

BUDOWNICTWO GOSPODARKI WODNEJ	NORMA BRANŻOWA	BN-79 8950-11
	Badanie wytrzymałości skał Polowe wyznaczanie odkształcalności skał Metoda jednoosiowych obciążeń	
	Grupa katalogowa VII 70	

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

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

2. ZASADA BADANIA3. PROGRAM BADAŃ4. STANOWISKO BADAŃ

- 4.1. Lokalizacja stanowiska badań
- 4.2. Przygotowanie stanowiska badań

5. APARATURA

- 5.1. Urządzenia do wywierania i pomiaru obciążeń
- 5.2. Urządzenia do pomiaru przemieszczeń

6. SPOSÓB PROWADZENIA BADAŃ7. INTERPRETACJA I OPRACOWANIE WYNIKÓW

- 7.1. Interpretacja wyników
- 7.2. Sprawozdanie z badań

ZAŁĄCZNIKIINFORMACJE DODATKOWE1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest określenie warunków technicznych, aparatury badawczej, sposobu prowadzenia badań i interpretacji wyników związanych z wyznaczaniem wielkości statycznych modułów odkształcenia i sprężystości skał metodą jednoosiowych obciążeń, realizowanych w wyrobiskach górniczych "in situ".

1.2. Zakres stosowania normy. Norma obowiązuje przy projektowaniu i prowadzeniu badań odkształcalności skały w celu wyznaczenia ich statycznych modułów odkształcenia i sprężystości.

1.3. Określenia

1.3.1. Stopień obciążenia - pojedynczy przyrost lub obniżenie siły przykładanej w badaniu.

1.3.2. Cykl obciążenia - obciążenie i odciążenie stopniami powierzchni skały w ustalonym przedziale obciążenia.

1.3.3. Przedział obciążenia - różnica między najmniejszą i największą siłą przykładaną w danym cyklu obciążenia.

1.3.4. Przemieszczenie sprężyste odwracalne - przemieszczenie powierzchni skały powstające w wyniku jej odciążenia w ciągu 3 min.

1.3.5. Przemieszczenie niesprężyste odwracalne - przemieszczenie powierzchni skały powstające po jej całkowitym odciążeniu w ciągu 10 h.

1.3.6. Przemieszczenie nieodwracalne - trwałe przemieszczenie powierzchni skały po ustabilizowaniu się przemieszczeń odwracalnych.

1.3.7. Współczynnik wpływu - współczynnik przyjmowany przy obliczaniu wartości modułów skały, zależny od kształtu powierzchni, sztywności urządzenia przekazującego obciążenie i usytuowania reperu pomiarowego.

1.3.8. Moduł odkształcenia - parametr charakteryzujący odkształcalność skały, określanej na podstawie krzywej przyrostu przemieszczeń przy obciążaniu powierzchni skały.

1.3.9. Statyczny moduł sprężystości - parametr charakteryzujący sprężystość skały, określanej na podstawie krzy-

Zgłoszona przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
 Ustanowiona przez Ministra Rolnictwa dnia 15 maja 1979 r.
 jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1980 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 14/1979 poz.78)

wej nawrotu przemieszczeń przy odciążaniu powierzchni skały.

1.3.10. Dynamiczny moduł sprężystości – parametr charakteryzujący sprężystość skały, określany na podstawie prędkości rozchodzenia się fal sprężystych wyznaczonej metodą sejsmiczną.

1.3.11. Naprężenie obliczeniowe – projektowane naprężenie w podłożu, spowodowane posadowioną na nim konstrukcją.

1.3.12. Zestawienie symboli

- F – pole powierzchni obciążenia,
- N – całkowita siła obciążająca, działająca prostopadle do powierzchni obciążenia,
- σ – średnie naprężenie na powierzchni obciążenia ($\sigma = N/F$),
- $\Delta\sigma_m$ – przedział obciążenia w m -tym cyklu,
- ϵ – przemieszczenie powierzchni skały przy jej obciążeniu lub odciążeniu,
- $\Delta\epsilon_{dm}$ – przyrost przemieszczenia repery pomiarowego przy wzroście naprężenia w przedziale obciążenia w m -tym cyklu,
- $\Delta\epsilon_{sm}$ – spadek przemieszczenia repery pomiarowego przy obniżeniu naprężenia w przedziale obciążenia w m -tym cyklu,
- $\Delta\epsilon_d$ – różnica przemieszczeń repery pomiarowego, zmierzonych przy minimalnym naprężeniu w drugim cyklu i maksymalnym naprężeniu w ostatnim cyklu danego przedziału obciążenia,
- $\Delta\epsilon_s$ – średnie przemieszczenie sprężyste odwracalne repery pomiarowego dla wszystkich cykli w danym przedziale obciążenia,
- ϵ_i – przemieszczenie nieodwracalne,
- n – ilość cykli obciążenia w danym przedziale obciążenia,
- D_m – moduł odkształcenia skały dla m -tego cyklu obciążenia,
- D – moduł odkształcenia skały dla danego przedziału obciążenia,
- E_{sm} – statyczny moduł sprężystości skały dla m -tego cyklu odciążenia,
- E_s – statyczny moduł sprężystości skały dla danego przedziału odciążenia,
- E_d – dynamiczny moduł sprężystości skały,
- w – współczynnik wpływu; w przypadku urządzenia jak na rys. 2 wynosi on dla repery w środku powierzchni obciążenia 1, 12, a dla czterech reperów na jej obrzeżu (rys. 1) 0, 56,
- B – szerokość powierzchni obciążenia ($B = 1,42$ m).

