprzecznych i objętościowych, będący objawem postępującej dezintegracji skały. W miarę przyrostu naprężeń współczynnik odkształcalności podłużnej – określany zgodnie z wytycznymi ISRM – maleje, a współczynnik odkształcalności poprzecznej nadal rośnie i przekracza wartość 0,5.

Charakterystyka ta oznacza, że stosowana powszechnie metodyka określania parametrów odkształceniowych skał, w przypadku soli kamiennej prowadzi do niejednoznacznych wyników. Przykładem tego są wartości parametrów odkształceniowych próbki soli z wysadu



Rys. 1. Zakresy określania sprężystych parametrów odkształceniowych soli kamiennej

Fig. 1. Ranges of determination an elastic parameters for rock salt

Dębina (Flisiak, Klisowski 2004), dla której zarejestrowano próg dylatacji przy 7,4 MPa (rys. 2, krzywa A):

- moduł Younga:
  - w przedziale liniowości odkształceń osiowych (0–5 MPa):  $E = 4,7$  GPa
  - w przedziale 0,2–0,8  $R_c$ :  $E = 0,65$  GPa
- współczynnik Poissona:
  - w przedziale liniowości odkształceń radialnych (0–3 MPa):  $\nu = 0,20$
  - w przedziale liniowości odkształceń osiowych (0–5 MPa):  $\nu = 0,48$
  - w przedziale 0,2–0,8  $R_c$  współczynnik  $\nu$  jest większy od 0,5 i rośnie wraz ze wzrostem obciążeń.

Wyznaczone w ten sposób parametry całkowicie nie odzwierciedlają rzeczywistych właściwości soli, a stosowane do praktycznych obliczeń dają błędne wyniki liczbowe. Stąd też zaproponowano, by charakterystyki deformacyjno-naprężeniowe w całym zakresie obciążeń opisywać zależnością w postaci (Flisiak 2000):

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + k \left( \frac{\sigma}{E} \right)^n \quad (1)$$

gdzie  $E$ ,  $k$  i  $n$  są parametrami liczbowymi, dobranymi na drodze aproksymacji krzywych doświadczalnych. Ich przykładowe wartości pokazano w tabeli 3.

TABELA 3

Parametry sprężysto-plastycznego modelu soli kamiennej (Badania 2005)

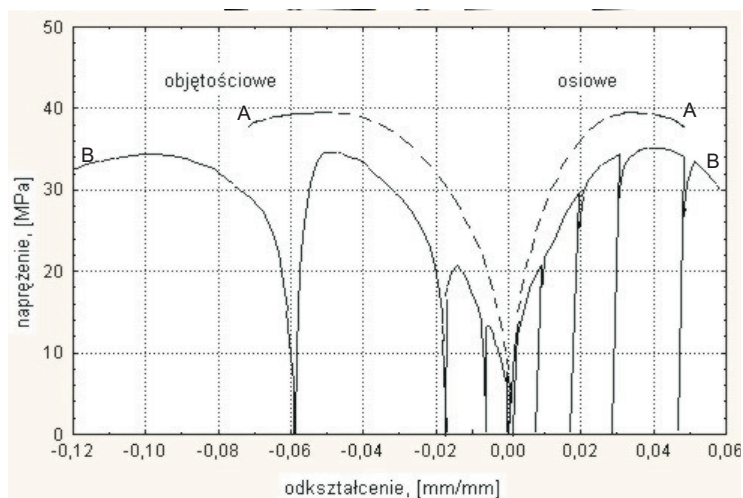
TABLE 3

The parameters of elasto-plastic model of rock salt (after Badania 2005)

Złoże	$E$ [GPa]	$k$	$n$
Mogilno	7,8	2275,7	2,13
LGOM	5,9	2192,2	2,09
Dębina	7,6	7972,9	2,69

Parametr  $E$  można traktować jako współczynnik sprężystości, charakteryzujący odkształcenie odwracalne określone w fazie odciążania, a współczynniki  $k$  i  $n$  opisują udział odkształcenia trwałego w odkształceniach całkowitych. Liczbowe proporcje udziału poszczególnych odkształceń określają laboratoryjne próby cyklicznego obciążania i odciążania przy różnych wartościach naprężeń (rys. 2 krzywa B). Jak pokazuje przebieg typowej charakterystyki soli kamiennej, udział sprężystych odkształceń jest znikomy, a procesowi deformacji towarzyszy ciągły przyrost objętości, nawet w fazie odciążania.

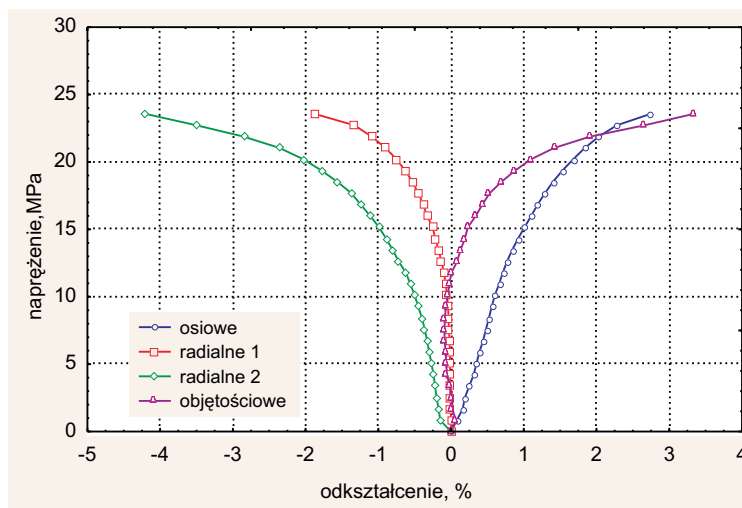
Nadal pozostaje nierozwiązany problem wyznaczania współczynnika odkształcalności poprzecznej. Z uwagi na zachowanie się soli kamiennej, a zwłaszcza jej zdolność do względnego przyrostu objętości pod wpływem obciążenia, przyjęcie do obliczeń praktycznych zarówno założenia o stosowalności prawa Hooke'a (liczba Poissona mniejsza od



Rys. 2. Typowa charakterystyka deformacyjno-naprężeniowa soli kamiennej  
A – w próbie jednoosiowego ściskania; B – w próbie obciążania z cyklicznym odciążaniem

Fig. 2. Typical stress- strain characteristic curve of rock salt  
A – in uniaxial compression test; B – in loading and reloading test

0,5 oznacza ściśliwość skały w całym zakresie naprężeń), jak i praw dla ośrodków plastycznych (deformacja ze stałą objętością), nie daje wyników zgodnych z rzeczywistością. Problem pogłębia fakt zaobserwowania wyraźnej anizotropii odkształceniowej podczas niektórych testów jednoosiowego ściskania (rys. 3) soli kamiennej z wysadu Dębina i Mogilno (Badanie 2006; Grzybowski 2007).



