

<b>GÓRNICTWO</b>	<b>N O R M A   B R A N Ż O W A</b>	<b>BN-82</b>
	<b>Górnictwo odkrywkowe</b> <b>Badania laboratoryjne</b> <b>wytrzymałościowych własności gruntów</b> <b>dla potrzeb projektowania</b> <b>kopalń odkrywkowych</b> <b>Wytyczne wykonywania</b>	<b>0403-02</b>
		Grupa katalogowa 0109

## SPIS TREŚCI

**1. WSTĘP**

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania normy
- 1.3. Określenia

**2. OGÓLNE ZASADY WYKONYWANIA  
LABORATORYJNYCH BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH****3. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE  
ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO W KATEGORII C<sub>1</sub>**

- 3.1. Wymagania ogólne
- 3.2. Opis badań
  - 3.2.1. Cel badań
  - 3.2.2. Rodzaje próbek
  - 3.2.3. Aparatura
  - 3.2.4. Typy i schematy badań
  - 3.2.5. Przygotowanie próbek do badań
  - 3.2.6. Badania właściwe
  - 3.2.7. Opracowanie wyników badań
- 3.3. Wyznaczanie wartości parametrów wytrzymałościowych dla warstwy geotechnicznej
- 3.4. Określenie wartości nie wyznaczanych bezpośrednio

**4. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE  
ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO W KATEGORII B**

- 4.1. Wymagania ogólne
- 4.2. Opis badań
  - 4.2.1. Cel badań
  - 4.2.2. Rodzaj badanych gruntów
  - 4.2.3. Schematy badań
  - 4.2.4. Aparatura
  - 4.2.5. Przygotowanie próbki do badania
  - 4.2.6. Badania właściwe

- 4.2.7. Standardowe opracowanie wyników badania
- 4.2.8. Wyznaczanie parametrów wytrzymałości trwałej
- 4.3. Wyznaczanie wartości parametrów wytrzymałościowych dla warstwy geotechnicznej
- 4.4. Określanie wartości nie wyznaczonych bezpośrednio

**5. BADANIA W FAZIE EKSPLOATACJI  
— KATEGORIA A**

- 5.1. Wymagania ogólne dotyczące badań
- 5.2. Opis badań gruntów zwałowych
  - 5.2.1. Cel badań
  - 5.2.2. Rodzaj badanych gruntów
  - 5.2.3. Aparatura
  - 5.2.4. Liczba oznaczeń
  - 5.2.5. Oznaczania wstępne
  - 5.2.6. Przygotowanie próbek do badań
  - 5.2.7. Przygotowanie badania
  - 5.2.8. Badanie właściwe
  - 5.2.9. Opracowanie wyników badania
- 5.3. Opis badań wytrzymałości trwałej gruntów o naturalnej strukturze
  - 5.3.1. Cel badań
  - 5.3.2. Rodzaj badanych gruntów
  - 5.3.3. Aparatura
  - 5.3.4. Liczba badań
  - 5.3.5. Przygotowanie próbki do badania
  - 5.3.6. Badanie właściwe
  - 5.3.7. Opracowanie wyników badania
- 5.4. Badania wytrzymałości na stykach warstw
- 5.5. Badania rozpoznawcze dla dalszych faz eksploatacji

**6. WYMAGANIA DODATKOWE****INFORMACJE DODATKOWE**

Zgłoszona przez Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR  
Ustanowiona przez Ministra Górnictwa i Energetyki dnia 2 grudnia 1982 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1983 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1983 poz. 4)

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są zasady wykonywania laboratoryjnych badań wytrzymałościowych własności gruntów (skał luźnych) dla potrzeb projektowania kopalń odkrywkowych, zasady interpretacji wyników tych badań oraz określanie cech gruntów nie wyznaczonych bezpośrednio w badaniach.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować przy wykonywaniu badań, w celu wyznaczania parametrów charakteryzujących własności gruntów w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego lub innych kopalni (przy podobnych warunkach eksploatacji) dla obliczeń stateczności:

— zboczy wyrobisk odkrywkowych wykonywanych w skałach luźnych (gruntach), jak: piaski, pyły, gliny, ropy oraz elementów tych zboczy — skarp, poziomów, półek,

— zboczy zwałowisk zbudowanych z gruntów przy zwałowaniu na sucho oraz elementów tych zboczy,

— podłoża zwałowisk.

### 1.3. Określenia

#### 1.3.1. funkcja wytrzymałościowa

a) zależność wytrzymałości gruntu od stanu naprężenia i czasu,

b) miejsce geometryczne punktów w układzie ( $\tau$ ,  $\sigma$ ,  $t$ ) „naprężenie, czas“, odpowiadających największym wartościom oporu ścinania realizowanym w elemencie gruntowym.

**1.3.2. wytrzymałość natychmiastowa**  $\tau_N$  — bezwzględnie największa wartość oporu ścinania, jaki może być zrealizowany w elemencie gruntowym przy obciążeniu krótkotrwałym (w czasie bliskim zera).

**1.3.3. wytrzymałość trwała**  $\tau_T$  — wartość oporu ścinania, jaki może być zrealizowany trwale w elemencie gruntowym, tj. przy nieograniczonym czasie trwania obciążenia.

**1.3.4. wytrzymałość doraźna**  $\tau_d$  — wartość oporu ścinania, jaki będzie zrealizowany w elemencie gruntowym w określonym czasie  $t$  trwania jego obciążenia ( $0 < t < \infty$ ); wartości wytrzymałości doraźnej zawarte są w przedziale pomiędzy wartością wytrzymałości natychmiastowej i trwałej.

**1.3.5. wytrzymałość standardowa**  $\tau_f$  — wartość oporu ścinania, jaki zostaje zrealizowany w elemencie gruntowym w czasie badań laboratoryjnych (szczególna wartość wytrzymałości doraźnej), przeprowadzonych zgodnie z niniejszą normą.

**1.3.6. wytrzymałość resztkowa (ustalona)**  $\tau_r$  — wartość oporu ścinania, jaki jest realizowany w elemencie gruntowym po wytworzeniu się w nim powierzchni poślizgu.

**1.3.7. próba wytrzymałościowa** — zbiór oznaczeń wytrzymałości (ścięć) wykonanych dla określenia wartości liczbowych parametrów wytrzymałościowych gruntów  $\Phi_u$  i  $c_u$ , lub  $\Phi'$  i  $c'$ .

**1.3.8. elementy wyrobiska odkrywkowego i zwałowiska** — wg PN-64/G-02400 i BN-82/0403-01.

**1.3.9. kategorie dokumentowania**  $C_2$ ,  $C_1$ , **B**, **A** **złóż węgla brunatnego** — wg PN-68/G-01000.

**1.3.10. Oznaczenie wielkości fizycznych i ich symbole matematyczne stosowane w normie** — wg PN-74/B-02480.

## 2. OGÓLNE ZASADY WYKONYWANIA LABORATORYJNYCH BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Przy wykonywaniu badań cech wytrzymałościowych gruntów należy stosować następujące zasady:

a) stopień szczegółowości badań laboratoryjnych, tj. ich dokładność i liczba powinny odpowiadać etapowi rozpoznania złoża; program badań należy układać w taki sposób, aby kolejne etapy badań laboratoryjnych dawały coraz bardziej szczegółowe rozpoznanie cech wytrzymałościowych;

b) w badaniach należy dążyć do możliwie wiernego odtworzenia rzeczywistych warunków pracy gruntu; program badań laboratoryjnych powinien uwzględniać wyniki rozpoznania inżyniersko-geologicznego i podstawowe założenia technologiczne;

c) w programach należy uwzględniać uzyskany postęp wiedzy, przy czym nowe metody badawcze należy wprowadzić w fazie eksploatacji tak, aby istniała możliwość ich szybkiej weryfikacji w warunkach naturalnych;

d) nie przewiduje się badań wytrzymałościowych gruntów w fazie rozpoznania odpowiadającej kategorii  $C_2$ ; w szczególnych przypadkach można je wykonać zgodnie z metodyką przyjętą dla kategorii  $C_1$ .