2. ZASADA BADANIA

Badanie polega na statycznym obciążeniu i odciążeniu stopniami powierzchni skały i pomiarze odpowiadających im przemieszczeń reperów pomiarowych usytuowanych na powierzchni obciążenia. Badanie wykonuje się w kilku przedziałach obciążenia, przy czym naprężenie na powierzchni w każdym następnym przedziale jest większe od analogicznego naprężenia w przedziale poprzednim o $0,4 \pm 0,6$ MPa.

Powierzchnia obciążenia skały powinna wynosić 2 m^2 , a obciążenia należy wywierać w kierunku zbliżonym do pionowego. W przypadku skał nieuwarstwionych lub silnie spękanych (rozstaw spękań mniejszy niż 10 cm), dopuszcza się stosowanie powierzchni obciążenia skały o wielkości $0,5 \text{ m}^2$.

W celu określenia stopnia anizotropii odkształcalności skał, obciążenia należy wywierać prostopadle i równolegle do uwarstwienia, a powierzchnia obciążenia skały powinna wynosić $0,5 \text{ m}^2$.

W każdym zespole skał należy wykonać badania na dwóch stanowiskach. Jeśli otrzymane wartości modułów odkształcenia i sprężystości różnią się więcej niż o 50%, badanie należy wykonać na trzecim stanowisku.

3. PROGRAM BADAŃ

Program badań odkształcalności skał należy opracować dla wszystkich zespołów skalnych występujących w masywie, na podstawie danych z rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich w rejonie badań. Należy w nim wstępnie określić:

- a) lokalizację i ilość stanowisk badawczych,
- b) wielkość powierzchni obciążenia,
- c) kierunek wywierania obciążeń,
- d) przedział obciążeń w nawiązaniu do naprężeń obliczeniowych,
- e) sposób przeprowadzenia badań,
- f) sprzęt do wykonywania badań,
- g) zakres badań metodą dynamiczną (sejsmiczną) i sposób ich skorelowania z badaniami metodą statyczną.

4. STANOWISKO BADAŃ

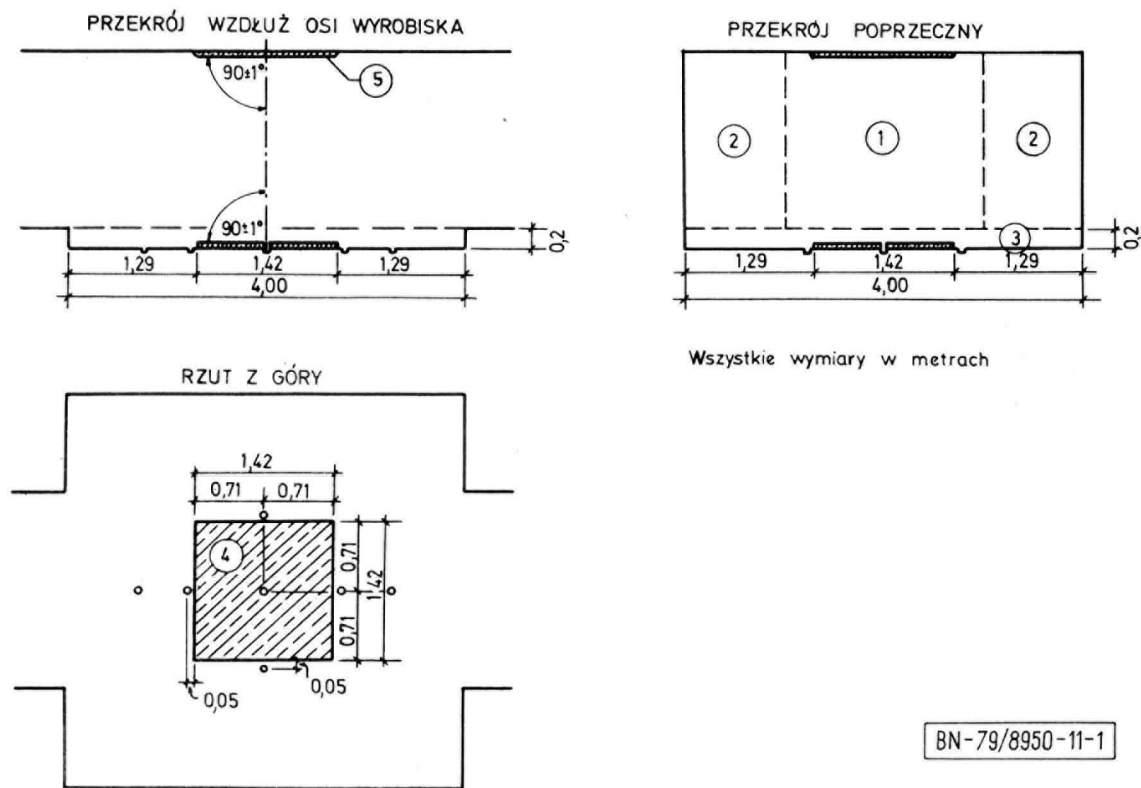
4.1. Lokalizacja stanowiska badań. Stanowisko należy zlokalizować na podstawie wyników uprzedniego rozpoznania geologicznego, przy współpracy geologa i w ten sposób, aby wyniki badania były reprezentatywne dla określonej strefy. Jeżeli w strefie tej występują różne zespoły skalne, lokalizacja stanowisk powinna zapewnić zbadanie wszystkich zespołów.

