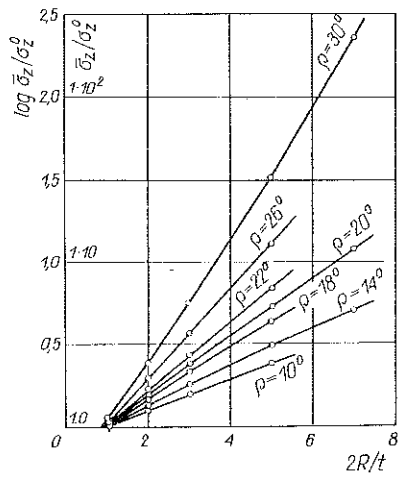
ROZPRAWY INŻYNIERSKIE • ENGINEERING TRANSACTIONS • 22, 1, 43-54, 1974
Polska Akademia Nauk • Instytut Podstawowych Problemów Techniki

PRZYBLIŻONA METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH SKAŁ

JAN ZAWADA i JERZY SUPEL (WARSZAWA)

1. Wstęp

Parametry wytrzymałościowe skał, tzn. kąt tarcia wewnętrznego ρ oraz spójność c można określić w dokładny sposób przeprowadzając złożone badania trójosiowe. Znacznie prostsza metoda polegająca na jednokierunkowym ściskaniu walców o różnej wartości stosunku ich średnicy do wysokości $2R/t$ została podana w pracy [1]. Taki proces ściskania przebiega w warunkach osiowej symetrii. Przyjmując, że materiał kruchy jest opisany warunkiem zniszczenia Coulomba-Mohra można wyznaczyć rozwiązania statyczne i kinematyczne dla tego zagadnienia. Rozwiązania takie są podstawą określenia nośności walców przy różnych wartościach stosunku $2R/t$ i różnych warunkach tarcia na podstawach. W pracy [1] znaleziono rozwiązania statyczne dające ocenę dolną nośności walców, nie wyznaczono natomiast oceny górnej, którą można obliczyć z kinematycznie dopuszczalnego pola prędkości.



Rys. 1. Wykres średniego naprężenia granicznego odniesionego do wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie $\bar{\sigma}_z/\sigma_z^0$ w zależności od stosunku $2R/t$ (zaczerpnięty z pracy [1]). Wykres przedstawia ocenę dolną nośności walców

Na rys. 1 podano zaczerpnięty z pracy [1] wykres wartości średniego nacisku granicznego $\bar{\sigma}_z$, odniesionego do wytrzymałości materiału na jednoosiowe ściskanie σ_z^0 w zależności od stosunku $2R/t$ dla różnych kątów tarcia wewnętrznego ρ. Wykres odpowiada przypadkowi, kiedy na powierzchni kontaktu występuje odpowiednio duży współczynnik tarcia.

Sposób doświadczalnego wyznaczania kąta ρ oraz spójności podany w pracy [1] jest następujący. Należy wykonać badania na ściskanie szeregu próbek walcowych o różnym stosunku średnicy do wysokości $2R/t$ pomiędzy sztywnymi płytami z powierzchniami specjalnie żłobkowanymi dla zapewnienia znacznego tarcia. Z doświadczeń tych otrzymujemy różne średnie naprężenia graniczne $\bar{\sigma}_z = P_{max}/F_0$,

gdzie P_{max} jest siłą niszczącą, a $F_0 = \pi R^2$ jest polem przekroju próbki. Dodatkowo należy wykonać inne doświadczenia pozwalające wyznaczyć wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie σ_z^0. Doświadczenia te polegają na ściskaniu próbek walcowych o wysokości kilkakrotnie większej od średnicy. Ma to na celu uzyskanie w znacznej części materiału próbki jednoosiowego stanu naprężenia. Jak wiadomo tarcie na powierzchni kontaktu powoduje powstanie w próbce złożonego stanu naprężenia. Otrzymane różne średnie wartości stosunku $\bar{\sigma}_z/\sigma_z^0$ należy następnie przenieść w postaci punktów na wykres na rys. 1 i z przebiegu krzywej doświadczalnej $\bar{\sigma}_z/\sigma_z^0 = f(2R/t)$ wyznaczyć przez interpolację poszukiwaną wartość kąta ρ. Wartość spójności c można obliczyć stosując wzór $c = [\sigma_z^0(1 - \sin\rho)]/2\cos\rho$.

W pracy [1] nie analizowano dokładności i praktycznej przydatności tej metody. Można je sprawdzić przez porównanie wyników doświadczeń wykonanych na badanym materiale kruchym z wynikami badań tego materiału w aparacie trójosiowym. Wprawdzie we wspomnianej pracy przeprowadzono próby ściskania krążków betonu i na tej podstawie oszacowano kąt tarcia wewnętrznego ρ, ale nie wykonano badań trójosiowych, co uniemożliwiło porównanie obu tych metod. O poprawności metody wyznaczania parametrów wytrzymałościowych za pomocą ściskania krążków muszą przede wszystkim, jak podkreślono w pracy [1], zadecydować obszerne badania doświadczalne, obejmujące różne rodzaje materiałów kruchych.