## 3. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO W KATEGORII $C_1$

**3.1. Wymagania ogólne.** Badania wytrzymałościowe w kategorii  $C_1$  wg BN-82/0403-01 należy wykonywać na próbkach pobranych ze złoża w przestrzennej siatce regularnej. Próbki wykazujące naturalne defekty wewnętrzne (pęknięcia, zarysowania itp.) należy poddawać badaniom wytrzymałościowym na równi z próbkami nie wykazującymi uszkodzeń. Wyniki tych badań należy włączyć do zbioru wartości wykorzystywanych dla określenia miarodajnych wartości parametrów dla celów obliczeniowych. Liczba prób wytrzymałościowych dla wydzielonej makroskopowo jednorodnej warstwy litologiczno-stratygraficznej, nie powinna być mniejsza niż 36.

W przypadku niedostatecznej ilości materiału gruntowego do wykonania potrzebnej do badań liczby próbek dopuszcza się wykonanie próby wytrzymałościowej na jednej próbce metodą kolejnych ścięć (w liczbie 4). W tym przypadku wynik pierwszego ścięcia należy przyjąć za miarodajny do wyznaczenia spójności  $c_u$ , wyniki następnych ścięć — do wyznaczenia wartości kąta tarcia wewnętrznego  $\Phi_u$ .

### 3.2. Opis badań

**3.2.1. Cel badań.** Celem badań jest wyznaczanie standardowej wytrzymałości wyrażonej przez parametry  $c_u$ ,  $\Phi_u$  dla potrzeb wymiarowania obiektów górnictwa



odkrywkowego, przy projektowaniu opartym na rozpoznaniu złoża w kategorii C<sub>1</sub>.

**3.2.2. Rodzaje próbek.** Norma dotyczy badań wykonywanych na gruntach o naturalnej strukturze i zachowanej wilgotności naturalnej.

W przypadku gruntów sypkich, dla których niemożliwe byłoby pobranie próbek, dopuszcza się wykonanie badań na próbkach o naruszonej strukturze z tym, że należy grunty doprowadzić do stanu zagęszczenia odpowiadającego warunkom w złożu.

### 3.2.3. Aparatura

- a) Aparat bezpośredniego ścinania.
- b) Aparat trójosiowego ściskania.

Aparaty powinny być wyposażone w urządzenia powodujące ustaloną w czasie prędkość przemieszczeń poziomych bądź pionowych (w zależności od typu aparatu) w przedziale wartości:  $0,015 \div 0,035$  mm/s.

Grunty tej samej warstwy litologicznej należy badać przy użyciu tylko jednego typu aparatu.

**3.2.4. Typy i schematy badań.** Przy rozpoznaniu w kategorii C<sub>1</sub> przewiduje się wyłącznie badania szybkie bez wstępnej konsolidacji.

W trakcie badania dopuszcza się odpływ wody z próbki w stopniu warunkowanym czasem badania oraz właściwościami badanego gruntu.

Schemat obciążeń w badaniach przy użyciu aparatu trójosiowego ściskania jest zgodny ze standardowymi badaniami, tzn. obciążenie na pobocznicy ma wartość stałą, a obciążenie pionowe wzrasta w sposób uwarunkowany ustalonym w czasie przemieszczeniem pionowym jednej z podstaw próbki.

### 3.2.5. Przygotowanie próbek do badań

**3.2.5.1. Badania wykonywane w aparacie bezpośredniego ścinania.** Badania wykonuje się na próbkach o naturalnej strukturze, wyciętych w postaci prostopadłościanu o wymiarach  $60 \times 60 \times 15$  do  $20$  mm.

Przygotowaną próbkę umieścić w skrzynkach aparatu. Na górnej i dolnej powierzchni próbki powinny znajdować się perforowane płytki metalowe zaopatrzone w ząbki oraz kamienie filtracyjne.

Aby zabezpieczyć otwory płytek metalowych przed dostawaniem się w nie gruntu można między próbkę i płytkę położyć warstwę zwilżonej wodą bibuły.

Należy zwrócić uwagę, aby między skrzynkami zachowany był odstęp około  $1$  mm, a płaszczyzna ścicia próbki wypadła w przybliżeniu w połowie jej wysokości.

**3.2.5.2. Badania wykonywane w aparacie trójosiowego ściskania.** Próbki gruntu o naturalnej strukturze powinny mieć kształt walca, w którym stosunek wysokości do średnicy wynosi  $2:1$ . W celu szybszego wyrównania się wartości ciśnienia porowego w próbce należy na jej pobocznicy założyć pionowe pasemka ze zwilżonej bibuły do sączenia w liczbie  $6$  sztuk o szerokości około  $10$  mm każdy, a na górnej i dolnej powierzchni próbki po  $2 - 3$  krążki zwilżonej wodą bibuły. Przewód odprowadzający wodę z próbki wypełnić odpowietrzoną wodą i zamknąć jego zawór. Zawór połączyć elastycznym przewodem ze szklaną biuretą. Przewód i biuretę wypełnić wodą do poziomu dolnej podstawy próbki.

Urządzenie to umożliwi pomiar objętości wody wypływającej z próbki podczas badania. Próbkę umieścić w aparacie na perforowanej podstawie i założyć na nią cienką, lecz nie przepuszczającą wody osłonkę gumową dociskaną pierścieniami gumowymi do tłoczków ograniczających próbkę od dołu i góry.

**3.2.5.3. Badania uzupełniające.** Dla każdej próbki, niezależnie od metody badania wytrzymałościowego, należy określić:

- a) rodzaj gruntu na podstawie badań laboratoryjnych wg PN-75/B-04481 p. 3.2 lub na podstawie badań makroskopowych wg PN-74/B-04452 p. 6.1.1,
- b) wilgotność — wg PN-75/B-04481 p. 3.5 (z gruntu pozostałego po obcięciu próbki do wymaganych wymiarów dla obu końców próbki),
- c) gęstość objętościową — wg PN-75/B-04481 p. 3.6.3,
- d) gęstość właściwą szkieletu gruntowego — wg PN-75/B-04481 p. 3.4 dla każdego rodzaju badanego gruntu; oznaczanie można wykonać na gruncie po przeprowadzonym już oznaczaniu ścinania.

Zaleca się wykonywanie barwnego rysunku każdej próbki NNS z zaznaczeniem wszystkich cech charakterystycznych oraz obszarów, z których zostały wycięte próbki do badań wytrzymałościowych.

### 3.2.6. Badania właściwe

**3.2.6.1. Badania wykonywane w aparacie bezpośredniego ścinania.** Na próbkę przygotowaną wg 3.2.5.1 należy przyłożyć odpowiednie obciążenie pionowe. Po  $5$  min należy włączyć mechanizm powodujący przemieszczenie jednej z ramek aparatu.

Podczas badania co  $30$  s należy rejestrować wskazania dynamometru pierścieniowego oraz przemieszczenia poziome skrzynki.

Należy także odnotować maksymalne wskazania dynamometru.

Po ścięciu próbki wyznacza się wilgotność gruntu w płaszczyźnie ścicia.

**3.2.6.2. Badania wykonywane w aparacie trójosiowego ściskania.** Próbkę przygotowaną wg 3.2.5.2 poddać przez  $1$  h ciśnieniu izotropowemu, bez możliwości odpływu wody z próbki. Następnie należy otworzyć zawór umożliwiający odpływ wody i uruchomić mechanizm powodujący przemieszczenie jednej z podstaw próbki z prędkością określoną w 3.2.3. Podczas badania należy rejestrować co  $30$  s:

- a) wskazania dynamometru,
- b) zmiany wysokości próbki,
- c) zmiany wysokości wody w biurecie.

Po zakończeniu badania oznaczyć wilgotność w płaszczyźnie ścicia próbki.

