

Henryk KLETA
Wojciech PRĘDŁ
Stanisław WOJCIECHOWSKI

WŁASNOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE MATERIAŁÓW MODELOWYCH W UJĘCIU REOLOGICZNYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań na pęknięcie próbek wykonanych z materiału ekwiwalentnego, chemoutwardzalnego. Badaniom poddano próbki wilgotne o określonej wilgotności i powietrzno-suche w celu określenia wpływu wilgotności na przebieg pęknięcia. Uzyskane wyniki badań aproksymowano równaniem Boltzmanna-Voltery.

1. WSTĘP

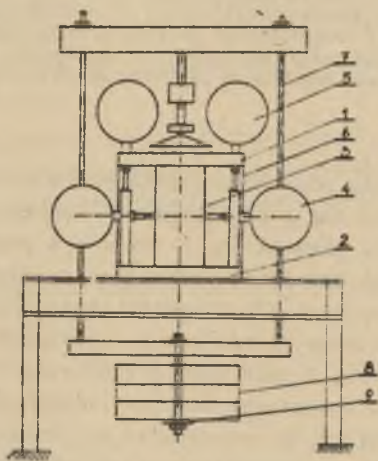
Analityczne ujęcie zjawisk zachodzących w górotworze w warunkach "in situ" jest rzeczą trudną i kosztowną a w szeregu przypadków, przy obecnym stanie techniki, niemożliwą. W związku z powyższym od szeregu lat prowadzi się badania modelowe, polegające na odwzorowaniu górotworu w warunkach laboratoryjnych. Urzeczywistnienie tych badań wymagało opracowania zasad podobieństwa modelowego i materiałów ekwiwalentnych. W Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni prowadzone są badania modelowe z zastosowaniem materiałów ekwiwalentnych. Uzyskane doświadczenia pozwoliły na opracowanie materiału ekwiwalentnego o spoiwie chemoutwardzalnym. Wprowadzenie tego materiału do szerszego zastosowania wymaga określenia jego charakterystyki wytrzymałościowo-deformacyjnej.

Własności wytrzymałościowo-deformacyjne materiału ekwiwalentnego, podobnie jak skał, są funkcją wielu czynników. Autorzy niniejszego artykułu podjęli się próby określenia wpływu jednego z istotniejszych czynników, jakim jest wilgotność na zachowanie się materiału ekwiwalentnego w czasie badań.

2. PRZEBIEG BADAŃ

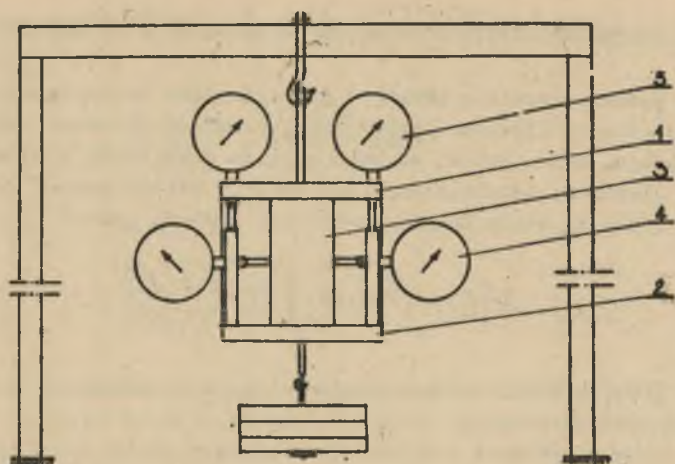
Określenie wpływu wilgotności na przebieg pęknięcia materiałów ekwiwalentnych chemoutwardzalnych wymagało przeprowadzenia badań laboratoryjnych. Badaniom poddano próbki cylindryczne o składzie przedstawionym w tablicy 1, gwarantującym uzyskanie wytrzymałości na ściskanie w przedziale od $1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ do $8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Próbki przygotowano w dwóch wariantach: powietrzno-suchym i wilgotnym.