W niniejszej pracy przedstawiono wstępne wyniki badań niektórych skał krajowych przy zastosowaniu metody ściskania walców o różnej wartości stosunku $2R/t$. Zbadano dokładność tej metody przez porównanie otrzymanych wyników z wynikami badań trójosiowych, które przeprowadzono dla tych samych skał i opublikowano wcześniej w pracy [2]. Praca stanowi próbę oceny przydatności prostej metody ściskania krążków w badaniu skał.

W pracy [1] wykonano obliczenia dla różnych kątów ρ w przedziale $10° \leqslant \rho \leqslant 30°$, co wystarcza dla interpretacji badań doświadczalnych takich materiałów jak np. beton. Większość skał naturalnych jak marmury, granity, niektóre wapienie ma jednak znacznie większą wartość kąta ρ i z tego powodu dla zastosowania do ich badania metody ściskania krążków zachodzi konieczność wyznaczania dodatkowych rozwiązań statycznych, z których można otrzymać wykresy teoretyczne analogicznie do przedstawionych na rys. 1. W niniejszej pracy wyznaczono te rozwiązania dla $10° \leqslant \rho \leqslant 60°$ zakładając, że rozkład naprężeń na powierzchni kontaktu przy ściskaniu krążków jest zbliżony do rozkładu obliczonego dla analogicznego zadania w warunkach płaskiego stanu odkształcenia. Założenie takie jest na ogół dopuszczalne, gdyż jak wynika z niektórych prac dotyczących ośrodka plastycznego rozkład naprężeń obliczony dla płaskiego stanu odkształcenia dość dobrze oddaje rozkład w znacznie trudniejszych do teoretycznej analizy procesach osiowo-symetrycznych (por. np. [3]). Każdy przypadek wymaga oczywiście krytycznej analizy. Przedstawione dalej rozwiązania uzyskano metodą charakterystyk dla równań różniczkowych równowagi granicznej. Charakterystyki wyznaczono ogólnie znanymi prostymi metodami wykreślnymi. Porównanie wyników otrzymanych z rozwiązań dla płaskiego stanu odkształcenia i wyników podanych w pracy [1], otrzymanych

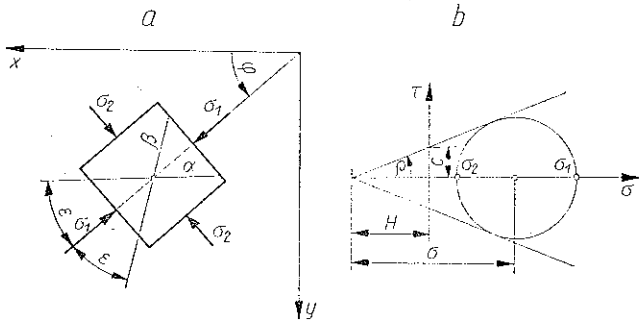
dla osiowej symetrii wykazuje, że występują między nimi niewielkie różnice dla kątów ρ w przedziale $10° \leqslant \rho \leqslant 30°$ i dla wartości stosunku $2R/t$ w przedziale $1 \leqslant 2R/t \leqslant 3$. Celowe byłoby jednak sprawdzenie tych różnic dla większych kątów ρ, dla których mogą być one większe. Przedmiotem niniejszej pracy były jednak badania doświadczalne weryfikujące przydatność metody ściskania krążków i z tego względu nie wykonano w jej ramach pracochłonnych obliczeń teoretycznych, jakich wymagają rozwiązania osiowo-symetryczne.

2. Podstawowe równania płaskiego stanu odkształcenia

Przy wyznaczaniu stanu naprężenia przyjmujemy założenia stosowane w teorii stanów granicznych. Naprężenia ściskające będziemy uważać za dodatnie, a układ współrzędnych prostokątnych zorientujemy w taki sposób, aby oś y była skierowana pionowo ku dołowi. Układ równań przedstawiający stan równowagi granicznej oraz warunek stanu granicznego Coulomba-Mohra dla płaskiego stanu odkształcenia może być rozwiązany metodą charakterystyk (por. np. [4]). Jeżeli pominąć ciężar własny ośrodka, równania obydwu rodzin charakterystyk przyjmują następującą postać

$$
(1)\qquad
\begin{aligned}
&\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(\varphi+\varepsilon), \quad \sigma = C\exp(-2\varphi\operatorname{tg}\rho), \quad \text{rodzina } \alpha,\\
&\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(\varphi-\varepsilon), \quad \sigma = C\exp(2\varphi\operatorname{tg}\rho), \quad \text{rodzina } \beta,
\end{aligned}
$$

gdzie φ oznacza kąt, jaki tworzy kierunek większego naprężenia głównego z osią x, $\varepsilon = \pi/4 - \rho/2$ jest kątem, jaki tworzy większe naprężenie główne z każdą z charakterystyk, σ jest pomocniczą wielkością oznaczającą naprężenie zastępcze (rys. 2), C jest pewną stałą wyznaczaną z warunków brzegowych.