**3.2.6.3. Liczba oznaczeń w próbie wytrzymałościowej.** Za minimalną liczbę oznaczeń należy przyjąć trzy. Pierwsze ścięcie w aparacie bezpośredniego ścinania powinno być wykonane przy obciążeniu pionowym  $\sigma$  równym  $100$  kPa, a w aparacie trójosiowego ściskania przy obciążeniu w komorze  $\sigma_0$  równym  $100$  kPa. Następnie badania należy wykonać kolejno przy ciśnieniach:  $200$  i  $400$  kPa.



### 3.2.7. Opracowanie wyników badań

**3.2.7.1. Kryteria zniszczenia.** Jako kryteria zniszczenia przyjmuje się:

a) dla badań w aparacie bezpośredniego ścinania za moment zniszczenia przyjmuje się stan, w którym naprężenie styczne w płaszczyźnie ścinania osiągnie wartość maksymalną lub, gdy poziome przemieszczenie ramki będzie równe 8 mm,

b) dla badań wykonanych w aparacie trójosiowego ściskania przyjmuje się:

— gdy próbka ulega kruchemu ścięciu — kryterium naprężeniowe określające zniszczenie w chwili gdy  $\Delta\sigma_z = \max$ ,

— gdy próbka ulega ścięciu plastycznemu — kryterium odkształceniowe, przyjmując za zniszczenie moment osiągnięcia przez odkształcenia wartości  $\epsilon_z = 10\%$ . W przypadku gdy nie można jednoznacznie określić rodzaju zniszczenia, zaleca się przyjmować za wartość miarodajną średnią z wartości wyznaczonych obydwoma sposobami.

**3.2.7.2. Hipoteza wytrzymałościowa.** Badania należy opracować przyjmując hipotezę wytrzymałościową Coulomba lub Coulomba-Mohra.

#### 3.2.7.3. Wykonanie obliczeń

a) Przy badaniach w aparacie bezpośredniego ścinania warunek stanu granicznego jest określony wzorem

$$\tau_f = c_u + \sigma_f \operatorname{tg} \Phi_u \quad (1)$$

w którym:

$\tau_f, \sigma_f$  — naprężenia styczne oraz normalne w płaszczyźnie ścięcia w momencie zniszczenia próbki,

$\Phi_u$  — kąt tarcia wewnętrznego,

$c_u$  — spójność.

Przy wyznaczaniu wartości liczbowych naprężeń (ze względu na przybliżony charakter oceny stanu naprężenia w tych badaniach) nie uwzględnia się poprawki określającej faktyczną powierzchnię ścinania.

Wartości parametrów wytrzymałościowych dla  $i$ -tej próby wytrzymałościowej można określić metodą graficzną, wykreślając prostą aproksymującą punkty doświadczalne naniesione na wykres  $\tau_f = f(\sigma_f)$ . W ten sposób uzyskuje się wartości:  $\Phi_{ui}$  i  $c_{ui}$ .

b) W badaniach w aparacie trójosiowego ściskania warunek stanu graficznego wyrażany jest za pomocą naprężeń głównych i określony jest wzorem

$$\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3)_f = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3)_f \sin \Phi_u + \cos \Phi_u \cdot c_u \quad (2)$$

w którym:

$$\sigma_1 = \sigma_z, \sigma_3 = \sigma_r = \sigma_0$$

w których:

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{n \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)_{fj} \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj} - \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right)_{fj} \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj}}{n \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj}^2 - \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right)_{fj}^2} \quad (9)$$

$$c_1 = \frac{\sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)_{fj} \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj}^2 - \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right)_{fj} \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)_{fj} \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj}}{n \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)_{fj}^2 - \sum_1^n \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right)_{fj}^2} \quad (10)$$

$\sigma_z, \sigma_r$  — składowe naprężeń normalnych w układzie walcowym,

$\sigma_0$  — ciśnienie w komorze aparatu.

Do równania wprowadza się wartości odpowiadające momentowi zniszczenia próbki (indeks  $f$ ). Ponieważ w trakcie badania powierzchnia przekroju próbki ulega zmianie, należy uwzględnić poprawkę przy wyznaczaniu wartości  $\sigma_z$  obliczoną wg wzorów:

$$\sigma_z = \sigma_r + \Delta\sigma_z (1 - \epsilon_{zf}) \quad (3)$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{P_z - A_r \sigma_0}{A_0} \quad (4)$$

w których:

$P_z$  — obciążenie pionowe próbki mierzone przez dynamometr,

$A_r$  — pole przekroju trzpienia przekazującego obciążenie pionowe,

$A_0$  — początkowa powierzchnia przekroju próbki,

$\epsilon_{zf}$  — odkształcenie osiowe próbki w momencie jej zniszczenia.

Parametry  $\Phi_{ui}$  i  $c_{ui}$  dla  $i$  — tej próby wytrzymałościowej wyznacza się metodą graficzną, wykorzystując konstrukcję Mohra dla opisu stanu naprężeń w próbkach w momencie zniszczenia i wrysowując styczną do kół Mohra.

**3.3. Wyznaczanie wartości parametrów wytrzymałościowych dla warstwy geotechnicznej.** Wartości liczbowe parametrów geotechnicznych  $\Phi_u$  i  $c_u$  dla warstwy geotechnicznej, dla której wykonano  $n$  oznaczeń wytrzymałości, oblicza się zgodnie z zasadą liniowej aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów:

a) dla badań w aparacie bezpośredniego ścinania — wg wzorów:

$$\operatorname{tg} \Phi_u = \frac{n \sum_1^n \tau_{fj} \sigma_{fj} - \sum_1^n \tau_{fj} \sum_1^n \sigma_{fj}}{n \sum_1^n \sigma_{fj}^2 - \left( \sum_1^n \sigma_{fj} \right)^2} \quad (5)$$

$$c_u = \frac{\sum_1^n \tau_{fj} \sum_1^n \sigma_{fj}^2 - \sum_1^n \sigma_{fj} \sum_1^n \tau_{fj} \cdot \sigma_{fj}}{n \sum_1^n \sigma_{fj}^2 - \left( \sum_1^n \sigma_{fj} \right)^2} \quad (6)$$

w których:

$\tau_{fj}$  i  $\sigma_{fj}$  — naprężenie w płaszczyźnie ścinania w  $j$ -tej próbce,

$n$  — liczba oznaczeń

b) dla badań w aparacie trójosiowego ściskania — wg wzorów:

$$\sin \Phi_u = \operatorname{tg} \psi \quad (7)$$

$$c_u = \frac{c_1}{\cos \Phi_u} \quad (8)$$

**3.4. Określenie wartości nie wyznaczanych bezpośrednio.** W fazach opartych o rozpoznanie w kategorii C<sub>1</sub> można przyjmować:

dla gruntów spoistych

— wytrzymałość gruntu w zwałowisku  $\tau_{zw} = 0,55 \tau_f^C$ ,

— wytrzymałość trwałą gruntu  $\tau_T = 0,55 \tau_f^C$

dla gruntów sypkich:

$$\tau_{zw} = 0,8\tau_f^C \text{ oraz } \tau_T = 0,9\tau_f^C,$$

gdzie:  $\tau_f^C$  — wytrzymałość standardowa wyznaczona zgodnie z wymaganiami badań w kategorii C<sub>1</sub>.

Opór ścinania na stykach warstw można szacować na podstawie wzorów:

— dla styków pierwotnych (nie naruszonych)

$$\tau_{sp} = A_{sp} [(\sigma - u)_s (\text{tg } \Phi_{ug} + \text{tg } \Phi_{ud} + c_{ug} + c_{ud})] \quad (11)$$

— dla styków naruszonych

$$\tau_{sn} = A_{sn} [(\sigma - u)_s (\text{tg } \Phi_{ug} + \text{tg } \Phi_{ud} + c_{ug} + c_{ud})] \quad (12)$$

w których:

$\sigma$  — naprężenie normalne w styku (indeks s),

$u$  — obliczeniowe ciśnienie wody w porach gruntu pomiędzy stykającymi się warstwami (można przyjmować jako równe ciśnieniu hydrostatycznemu),

$\Phi_{ug}, \Phi_{ud}$  — wartości kątów tarcia wewnętrznego stykających się warstw g i d,

$c_{ug}, c_{ud}$  — wartości spójności stykających się warstw g i d, (dla kategorii C<sub>1</sub>).