Przebieg pełzania wytypowanych do pomiarów materiałów ekwiwalentnych rejestrowano w trakcie ściskania. W celu określenia przebiegu pełzania próbki materiału modelowego poddanej ściskaniu, umieszczono ją w urządzeniu przedstawionym na rys.1. Zasadniczymi elementami tego urządzenia są dwie płyty: górna /1/ i dolna /2/, pomiędzy którymi umieszczono próbkę /3/. Do pomiaru deformacji próbki posłużono się czujnikami zegarowymi, zapewniającymi dokładność odczytu rzędu 0,001 mm. Odkształcenia próbki w płaszczyźnie poziomej rejestrowały cztery czujniki zegarowe /4/, a deformacje podłużne - analogiczna ilość czujników zegarowych /5/.



Rys.1. Schemat urządzenia służącego do określenia pełzania próbki przy ściskaniu

W trakcie pomiarów utrzymywano stałą wilgotność próbki za pomocą wodoszczelnej elastycznej osłony /6/. Na osiowo ustawioną pomiędzy dwiema płytami próbkę oddziaływał wieszak /7/, na którym zawieszono masę obciążającą /8/. Zastosowanie w układzie, wieszak - masa obciążająca, wkładki amortyzacyjnej /9/ zmniejszyło wpływ zawieszanej masy na próbkę. Po przeprowadzeniu prac adaptacyjnych urządzenia służącego do obserwacji pełzania podczas ściskania, których zakres zaprezentowano na rys.2., można wykonać na nim pomiary deformacji próbek w czasie podczas rozciągania, przy stałych naprężeniach. Przygotowaną do badań próbkę należy przykleić do płyt /1/ i /2/, a w następnej kolejności zainstalować czujniki zegarowe /4/ i /5/. W celu wyeliminowania wpływu nierówności powierzchni próbki na uzyskane wyniki, na próbkę w miejscu styku z czujnikiem proponuje się nakleić gładkie metalowe podkładki o niewielkiej grubości. Zgodnie z ustaloną metodyką badań należy dokonywać pomiarów stanu próbki przed jej obciążeniem, a następnie po obciążeniu rejestrować z określoną częstotliwością przyrosty odkształceń w czasie.



Rys.2. Schemat urządzenia do określenia pełzania próbki przy rozciąganiu

Nadmieniamy się, że wielkość stałego naprężenia wynosiła 50% doraźnej wytrzymałości na ściskanie. Hermetyczne zamknięcie próbki w osłonie elastycznej podczas realizacji pomiarów zapewnia stałą wilgotność. Średnia wilgotność próbek suchych wynosiła około 0,5%, natomiast wilgotnych około 19%. Uzyskane rezultaty badań zestawiono w tabelach i w oparciu o nie sporządzono wykresy przedstawione na rys. 3 - 8.

Tablica 1

Nr receptury	Składniki				Wytrzymałość na ściskanie $R_{10^5} \text{ N/m}^2$	
	Szkło wodne /g/	Chromalit /g/	Woda /ml/	Piasek /g/	Próbka sucha "a"	Próbka wilgotna "b"
I	20	20	50	1000	1,84	0,40
II	30	30	50	1000	2,58	0,88
III	50	50	50	1000	3,91	1,85
IV	60	60	50	1000	5,92	2,00
V	70	70	50	1000	6,61	2,54
VI	80	80	50	1000	9,06	1,72

3. APROKSYMACJA KRZYWYCH PEŁZANIA PRÓBEK O SPOIWIE CHEMOUTWARDZALNYM

Po przeanalizowaniu krzywych pełzania oraz krzywych analitycznych, opisujących to zjawisko stwierdzono, że w dostatecznym stopniu zjawisko pełzania można opisać za pomocą jądra potęgowego typu Abela. Ogólne prawo liniowego odkształcenia się środków dziedzicznych wyrażone po - przez równanie stanu Boltzmana-Voltery posiada postać [1] :

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E} \left[\sigma(t) + \int_0^t \sigma(\tau) L(t-\tau) d\tau \right] \quad /1/$$

gdzie:

$\varepsilon(t)$ - całkowite odkształcenie ciała w chwili t ,

$\sigma(t)$ - naprężenie,

$\sigma(\tau)$ - naprężenie przyłożone do ciała w chwili poprzedzającej chwilę t , o którym ciało zachowuje "pamięć",

$L(t-\tau)$ - funkcja charakterystyczna dla danego ośrodka, odzwierciedlająca wpływ własności dziedziczności materiału na jego odkształcenie w chwili t .