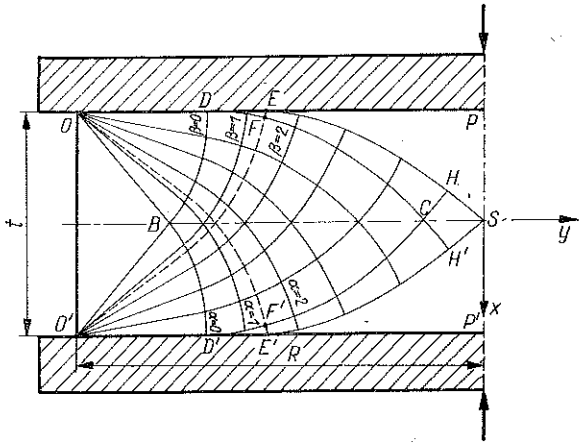
Rys. 2. Warunek stanu granicznego Coulomba-Mohra dla płaskiego stanu odkształcenia; a) kierunki naprężeń głównych i linii poślizgu, b) reprezentacja na płaszczyźnie naprężeń

Analiza konkretnych przypadków równowagi granicznej ośrodka Coulomba-Mohra sprowadza się do rozwiązania zagadnień brzegowych dla równań charakterystyk (1).

3. Wyznaczanie stanu naprężenia dla ściskania bloku między sztywnymi płaskimi płytami

Zagadnienie ściskania bloku materiału między sztywnymi płaskimi płytami, dla którego rozwiązanie w przypadku materiału sztywno plastycznego podał L. Prandtl, było szczegółowo analizowane przez innych badaczy (por. np. [5]). W podobny sposób jak dla ośrodka plastycznego znaleźć można rozwiązanie dla materiału Coulomba.

Przykład rozwiązania tego zagadnienia wraz z wykreśloną siatką charakterystyk pokazano na rys. 3. Zakładamy, że tarcie na powierzchni kontaktu jest tak duże, że nie występuje prześlizg materiału po płytach. W obszarze $OO'B$ stan naprężenia określa zagadnienie brzegowe Cauchy'ego, w obszarach OBD i $O'BD'$ występują



Rys. 3. Schemat siatki linii poślizgu dla procesu ściskania bloku materiału pomiędzy sztywnymi, szorstkimi płytami. Proces przebiega w płaskim stanie odkształcenia

zagadnienia charakterystyczne z punktem osobliwym, w krzywoliniowym zaś czworokącie $BDCD'$ mamy zwykłe zagadnienie charakterystyczne. Stan naprężenia w obszarze DEF wyznaczymy rozwiązując mieszane zagadnienie brzegowe, gdyż wzdłuż linii poślizgu DF znamy wszystkie składowe naprężenia z rozwiązania w czworokącie $BDCD'$, a na linii styku DE założyliśmy maksymalną wartość siły tarcia, co daje znajomość kąta φ. Stan naprężenia w obszarze $EFCH$ wyznaczymy przez rozwiązanie zagadnienia charakterystycznego, określonego przez dane na łukach charakterystyk EF i FC. W trójkącie CHS mamy zagadnienie mieszane, ponieważ wzdłuż CS musi być $\varphi=0$. Zasięg pola naprężeń, związany z założonym stosunkiem $2R/t$, określają skrajne charakterystyki α i β, przecinające oś symetrii bloku materiału w punkcie S. Dla większych wartości stosunku $2R/t$ kolejne charakterystyki wychodzą stycznie z linii kontaktu. Obszary ESP i $E'SP'$ oraz odpowiadające im obszary po drugiej stronie osi x są sztywne i nie występują w nich

odkształcenia. Wartość naprężeń pionowych w węzłowych punktach charakterystyk na poziomej osi symetrii wyznaczymy ze wzoru

$$\sigma_1 = H\left[\frac{1+\sin\rho}{1-\sin\rho}\exp(4\varphi_{O'BD}\operatorname{tg}\rho)-1\right], \tag{2}$$