Orientacyjne wartości współczynników  $A_{sp}$  i  $A_{sn}$  można przyjmować wg tablicy.

Warstwy stykające się	$A_{sp}$	$A_{sn}$
ł z piaskiem	0,35	0,29
ł z węglem brunatnym	0,30	0,16
ł z pyłem	0,28	0,15
Powierzchnia zlustrowana wewnątrz warstwy	0,40	0,22

Wykorzystywanie dla dalszych faz projektowych wyników badań wytrzymałościowych uzyskanych w kategorii C<sub>1</sub>, bez wykonania właściwych badań dla fazy następnej, jest niedozwolone.

#### 4. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO W KATEGORII B

**4.1. Wymagania ogólne.** Badania laboratoryjne w kategorii B stanowią dalszy etap bardziej szczegółowego rozpoznania właściwości wytrzymałościowych gruntów. Badania w tej kategorii dzieli się na dwie grupy badań dla uzyskania:

a) ogólnego postępu w rozpoznaniu cech wytrzymałościowych jednorodnej warstwy litologiczno-stratygraficznej,

b) badania dla szczególnie newralicznych rejonów projektowanej kopalni.

Badania w kategorii B są badaniami o wyższym stopniu dokładności niż badania w kategorii C<sub>1</sub>.

Uwzględniając powyższe i zakładając opróbowanie w kategorii B również w regularnej siatce przestrzennej, różnicuje się sposób przeprowadzania badań w grupach Ba i Bb.

W grupie badań Ba przyjmuje się losowy wybór próbek NNS w liczbie zapewniającej wykonanie 36 prób wytrzymałościowych dla każdej wydzielonej w kategorii C<sub>1</sub> jednorodnej warstwy litologiczno-stratygraficznej. Dla tak wybranego zbioru należy wykonywać oznaczenia wytrzymałości przy minimum czterech różnych wartościach ciśnienia w komorze aparatu trójosiowego, z przedziału wartości dopuszczalnych przez warunki techniczne eksploatacji aparatu.

Badania grupy Bb przeprowadza się dla rejonów: zagrożeń wyznaczonych w prognozie zjawisk geologiczno-inżynierskich, skarp stałych, pochylni i innych, w których ze względów technologiczno-eksploatacyjnych wymagany jest maksymalny stopień niezawodności eksploatacyjnej. Ustalenie lokalizacji omawianych rejonów następuje na drodze wspólnej decyzji dokumentatorów branży geologiczno-inżynierskiej, geotechnicznej i górniczej. Do badań grupy Bb przeznacza się wszystkie próbki uzyskane z podanych rejonów, które należy pogrupować według warstw litologiczno-stratygraficznej. Badania wydzielonej warstwy nie powinny zawierać mniej niż 36 oznaczeń wytrzymałości (pojedynczych ścieć) wykonanych przy sześciu wartościach ciśnienia w komorze aparatu trójosiowego (z przedziału od 0 do 60 kPa).

Próbki tak utworzonego zbioru stanowią materiał do wyznaczenia parametrów wytrzymałościowych dla rozpatrywanej warstwy litologiczno-stratygraficznej.

#### 4.2. Opis badań

**4.2.1. Cel badań.** Celem badań jest wyznaczenie standardowej wytrzymałości w warunkach laboratoryjnych dla celów wymiarowania obiektów górnictwa odkrywkowego przy projektowaniu opartym na rozpoznaniu złoże w kategorii B.

**4.2.2. Rodzaj badanych gruntów** — wg 3.2.2.

**4.2.3. Schematy badań.** W badaniach laboratoryjnych należy, w miarę możliwości, odtworzyć warunki pracy gruntu w obiekcie; dlatego należy zróżnicować metodykę badań parametrów wytrzymałościowych w zależności od tego, czy grunt ma pracować w warunkach rosnącego, czy też malejącego naprężenia średniego.

Jako metodykę badań należy przyjąć badania szybkie bez konsolidacji z następującymi schematami drogi obciążenia próbki:

schemat I —  $\sigma_z$  rośnie,  $\sigma_r = \text{const}$ ,

schemat II —  $\sigma_r$  maleje,  $\sigma_z = \text{const}$ ,

w których:

$\sigma_z$  jest całkowitym pionowym (osiowym) naprężeniem normalnym,

$\sigma_r$  jest całkowitym poziomym (promieniowym) naprężeniem normalnym.

Prędkość zmiany naprężenia  $\sigma_z$  w przypadku badania wg schematu I oraz  $\sigma_r$  w przypadku badania wg schematu II nie powinna być większa niż 20 kPa na 15 min.

**4.2.4. Aparatura.** Badania oporu ścinania należy przeprowadzać w aparatach trójosiowego ściskania.



Aparat powinien być wyposażony w urządzenie pozwalające na pomiar ciśnienia wody w porach gruntu. Układ mechaniczny aparatu powinien zapewniać jednostajną prędkość przemieszczeń pionowych w zakresie  $2 \div 4$  mm/h. W przypadku badań wg schematu II (p. 4.2.3) aparat powinien mieć urządzenie zapewniające przekazywanie na próbkę stałego naprężenia pionowego.

**4.2.5. Przygotowanie próbki do badania.** W czasie przycinania próbki do wymaganych wymiarów należy zwrócić szczególną uwagę na nienaruszenie struktury i zachowanie wilgotności gruntu.

Do badań należy używać próbek bez widocznych, powstałych w czasie obróbki i ich przygotowania defektów, tj. pęknięć, miejsc pustych itd. Próbkę przed badaniem należy zważyć. Dalsze przygotowanie próbki należy przeprowadzić zgodnie z 3.2.5.2. Należy również wykonać badania uzupełniające zgodnie z 3.2.5.3.

Wilgotność należy określić osobno dla dolnej i górnej podstawy próbki. Badanie wilgotności wykonuje się na gruncie pozostałym po przycięciu próbki do odpowiedniej wysokości.

**4.2.6. Badania właściwe.** Próbkę przygotowaną wg 4.2.5 należy poddać wstępnemu ciśnieniu izotropowemu bez możliwości odpływu wody z próbki. Pod wstępnym ciśnieniem próbka powinna pozostawać w komorze aparatu przez około 16 h. Okres ten ma pozwolić na wyrównanie się wartości ciśnienia porowego w próbce. Próbkę należy poddać badaniu właściwemu wg przyjętego schematu badań. Podczas badania należy mierzyć następujące wartości:

w badaniu wg schematu I — zmiany: wysokości próbki, obciążenia pionowego, ciśnienia porowego,

w badaniu wg schematu II — zmiany: wysokości próbki, ciśnienia porowego (przy sterowanych wartościach ciśnień w komorze aparatu).

Pomiary powyższych wielkości należy przeprowadzać i rejestrować w odstępach nie dłuższych niż 15 min. Po zakończeniu badania należy próbkę zważyć (po zdjęciu bibuły).

Porównanie ciężaru próbki przed i po badaniu pozwala ocenić, czy w badaniu nie zachodziło zjawisko konsolidacji lub pęcznienia próbki. Opis obrazu zniszczenia próbki należy podać na rysunku lub fotografii. Dla każdej próbki należy po badaniu wyznaczyć wilgotność w obszarach końców próbki oraz w strefie zniszczenia próbki.

#### 4.2.7. Standardowe opracowanie wyników badania

**4.2.7.1. Kryteria zniszczenia.** Należy stosować kryteria wg 3.2.7.1b

**4.2.7.2. Hipoteza wytrzymałościowa.** Przy opracowaniu wyników zaleca się korzystać z hipotezy Coulomba-Mohra, wyrażonej wzorem:

$$\frac{1}{2} (\sigma'_z - \sigma'_r)_f = \frac{1}{2} (\sigma'_z + \sigma'_r)_f \sin \Phi + c' \cos \Phi \quad (13)$$

w którym  $\sigma'_z$ ,  $\sigma'_r$  — składowe efektywne naprężenia normalnych równo:

$$\sigma'_z = \sigma_z - u \quad (14)$$

$$\sigma'_r = \sigma_r - u \quad (15)$$

w których:

$\sigma_z$  i  $\sigma_r$  — składowe całkowite naprężenia (dla momentu „zniszczenia“ próbki),

$u$  — ciśnienie wody w porach gruntu (dla momentu „zniszczenia“ próbki).