4.2. Przygotowanie stanowiska badań. Badania prowadzone są w wyrobiskach górniczych (chodniki, sztolnie, szyby), wykonywanych w zasadzie do rozpoznania geolo-

gicznego. Przygotowanie stanowiska obejmuje wykonanie komory poprzez poszerzenie i pogłębienie wyrobiska oraz zabetonowanie w spągu i w stropie wykonanej komory płyt wyrównawczych – wg rys. 1. Odległość oścosów wyrobiska od płyty obciążenia powinna być równa jej szerokości.

0,06 m i o średnicy równej średnicy otworu w płycie.

W miejscach montażu reperów pomiarowych należy wywiercić otwory o średnicy $0,05 \pm 0,07$ m i głębokości $0,04 \pm 0,06$ m, a następnie tymczasowo wypełnić je materiałem łatwym do usunięcia (np. papier, wata, styropian itp.).



BN-79/8950-11-1

Rys. 1. Schemat przygotowania stanowiska do badań odkształcalności skał

1 - wykonanie chodnika, 2 - poszerzenie chodnika, 3 - odsłonięcie skał młotami pneumatycznymi, 4 - zabetonowanie płyty wyrównawczej w spągu komory, 5 - zabetonowanie płyty wyrównawczej w stropie komory

W robotach strzałowych związanych z wykonaniem i poszerzeniem wyrobiska należy stosować technikę strzałową wg BN-78/8950-01 p. 3.1.2.

Przy wykonaniu betonowych płyt wyrównawczych należy uwzględnić następujące zasady:

- do wytwarzania betonu należy stosować cement portlandzki 350; dopuszcza się stosowanie cementu szybkotwardniejącego;

- okres twardnienia betonu powinien wynosić co najmniej 7 dni;

- należy dążyć do tego, by strop i spąg wyrobiska w miejscu betonowania płyt były możliwie dokładnie wyrównane i aby płyty były jak najcieńsze;

- płyty wyrównawcze powinny być równoległe do siebie z tolerancją kątową $\pm 1^\circ$;

- płyta wyrównawcza spągu powinna mieć w środku powierzchni otwór o średnicy $0,05 \pm 0,07$ m; poprzez otwór w płycie należy wywiercić otwór w skale o głębokości $0,04 \pm$

5. APARATURA

5.1. Urządzenia do wywierania i pomiaru obciążeń - wg rys. 2.

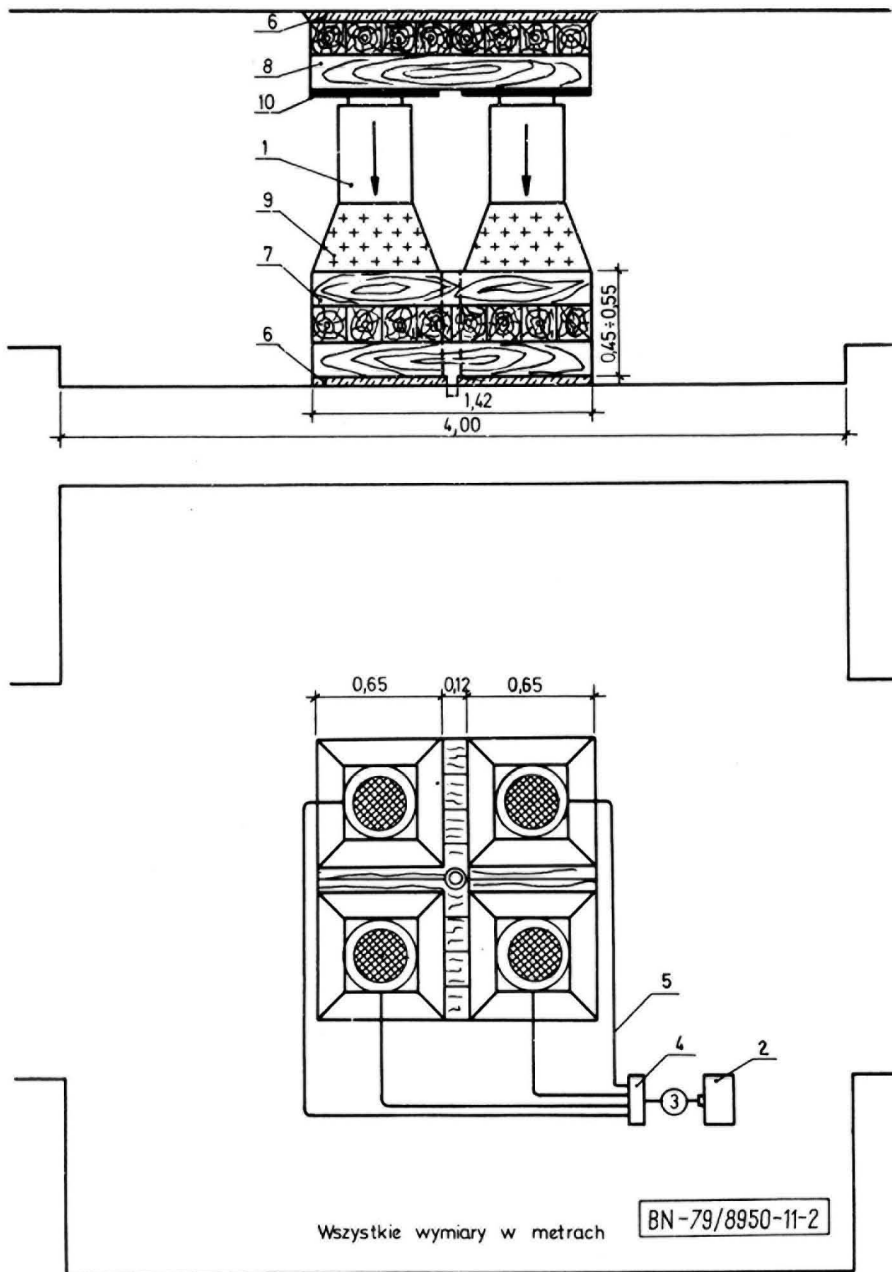
Urządzenia te powinny spełniać wymagania zgodnie z BN-78/8950-01 p. 4.1.2, ponadto