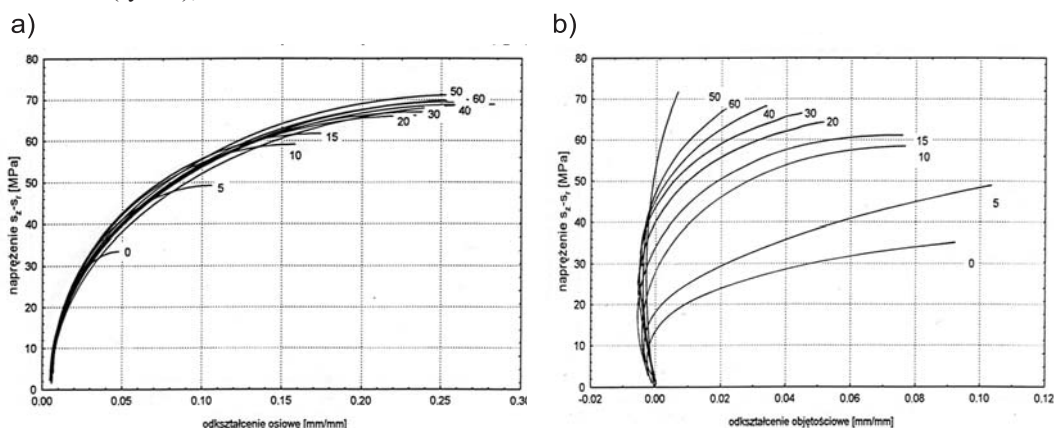
Rys. 3. Anizotropia odkształceniowa w próbach jednoosiowego ściskania soli z wysadu Dębina (Badanie 2006)

Fig. 3. Directionality of strain in uniaxial compression test, salt from Dębina dome (after Badanie 2006)

## 2. Właściwości soli kamiennej w próbach trójosiowego ściskania

Analiza wyników ściskania próbek soli kamiennej w komorze trójosiowej pozwala na sformułowanie następujących spostrzeżeń (Kryteria 1999; Badania 2005):

- w miarę wzrostu ciśnienia okólnego rośnie wartość naprężeń niszczących, przy czym największy wzrost obserwuje się w przedziale ciśnień do około 10 MPa. Przy dalszym wzroście ciśnień intensywność przyrostu wartości naprężeń niszczących maleje (rys. 4);

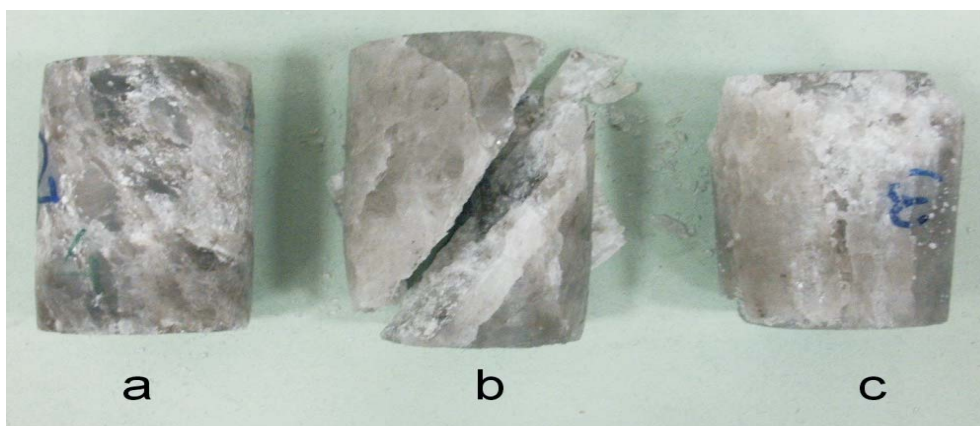


Rys. 4. Charakterystyki naprężeniowo-odkształceniowe soli kamiennej z LGOM w próbach trójosiowego ściskania przy ciśnieniach okólnych  $s_r$  od 0 do 60 MPa ( $s_x$  – naprężenie osiowe)  
a) odkształcenia osiowe; b) odkształcenia objętościowe (Badania 2005)

Fig. 4. Stress-strain relationship under triaxial loading of samples from LGOM bed at radial stresses  $s_r$  from 0 to 60 MPa ( $s_x$  – axial stress)  
a) axial strain; b) volumetric strain (after Badania 2005)

- w miarę wzrostu ciśnienia okólnego makrodylatancja pojawia się przy coraz większych wartościach naprężeń osiowych. Najbardziej intensywny przyrost obserwuje się również w przedziale do 10 MPa;
- obserwacje przebiegu prób laboratoryjnych potwierdzają, że ciśnieniom okólnym o wartościach do 10 MPa towarzyszy wyraźne, kruche zniszczenie soli, objawiające się prawie całkowitą dezintegracją struktury próbki. Przy wyższych ciśnieniach próbki na ogół nie ulegają rozpadowi, a zniszczenie przejawia się utratą podporności i gwałtownym wzrostem prędkości odkształceń. Niekiedy obserwuje się wyraźne ścięcie o kierunku zgodnym z układem warstw (rys. 5).

Powyższe obserwacje oraz przebieg charakterystyk (rozwijająca się ciągłość) sugerują, że w zakresie wyższych wartości naprężeń powinien mieć miejsce stan plastycznego płynięcia skały. Jednakże rejestrowane efekty dylatacyjne, pojawiające się także przy najwyższych ciśnieniach okólnych, nie dają podstaw do sformułowania warunku plastyczności. Stwierdzenie to potwierdzają także pomiary odkształceń w fazie obciążeń hydro-



Rys. 5. Różne formy zniszczenia próbek przy naprężeniach radialnych powyżej 10 MPa

Fig. 5. Different failure forms of samples at confining pressure over 10 MPa

statycznych, gdzie w zakresie naprężeń otaczających do około 50 MPa rejestruje się trwałą zmianę objętości, związaną z zaciskaniem pierwotnych mikrospękań (Flisiak 2007). Większym wartościom ciśnień otaczających towarzyszy także niewielki ubytek objętości, który jest całkowicie odwracalny po zdjęciu obciążenia, co wykazano podczas ściskania ciśnieniem 330 MPa próbek soli z wysadu Góra (Kortas 2003).