**4.2.7.3. Tok obliczeń.** Na podstawie wyników badania należy sporządzić dla kolejnych wartości ciśnień w komorze aparatu  $\sigma_0$  wykresy zależności  $\Delta\sigma_z$  od  $\epsilon_z$ ;  $\Delta\sigma_z$  wyraża się wzorem

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma'_z = (\sigma'_z - \sigma'_r) (1 - \epsilon_z) = (\sigma_z - \sigma_r) (1 - \epsilon_z) \quad (16)$$

Współczynnik poprawkowy  $(1 - \epsilon_z)$  opisuje zmianę wymiarów poprzecznych próbki w badaniu.

Na wykresie zależności  $\Delta\sigma_z = f(\epsilon_z)$  znaleźć punkt odpowiadający przyjętemu kryterium zniszczenia  $\Delta\sigma_{zf}$  i określić odpowiadający mu stan naprężenia  $\sigma_{zf}$  i  $\sigma_{rf}$ .

Wykonać opracowanie graficzne wykorzystując konstrukcję Mohra i przyjmując

$$\sigma'_{1f} = \sigma'_{2f} = (\sigma_z - \sigma_r)_f (1 - \epsilon_{zf}) + (\sigma_r - u)_f \quad (17)$$

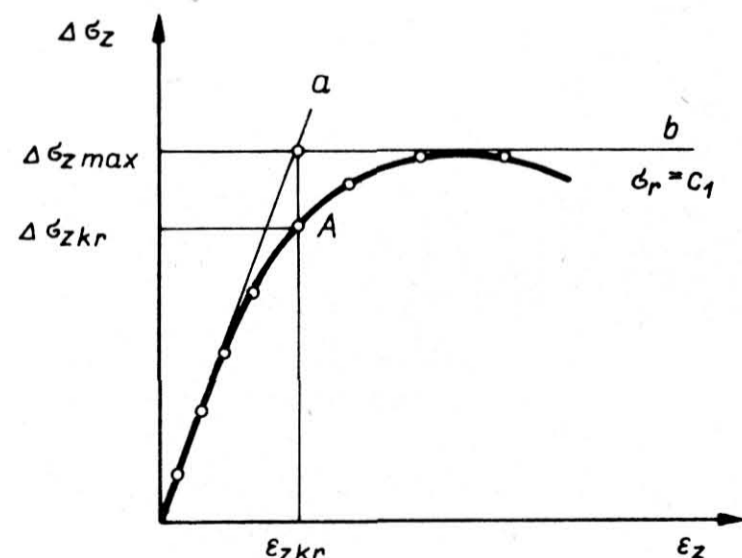
$$\sigma'_{3f} = \sigma'_{4f} = (\sigma_r - u)_f \quad (18)$$

Parametry prostej stycznej do kół Mohra wyznaczają wartości efektywnych parametrów wytrzymałościowych w  $i$ -tej próbie wytrzymałościowej:  $\Phi'_i$  i  $c'_i$ .

**4.2.8. Wyznaczanie parametrów wytrzymałości trwałej.** Wytrzymałość trwałą  $\tau_T$  dopuszcza się wyznaczać na podstawie wyników badań laboratoryjnych przeprowadzonych przy użyciu aparatu trójosiowego ściskania, dla określania wytrzymałości standardowej.

Należy stosować następujący tok obliczeń:

a) korzystając z wyników badania trójosiowego należy sporządzić wykres zależności  $\Delta\sigma_z$  od  $\epsilon_z$  jak w 4.2.7.3a), aproksymując punkty doświadczalne linią ciągłą (rys. 1),



Rys. 1

b) wrysować styczną do początkowej prostoliniowej gałęzi wykresu (linia a),

c) z punktu odpowiadającego maksymalnej wartości  $\Delta\sigma_z$  poprowadzić linię poziomą (b),

d) punkt przecięcia linii a i b rzutować na krzywą doświadczalną i wyznaczyć punkt A,

e) współrzędne punktu  $A$  wyznaczają „krytyczny” stan naprężenia, utożsamiany ze stanem naprężenia odpowiadającym wytrzymałości trwałej,

f) wartości naprężeń efektywnych dla stanu krytycznego wynoszą:

$$\sigma'_{zkr} = \Delta\sigma_{zkr} (1 - \epsilon_{zkr}) + (\sigma_{rkr} - u_{kr}) \quad (19)$$

$$\sigma'_{rkr} = \sigma_{rkr} - u_{kr} \quad (20)$$

w których:  $\epsilon_{zkr}$  i  $u_{kr}$  — odpowiednie wartości jednostkowego odkształcenia osiowego i ciśnienie wody w porach dla stanu krytycznego,

g) wartości parametrów, wytrzymałości trwałej w  $i$ -tej próbce wytrzymałościowej  $\Phi'_{Ti}$  i  $c'_{Ti}$  wyznacza się metodą graficzną, analogicznie do opisanej w 4.2.7.3, przyjmując:

$$\sigma'_{1kr} = \sigma'_{zkr} = (\sigma_z - u)_{kr} = \Delta\sigma_{zkr} (1 - \epsilon_{zkr}) + (\sigma_r - u)_{kr} \quad (21)$$

$$\sigma'_{3kr} = \sigma_{rkr} = (\sigma_r - u)_{kr} \quad (22)$$

**4.3. Wyznaczanie wartości parametrów wytrzymałościowych dla warstwy geotechnicznej.** Wartości:  $\Phi'$ ,  $c'$ ,  $\Phi'_T$ ,  $c'_T$  wylicza się z zależności:

$$\sin \Phi' = \operatorname{tg} \psi' \text{ lub } \sin \Phi'_T = \operatorname{tg} \psi'_T \quad (23)$$

$$c' = \frac{c'_1}{\cos \Phi'} \text{ lub } c'_T = \frac{c'_{1T}}{\cos \Phi'_T} \quad (24)$$

w których:

$\operatorname{tg} \psi'$  lub  $\operatorname{tg} \psi'_T$  — oblicza się wg wzoru (9),

$c'_1$  lub  $c'_{1T}$  — oblicza się wg wzoru (10),

przy czym zamiast wartości naprężeń całkowitych ( $\sigma_1$  i  $\sigma_3$ ) należy przyjąć wartości naprężeń efektywnych ( $\sigma'_1$  i  $\sigma'_3$ ) dla stanów zniszczenia ( $f$ ) lub krytycznego ( $kr$ ).

**4.4. Określanie wartości nie wyznaczonych bezpośrednio.** Na podstawie wyników przeprowadzonych badań laboratoryjnych można, w fazach projektowych uwzględniających rozpoznanie w kategorii B, przyjmować:

wytrzymałość natychmiastową  $\tau_N^B$  wg wzoru

$$\tau_N^B = \frac{1,6 (\tau_f^B) - 2 \tau_T^B}{2} \quad (25)$$

w którym:

$\tau_f^B$  — wartość wytrzymałości standardowej wyznaczona zgodnie z zaleceniami szczegółowymi do badań wytrzymałościowych w kategorii B,

$\tau_T^B$  — wartość wytrzymałości trwałej wyznaczona w kategorii B.