- ruszt dolny powinien być wykonany z co najmniej trzech warstw kantówek dębowych,

- ruszt górny powinien być wykonany z co najmniej dwóch warstw kantówek dębowych,

- w środku rusztu dolnego powinien być wykonany otwór o średnicy $0,08 \pm 0,10$ m, pokrywający się w podstawie rusztu z otworem w płycie wyrównawczej,

- na tłokach dźwigników hydraulicznych należy ułożyć blachy stalowe o wymiarach $0,65 \times 0,65 \times 0,02 + 0,03$ m, przy czym środek powierzchni blachy powinien pokrywać się z osią dźwignika hydraulicznego.



Rys. 2. Schemat urządzeń do wywierania i pomiaru obciążeń

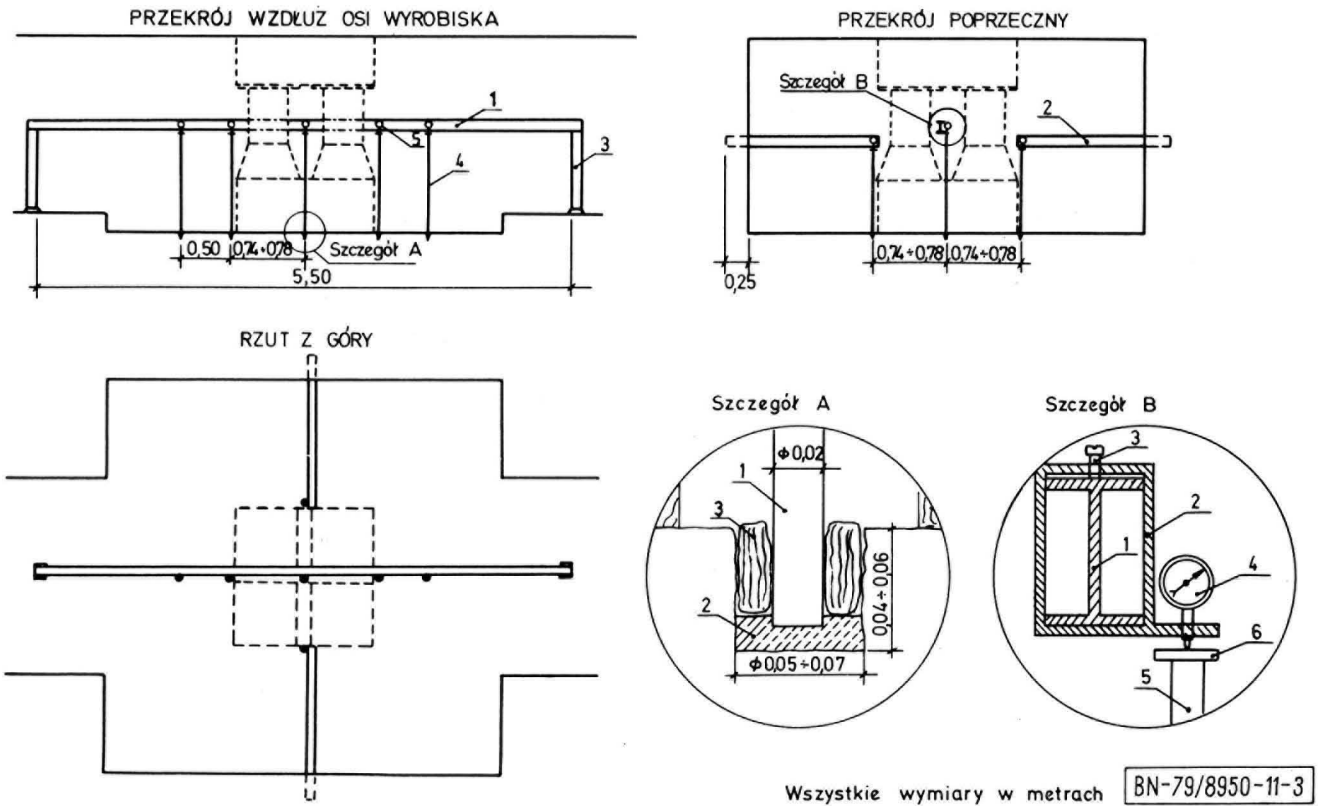
1 - dźwignik hydrauliczny, 2 - pompa hydrauliczna, 3 - przyrząd do pomiaru ciśnienia (np. manometr), 4 - rozdzielacz, 5 - przewód ciśnieniowy, 6 - płyta wyrównawcza, 7 - ruszt dębowy dolny, 8 - ruszt dębowy górny, 9 - blok granitowy, żelbetowy lub sztywne ruszt stalowy, 10 - płyta stalowa