Głównym celem badań w trójosiowym stanie naprężenia jest sformułowanie warunku wytrzymałościowego. W przypadku soli kamiennej nie jest to zadanie łatwe. Z analizy wyników badań próbek soli z wysadu Mogilno i z pokładu w LGOM wynika, że liniowe warunki wytrzymałościowe można stosować tylko do odpowiednio niskiego poziomu naprężeń (Flisiak, Tajduś 1994). Podstawowym warunkiem stosowanym w mechanice gruntów i skał jest warunek Coulomba-Mohra, który zakłada liniową postać funkcji:

$$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) + \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi - k \cos \varphi = 0 \quad (2)$$

gdzie:

- $k$  – kohezja,
- $\varphi$  – kąt tarcia wewnętrznego,
- $\sigma_1, \sigma_3$  – największe i najmniejsze naprężenie główne.

Przechodząc do równania obwiedni otrzymujemy klasyczną postać warunku Coulomba:

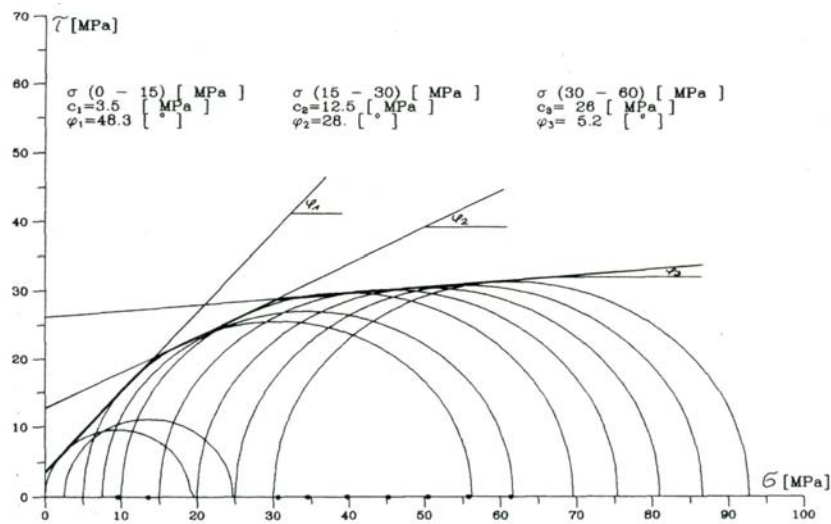
$$\tau = k - \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

który w układzie współrzędnych: naprężenie normalne  $\sigma$  – naprężenie styczne  $\tau$  stanowi prostoliniową obwiednię kół Mohra.

Próba zastosowania tego warunku do opisu zachowania się badanych soli, wobec nieliniowości obwiedni powoduje, że wyznaczone parametry kohezji i kąta tarcia wewnętrznego są niejednoznaczne, a ich wartości zależą od wielkości naprężeń normalnych, przy których są określane (rys. 6). Jeszcze większym błędem jest często spotykany sposób określania tych parametrów poprzez wykorzystanie zależności trygonometrycznej w postaci:

$$\frac{R_c}{R_r} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (4)$$

w której  $R_c$  i  $R_r$  są wytrzymałościami na jednoosiowe ściskanie i rozciąganie. Obliczone w ten sposób kąty tarcia wewnętrznego mają znacznie zawyżone wartości (np. dla soli z Mogilna średnio  $63^\circ$ ).



Rys. 6. Interpretacja wyników badań próbek soli w trójosiowym stanie naprężenia, sól z LGOM (Flisiak, Kłeczek 1994; Badania 2005)

Fig. 6. Interpretation of triaxial tests results, salt from LGOM bed (after Flisiak, Kłeczek 1994; Badania 2005)

Jednoznaczny opis stanu granicznego dla soli kamiennej daje zaproponowany w pracy (Flisiak, Tajduś 1994) warunek wytrzymałościowy w postaci:

$$K_2 = A_f + B_f I_1 \sqrt[3]{K_3} \quad (5)$$

w którym:

$$K_2 = \frac{1}{2} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) \quad (6)$$

$$K_3 = \frac{1}{2} (\sigma_1^3 + \sigma_2^3 + \sigma_3^3)$$

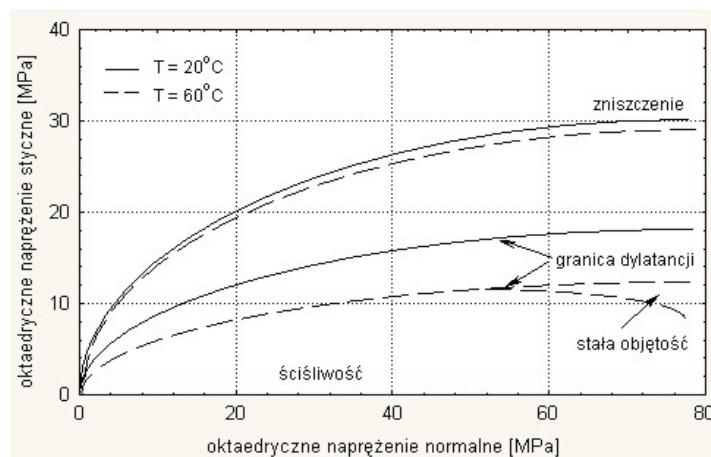
oraz  $I_1$  jest pierwszym niezmiennikiem stanu naprężenia, a stałe  $A_f$  i  $B_f$  są parametrami określanymi z prób trójosiowego ściskania. Analogiczną postać posiada warunek bezdylatancyjnej deformacji soli z odpowiednio określonymi parametrami. Parametry równania (5) zastosowanego do soli badanej w zakresie naprężeń radialnych od 0 do 30 MPa wynoszą zgodnie z cytowaną pracą:

— dla soli z Mogilna:  $A_f = 247,67 \text{ MPa}^2$ ,  $B_f = 0,547$

— dla soli z LGOM:  $A_f = 277,64 \text{ MPa}^2$ ,  $B_f = 0,500$

W wyniku późniejszych badań soli z LGOM (Badania 2005) w przedziale naprężeń radialnych do 60 MPa otrzymano zbliżone wartości:  $A_f = 253,16 \text{ MPa}^2$ ,  $B_f = 0,485$ , przy czym zauważono, że dla wartości niezmienników odpowiadających ciśnieniom powyżej 40 MPa, zależność (5) traci liniowy charakter.