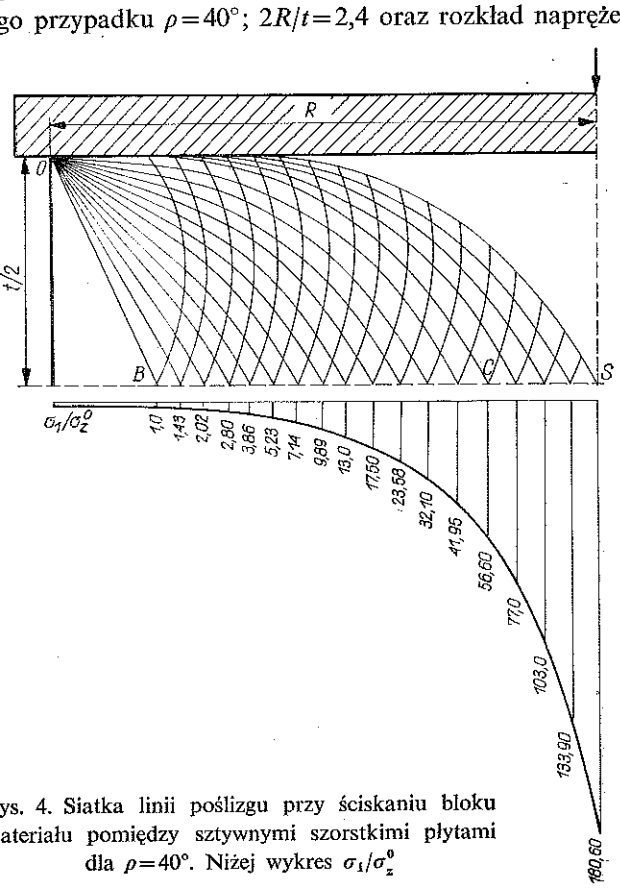
gdzie symbol $\varphi_{O'BD}$ oznacza wartości kąta φ, jakie odpowiadają punktowi przecięcia rozpatrywanej charakterystyki z charakterystyką $O'BD$. Dzieląc wielkość σ_1 przez naprężenia odpowiadające wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie σ_z^0 otrzymamy wyrażenie, w którym nie występuje niewiadoma wartość wytrzymałości na izotropowe rozciąganie H:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_z^0} = \frac{(1+\sin\rho)\exp(4\varphi_{O'BD}\operatorname{tg}\rho)-(1-\sin\rho)}{2\sin\rho}. \tag{3}$$

Zależności powyższe obowiązują w punktach poziomej osi symetrii na odcinku BC. W podobny sposób można znaleźć wartość stosunku σ_1/σ_z^0 dla dalszych węzłów na osi y.

4. Budowa wykresu służącego do wyznaczania stałych materiałowych

Na rys. 4 pokazano przykładowo wyznaczoną wykreślnie siatkę charakterystyk dla konkretnego przypadku $\rho=40°$; $2R/t=2{,}4$ oraz rozkład naprężeń σ_1/σ_z^0 wzdłuż

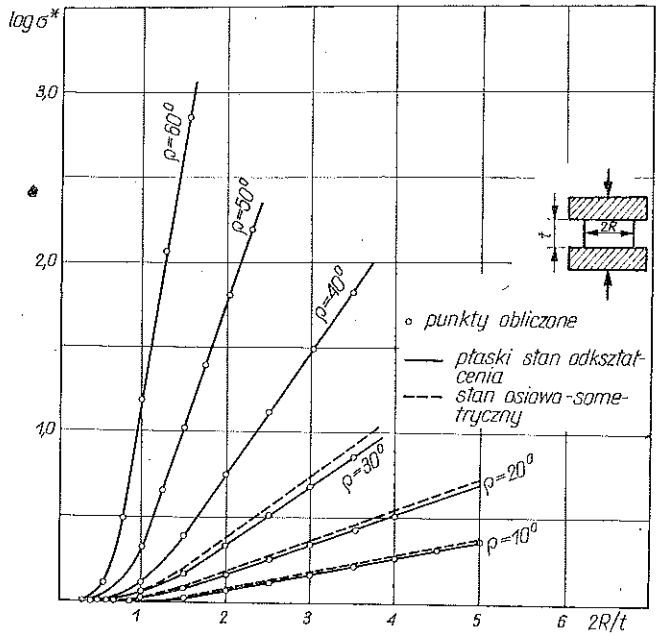


Rys. 4. Siatka linii poślizgu przy ściskaniu bloku materiału pomiędzy sztywnymi szorstkimi płytami dla $\rho=40°$. Niżej wykres σ_1/σ_z^0

poziomej osi symetrii. Wielkość średniego naprężenia granicznego σ^*, odniesionego do wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie, przedstawić można następująco:

$$\sigma^* = \frac{\sigma_1^*}{\sigma_z^0} = \frac{2}{R^2} \int_0^R \frac{\sigma_1}{\sigma_z^0} r\,dr. \tag{4}$$