5.2. Urządzenia do pomiaru przemieszczeń - wg rys. 3.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

- belki układu odniesienia powinny być wykonane z ceowników stalowych 120 + 160 lub dwuteowników I 120 + 160,
- podpory belki podłużnej wykonane z analogicznego materiału jak belki układu odniesienia powinny być oddalone od środka powierzchni obciążenia co najmniej o 2,75 m i być zabetonowane w spągu wyrobiska,
- belki poprzeczne powinny być sztywno zabetonowane w oścosiach komory,

- repery pomiarowe, stalowe o średnicy 15 mm, powinny być sztywno zabetonowane w otworach (po usunięciu materiału wypełniającego) i oddzielone od ścian otworów materiałem uszczelniającym (np. papier, wata, styropian),
- repery powinny być ustawione prostopadle do belek układu odniesienia z tolerancją $\pm 3^{\circ}$,
- obejmę do mocowania czujników do pomiaru przemieszczeń powinny mieć konstrukcję umożliwiającą ich sztywne zamocowanie na belkach oraz sztywne zamocowanie czujników, bez ograniczenia swobody ich przesuwu,
- czujniki do pomiaru przemieszczeń powinny mieć moż-



Wszystkie wymiary w metrach BN-79/8950-11-3

Rys. 3. Schemat urządzeń do pomiaru przemieszczeń skały

1 - belka podłużna układu odniesienia, 2 - belka poprzeczna układu odniesienia, 3 - podpora, 4 - reper pomiarowy

Szczegół A: Sposób osadzania repery pomiarowego

1 - reper pomiarowy, 2 - beton, 3 - materiał uszczelniający.

Szczegół B: Przykładowy sposób zamocowania czujnika do pomiaru przemieszczeń

1 - belka układu odniesienia, 2 - obejmą, 3 - śruba mocująca, 4 - czujnik do pomiaru przemieszczeń, 5 - reper pomiarowy, 6 - płytka repery do ustawiania nóżki czujnika.

liwość przesuwu co najmniej 10 mm i dokładność nie mniejszą niż 0,01 mm,

- przed każdym badaniem należy sprawdzić swobodę i wymaganą wielkość przesuwu wszystkich czujników,
- dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących przemieszczenia z dokładnością nie mniejszą niż 0,01 mm.

6. SPOSÓB PROWADZENIA BADANIA

System obciążeń w badaniu - wg rys. 4.

Siłę należy zwiększać i zmniejszać stopniami. Zwiększenie lub zmniejszenie siły o jeden stopień powinno powodować wzrost lub obniżenie naprężenia na powierzchni obciążenia o 0,08 + 0,10 MPa.

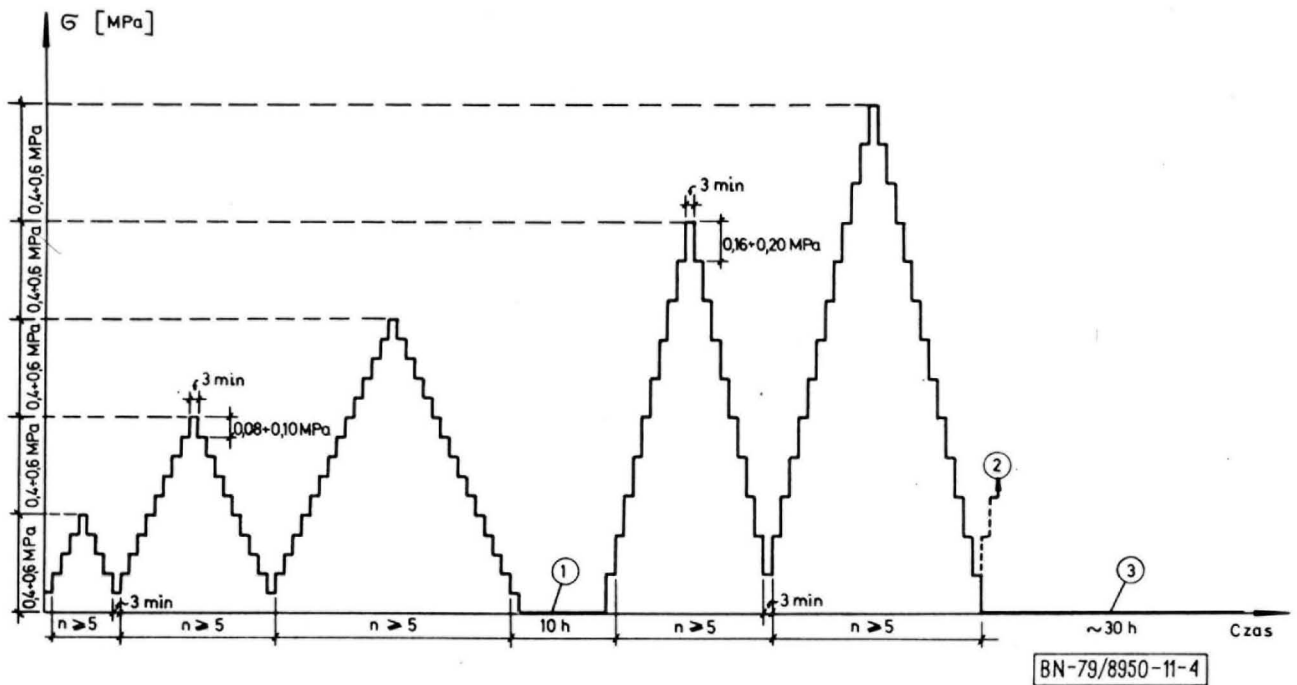
Po każdym wzroście lub obniżeniu siły należy utrzymać ją na stałym poziomie przez 3 min. Odczyty przemieszczeń należy wykonywać na wszystkich czujnikach do pomiaru przemieszczeń w trzeciej minucie obciążenia lub odciążenia.