Na podstawie przedstawionych rozważań należy zatem stwierdzić, że do opisów stanów granicznych w górotworze solnym można stosować niektóre hipotezy wytrzymałościowe, powszechnie stosowane do innych skał, ale w pewnym ograniczonym przedziale naprężeń. Przedział ten jest zdeterminowany wartością drugiego niezmiennika dewiatora stanu naprężenia, który w dotychczasowych badaniach soli z Mogilna i z LGOM wynosi około 30 MPa. W badaniach laboratoryjnych trójosiowego ściskania wartość ta odpowiada stanowi naprężenia, który towarzyszy zniszczeniu próbek przy ciśnieniach okólnych około 5 MPa. Z praktycznego punktu widzenia oznacza to, że do rozwiązywania problemów geomechanicznych, dotyczących obiektów zlokalizowanych w przedziale głębokości, na której prowadzona jest typowa działalność górnicza, stan nośności granicznej powinien być opisany nieliniową hipotezą wytrzymałościową. Przykładem może być warunek zaproponowany przez Cistescu i Hunsche (Cistescu, Hunsche 1998). Jego interpretację dla soli z LGOM przedstawia rysunek 7.



Rys. 7. Ilustracja warunków stanów granicznych dla soli z Mogilna  
 $F_f$  – warunek wytrzymałościowy;  $F_d$  – warunek deformacji bezdylatancyjnej (Flisiak 2000)

Fig. 7. Determination of limiting conditions for salt from Mogilno dome  
 $F_f$  – failure boundary,  $F_d$  – compressibility/dilatancy boundary (after Flisiak 2000)

### 3. Właściwości reologiczne soli

Konstrukcja matematycznego związku opisującego model reologiczny skały:

$$F(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, t) = 0$$

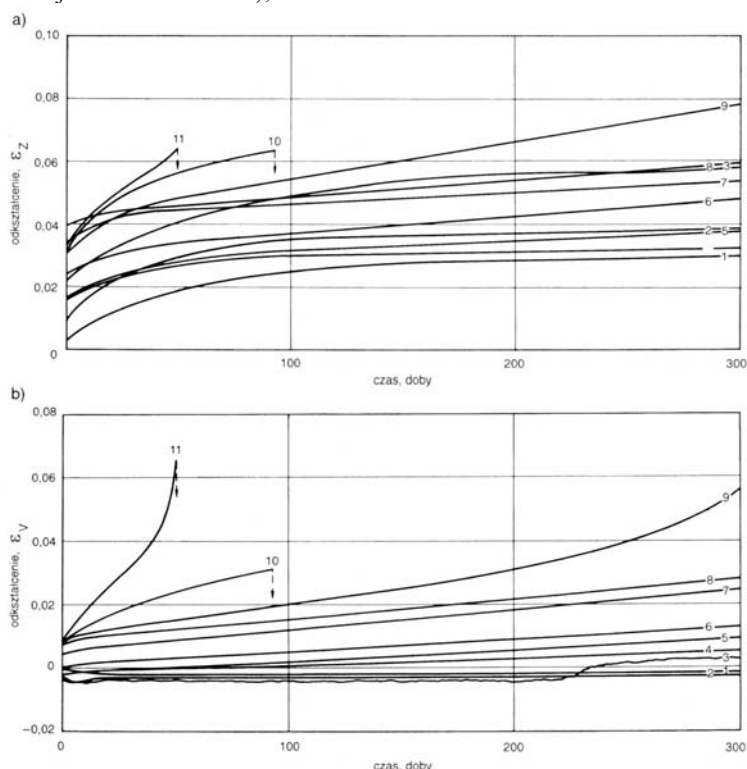
wymaga powiązania ze sobą składowych stanu naprężenia, odkształcenia i czasu, z uwzględnieniem innych istotnych czynników wpływających na zachowanie się skały (w przypadku górotworu solnego czynnikiem tym jest temperatura). Zdecydowana większość udokumentowanych bibliograficznie badań nad solą kamienną stanowi próbę budowy modelu na podstawie laboratoryjnych prób pełzania pod jednoosiowym obciążeniem, z wykorzystaniem wyników badań doraźnych w jednoosiowym stanie naprężenia. Możliwości niekonwencjonalnego wykorzystania złóż soli kamiennej spowodowały, że sól kamienna jest przedmiotem różnorodnych badań w wielu laboratoriach naukowych. Pomimo to, stan wiedzy o jej właściwościach reologicznych jest nadal niezadowalający, a zróżnicowane rezultaty badań nie pozwalają stworzyć jednolitej koncepcji równania konstytutywnego górotworu solonego.

Czasochłonność prób reologicznych w sposób oczywisty ogranicza liczebność badań lub czas ich trwania. Dlatego też w wielu laboratoriach realizowane są różne modyfikacje historii obciążania próbek. Szczególnie popularne są krótkotrwałe próby pełzania ze stopniowym dociążaniem lub z cyklicznym obciążaniem i odciążaniem. Czas trwania tych prób wynosi z reguły od dwóch godzin do dwóch dni na każdym poziomie obciążenia. W efekcie stworzono szereg związków matematycznych z parametrami, które są na ogół utożsamiane z właściwościami fizycznymi skały, a ich wartości liczbowe są określane na drodze różnych obserwacji empirycznych (Flisiak 2002). Mają one istotne walory poznawcze, ale ich zastosowanie do praktycznych obliczeń z wykorzystaniem metod numerycznych jest na ogół niemożliwe z powodu skomplikowanej formuły matematycznej lub też zawierają parametry liczbowe trudne do określenia, wymagające skomplikowanej techniki laboratoryjnej.

W procesie pełzania soli kamiennej można wyróżnić trzy stadia przebiegu tego procesu w czasie. W stadium rozwoju pełzania deformacja zachodzi z malejącą intensywnością. W stadium pełzania ustalonego prędkość odkształceń jest stała w czasie, a odkształcenia mają charakter lepkiego płynięcia, przy czym prędkość jest tym większa, im większe naprężenie zostało przyłożone. Stadium to może przejść w fazę pełzania zanikającego lub w fazę pełzania progresywnego, prowadzącego do zniszczenia. Na przejście w fazę pełzania ze stałą prędkością wymagany bywa nieraz długi okres czasu. Wyniki długotrwałych prób pełzania soli z wysadu Mogilno (rys. 8) sugerują, że zależnie od wielkości zadanych obciążeń, czas wejścia w fazę pełzania ustalonego wynosi co najmniej kilkadziesiąt dni, przy czym jest tym krótszy, im większe naprężenia wywołują pełzanie. Ponadto badania dowodzą, że na podstawie przebiegu fazy rozwoju pełzania nie można wnioskować z całą pewnością jaki będzie charakter pełzania w następnej fazie.

