

BUDOWNICTWO SPECJALNE	NORMA BRANŻOWA	BN-78
	Badanie wytrzymałości skał Połowe wyznaczanie wytrzymałości skał na ścinanie	8950-01
	Metoda bezpośredniego ścinania	Grupa katalogowa VII 70

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest wyznaczanie wytrzymałości skał na ścinanie metodą bezpośredniego ścinania w badaniach „in situ” i w laboratorium polowym.

1.2. Zakres stosowania normy. Norma obowiązuje przy projektowaniu i prowadzeniu badań w celu wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie skał oraz wzdłuż kontaktu beton-skała, metodą bezpośredniego ścinania w warunkach polowych.

1.3. Określenia

1.3.1. Przyłożona siła normalna — siła skierowana prostopadle do powierzchni ścicia i określona na podstawie ciśnienia odczytanego na przyrządzie pomiarowym (np. manometrze), pomnożonego przez powierzchnię sekcji tłoka dźwignika hydraulicznego.

1.3.2. Przyłożona siła ścinająca — siła skierowana pod kątem 15° do powierzchni ścicia i określona na podstawie ciśnienia odczytanego na przyrządzie pomiarowym (np. manometrze), pomnożonego przez powierzchnię sekcji tłoka dźwignika hydraulicznego.

1.3.3. Rzeczywista siła normalna — siła działająca prostopadle do powierzchni ścicia.

1.3.4. Rzeczywista siła ścinająca — siła działająca stycznie do powierzchni ścicia w kierunku ścinania.

1.3.5. Stopień siły ścinającej (normalnej) — przyrost siły ścinającej (normalnej) przykładanej w badaniu.

1.3.6. Naprężenie ścinające — naprężenie działające stycznie do ścinanej powierzchni w kierunku ścinania.

1.3.7. Konsolidacja — osiadanie bloku (próbki), związane z rozproszeniem wody w porach i spękaniach skały.

1.3.8. Trwała wytrzymałość na ścinanie — stały opór jednostkowy występujący wzdłuż powierzchni ścicia.

1.3.9. Dylatacja — zjawisko unoszenia się bloku (próbki) na skutek wzrostu objętości strefy ścinanego materiału lub na skutek poślizgu górnej części bloku (próbki) po nierównościach spękania, przy wzroście naprężenia ścinającego.

1.3.10. Wytrzymałość na ścinanie według kryterium dylatacji — naprężenie ścinające, przy którym rozpoczyna się unoszenie ścinanego bloku lub próbki.

1.3.11. Wytrzymałość na ścinanie według kryterium maksymalnych naprężeń ścinających — największe naprężenie ścinające, osiągane w badaniu.

1.3.12. Spójność pozorna — spójność określona na podstawie wartości trwałej wytrzymałości na ścinanie.

1.3.13. Kąt tarcia zewnętrznego — kąt tarcia określony na podstawie wartości trwałej wytrzymałości na ścinanie.

1.3.14. Zestawienie symboli

- P_n — przyłożona siła normalna,
- P_s — przyłożona siła ścinająca,
- P_{nA} — rzeczywista siła normalna,
- P_{sA} — rzeczywista siła ścinająca,
- α — kąt nachylenia przyłożonej siły ścinającej do powierzchni ścicia,
- σ — naprężenie normalne,
- τ_s — naprężenie ścinające,
- τ_{dyl} — wytrzymałość na ścinanie według kryterium dylatacji,
- τ_t — wytrzymałość na ścinanie według kryterium maksymalnych naprężeń ścinających,
- τ_r — trwała wytrzymałość na ścinanie,
- C_μ — spójność,
- $C_{\mu'}$ — spójność pozorna,
- Φ_μ — kąt tarcia wewnętrznego,
- $\Phi_{\mu'}$ — kąt tarcia zewnętrznego,
- ε_v — przemieszczenie normalne do powierzchni ścicia,
- ε_h — przemieszczenie w kierunku ścinania,
- ε_{ht} — przemieszczenie w kierunku ścinania, odpowiadające wytrzymałości na ścinanie według kryterium maksymalnych naprężeń ścinających,
- ε_m — przemieszczenie w kierunku ścinania odpowiadające trwałej wytrzymałości na ścinanie,
- ε_l — przemieszczenie boczne,
- A — wymuszona powierzchnia ścicia,

Zgłoszona przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Ustanowiona przez Ministra Rolnictwa dnia 24 stycznia 1978 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1978 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 6/1978 poz. 30)

A_n — rzeczywista powierzchnia kontaktu bloku ze spągami lub dwóch połówek próbki po przemieszczeniu,
 w — wilgotność.