Badania przeprowadzono przy stałych naprężeniach przyjmując w równaniu /1/ $\sigma_0 = \text{const.}$, w wyniku czego otrzymano wzór opisujący krzywą pełzania o postaci:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} \left(1 + \frac{\delta}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right) \quad /2/$$

gdzie:

α, δ - parametry pełzania,

$$0 < \alpha < 1$$

Celem ustalenia podstawowych parametrów opisujących krzywe pełzania zastosowano metodę najmniejszych kwadratów. W tym celu zlogarytmowano równanie /2/, otrzymując [1] :

$$\ln \frac{\varepsilon(t) - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \ln \frac{\delta}{1-\alpha} + (1-\alpha) \ln t \quad /3/$$

gdzie:

$$\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E}$$

Równanie /3/ odpowiada równaniu prostej o postaci:

$$Y_1 = a + b X_1 \quad /4/$$

Współczynniki a i b w oparciu o metodę najmniejszych kwadratów posiadają postać [1] :

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad /5/$$

$$b = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

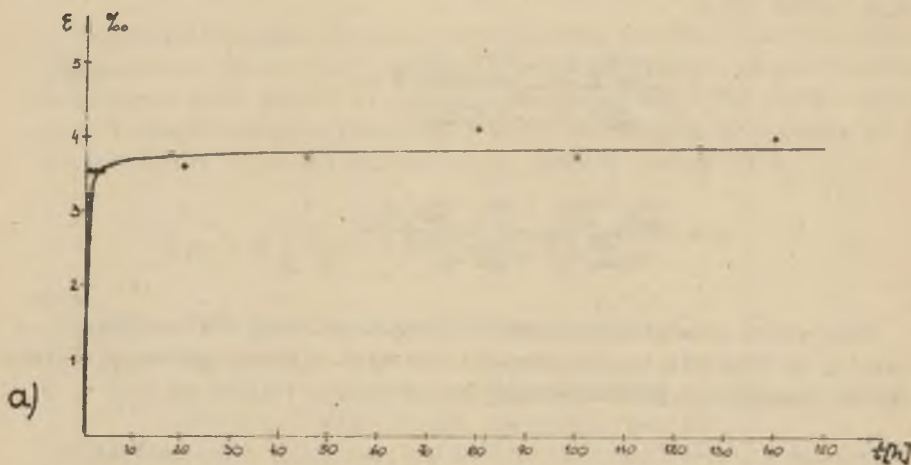
Podstawowe parametry peźzania obliczone wg wzoru /5/ zestawiono w tablicy 2. Przebieg aproksymowanych krzywych peźzania próbek o spoiwie chemoutrwardzalnym przedstawiają rys. 3-8.

Tablica 2

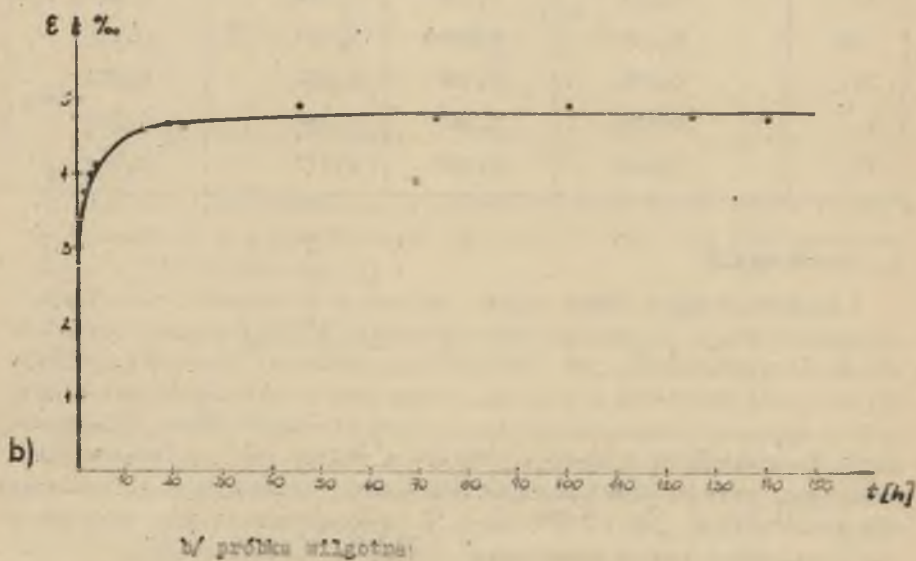
Numer recep- tury	Próbka powietrzno-sucha		Próbka wilgotna	
I	0,006	0,964	1,966	0,910
II	0,014	0,679	0,861	0,358
III	0,036	0,688	0,077	0,736
IV	0,039	0,767	0,030	0,677
V	0,691	0,740	0,194	0,754
VI	0,022	0,852	0,017	0,783