Długotrwałe próby pełzania soli z Mogilna i LGOM (Flisiak 2002) doprowadziły do formułowania szeregu wniosków:

- charakter pełzania wyraźnie zależy od poziomu obciążenia. Pełzanie ze stałą objętością ma miejsce tylko w przypadku obciążeń poniżej progu dylatacji (rys. 8, krzywe 1 i 2), ale nawet wówczas pełzanie nie zanika (po 300 dobach prędkość pełzania jest różna od zera);



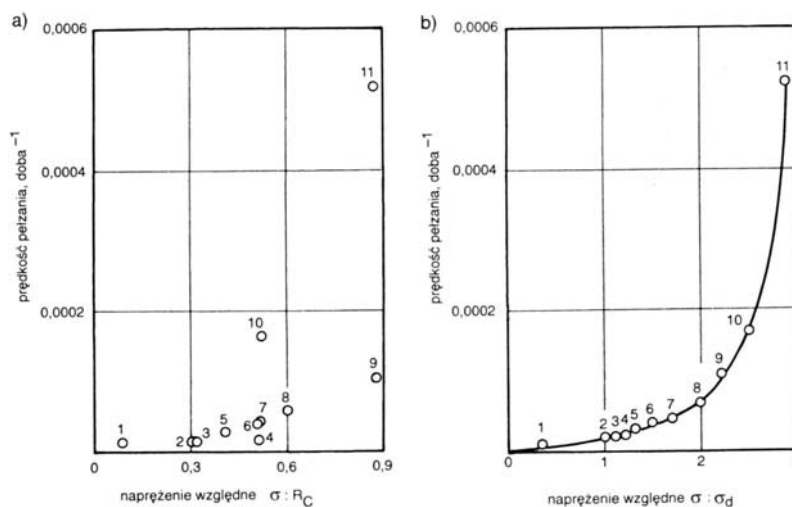
Rys. 8. Wyniki długotrwałych prób pełzania soli z Mogilna (1–11 – numer próbki)  
a) odkształcenia osiowe; b) odkształcenia objętościowe (Metodyka 1986; Geomechaniczne 1994)

Fig. 8. Long-term creep results of salt from Mogilno dome (1–11 – number of specimen)  
a) axial strain, b) volumetric strain (Metodyka 1986; Geomechaniczne 1994)

- prędkość pełzania w fazie pełzania stacjonarnego znacząco wzrasta wraz ze wzrostem obciążenia, przy czym zależność ta jest szczególnie wyraźna w odniesieniu do progu dylatacji (rys. 9);
- związek między naprężeniami a funkcją pełzania nie jest zależnością liniową. Jedynie w przedziale naprężeń poniżej progu dylatacji można z pewnym przybliżeniem wykorzystywać tradycyjne, liniowe modele reologiczne. Dla większych wartości naprężeń zmiana obciążenia powoduje nieproporcjonalny przyrost prędkości odkształceń. Spostrzeżenie to dowodzi, że określanie lepkości soli na podstawie pomiaru prędkości pełzania  $ds/dt$  pod naprężeniem  $\sigma$ , zgodnie z zależnością:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta} \quad (7)$$

i wykorzystywanie tego parametru do obliczeń konwergencji wyrobisk poddanych zmiennym obciążeniom prowadzi do błędnych wyników. Wątpliwa jest także poprawność stosowanej ostatnio praktyki opisywania pełzania soli kamiennej modelami całkowymi, które cieszyły się dużą popularnością ze względu na szczególną łatwość adaptowania ich do profesjonalnych programów komputerowych.

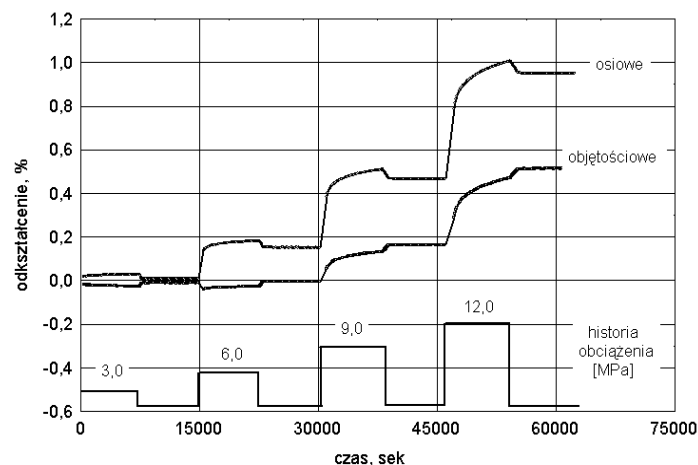


Rys. 9. Zależność prędkości pełzania ustalonego od wartości przyłożonego obciążenia odniesionego do  
a) wytrzymałości doraźnej (1–11 – numer próbek); b) granicy dylatacji (Flisiak 2002)

Fig. 9. Steady-state creep velocity as a function of axial stress in ratio of:  
a) short term strength (1–11 – number of specimen); b) dilatancy boundary (after Flisiak 2002)

Doświadczenia nabyte przy badaniach nad właściwościami dylatacyjnymi soli rzucają nowe światło na realizację badań reologicznych. Laboratoryjne próby pełzania realizuje się w ten sposób, że w pierwszej kolejności na jednych próbkach określa się wytrzymałość doraźną, a następnie na innych próbkach przeprowadza się testy reologiczne, odnosząc poziom obciążenia do uprzednio wyznaczonej wytrzymałości. Naturalna niejednorodność badanego materiału – często dość znaczna – powoduje, że trudno jest uchwycić zależność między obserwowanymi czynnikami. Natomiast dylatacja ma tę właściwość, że próg inicjacji spękań jest cechą charakterystyczną skały, możliwą do określenia podczas wstępnego obciążania tej samej próbki, na której prowadzony będzie test reologiczny. Ilustracją tej tezy są wyniki pomiarów prędkości pełzania odniesione do progu dylatacji (rys. 9b).