1.3.15. Pozostałe określenia — wg PN-74/B-02480.

2. ZASADA BADANIA

2.1. Badanie „in situ” polega na ścięciu na jednym stanowisku badań czterech bloków skalnych, wzdłuż wymuszonej powierzchni ścięcia przy różnych naprężeniach normalnych.

Wytrzymałość na ścinanie wzdłuż styku betonu z podłożem skalnym określa się na tym samym stanowisku. Bloki betonowe betonuje się w miejscu ściętych bloków skalnych. Badanie wykonuje się w sposób analogiczny jak przy blokach skalnych.

2.2. Badanie w laboratorium polowym. Zasada badania jest identyczna jak w badaniu „in situ” z tym, że obetonowane próbki skalne są ścinane w aparacie bezpośredniego ścinania w laboratorium polowym.

Ilość próbek należy ustalać w trakcie badań tak, by uzyskane wyniki umożliwiły ściśle wyznaczanie wytrzymałości na ścinanie skały. W zasadzie powinna być ona nie mniejsza niż dziesięć.

3. PRZYGOTOWANIE STANOWISK I PRÓBEK DO BADAŃ

3.1. Stanowisko badań „in situ”

3.1.1. Lokalizacja stanowiska. Stanowisko należy zlokalizować na podstawie wyników uprzedniego rozeznania geologicznego, przy udziale geologa i w ten sposób, by wyniki badań były reprezentatywne dla określonego rejonu. Jeżeli w rejonie tym występuje kilka różnych zespołów skalnych, lokalizacja stanowisk powinna zapewnić przebadanie wszystkich skał, w szczególności zaś skał najsłabszych.

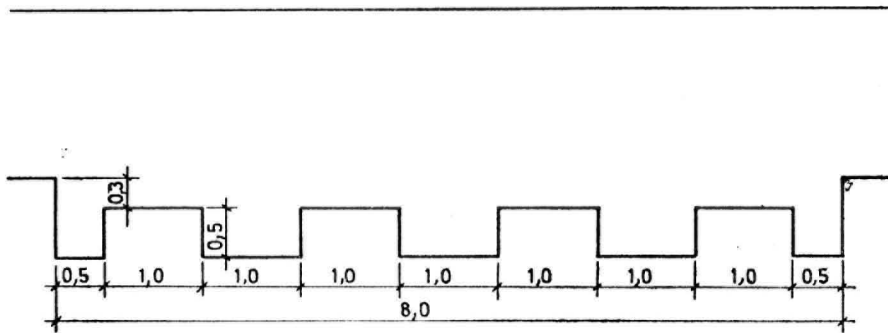
W przypadku spękanych masywów skalnych lokalizacja stanowiska powinna być dokonana w ten sposób, by umożliwiła ścinanie bloków wzdłuż tych spękań, które w sposób zasadniczy wpływają na osłabienie ich wytrzymałości.

Bloki skalne muszą być ścinane w przewidywanym kierunku działania naprężeń ścinających, wywołanych projektowaną budowlą.

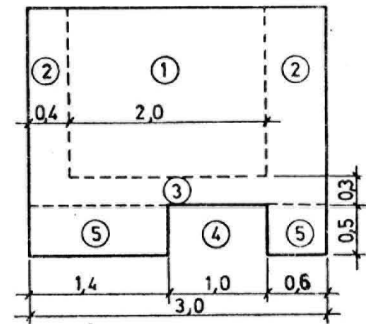
3.1.2. Przygotowanie stanowiska. Badania są prowadzone w wyrobiskach górniczych (chodniki, sztolnie), wykonywanych w zasadzie dla rozpoznania geologicznego.