Opór ścinania na stykach warstw można obliczać wg wzorów:

— dla styków pierwotnych (nie naruszonych)

$$\tau_{sp} = A_{sp} [(\sigma - u)_s (\operatorname{tg} \Phi'_g + \operatorname{tg} \Phi'_d) + (c'_g + c'_d)] \quad (26)$$

— dla styków naruszonych:

$$\tau_{sn} = A_{sn} [(\sigma - u)_s (\operatorname{tg} \Phi'_{Tg} + \operatorname{tg} \Phi'_{Td}) + (c'_{Tg} + c'_{Td})] \quad (27)$$

w których:

$A_{sn}$  i  $A_{sp}$  — wg p. 3.4,

$\sigma$  i  $u$  — wg p. 3.4,

$\Phi'_g$ ,  $\Phi'_d$ ,  $\Phi'_{Tg}$ ,  $\Phi'_{Td}$  — obliczeniowe wartości kątów tarcia wewnętrznych stykających się warstw  $g$  i  $d$ , wyznaczone na podstawie badań opisanych w 4.3,

$c'_g$ ,  $c'_d$ ,  $c'_{Tg}$ ,  $c'_{Td}$  — obliczeniowe wartości spójności stykających się warstw  $g$  i  $d$ , wyznaczone na podstawie badań opisanych w 4.3.

## 5. BADANIA W FAZIE EKSPLOATACJI — KATEGORIA A

**5.1. Wymagania ogólne dotyczące badań.** Badania prowadzone w kategorii A stanowią końcowy etap rozpoznania złoża i podstawę do opracowania wniosków dla prognozowania i programowania kierunków postępu technicznego w rozpoznaniu geotechnicznym i geotechnicznych metodach zabezpieczenia eksploatacji złóż.

Badania w tej kategorii obejmują:

- badania gruntów zwałowych,
- badania wytrzymałości trwałej gruntów o naturalnej strukturze i wilgotności,
- badania wytrzymałości styków warstw,
- badania rozpoznawcze dla dalszych faz eksploatacji.

### 5.2. Opis badań gruntów zwałowych

**5.2.1. Cel badań.** Celem badań jest wyznaczenie gęstości objętościowej i oporu ścinania, potrzebnych dla obliczeń stateczności zboczy zwałowisk, przez:

- a) wyznaczenie zależności między gęstością objętościową a naprężeniem pionowym,
- b) ustalenie zależności między oporem ścinania a naprężeniem normalnym dla gruntu zwałowego.

**5.2.2. Rodzaj badanych gruntów.** Wytyczne niniejsze należy stosować przy badaniach laboratoryjnych odpowiednio rozdrobnionych gruntów, o zachowanej wilgotności. Badania laboratoryjne powinny być przeprowadzone zgodnie z programem badań na dostatecznej liczbie próbek reprezentujących wszystkie rodzaje gruntów, które mają tworzyć zwałowiska. Wyznaczone wartości parametrów gruntu zwałowego służą do określenia kształtu i wymiarów zboczy projektowanego zwałowiska.

**5.2.3. Aparatura.** Badania laboratoryjne należy przeprowadzać w aparatach bezpośredniego ścinania o konstrukcji umożliwiającej badanie próbek o wysokości około 5 cm. Dodatkowym wyposażeniem powinien być stolik wibracyjny oraz sprzęt do wyznaczania gęstości objętościowej gruntu i wilgotności. Nie należy stosować prędkości przesuwu ramek większej niż 0,01 m/s.

**5.2.4. Liczba oznaczeń.** Badania laboratoryjne mające na celu wyznaczenie zależności między gęstością objętościową a naprężeniem pionowym należy przeprowadzić na minimum 36 próbkach dla każdego rodzaju gruntu.

Badania laboratoryjne mające na celu ustalenie zależności między oporem ścinania i naprężeniem nor-



malnym dla gruntu wydzielonej warstwy należy przeprowadzić na co najmniej 36 próbach wytrzymałościowych przy co najmniej 6 różnych wartościach ciśnienia pionowego z przedziału wartości dopuszczonych przez warunki techniczne aparatu.

**5.2.5. Oznaczenia wstępne.** Przed przystąpieniem do właściwych badań należy dla gruntu w stanie naturalnym określić gęstość objętościową i wilgotność.

**5.2.6. Przygotowanie próbek do badań.** Próbkę gruntu o naturalnej lub naruszonej strukturze i zachowanej wilgotności należy rozdrobnić ręcznie lub nożem na grudki o wymiarach  $0,2 \div 0,6$  cm. Tak przygotowany materiał należy poddać, na stoliku wibracyjnym lub wstrząsarce wibracyjno-uchylnej, drganiom o charakterystyce zbliżonej do drgań taśmy przenośnika, przez okres odpowiadający czasowi transportu.

**5.2.7. Przygotowanie badania.** Przed przystąpieniem do właściwego badania należy określić masę  $m_e$  zmontowanej skrzynki aparatu bezpośredniego ścinania łącznie z perforowanymi i ząbkowanymi płytkami, tłoczkiem oraz zwilżonymi wodą sączkami z bibuły (zabezpieczają przed zatykaniem się otworów płytek). Następnie należy zmontować skrzynki aparatu, umieścić w dolnej skrzynce płytkę perforowaną i przykryć ją sączkiem z bibuły. Rozdrobnionym gruntem o masie  $m_g$  wypełnić zmontowane skrzynki aparatu. Wyrównać górną powierzchnię próbki, umieścić na niej sączek z bibuły z górną płytką perforowaną oraz tłoczek. Określić masę całości ( $m_e + m_g$ ). Ustawić skrzynki na ramie aparatu bezpośredniego ścinania i zainstalować czujnik do pomiaru przemieszczeń pionowych oraz poziomych.

Określić początkową wysokość próbki  $h_{oi}$ . Obciążyć próbkę właściwym naciskiem pionowym i odczekać, aż zmiana wysokości próbki w ciągu 15 min będzie nie większa niż 0,01 mm.

Określić końcową wysokość próbki  $h_{ki}$ .

**5.2.8. Badanie właściwe.** Po ustaleniu końcowej wysokości próbki dla danego stopnia obciążenia należy rozmontować skrzynki aparatu i podnieść śrubami górną część o  $1 \div 2$  mm. Następnie należy ściąć próbkę mierząc w odstępach czasu  $30 \div 60$  s opór ścinania. Po ścięciu próbki wyznaczyć jej wilgotność. Oznaczenie wysokości próbki i pomiar oporu ścinania należy powtórzyć dla kolejnych stopni obciążenia, w tym dla  $\sigma = 100$  kPa.

### 5.2.9. Opracowanie wyników badania

**5.2.9.1. Wyznaczenie zależności między gęstością objętościową ( $\rho$ ) a naprężeniem pionowym ( $\sigma$ ).** Dla każdego stopnia obciążenia należy wyznaczyć końcową gęstość objętościową gruntu, w  $g \cdot cm^{-3}$ , wg wzoru

$$\rho_i = \frac{(m_e + m_g) - m_e}{h_{ki} \cdot A_0} \quad (28)$$

w którym:

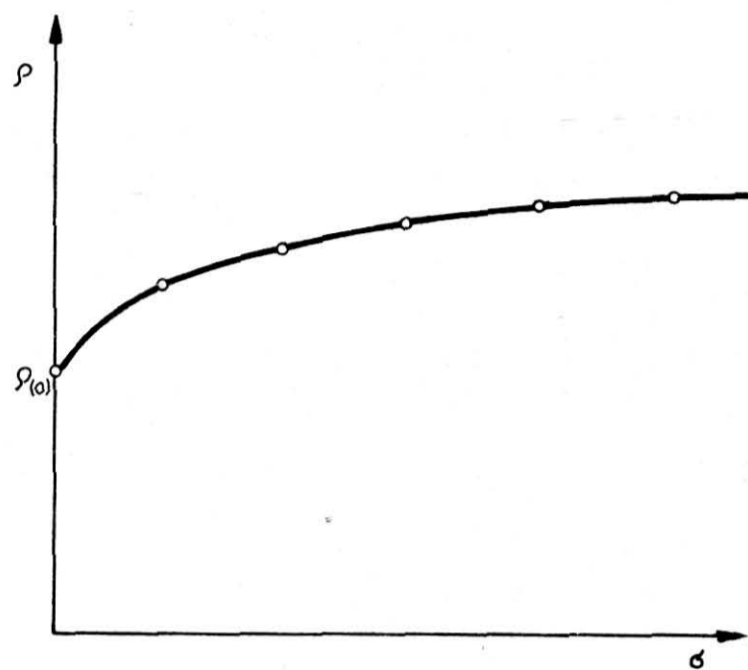
$m_e$  — masa skrzynek aparatu bezpośredniego ścinania łącznie z dwiema perforowanymi i ząbkowanymi płytkami, tłoczkiem oraz dwoma sączkami z bibuły, g,

$m_g$  — masa próbki gruntu, g,

$h_{ki}$  — końcowa wysokość próbki, cm,

$A_0$  — pole przekroju poprzecznego próbki,  $cm^2$ .