Założono tu, że otrzymany rozkład naprężeń wystąpi również w warunkach osiowej symetrii. Naprężenia σ^* obliczono dla szeregu wartości stosunku $2R/t$ i dla kątów ρ od 10° do 60°. Na rys. 5 podano wykonane w układzie półogarytmicznym



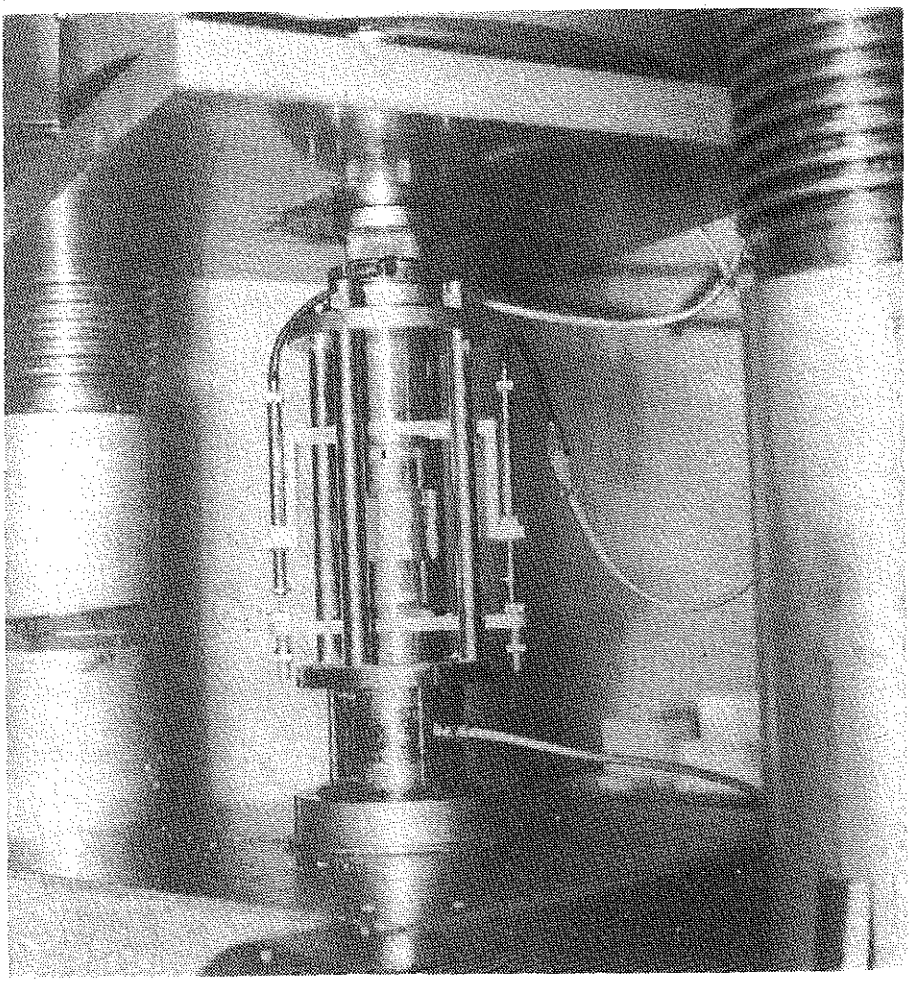
Rys. 5. Wykres średniego naprężenia granicznego σ^* w zależności od stosunku $2R/t$, obliczonego dla płaskiego stanu odkształcenia

wykresy: σ^* w funkcji $2R/t$ dla kilku wartości kąta ρ. Liniami przerywanymi zaznaczono rozwiązania ścisłe, zaczerpnięte z pracy [1], wyznaczone z analizy procesu przebiegającego w stanie osiowej symetrii. Wyznaczone przybliżone zależności zastosowano dla oceny wyników doświadczeń.

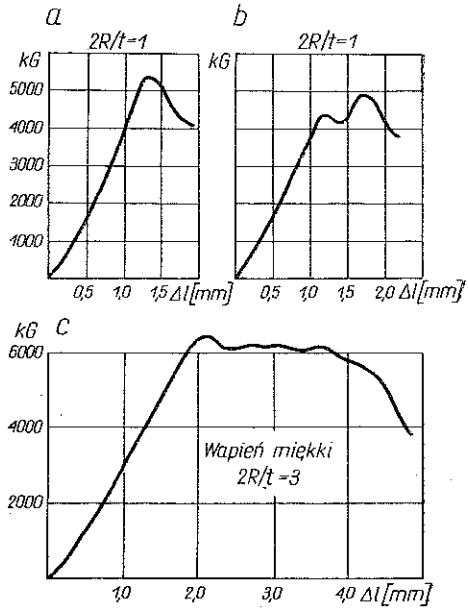
5. Badania doświadczalne

Badania doświadczalne przeprowadzono dla czterech rodzajów skał krajowych: wapienia zwartego i wapienia miękkiego występujących w kieleckiem oraz marmurów drobnokrystalicznego i średniokrystalicznego z okolic Stronia Śląskiego. Próbki przygotowano w następujący sposób: z płyt materiału wycinano na frezarce za pomocą diamentowego wiertła koronkowegoe walco średnicy $2R = 24$ mm, a następ-