Przygotowanie stanowiska obejmuje poszerzenie i pogłębienie wyrobiska oraz wycięcie czterech bloków — wg rys. 1. Oprócz bloków o wymiarach pokazanych na rys. 1 dopuszcza się bloki o wymiarach $0,7 \times 0,7$ m w rzucie i o wysokości 0,35 m.

PRZEKRÓJ WZDŁUŻ OSI WYROBISKA



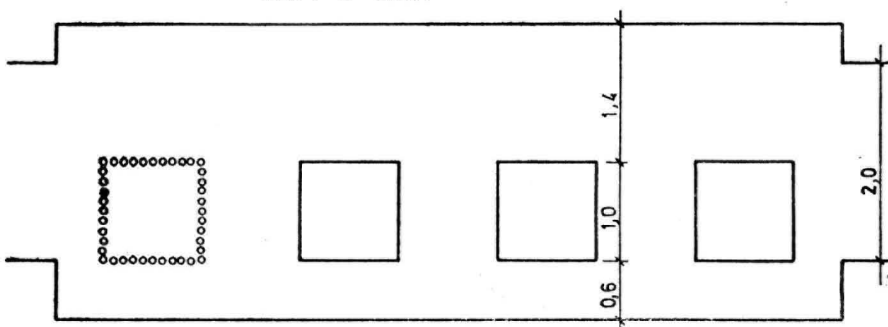
PRZEKRÓJ POPRZECZNY



Wszystkie wymiary w metrach

BN-78/8950-01-1

RZUT Z GÓRY



Rys. 1. Schemat przygotowania stanowiska do badań wytrzymałości na ścinanie „in situ”

1 — wykonanie chodnika według zwykłej metryki strzałowej, 2 — odspojenie skał według specjalnej metryki strzałowej, 3 — odspojenie skał młotami pneumatycznymi, 4 — okonturowanie bloku przez odwiercanie otworów wiertarką mechaniczną, 5 — odspojenie skał młotami pneumatycznymi.

W robotach strzałowych, związanych z poszerzeniem wyrobiska, należy stosować specjalną technikę strzelania, uwzględniającą:

- dużą liczbę otworów strzałowych,
- długość otworów nie większą niż $60 \div 80$ cm,
- masa ładunków materiałów wybuchowych (amonit) o wielkości 50, 100, 200 g,
- wykonywanie odstrzałów grupami otworów w odstępach milisekundowych.

3.1.3. Przygotowanie bloku do badania obejmuje obudowanie bloku oraz wykonanie betonowych bloków oporowych na stropie i ociosie wyrobiska — wg rys. 2.

Przy przygotowaniu bloku należy uwzględnić następujące zasady:

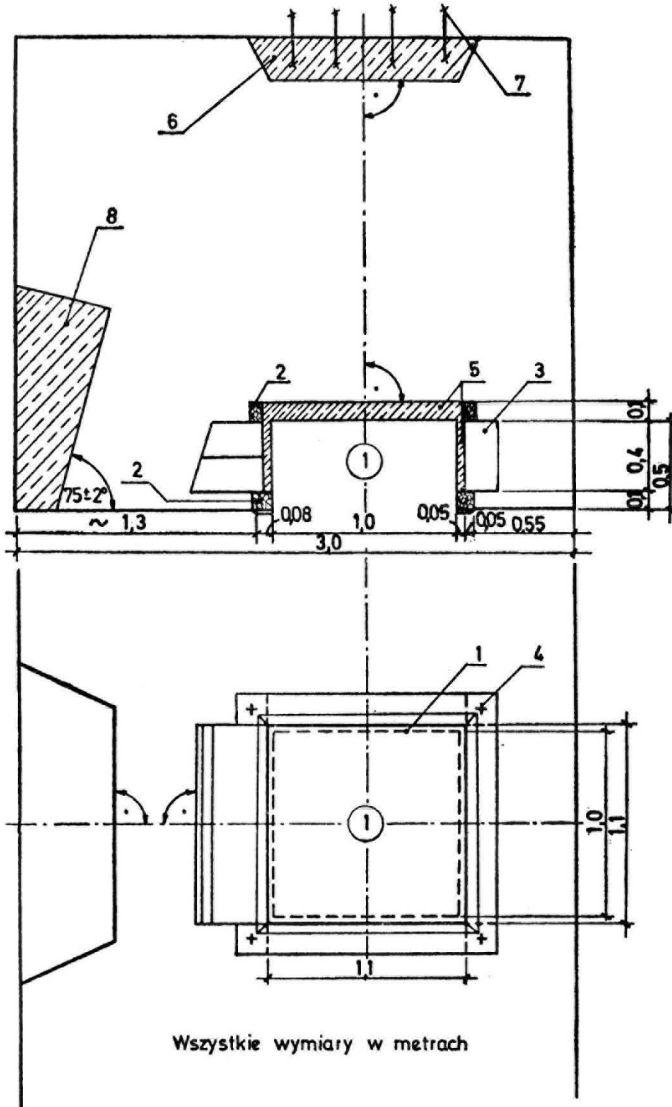
- do wytwarzania betonu należy stosować cement portlandzki 350; dopuszcza się stosowanie cementu szybkoztwardniejącego,

- okres twardnienia betonu powinien wynosić co najmniej 28 dni; w przypadku stosowania cementu szybkoztwardniejącego okres ten powinien wynosić co najmniej 7 dni,

- przestrzeń między kantówkami, ułożonymi na spągu dookoła bloku, a samym blokiem należy wypełnić parafiną lub innym materiałem o podobnych właściwościach, zapewniającym utrzymanie naturalnej wilgotności skały.

3.2. Próbkki do badań w laboratorium polowym

3.2.1. Lokalizacja miejsc i pobieranie próbek. Pobieranie próbek powinno się odbywać w pobliżu stanowisk badań polowych, przy udziale geologa. W czasie pobierania, transportu i przechowywania próbek należy nie dopuścić do ich uszkodzenia oraz zmiany naturalnej wilgotności skały. Wymiary pobieranych próbek należy dostosować do wymiarów karetek aparatu badawczego.

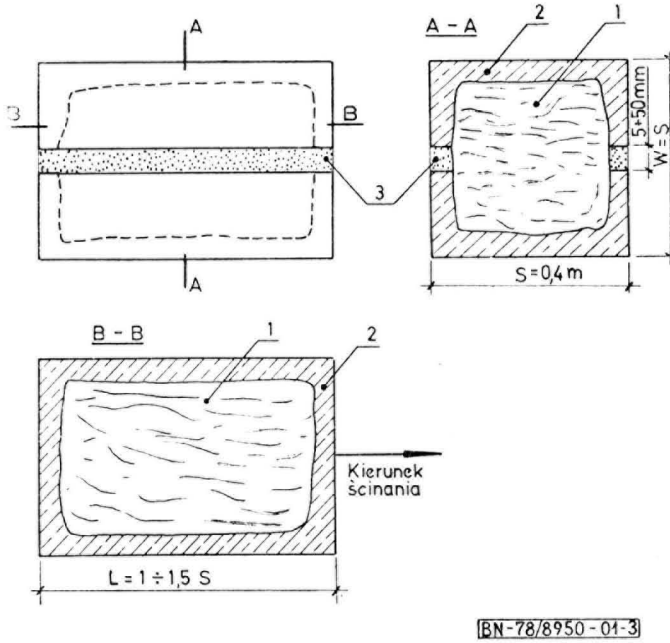


BN-78/8950-01-2

Rys. 2. Schemat przygotowania bloku do badania

1 — blok skalny, 2 — kantówki dębowe, 3 — opaska stalowa, 4 — połączenia śrubowe elementów opaski, 5 — betonowa obudowa bloku, 6 — blok oporowy na stropie, 7 — zakotwienia, 8 — blok oporowy na ociosie.