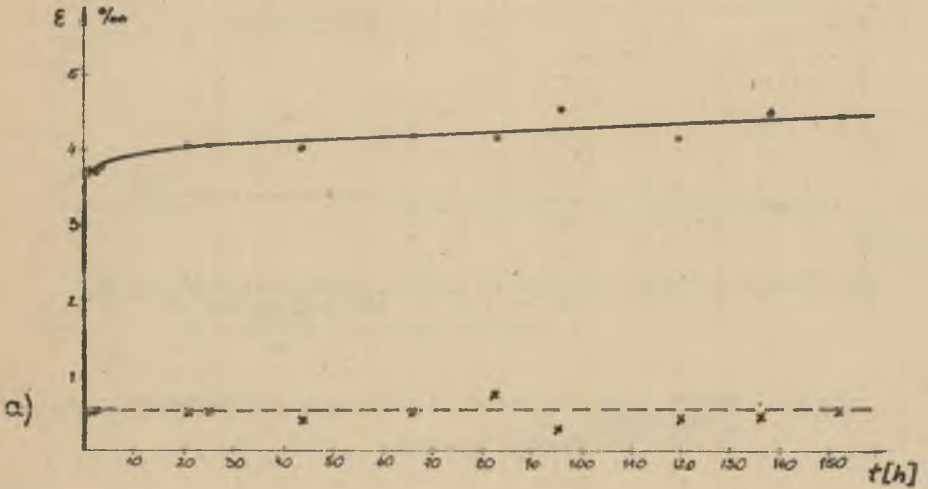
4. PODSUMOWANIE

Z przedstawionych badań wynika, że zmiana wilgotności materiałów ekwiwalentnych o spoiwie chemoutrwardzalnym w dużej mierze wpływa zarówno na wytrzymałość, jak i na przebieg peźzania. Dlatego przy badaniach modeli górotworu i obudowy, wykonanych z materiałów ekwiwalentnych o spoiwie chemoutrwardzalnym, należy utrzymywać stałą wilgotność. Mając do dyspozycji wyznaczone własności reologiczne materiałów ekwiwalentnych oraz zbadany przebieg deformacji, można opisać go tak w ujęciu analitycznym, jak i graficznym, a uzyskane wyniki przy wykorzystaniu zasad podobieństwa modelowego odnieść do rzeczywistości.

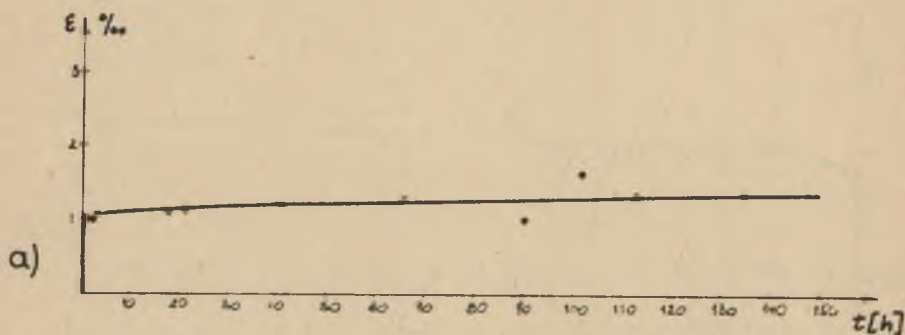


Rys. 3. Krzywe skurzenia próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze I
a/ - próbka powietrzno-sucha