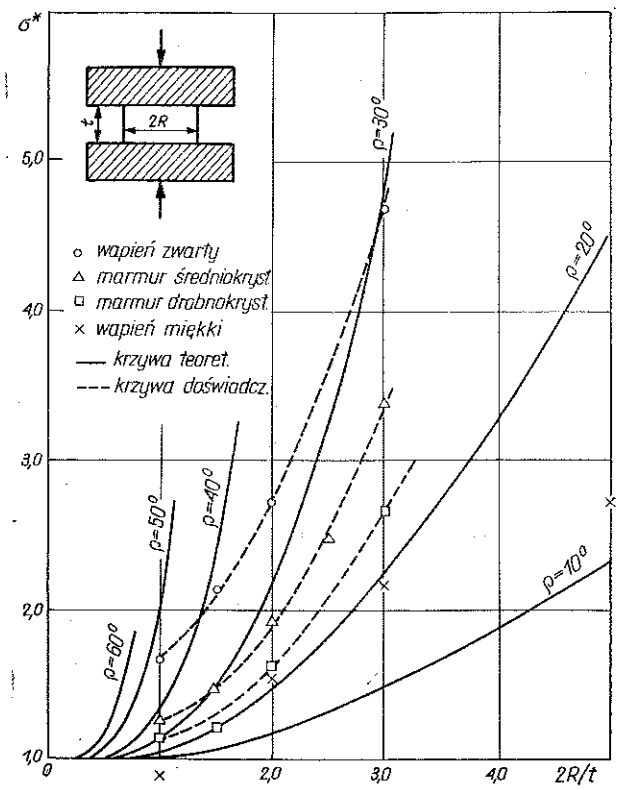
nie na pile tarczowej przecinano je na wysokości odpowiadającej żądanemu stosunkowi $2R/t$. Dla wapienia zwartego i marmurów badania wykonano na próbkach o wysokości: 24, 16, 12, 8 mm. Wapień miękki, dający się łatwo obrabiać przez toczenie zwykłym nożem tokarskim, badano na próbkach o średnicy $2R=63$ mm i wysokości 63,0; 31,5; 21,0; 12,6 mm. W celu zachowania dużego współczynnika tarcia na powierzchni kontaktu wykonano dwie stalowe płytki z powierzchniami specjalnie żłobkowanymi. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano przyrząd z zamocowanymi indukcyjnymi czujnikami przemieszczeń liniowych i czujnikiem tensometrycznym, umożliwiającymi rejestrację siły jako funkcji odkształcenia (rys. 6). Badania wykonano na prasie hydraulicznej o nacisku do 100 t. Obok doświadczeń polegających na ściskaniu walców o różnej wartości stosunku $2R/t$ przeprowadzono badania mające na celu ustalenie wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie.



Rys. 6. Przyrząd używany w próbach ściskania krążków walcowych. Widoczne są indukcyjne czujniki przemieszczeń liniowych i czujnik tensometryczny w podstawie przyrządu, umożliwiające rejestrację siły jako funkcji odkształcenia



Rys. 7. Przykłady wykresów siła-przemieszczenie dla wapienia miękkiego



Rys. 8. Doświadczalne wartości średnich nacisków granicznych σ^*

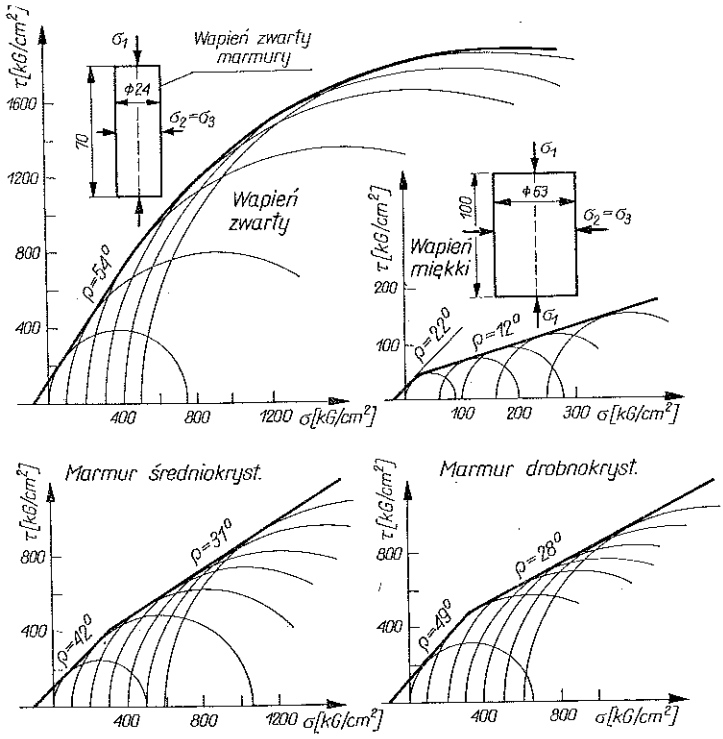
Tablica 1. Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie σ_z^0