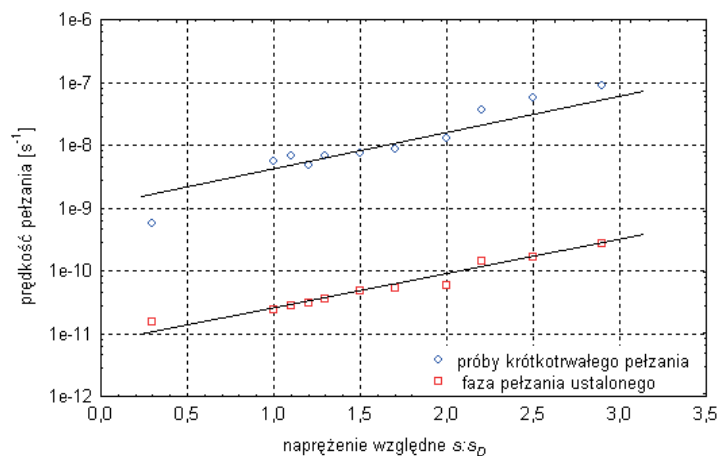
Krytycznie należy ocenić przydatność krótkotrwałych prób pełzania do zagadnień praktycznych. Uzyskiwane tą drogą wyniki mają istotne walory poznawcze dla wnioskowania o mechanizmie deformowania się soli. Na przykład istotny jest wniosek o nieodwracalności odkształceń objętościowych (rys. 10). Jednakże określone na ich podstawie parametry



Rys. 10. Wyniki krótkotrwałych prób pełzania pod zmiennym obciążeniem, sól z wysadu Dębina (Badanie 2006)

Fig. 10. Short-term creep results under variable loading, salt from Dębina dome (after Badanie 2006)

liczbowe nie znajdują potwierdzenia w próbach długotrwałych, w związku z czym nie mogą być wykorzystywane do prac projektowych. Próba określenia korelacji między prędkością pełzania w fazie pełzania ustalonego a fazą pełzania dwugodzinnego, wskazuje na około 200-krotne obniżenie prędkości (rys. 11). Weryfikacja tego spostrzeżenia wymaga jednak przeprowadzenia odpowiednio licznych prób laboratoryjnych.



Rys. 11. Porównanie prędkości pełzania w fazie pełzania ustalonego z prędkością pełzania krótkotrwałego, sól z Mogilna (Badania 2005)

Fig. 11. Comparison steady-state creep velocity and creep velocity at short-term creep, salt from Mogilno dome (after Badania 2005)

W celu uwzględnienia wpływu temperatury na prędkość pełzania w fazie pełzania ustalonego (rys. 12) wielu autorów wykorzystuje prawo Nortona (Cristescu, Hunsche 1998, Badania 2005, Ślizowski 2006):

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A\sigma^n e^{-\frac{Q}{RT}} \quad (8)$$

gdzie  $R$  oznacza uniwersalną stałą gazową ( $8,3145 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ),  $T$  jest temperaturą w stopniach Kelvina, a  $Q$  tzw. energią aktywacji ( $\text{kJ/mol}$ ). Autorzy publikacji podają różne wartości parametrów tego równania oraz zauważają zależność energii aktywacji od temperatury, zwłaszcza w temperaturach przekraczających  $100^\circ\text{C}$ . Jej wartość wyznaczyć można z wyników prób pełzania jako współczynnik kierunkowy prostej otrzymanej po obustronnym zlogarytmowaniu zależności (8):

$$R \ln\left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right) = \ln(A\sigma^n) - Q\frac{1}{T} \quad (9)$$

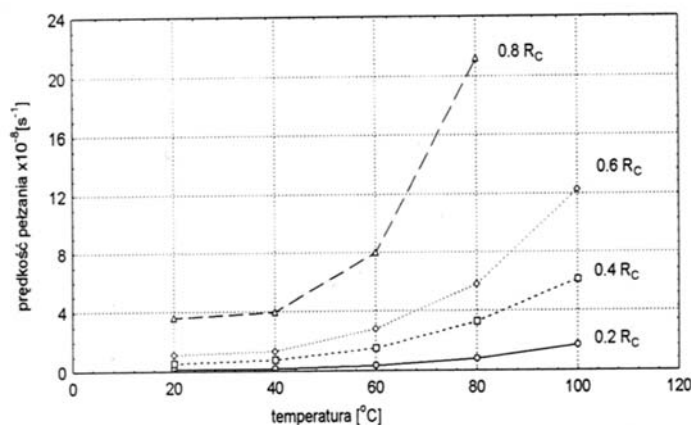
W wyniku przeprowadzonej analizy, wykorzystując przybliżoną zależność między prędkościami pełzania w próbach krótko- i długotrwałych, z uwagi na niewielką ilość materiału badawczego z LGOM (Badania 2005), określono następujące wartości parametrów:

$$A = 0,6024 \cdot 10^{-7} \text{ MPa}^{-n}\text{s}^{-1},$$

$$n = 1,9845,$$

$$Q = 38 \text{ kJ/mol}.$$

Jakkolwiek parametry te mieszczą się w przedziałach wartości występujących w literaturze dokonującej szerokiego przeglądu właściwości soli (Cristescu 1998; Jeremic 1994; Berest 2001), należy jednak zwrócić uwagę na stosunkowo małą wartość parametru  $n$



Rys. 12. Wpływ temperatury na prędkość pełzania przy różnych wartościach naprężeń

Fig. 12. Creep velocity as a function of temperature at variable stresses

(określony bezpośrednio z prób krótkotrwałych ma wartość prawie dwukrotnie wyższą). Prawdopodobną jej przyczyną, obok właściwości soli, może być fakt prowadzenia badań soli z LGOM w temperaturach do 100°C, podczas gdy większość cytowanych badań realizowano w zakresie znacznie wyższych temperatur, w aspekcie ich zastosowań do problematyki składowania odpadów promieniotwórczych.

### Podsumowanie

Dotychczasowe prace badawcze związane z projektowaniem podziemnych magazynów dotyczyły głównie problematyki ich stateczności, rozumianej jako spełnienie warunków wytrzymałościowych. W tym celu analizowano kształty i pojemności komór, głębokość ich lokalizacji w złożach i sposób ich rozmieszczenia względem siebie oraz ciśnienia pod jakimi można lokować magazynowane produkty, w aspekcie optymalizacji stanu naprężeń w górotworze. Analizom tym towarzyszyły laboratoryjne badania właściwości geomechanicznych soli kamiennej pod kątem opracowania skutecznej metodyki badawczej i wykorzystania wyników w praktyce. Równocześnie formułowano problem budowy matematycznego modelu górotworu, służącemu prognozowaniu zjawisk towarzyszących projektowanym obiektom. Model taki powinien spełniać dwa warunki: możliwie dokładnie odwzorowywać rzeczywisty górotwór oraz posiadać na tyle prostą formułę, by można go było wykorzystać w profesjonalnych programach komputerowych. Efektem tych prac było sformułowanie kryterium wytrzymałościowego oraz próba doboru modelu reologicznego na drodze badań laboratoryjnych, z wykorzystaniem typowej dla skał metodyki badawczej.