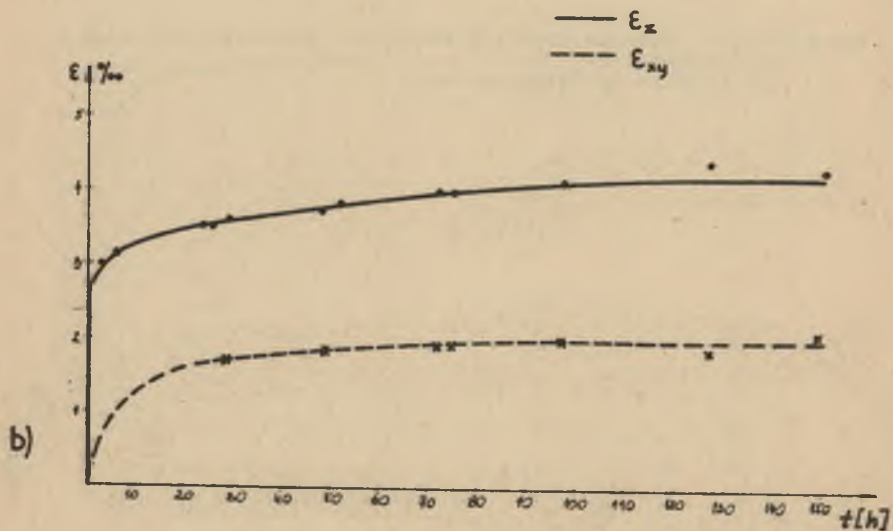




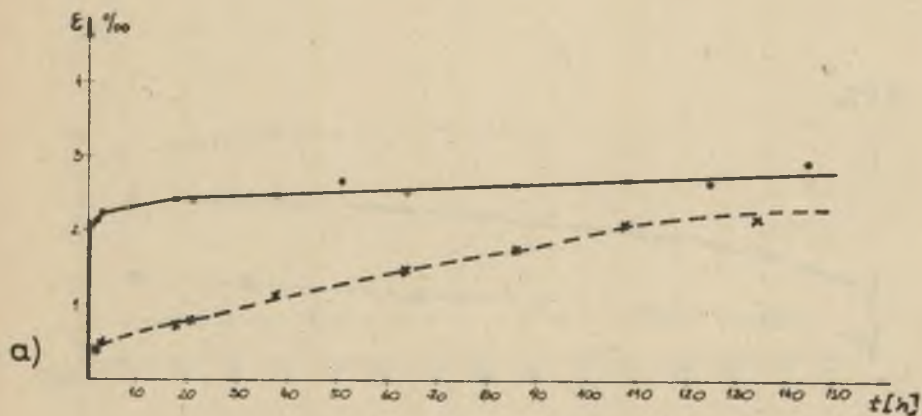
Rys.4. Krzywe pełzania próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze II
/a - próbka powietrzno-sucha/



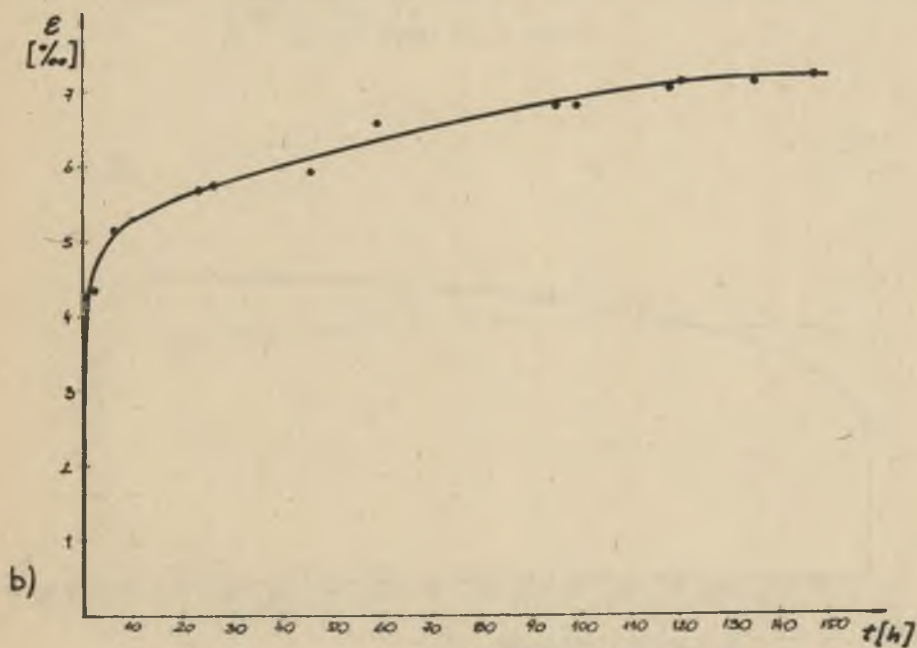
Rys.5. Krzywe pełzania próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze III
/a - próbka powietrzno-sucha