Lp	Materiał	Wymiary próbki $\varnothing\ 2R \times h$ [mm]	Liczba próbek	Średnie naprężenie niszczące σ_z^0 [kG/cm²]	Maksymalne odchyłki od wartości średniej [kG/cm²]
1	2	3	4	5	6
1	Wapień zwarty	24×50	5	750	+115 −35
2	Marmur średnio-krystaliczny	20×50	5	500	+50 −50
3	Marmur drobnokrystaliczny	20×50	5	630	+100 −130
4	Wapień miękki	63×100	5	70	+10 −10

Tablica 2. Wyniki ściskania walców o różnej wartości średniej stosunku $2R/t$

Lp	Materiał	$\frac{2R}{t}$	Liczba próbek	σ_1^* [kG/cm²]	$\sigma^* = \sigma_1^*/\sigma_z^0$	Maksymalne odchyłki od wartości średniej	
1	2	3	4	5	6	7	
1	Wapień zwarty	1,0	7	1250	1,67	+0,17	−0,11
2		1,5	7	1610	2,14	+0,65	−0,42
3		2,0	6	2040	2,72	+0,40	−0,46
4		3,0	7	3520	4,70	+0,25	−0,25
5	Marmur średniokrystaliczny	1,0	13	640	1,28	+0,36	−0,40
6		1,5	7	745	1,49	+0,31	−0,34
7		2,0	6	970	1,94	+0,38	−0,22
8		2,5	6	1240	2,48	+0,46	−0,40
9		3,0	7	1700	3,40	+0,58	−0,84
10	Marmur drobnokrystaliczny	1,0	7	720	1,14	+0,20	−0,10
11		1,5	7	760	1,21	+0,24	−0,29
12		2,0	6	1010	1,62	+0,05	−0,11
13		3,0	6	1680	2,67	+0,14	−0,36
14	Wapień miękki	1,0	5	613	0,88	+0,06	−0,07
15		2,0	5	108	1,54	+0,27	−0,20
16		3,0	5	151	2,16	+0,22	−0,04
17		5,0	5	190	2,72	+0,38	−0,35

Wyniki badań podano w tablicach 1 i 2. Na rys. 7 przedstawiono przykłady wykresów siły jako funkcji przemieszczenia dla wapienia miękkiego. Można wyróżnić trzy różne sposoby niszczenia próbek z tego materiału: pierwszy, kiedy zachodzi tylko typowe odkształcenie sprężyste (rys. 7a), drugi, gdy pojawiają się charakterystyczne uskoki (rys. 7b) i trzeci otrzymany przy innym stosunku $2R/t$, kiedy występują odkształcenia plastyczne. Nie wyjaśnione są przyczyny powodujące powstawanie wymienionych różnych mechanizmów niszczenia. Dla pozostałych badanych skał kruche pęknięcie poprzedzone jest tylko odkształceniem sprężystym.



Rys. 9. Obwiednie stanu granicznego dla badanych skał

Wyznaczone z doświadczeń wartości średnich nacisków granicznych w odniesieniu do wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie zaznaczono na wykresie teoretycznym $\sigma^* = f(2R/t)$ (rys. 8). Każdy punkt przedstawia wartość średnią z 5 – 7 pomiarów. Na rysunku 9 zamieszczono w celu porównania wyników obwiednie stanu granicznego dla badanych skał, uzyskane z badań trójosiowych [2].

6. Uwagi wynikające z badań

1. *Wapień zwarty*. Uzyskane wyniki świadczą, że warunek Coulomba-Mohra nie jest spełniony. Jak wynika z badań trójosiowych, obwiednię stanu granicznego dla tej skały można w przybliżeniu aproksymować do odcinków prostoliniowych, przechodzących następnie w łuki krzywych (rys. 9). Wydaje się, że zaznaczona na rys. 8 krzywa doświadczalna dla wapienia zwartego odpowiada tym łukom.

W pracy nie przeprowadzono doświadczeń na walcach o stosunku $2R/t<1$, co uniemożliwia analizę charakteru krzywej doświadczalnej w początkowym jej przedziale. Podobnie doświadczenia wykonane na krążkach o stosunku $2R/t>3$ dałyby odpowiedź, jaki charakter ma krzywa doświadczalna dla znacznych wartości kulistej części tensora naprężenia. Można przypuszczać, że obwiednię stanu granicznego można wtedy przedstawić w postaci odcinków prostych.