W każdym przedziale obciążenia należy wykonać co najmniej 5 cykli obciążenia. Przejście do następnego przedziału obciążenia może nastąpić, gdy różnica maksymal-

nych przemieszczeń, mierzonych na reperze środkowym w dwóch kolejnych cyklach obciążenia, jest mniejsza lub równa 0,01 mm.

Po wykonaniu badania w trzech przedziałach obciążenia, należy zmniejszyć siłę do zera. Badanie należy kontynuować po stabilizacji przemieszczeń odwracalnych niesprężystych. Stabilizacja powinna trwać co najmniej 10 h, przy czym różnica przemieszczeń repery środkowego w dwóch ostatnich godzinach stabilizacji nie może być większa niż 0,01 mm. Po wykonaniu stabilizacji należy kontynuować badanie w kolejno wzrastających przedziałach obciążenia. Każdy stopień obciążenia powinien wynosić 0,16 + 0,20 MPa. Badanie należy zakończyć, gdy naprężenie w realizowanym przedziale obciążeń jest 1,5 + 2,0 razy większe od maksymalnych naprężeń obliczeniowych. Po zmniejszeniu siły do zera, należy mierzyć przemieszczenia odwracalne niesprężyste repery środkowego przez około 30 h, z tym że różnica przemieszczeń w ostatnich czterech godzinach stabilizacji nie może być większa niż 0,01 mm.

Odpowiednie ciśnienie, mierzone na przyrządach pomiarowych oraz przemieszczenia wszystkich reperów podczas



Rys. 4. System obciążeń w badaniu

1 - stabilizacja przemieszczeń niesprężystych odwracalnych, 2 - realizacja dalszych obciążeń, 3 - stabilizacja przemieszczeń niesprężystych odwracalnych

badania należy notować w arkuszu wykonanym wg załącznika 1.

Zaleca się wykonywanie wykresu zależności przemieszczeń reperu środkowego w funkcji naprężenia w czasie badania.

7. INTERPRETACJA I OPRAWOWANIE WYNIKÓW

7.1. Interpretacja wyników. Wartości modułów odkształcenia dla każdego cyklu obciążenia (D_m) należy obliczyć wg wzoru

$$D_m = \frac{\Delta\sigma_m \cdot w \cdot B (1 - \nu^2)}{\Delta\epsilon_{dm}} \quad (1)$$

w którym ν - współczynnik Poissona określony w badaniu (dla skał zwięzłych można przyjąć $\nu = 0,25 \pm 0,30$).

Natomiast moduł odkształcenia dla przedziału obciążenia należy obliczać wg wzoru

$$D = \frac{\Delta\sigma_m \cdot w \cdot B (1 - \nu^2)}{\Delta\epsilon_d} \quad (2)$$

Wielkość przemieszczeń $\Delta\epsilon_d$ należy obliczać wg wzoru

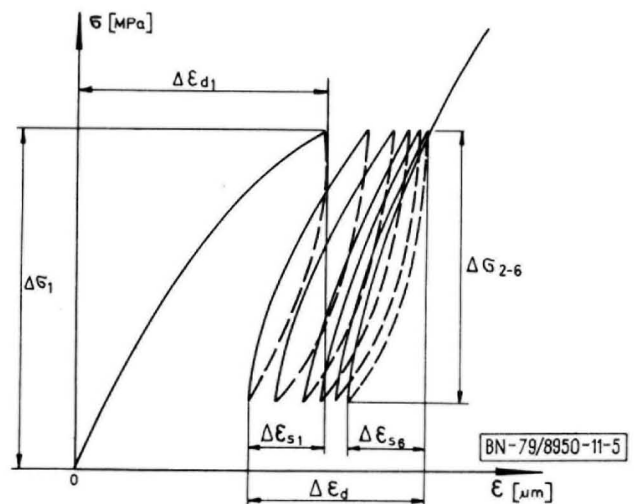
$$\Delta\epsilon_d = \sum_{m=2}^{m=n} \Delta\epsilon_{dm} - \sum_{m=2}^{m=n-1} \Delta\epsilon_{sm} \quad (3)$$

Wartości modułów sprężystości należy obliczać dla każdego cyklu obciążenia wg wzoru

$$E_{sm} = \frac{\Delta\sigma_m \cdot w \cdot B (1 - \nu^2)}{\Delta\epsilon_{sm}} \quad (4)$$

Natomiast moduł sprężystości dla przedziału obciążenia E_s należy obliczać jako średnią arytmetyczną wartość modułów sprężystości dla poszczególnych cykli obciążenia, odrzucając wartość najmniejszą i największą tych modułów.