Jednak specyficzne właściwości soli kamiennej w zasadniczy sposób odróżniają ją od innych ośrodków skalnych. Niektóre efekty zachowania się soli, obserwowane w laboratoriach lub w wyrobiskach górniczych, skłaniają do podejmowania nowych kierunków badań. Między innymi stwierdzono, że wbrew powszechnie przyjętym poglądom o plastyczno-lepkich właściwościach soli i jej zdolności do zachowania ciągłości przy dużych odkształceniach, pewnym wartościom naprężeń towarzyszą deformacje o charakterze dylatancyjnym. Wykazano, że w przestrzennym stanie naprężenia istnieje wyraźna granica, wyznaczająca zmianę charakteru deformacji. Po jej przekroczeniu prędkość zachodzących deformacji znacząco wzrasta, a przyrostowi odkształceń objętościowych towarzyszy pełzanie prowadzące do kruchego zniszczenia struktury.

Drugim kierunkiem badań, który wymaga znacznego rozszerzenia, jest problem wpływu zmian temperatury, jakie towarzyszą eksploatacji zbiorników, na właściwości odkształceniowe soli. Problem ten był dotychczas rozpatrywany w aspekcie budowy składowisk odpadów promieniotwórczych, w związku z czym analizowano przedział wysokich temperatur. Opierając się na stwierdzeniu, że temperatury panujące w górotworze, w obszarze działalności górniczej nie wpływają na wytrzymałość doraźną soli, do projektowania magazynów wykorzystywano dotychczas wyniki badań w temperaturze pokojowej. Natomiast obecnie stwierdzono, że nawet niewielkie przyrosty temperatury powodują przyrost odkształ-

ceń reologicznych, zwłaszcza jeśli towarzyszą dużym wartościom naprężeń. Niestety, badania w wysokich temperaturach i w przestrzennym stanie naprężeń wykonuje się sporadycznie z uwagi na skomplikowane procedury techniczne i wyspecjalizowaną temperaturę.

Przedstawione rozważania stanowią istotny aspekt poznawczy, zarówno od strony właściwości soli kamiennej, jak i potrzeby doskonalenia metodyki badawczej. Zasadniczym celem niniejszej pracy było uchwycenie tych elementów, które z punktu widzenia geomechaniki mają największe znaczenie dla bezpieczeństwa podziemnych magazynów. Przytoczone wnioski liczbowe, z uwagi na sposób doboru materiału badawczego, mają ograniczone zastosowanie do prac projektowych. Niejednorodność budowy geologicznej złóż soli jest oczywistym powodem, by do celów praktycznych realizować odpowiednio szeroki zakres wnikliwych badań.

#### LITERATURA

- Badania procesów reologicznych w górotworze solnym wywołanych użytkowaniem podziemnych magazynów gazu (kier. D.Flisiak). Projekt badawczy KBN nr 5 T12A 017 22, Kraków 2003-2005 (maszynopis).
- Badanie cech reologicznych cechsztyńskich soli z wysadu Dębina (kier. D. Flisiak). KGBiG AGH, Kraków 2006 (maszynopis).
- Berest P., Bergues J., Brouard B., Durup J.G., Guerber B., 2001 – A salt cavern abandonment test. *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* No.38, Elsevier Ltd.
- Bujakowski W. i in., 2003 – Termiczna charakterystyka górotworu w rejonie wysadów solnych. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- Charakterystyka własności deformacyjno-naprężeniowych złoża soli ZG Sieroszowice. (Kier. H. Filcek). KGBiG AGH, Kraków 1994 (maszynopis).
- Cristescu N.D., Hunsche U., 1998 – Time effects in rock mechanics. Wiley&Sons. Chichester-Toronto.
- Flisiak D., 2000 – Kryterium bezdylatancyjnej deformacji górotworu solnego. *Geotechnika i Budownictwo Specjalne*. Kraków, Wyd. KGBiG AGH, s. 63–74.
- Flisiak D., 2002 – Własności odkształceniowe soli kamiennej w próbach reologicznych. *Geotechnika i Budownictwo Specjalne*. Kraków, Wyd. KGBiG AGH, s. 165–177.
- Flisiak D., 2004 – Przydatność prób krótkotrwałego pełzania soli kamiennej z wysadu Dębina do zagadnień praktycznych. [W:] *Problematyka zagrożeń naturalnych w górnictwie węgla brunatnego*. Kraków, IGSMiE PAN, s. 623–632.
- Flisiak D., 2007 – Metodyka badań soli kamiennej w warunkach konwencjonalnego trójosiowego ściskania dla projektowania podziemnych magazynów. *Górnictwo i Geoinżynieria* z. 3/2007.
- Flisiak D., Kłisoński R., 2004 – Wstępna ocena własności deformacyjnych soli kamiennej z wysadu Dębiny. *Geotechnika i Budownictwo Specjalne*. Wyd. KGBiG, Kraków, s. 63–74.
- Flisiak D., Tajduś A., 1994 – Weryfikacja niektórych hipotez wyężeniowych dla soli kamiennej w świetle laboratoryjnych badań wytrzymałościowych. *Prace Naukowe Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki, Politechnika Wroclawska*, s. 61–70.
- Geomechaniczne badanie górotworu solnego w aspekcie długotrwałej stateczności podziemnych zbiorników magazynowych. Projekt badawczy KBN nr 99047 91 02p/01, WGGiOŚ AGH, Kraków 1992–1994 (maszynopis).
- Grzybowski Ł., 2007 – Cechy mechaniczne cechsztyńskich skał solnych z wysadu Mogilna. Praca magisterska. Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań (maszynopis).
- Hou Z., 2002 – A new permeability model for rock salt. Report of the Proferssorship for Disposal Technology and Geomechanics of TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.