2. *Marmury*. Badane marmury wykazują odstępstwo od liniowego warunku zniszczenia Coulomba-Mohra. Obwiednie stanu granicznego dla tych materiałów można w przybliżeniu przedstawić w postaci odcinków prostych przecinających oś σ pod różnymi kątami ρ (rys. 9). Wydaje się, że jedynie początkowe odcinki krzywych doświadczalnych, których w pracy nie wyznaczono, mogłyby odpowiadać stałej wartości ρ zgodnie z charakterem krzywych teoretycznych. Dla większych wartości stosunku $2R/t$ występują rozbieżności między krzywymi doświadczalnymi i obwiedniami granicznymi.

3. *Wapień miękki*. Dla wartości $1 \leqslant 2R/t \leqslant 3$ punkty doświadczalne układają się w pobliżu krzywej teoretycznej. Ten charakter krzywej doświadczalnej odpowiada dobrze prostoliniowemu odcinkowi obwiedni granicznej nachylonej do osi ρ pod kątem $\rho=22°$. Przebieg krzywej doświadczalnej dla $2R/t>3$ nie został dokładnie określony.

Przeprowadzone badania nie potwierdziły na ogół możliwości pełnego zastosowania metody ściskania krążków dla rozpatrywanych skał przy wykorzystaniu wykresów teoretycznych, uzyskanych na podstawie warunku zniszczenia Coulomba-Mohra. W celu dokładnego sprawdzenia przydatności tej metody należałoby jednak przeprowadzać interpretację wyników badań na podstawie wykresów teoretycznych otrzymanych przy założeniu bardziej złożonego warunku zniszczenia. Warunek nieliniowy w postaci paraboli drugiego stopnia założono np. w pracy [6] dla znalezienia przybliżonych rozwiązań zagadnienia ściskania walców. W pracy [6] wykonano badania na ściskanie krążków, nie przeprowadzono natomiast badań trójosiowego ściskania, pozwalających na weryfikację otrzymanych rozwiązań.

Niniejsza praca stanowi próbę sprawdzenia metody ściskania krążków w badaniach skał. Otrzymane w niej rozwiązania teoretyczne oraz wyniki badań okazały się jednak niewystarczające dla dokonania dokładnej oceny tej metody. Konieczna jest w tym celu bardziej szczegółowa analiza teoretyczna i doświadczalna.

Literatura cytowana w tekście

1. K. Kwaszczyńska, Z. Mróz, A. Drescher, *Analysis of compression of short cylinders of Coulomb material*, Int. J. Mech. Sci., **11**, 145–168, 1969.
2. J. Supel, J. Zawada, *Badania niektórych skał krajowych metodą trójosiowego ściskania*, Rozpr. Inżyn., **20**, 2, 283–299, 1972.
3. W. Szczepiński, *Wstęp do analizy procesów obróbki*, PWN, 1967.
4. W. W. Sokołowski, *Statyka ośrodków sypkich*, PWN, 1958.
5. W. W. Sokołowski, *Teoria plastyczności*, PWN, 1957.
6. A. Drescher, L. Wysokiński, *Zniszczenie materiałów kruchych przy ściskaniu krótkich walców*, Arch. Hydromech., **19**, 1, 39–54, 1972.

Резюме

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКАЛЬНОЙ ПОРОДЫ

Дано описание экспериментов, состоящих в сжатии цилиндров с различными отношениями диаметра к высоте и выполненных из четырех различных видов отечественных скальных пород. Цилиндры подвергались сжатию между жесткими шероховатыми плитами. Предложенный в работе [I] метод позволяет приближенно определить прочностные параметры материалов с линейным условием разрушения. В данной работе теоретический анализ был выполнен для плоского деформированного состояния, причем предполагалась справедливость условия предельного состояния типа Кулона-Мора. С целью проверки применимости данного метода было выполнено сравнение результатов, полученных на его основе, с результатами испытаний на трехосное сжатие.

SUMMARY

APPROXIMATE EXPERIMENTAL METHOD OF DETERMINING STRENGTH PARAMETERS OF ROCKS

Experimental results are presented for cylindrical specimens of various diameter — length ratio cut out from four different rocks and tested under uniaxial compression. This method of investigation proposed in Ref. [1] can be used for approximate determination of the strength parameters for brittle materials described by linear fracture criterion. In the present work the theoretical analysis has been performed on the basis of the Coulomb—Mohr fracture criterion. Experimental results have been compared with results obtained by means of the more elaborated triaxial compression technique.

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Praca została złożona w Redakcji dnia 11 maja 1973 r.