Sposób określania przemieszczeń w poszczególnych cyklach - wg rys. 5.



Rys. 5. Sposób określania przemieszczeń do obliczania modułów

Wyniki badań i obliczeń modułów odkształcenia i sprężystości należy zestawić w tablicy wg załącznika 2.

Za wartości miarodajne dla danego stanowiska badań należy przyjmować:

- moduł odkształcenia średni z trzech pierwszych przedziałów obciążenia (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \leq 1,5 \text{ MPa}$) oraz moduł odkształcenia średni z dwóch ostatnich przedziałów obciążenia (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \geq 1,5 \text{ MPa}$),

- moduł sprężystości średni z drugiego i trzeciego przedziału obciążenia (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \leq 1,5 \text{ MPa}$), oraz moduł sprężystości średni z dwóch ostatnich przedziałów obciążenia (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \geq 1,5 \text{ MPa}$).

Za wartość przemieszczeń nieodwracalnych ϵ_f należy przyjmować:

- przemieszczenia nieodwracalne reperu środkowego, zmierzone po odciążeniu i stabilizacji przemieszczeń, wykonanej po zakończeniu pierwszych trzech przedziałów obciążenia (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \leq 1,5 \text{ MPa}$),

- przemieszczenia nieodwracalne reperu środkowego, zmierzone po odciążeniu i stabilizacji przemieszczeń, wykonanej po zakończeniu badania (dla naprężeń obliczeniowych $\sigma \geq 1,5 \text{ MPa}$).

7.2. Sprawozdanie z badań powinno zawierać:

- a) szkic przedstawiający lokalizację stanowiska badań oraz szkic stanowiska z rozmieszczeniem czujników pomiaru przemieszczeń,

- b) dokładny opis urządzeń badawczych,
- c) wykres $\sigma = \epsilon$ wykonać dla reperu środkowego,
- d) tablicę zestawiającą dane z badań (wg załącznika 2),
- e) zestawienie modułów oraz odkształceń nieodwracalnych dla danego stanowiska badań obliczonych wg 7.1,
- f) tablicę zestawiającą stosunki przemieszczeń reperów bocznych i reperu środkowego (wg załącznika 3),
- g) pełny opis geologiczny miejsca lokalizacji stanowiska badań wykonany przy udziale geologa;

- opis skały (nazwa skały, struktura, tekstura, skład mineralny określony makroskopowo, barwa, zwięzłość, stopień zwiętrzenia, ewentualnie wskaźnik odbicia, jeżeli tego rodzaju badanie było przeprowadzone),

- opis powierzchni strukturalnych (np. foliacja),

- opis nieciągłości (bieg, upad, rozstaw, rozwarcie, szorstkość, ciągłość, wypełnienie),

- profile geologiczne ociosów i spągu komory badań.

Na podstawie sprawozdań dla poszczególnych stanowisk badawczych należy opracować syntetyczne sprawozdanie z całości badań, które w powiązaniu z wynikami badań metodą dynamiczną (sejsmiczną) powinno w szczególności zawierać mapę statycznych modułów sprężystości oraz przekroje (poprzeczne i podłużne w stosunku do osi obiektu), obrazujące zmienność, odpowiednio w płaszczyźnie poziomej i pionowej, odkształcalności skał podłoża analizowanego obszaru. Ponadto, w razie potrzeby, należy w nim również podać stopień anizotropii modułów wyrażony stosunkiem wartości modułów wyznaczonych prostopadle i równoległe do uwarstwienia.

K O N I E C

Załączniki 3

Informacje dodatkowe

WZÓR ARKUSZA DANYCH Z BADANIA ODKSZTAŁCALNOŚCI SKAŁ

Zleciodawca:		Projekt:		Lokalizacja:		Stanowisko:		Sposób przekazywania obciążeń:		Nr arkusza:															
Opis skały i warunków wodnych:					Numery wykresów:		Obciążenie:				Powierzchnia obciążenia (wymiar, pole):		Schemat rozmieszczenia reperów pomiarowych:												
							Przyrost ciśnienia na manometrze		Odpowiadający przyrost naprężenia na powierzchni																
Go-dzina	Czas od początku badania	Przedział obciążenia $\Delta\sigma_m$ MPa	Cykl obciążenia	Ciśnienie na przyrządzie rejestrującym	Przemieszczenie ϵ , μm																				
					Czujnik nr			Czujnik nr			Czujnik nr			Czujnik nr			Czujnik nr			Czujnik nr					
					Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$	Odczyt	$\Delta\epsilon$	$\Sigma\Delta\epsilon$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Wynikł cechowania manometru:					Uwagi:					Prowadzący badanie:					Data badania:										
										Kontrolujący badanie:															