- Hou Z., 2003 – Mechanical and hydraulic behavior of rock salt in the excavation disturbed zone around underground facilities. *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* No. 40, Elsevier Ltd.
- Jeremic M.L., 1994 – Rock mechanics in salt mining. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Kasprzyk W., 2002 – Badania wytrzymałościowe próbek ze złoża soli Góra. OBR Chemkop, Kraków (maszynopis).
- Kłęczek Z., Flisiak D., 1994 – Geomechanical research of the rock salt in aspect of its utilisations for building underground storage. *Rozprawy Monografie* nr 19, Wyd. AGH, Kraków.
- Kłęczek Z., Flisiak D., 1995 – Geomechanical model of rock salt for stress and stability analysis of underground disposal caverns. IV International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection, Balkema, Rotterdam.
- Kortas G. (red.), 1999 – Odkształcalność soli kamiennej w badaniach jedno- i trójosiowych. *Transaction of the Strata Mechanics Research Institute*. Vol. 1, No 3–4, IMG PAN, Kraków.
- Kortas G. (red.), 2003 – Ocena możliwości długotrwałej eksploatacji podziemnego magazynu ropy i paliw w kopalni Góra. Geoconsulting, OBR Chemkop, IMG PAN, Kraków (maszynopis).
- Kryteria wyteżenia górotworu solnego w aspekcie długotrwałej stateczności wyrobisk podziemnych (Kier. Z. Kłęczek). *Prace statutowe Wydz. Górniczego AGH, Kraków 1999*.
- Kwaśniewski M., 1986 – Dylatacja jako zwiastun zniszczenia struktury skały. *Przeg. Górn.* nr 22.
- Laboratoryjne badania próbek solnych pobranych w ZG Sieroszowice (Kier. Z. Kłęczek). KGBiG AGH, Kraków 1993 (maszynopis).
- Matei A., Cristescu N.D., 2001 – The effect of volumetric strain on elastic parameters for rock salt. *Mechanics of cohesive-frictional materials* No. 5, Wiley & Sons.
- Metodyka i program badań laboratoryjnych własności wytrzymałościowych i reologicznych soli dla projektów zbiorników na wysadzie Mogilno. Dokumentacja OBRGSCHEM nr X06250, Chemkop, Kraków 1986 (maszynopis).
- Ocena możliwości wykorzystania komór eksploatacyjnych w kopalniach soli Góra i Mogilno jako podziemnych magazynów do lokowania surowców lub odpadów (Kier. Z. Kłęczek) KGBiG AGH, Kraków 1993 (maszynopis).
- Optymalny układ przestrzenny zbiorników na ropę, produkty naftowe i niektóre gazy. (Kier. Z. Kłęczek). KGBiG AGH, Kraków 1979 (maszynopis)
- Ślizowski J., 2006 – Geomechaniczne podstawy projektowania komór magazynowych gazu ziemnego w złożach soli. *Studia, Rozprawy, Monografie* nr 137, PAN, Kraków.
- Ulusay R., Hudson J.A. (Ed.), 2007 – The complete ISRM suggested methods for rock characterizations, testings and monitoring: 1974-2006, Amsterdam, Turkey.
- Wyniki badań lepkości soli PKMG Mogilno wraz z opisem stanowiska, metodyki badań i wzorów użytkowych. Dokumentacja IGNiG, Kraków 2004 (maszynopis).

**LABORATORYJNE BADANIA WŁAŚCIWOŚCI GEOMECHANICZNYCH SOLI KAMIENNEJ  
Z WYBRANYCH ZŁÓŻ CECHSZTYŃSKICH**

Słowa kluczowe

Sól kamienna, badania laboratoryjne, wytrzymałość i odkształcalność, podziemne magazyny

Streszczenie

Do oceny zjawisk geomechanicznych, zachodzących w górotworze solnym w przestrzennym stanie naprężeń, obliczenia inżynierskie najczęściej wykorzystują, uśrednione dla złoża, podstawowe parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe skał sprężystych, określane w laboratoryjnych próbach jednoosiowych: wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie i rozciąganie, moduł sprężystości i liczba Poissona oraz parametry reologiczne (np. lepkość) z prób jednoosiowego pełzania pod wybranymi obciążeniami. W przypadku oceny stateczności podziemnych

magazynów rozbieżność między wynikami obliczeń z wykorzystaniem tych parametrów a rzeczywistym zachowaniem górotworu powiększa lokalizacja tych obiektów na dużych głębokościach. Związana z tym faktem wielkość naprężeń pierwotnych i koncentracja naprężeń wokół kawern oraz zmienność pola temperatur, kwalifikuje górotwór solny jako ośrodek o cechach niesprężystych oraz o niewygasających właściwościach reologicznych. Jak wykazują badania w pewnych warunkach pełzanie może doprowadzić do kruchego zniszczenia skały. Na podstawie zgromadzonych wyników badań, w artykule pokazano zmienność tych parametrów w wybranych złożach soli cechsztyńskich. Wykazano również, że tradycyjnie stosowane do skał sprężystych techniki badawcze, w przypadku soli kamiennej są niewystarczające.

#### LABORATORY TESTING OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FOR SELECTED PERMIAN ROCK SALT DEPOSITS

##### Key words

Rock salt, laboratory tests, strength and deformability, underground disposal caverns

##### Abstract

The search for optimum solutions during the phase of design of underground storage localized in the rock salt deposits, consisting of securing long term stability of remaining protecting pillars, with simultaneously met the condition of economic, needs to be preceded by in-depth analysis of the geomechanical properties of rock, where the caverns are planned. In mining practice, it is widely known, that the values of deformations registered 'in situ' in excavations often significantly vary from the results of calculations obtained with the use of laboratories parameters. The reason of this one may seek in a positive selection of the testing material, out of proportion to mutability of salt deposit, imperfection of research methodologies or its facilitation or even in simplified mathematic equations, accomodated to calculation techniques. In order to estimation geomechanical effects around the underground cavities in triaxial load, often and often the designer eginers use mean values for elastic rockmass strenght and strain parameters, obtained from uniaxial tests: compressive and tensile strenght, Young's modulus, Poisson' ratio, and rheologic parameters (creep viscosity) from uniaxial creep tests under selecting loads. The difference between the results of this calculations and 'in situ'observation is deepened by the localisation underground storages on large depth. The initial pressures and the possibility of stress concentration aroun the caverns in mutable field of temperature qualifies the salt rockmass as the nonelastic medium with non-diminishing reologic properties with potential brittle fracture. On basis of collected results of laboratoty tests, the paper presents mutability of this parameters selected Permian limestone rock salt deposits. It also shows, that traditional laboratory methods for elastic rocks testing, for rock salt are not adequately.