3.2.2. Przygotowanie próbek do badań polega na ich obetonowaniu do wymiarów wewnętrznych karetek aparatu badawczego (wg rys. 3).



BN-78/8950-01-3

Rys. 3. Schemat próbki przygotowanej do badań
1 — próbka skalna, 2 — beton obudowujący próbkę, 3 — szczelnina wypełniona parafiną usuwaną przed badaniem, L — długość próbki, S — szerokość próbki, W — wysokość próbki.

4. APARATURA

4.1. Aparatura do badań „in situ”

4.1.1. Urządzenia do wywierania i pomiaru siły normalnej przedstawiono na rys. 4.

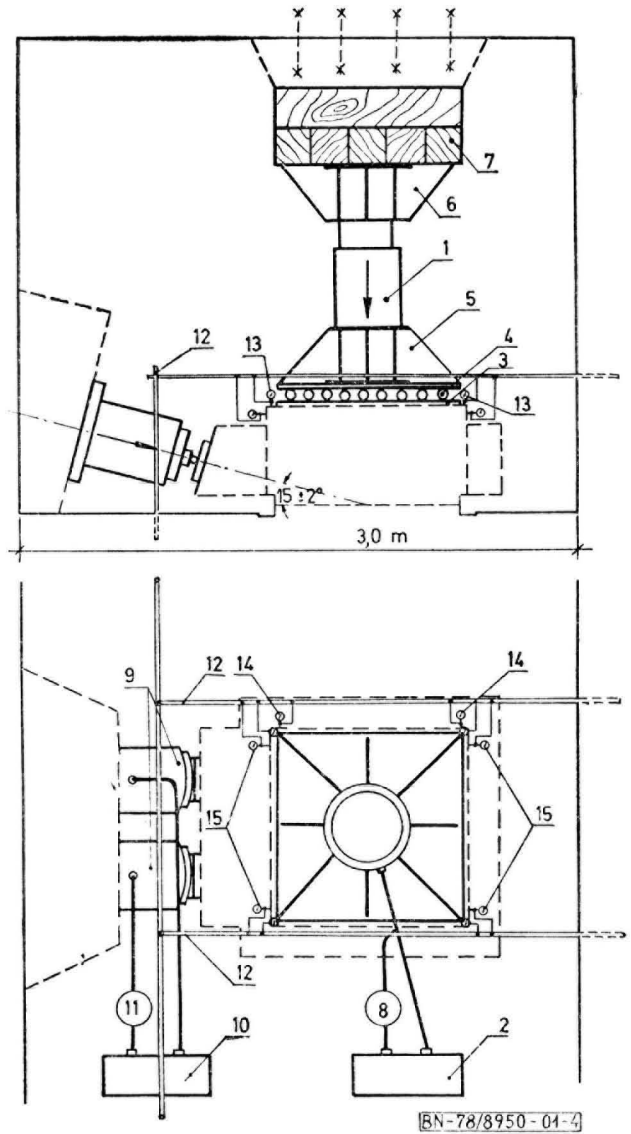
Urządzenia do wywierania i pomiaru siły normalnej:

1 — dźwignik hydrauliczny 2 MN, 2 — pompa hydrauliczna, 3 — płyta stalowa, 4 — system rolek, 5 — stożek stalowy dolny, 6 — stożek stalowy górny, 7 — ruszt drewniany, 8 — przyrząd do pomiaru ciśnienia (np. manometr).

Urządzenia do wywierania i pomiaru siły ścinającej:

9 — dźwignik hydrauliczny 2MN, 10 — pompa hydrauliczna, 11 — przyrząd do pomiaru ciśnienia (np. manometr).

Urządzenia do pomiaru przemieszczeń: 12 — układ odniesienia, 13 — czujniki do pomiaru przemieszczeń normalnych, 14 — czujniki do pomiaru przemieszczeń bocznych, 15 — czujniki do pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania.