ZAŁĄCZNIK 2

WZÓR TABLICY Z ZESTAWIENIEM MODUŁÓW

Stanowisko:		Współczynnik wpływu w:		Długość powierzchni obciążenia B, m		Współczynnik Poissona ν :		$C = w \cdot B(1 - \nu^2)$	
Cykl	Przedział obciążenia $\Delta\sigma_m$ MPa	Przeszyczenie w cyklu $\Delta\epsilon_{dm}$ m	$\frac{\Delta\sigma_m}{\Delta\epsilon_{dm}}$ $\frac{MN}{m^2}$	Moduł odkształcenia D MPa	Przedział odciążenia $\Delta\sigma_m$ MPa	Przeszyczenie odwracalne w cyklu $\Delta\epsilon_{sm}$ m	$\frac{\Delta\sigma_m}{\Delta\epsilon_{sm}}$ $\frac{MN}{m^2}$	Moduł sprężystości E_s MPa	$\frac{E_s}{D}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		$\Delta\epsilon_{d1}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{d1}$	D_1 ¹⁾		$\Delta\epsilon_{s1}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{s1}$	E_{s1} ²⁾	
2		$\Delta\epsilon_{d2}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{d2}$	D_2		$\Delta\epsilon_{s2}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{s2}$	E_{s2}	
.		
.		
.		
n		$\Delta\epsilon_{dn}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{dn}$	D_n		$\Delta\epsilon_{sn}$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_{sn}$	E_{sn}	
		$\Delta\epsilon_d$	$\Delta\sigma_m/\Delta\epsilon_d$	$D = \frac{\Delta\sigma_m}{\Delta\epsilon_d} \cdot C$		-	-	E_s	

1) $D_m = \frac{\Delta\sigma_m}{\Delta\epsilon_{dm}} \cdot C$,

2) $E_{sm} = \frac{\Delta\sigma_m}{\Delta\epsilon_{sm}} \cdot C$

ZAŁĄCZNIK 3

WZÓR TABLICY Z ZESTAWIENIEM STOSUNKÓW PRZEMIESZCZEŃ

(Reper boczny/Reper środkowy)

Stanowisko:		A) Obciążenie ¹⁾					
Cykl	Napężenie maksymalne ²⁾ w cyklu MPa	Stosunek przemieszczeń, %					
		Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
.							
.							
n							
Stosunek średni							

cd. zał. 3

Stanowisko:		A) Obciążenie 1)					
Cykl	Napężenie maksymalne ²⁾ w cyklu MPa	Stosunek przemieszczeń, %					
		Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy	Reper nr Reper środkowy
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
.							
.							
n							
Stosunek średni							

1) Analogiczna tablica dla odciążenia.
2) Dla odciążenia: napężenie minimalne.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

2. Normy związane

BN-78/8950-01 Badanie wytrzymałości skał. Polowe wyznaczanie wytrzymałości skał na ścinanie. Metoda bezpośredniego ścinania

3. Literatura

Instytut Budownictwa Wodnego PAN (1977, 1978). Modelowanie podłoża skalnego budowli piętrzących. Program Rządowy PR-7, temat 02.03.03.6, II i III

International Society for Rock Mechanics (1975), Recommendations on Site Investigation Techniques

International Society for Rock Mechanics (1977), Suggested Method for Deformability Determination Using a Plate Test

Linowski H. (1969) On the Relation between Dynamic and Static Moduli of Elasticity (Young's Moduli). Acta Geophysica Polonica, Vol. XVII, No 1, s. 53-66

RWPG. Stała Komisja do spraw Elektroenergii. Sekcja III Hydroelektrownie (Część Radziecka) 1974. Issledowania swiazannyje s obosnowaniem projektnych reszenii pri sozdaniu betonnych plotin, Moskwa

Thiel K. (1972) Wpływ systemu obciążeń na odkształcalność skał. Rozprawy Hydrotechniczne, z 31, s. 35-68

4. Korelacja modułów sprężystości wyznaczanych metodą statyczną i metodą dynamiczną (sejsmiczną). W celu umożliwienia przeniesienia wyników badań modułów sprężystości metodą statyczną o charakterze punktowym na większe obszary, należy określać moduły sprężystości metodą dynamiczną (sejsmiczną, głównie metodą refrakcyjną) na prostoliniowych profilach, usytuowanych w wyrobiskach górniczych oraz na powierzchni terenu. Wartości stosunku modułów dynamicznych i modułów statycznych (E_d/E_s) wynoszą od około 1,0 (skały sprężyste, nie spękane) do 2-3, skrajnie 10 (skały mniej sprężyste, miękkie, silnie spękane). Dla uzyskania możliwie ścisłych wartości stosunku E_d/E_s , moduły dynamiczne powinny być wyznaczane (metodą refrakcyjną, lub metodą prześwietleń międzyotworowych) na odcinkach nieznacznie przekraczających długość wyrobiska obciążoną w badaniu metodą statyczną. Na podstawie wartości stosunków tych modułów wykonuje się mapę i przekroje statycznych modułów sprężystości (jak w p. 7.2 niniejszej normy).

5. Autorzy projektu normy - prof. dr.hab. inż. Kazimierz Thiel i mgr inż. Lesław Zabuski - Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk, Gdańsk.