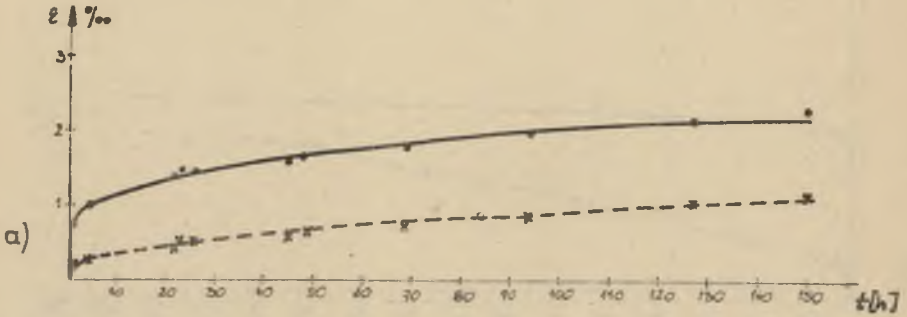
b/ próbka wilgotna



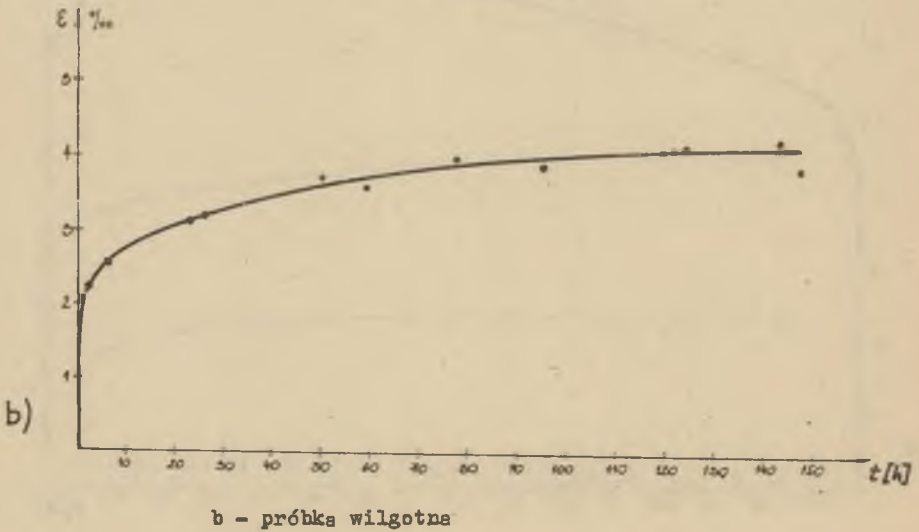
Rys.6. Krzywe pełzania próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze IV
/a - próbka powietrzno-sucha