Następnie w układzie współrzędnych ( $\rho$ ,  $\sigma$ ) należy sporządzić wykres zmian gęstości objętościowej jako funkcji naprężenia pionowego (rys. 2).

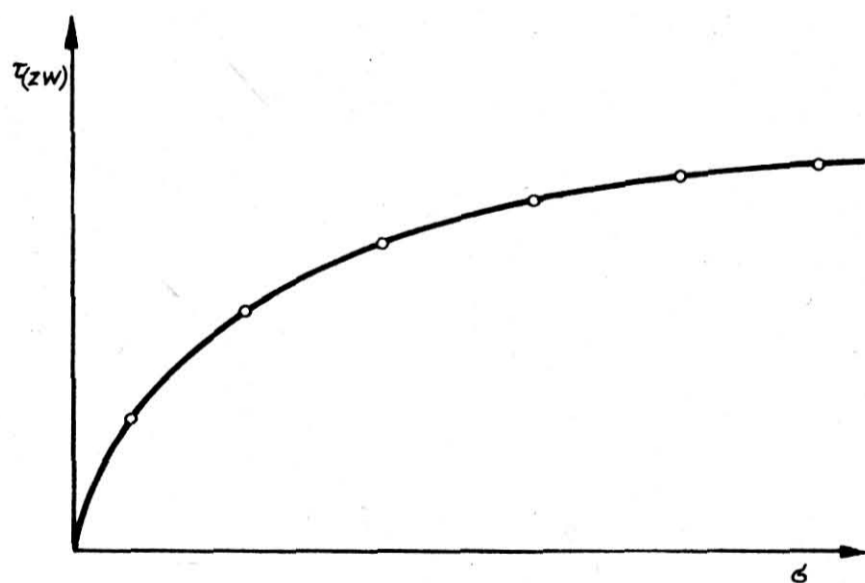


Rys. 2

BN-82/0403-02-2

**5.2.9.2. Kryteria zniszczenia.** Do opisu momentu zniszczenia próbki gruntu zwałowego zaleca się stosowanie jednego z kryteriów wymienionych w 3.2.7.1a).

**5.2.9.3. Ustalenie zależności między oporem ścinania a naprężeniem pionowym.** Otrzymane wyniki badań ścinania należy przedstawić w układzie współrzędnych ( $\tau_{(zw)}$ ,  $\sigma$ ) wg rys. 3.



Rys. 3

BN-82/0403-02-3

Otrzymaną zależność należy aproksymować równaniem

$$\tau_{(zw)} = a \left( \frac{\sigma}{[\sigma]} \right)^b \quad (29)$$

w którym:

$\tau_{(zw)}$  — wytrzymałość gruntu zwałowego,

$\sigma$  — ciśnienie normalne (pionowe),

$a$  — średni dla  $j$  próbek opór ścinania przy ciśnieniu równym jednostce ciśnienia, kPa,

$[\sigma]$  — jednostka ciśnienia, za którą należy przyjmować 100 kPa,

$b$  — bezwymiarowy parametr obliczany ze wzoru



$$b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\log \frac{\bar{\tau}_{(zw)j}}{a}}{\log \frac{\sigma_i}{[\sigma]}} \quad (30)$$

w którym:

$m$  — liczba stopni obciążenia, przy uwzględnieniu  $\sigma_i \neq 100$  kPa,

$\bar{\tau}_{(zw)j}$  — średni dla  $j$  próbek opór ścinania przy ciśnieniu pionowym  $\sigma_i$ .

### 5.3. Opis badań wytrzymałości trwałej gruntów o naturalnej strukturze

**5.3.1. Cel badań.** Celem badań jest wyznaczenie trwałego oporu ścinania na podstawie laboratoryjnych badań pełzania.

**5.3.2. Rodzaj badanych gruntów.** Badanie niniejsze należy stosować przy wyznaczeniu trwałego oporu ścinania na próbkach gruntu o naturalnej strukturze i zachowanej wilgotności.

**5.3.3. Aparatura.** Badania można przeprowadzić w aparacie trójosiowego ściskania, który powinien być wyposażony w urządzenie zapewniające przekazywanie na próbkę stałego naprężenia pionowego podczas całego badania.

**5.3.4. Liczba badań.** Badania pełzania wykonuje się przy stałych wartościach składowych stanu naprężenia. Dla każdej wartości ciśnienia w komorze aparatu należy wykonać co najmniej 6 prób pełzania przy różnych wartościach naprężenia pionowego. Dla wyznaczenia parametrów wytrzymałości trwałej wydzielonej warstwy wymagane jest wykonanie badań pełzania przy co najmniej czterech różnych wartościach ciśnienia w komorze. Zaleca się wykonywanie badań pełzania pod naprężeniami równymi: 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 i 0,9 wytrzymałości standardowej  $\tau_f$ .

**5.3.5. Przygotowanie próbki do badania.** Badanie pełzania przeprowadza się na próbkach gruntu o naturalnej strukturze, wyciętych w kształcie walca, w których stosunek wysokości do średnicy próbki powinien wynosić 2:1. Podczas obróbki do wymaganych wymiarów należy zwrócić szczególną uwagę na nienaruszenie struktury gruntu i zachowanie wilgotności. Do badań należy używać próbek bez widocznych defektów, pęknięć miejsc pustych itp. Próbkę przed badaniem należy zważyć.

Przygotowaną do badania próbkę umieszcza się w aparacie i zakłada na nią nieprzepuszczalną osłonkę gumową, dociskając ją do tłoczków aparatu za pomocą pierścieni gumowych. Dla każdej próbki należy określić wartości parametrów jak w 3.2.5.3, wilgotność próbki oznaczyć zgodnie z 4.2.5.

**5.3.6. Badanie właściwe.** Na próbkę przygotowaną wg 5.3.5, umieszczoną w aparacie, przekazuje się wymagane programem ciśnienie pionowe i poziome. W czasie badania, wskutek zmiany przekroju poprzecznego próbki, należy próbkę dociążyć w kierunku pionowym tak, aby wartość składowej naprężenia pionowego w próbce była stała.

Dociążanie próbki stosuje się przy każdej zmianie wysokości próbki o 1 mm.

Wielkość dodatkowego obciążenia licząc od stanu początkowego oblicza się wg wzoru

$$\Delta P = P_o \frac{\epsilon_z}{1 - \epsilon_z} \quad (31)$$

w którym:

$P_o$  — początkowe obciążenie pionowe,

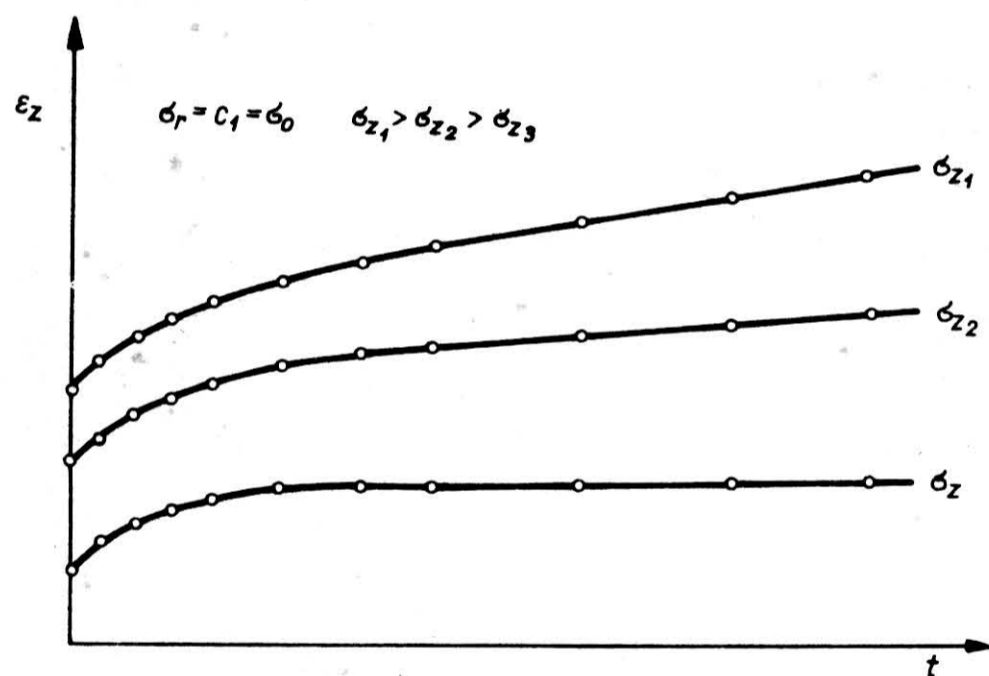
$\epsilon_z$  — aktualne odkształcenie osiowe.

W czasie badania należy rejestrować zmianę wysokości próbki w następujących odstępach czasu: pierwszego dnia po 1, 5, 10, 20, 30 i 60 min, a następnie co godzinę do 5 h od początku badania; dalej odczyty wykonuje się co 24 h. Czas badania nie powinien być krótszy niż 14 dni. Po zakończeniu badania należy próbkę zważyć oraz wyznaczyć wilgotność w obszarach obu końców próbki.

Porównanie masy próbki przed i po badaniu pozwoli stwierdzić, czy w badaniu zachodziło zjawisko filtracji wody z próbki.

### 5.3.7. Opracowanie wyników badania

a) Dla każdej wartości ciśnienia w komorze aparatu  $\sigma_o = \sigma_r$  należy sporządzić w układzie współrzędnych  $\epsilon_z, t$  wykresy krzywych pełzania odpowiadających kolejnym wartościom naprężenia pionowego  $\sigma_{zi}$  (rys. 4).

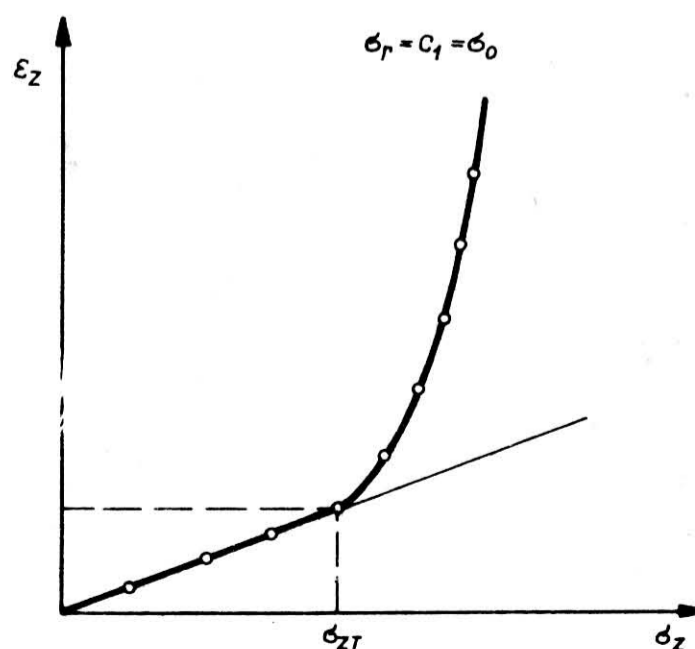


Rys. 4

BN-82/0403-02-4

b) Obliczyć prędkość odkształceń  $\dot{\epsilon}_z$ , odpowiadającą prostoliniowemu odcinkowi krzywej pełzania,

c) Sporządzić wykres zależności  $\dot{\epsilon}_z$  od  $\sigma_z$  (rys. 5),



Rys. 5

BN-82/0403-02-5

d) Na wykresie zależności  $\dot{\epsilon}_z$  od  $\sigma_z$  znaleźć punkt odpowiadający końcowi prostoliniowego odcinka wykresu i odczytać odpowiadającą temu punktowi wartość naprężenia  $\sigma_{zT}$ ,

e) Obliczyć wartości naprężenia normalnego  $\sigma_T^*$  oraz opór ścinania  $\tau_T^*$  wg wzorów:

$$\tau_T^* = \frac{1}{2} (\sigma_{zT} - \sigma_r) \quad (32)$$

$$\sigma_T^* = \frac{1}{2} (\sigma_{zT} + \sigma_r) \quad (33)$$

f) Otrzymane dla różnych wartości ciśnień w komorze  $\sigma_0$  punkty doświadczalne nanieść na wykres i aproksymować liniowo funkcję o parametrach:  $\psi_T$ ,

$c_{1T}$  wg wzorów (9) i (10), przyjmując  $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)_{fj} =$

$$= \tau_{Tj}^* \text{ i } \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)_{fj} = \sigma_{Tj}^*$$

g) Parametry wytrzymałości trwałej  $\Phi_T$  i  $c_T$  wyznaczyć zgodnie z wzorami (7) i (8), to jest:

$$\sin \Phi_T = \text{tg } \psi_T \text{ i } c_T = \frac{c_{1T}}{\cos \Phi_T}$$

**5.4. Badania wytrzymałości na stykach warstw.** Badania wytrzymałościowe dla gruntów tworzących styki

warstw litologicznych należy przeprowadzić zgodnie z metodyką badań właściwą dla kategorii B. Do badań należy pobrać próbki, z ujawnionych w czasie eksploatacji styków, w liczbie co najmniej 36 sztuk dla każdego styku. Podczas wycinania próbek w terenie należy je zorientować w ten sposób, aby powierzchnia stykowa pokrywała się z kierunkiem przewidywanej powierzchni ścicia w badaniu trójosiowym. Dla wyznaczenia przypuszczalnego kierunku powierzchni ścicia należy w polowym aparacie jednoosiowego ściskania przeprowadzić co najmniej 7 prób na wyciętych ze złoży próbkach o różnej orientacji osi próbki do powierzchni stykowej (z przedziału wartości kątów od  $30^\circ$  do  $60^\circ$ ).

**5.5. Badania rozpoznawcze dla dalszych faz eksploatacji.** Badania rozpoznawcze dla dalszych faz eksploatacji na nierozciętej części złoży prowadzi się odpowiednio, zgodnie z metodyką badań obowiązującą, począwszy od kategorii B.

## 6. WYMAGANIA DODATKOWE

W przypadku gruntów zalegających na głębokości większej niż 150 m od powierzchni terenu, lub od górnej powierzchni zwałowiska w obliczeniach należy przyjmować, jako wytrzymałości tych gruntów — wartości odpowiadające naprężeniom normalnym panującym na głębokości 150 mm, niezależnie od dalszego przyrostu naprężeń normalnych.

K O N I E C

## INFORMACJE DODATKOWE

**1. Instytucja opracowująca normę** — Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR, Wrocław.

### 2. Normy związane

PN-74/B-04452 Grunty budowlane. Badania polowe

PN-74/B-02480 Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia

PN-75/B-04481 Grunty budowlane. Badania laboratoryjne

PN-68/G-01000 Złoży i zasoby węgla brunatnego. Terminologia  
PN-64/G-02400 Górnictwo odkrywkowe. Wyrobisko i zwałowisko.  
Podział, nazwy i określenia.

BN-82/0403-02 Górnictwo odkrywkowe. Inżyniersko-geologiczne warunki złóż węgla brunatnego. Wytyczne projektowania i wykonywania badań

**3. Autorzy projektu normy:** prof. dr hab. inż. Stanisław Dmitruk, doc. dr hab. inż. Hanna Suchnicka — Politechnika Wrocławska — Instytut Geotechniki.