BN-78/8950-01-4

Rys. 4. Schemat aparatury do badań „in situ”

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

— dźwignik hydrauliczny powinien mieć nośność, zapewniającą uzyskanie przewidzianego w badaniu naprężenia normalnego oraz przesuw większy niż spodziewana wielkość przemieszczeń normalnych,

— dźwignik hydrauliczny powinien być cechowany na pełnym zakresie wysuwu tłoka każdorazowo przed serią badań na jednym stanowisku badawczym,

— pompa hydrauliczna o napędzie ręcznym lub elektrycznym powinna umożliwiać utrzymanie stałego ciśnienia w czasie badania, z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od ustalonej wartości,

— układ do mierzenia siły powinien umożliwiać pomiar z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od jej rzeczywistej wartości,

— przyrządy pomiarowe powinny być umieszczane możliwie najbliżej dźwignika hydraulicznego lub jeżeli to możliwe, na dźwigniku,

— przyrządy pomiarowe powinny być każdorazowo cechowane przed i po każdej serii badań na jednym stanowisku badawczym,

— dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących, przy zachowaniu wymaganej dokładności pomiaru.

4.1.2. Urządzenia do wywierania i pomiaru siły ścinającej przedstawiono na rys. 4.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

— dźwigniki hydrauliczne powinny mieć identyczną konstrukcję i przesuw co najmniej 100 mm,

— dźwigniki hydrauliczne powinny być cechowane na pełnym zakresie wysuwu tłoka każdorazowo przed serią badań na jednym stanowisku badawczym,

— pompa hydrauliczna powinna mieć napęd elektryczny,

— układ do mierzenia siły powinien umożliwiać pomiar z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od jej rzeczywistej wartości,

— przyrządy pomiarowe powinny być umieszczane możliwie najbliżej dźwigników hydraulicznych lub, jeżeli to możliwe, na dźwignikach,

— przyrządy pomiarowe powinny być każdorazowo cechowane przez i po każdej serii badań na jednym stanowisku badawczym,

— dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących przy zachowaniu wymaganej dokładności pomiaru.

4.1.3. Urządzenia do pomiaru przemieszczeń przedstawiono na rys. 4.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

— podpory układu odniesienia powinny znajdować się w odległości co najmniej 1 m od krawędzi badanego bloku,

— czujniki powinny być sztywno zamocowane na elementach układu odniesienia,

— rozmieszczenie czujników powinno być zgodne z rys. 5,

— czujniki mierzące przemieszczenia normalne i boczne powinny mieć możliwość przesuwu co najmniej 10 mm i dokładność nie mniejszą niż 0,01 mm;

— czujniki mierzące przemieszczenia w kierunku ścinania powinny mieć możliwość przesuwu co najmniej 50 mm i dokładność nie mniejszą niż 0,01 mm,

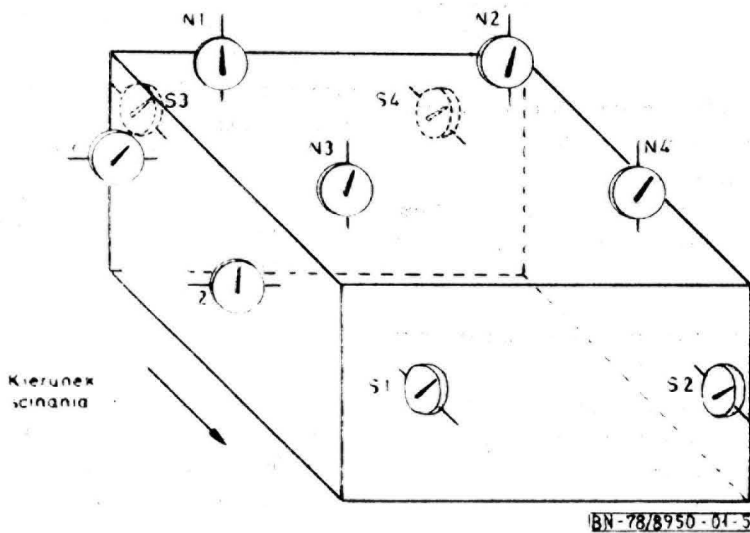
— nóżki czujników powinny opierać się na gładkich płytkach, np. szklanych, zacementowanych na wyrównanych powierzchniach bloku,

— przed każdym badaniem należy sprawdzić swobodę i wymaganą wielkość przesuwu wszystkich czujników,

— dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących o wymaganej dokładności pomiaru.