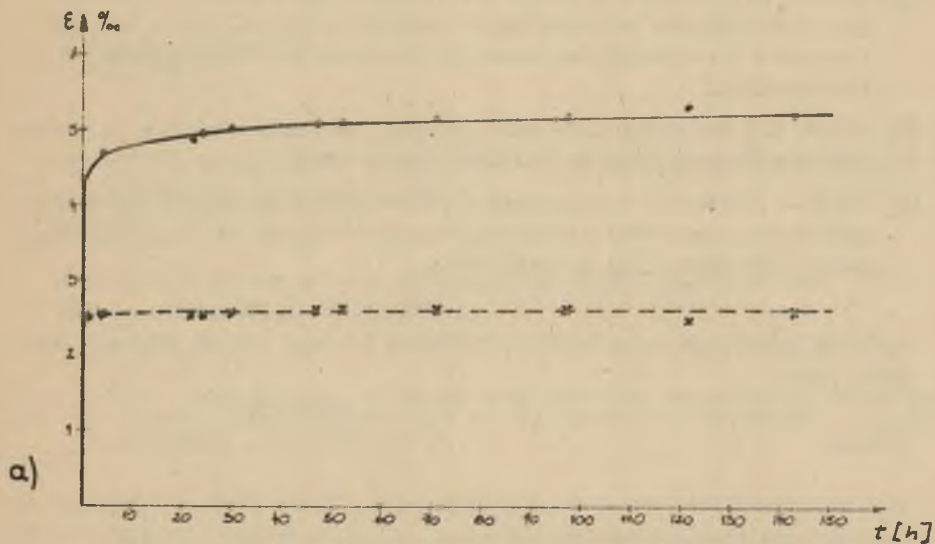


b/ - próbka wilgotna

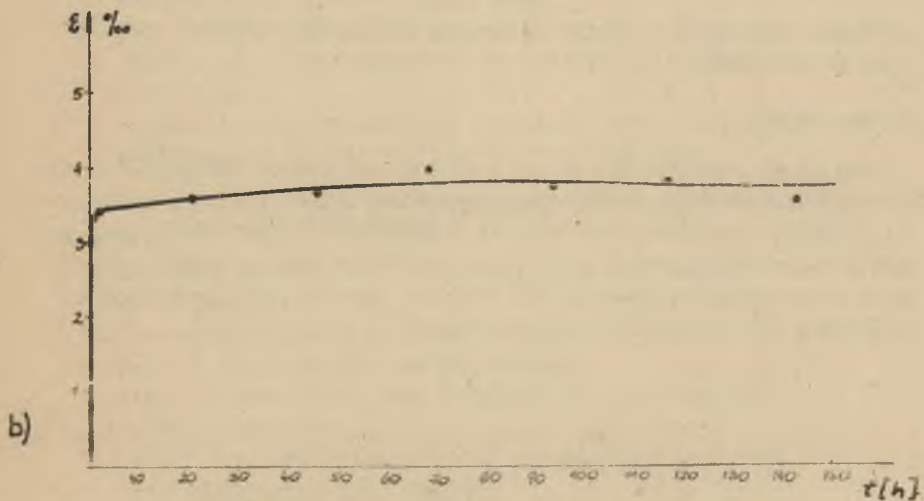


Rys. 7. Krzywe pęcznienia próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze V
 /a - próbka powietrzno-sucha





Rys.8. Krzywe pełzania próbek z materiału chemoutwardzalnego o recepturze VI
/a - próbka powietrzno-sucha



b/ próbka wilgotna

LITERATURA

- [1] BORECKI M., OLFKSY S., PACHA J.: Aproxymacja krzywych pełzania skał jako ośrodka dziedzicznego o modelu całkowym. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej. Konferencje nr 10, Wrocław 1978.
- [2] CHUDEK M.; Mechanika Górotworu. Skrypty Centralne Studiów Technicznych dla Pracujących. Nr 598/20, Gliwice 1976.
- [3] STRAŠ J., CHWAŁA S.: Zagadnienie podobieństwa reologicznego w modelowych badaniach skał górotworu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z.55, Gliwice 1973.

СВОЙСТВА УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Резюме:

В статье приводятся результаты лабораторных исследований на познание при сжатии и растяжении образцов сделанных из эквивалентного химопрочного материала. Исследованы были влажные - определённой влажности - и воздушные - сухие образцы, с целью определения влияния влажности на процесс ползания. Полученные результаты исследований аппроксимовано уравнением Больцмана-Вольтеры.

STRENGTH PROPERTIES OF MODEL MATERIALS LOOKED AT FROM THE POINT OF VIEW OF RHEOLOGY

S u m m a r y

The paper presents the results of the laboratory creep tests with compression and tension of samples made of equivalent materials prone to chemical hardening. The moisted samples of defined humidity rate, and air-dry samples were tested, to determine the influence of humidity on creeping processes. The obtained results were approximated utilizing the Boltzman-Voltery equation.