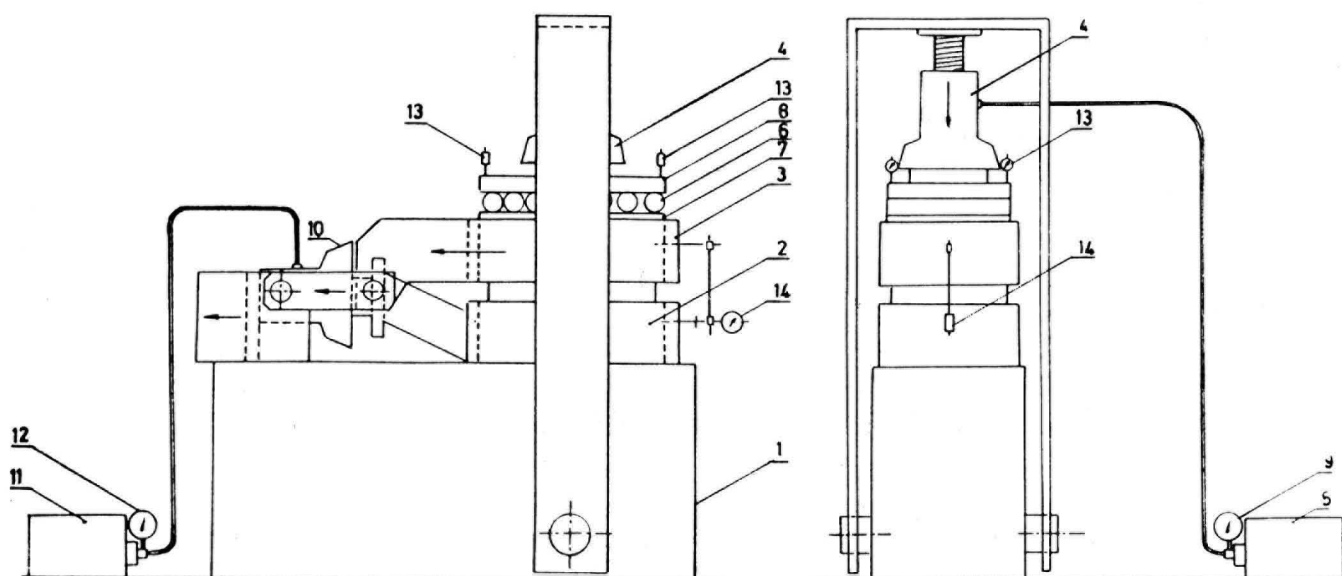
4.2. Aparat do badań w laboratorium polowym

4.2.1. Urządzenia do umieszczania próbki w aparacie przedstawiono na rys. 6.



Rys. 5. Układ czujników do pomiaru przemieszczeń ścinanego bloku

$N1 \div N4$ — czujniki do pomiaru przemieszczeń normalnych, $L1$ i $L2$ — czujniki do pomiaru przemieszczeń bocznych, $S1 \div S4$ — czujniki do pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania.



BN-78/8950-01-6

Rys. 6. Schemat aparatu do badań bezpośredniego ścinania obetonowanych próbek skalnych.

1 — podstawa aparatu.

Urządzenia do umieszczania próbki w aparacie: 2 — karetką dolną nieruchomą, 3 — karetką górną ruchomą.

Urządzenia do wywierania i pomiaru siły normalnej: 4 — dźwignik hydrauliczny, 5 — pompa hydrauliczna, 6 — system rolek, 7 — płyta wyrównawcza, 8 — płyta obciążająca, 9 — przyrząd do pomiaru ciśnienia (np. manometr).

Urządzenia do wywierania i pomiaru siły ścinającej: 10 — dźwignik hydrauliczny 0,5 MN, 11 — pompa hydrauliczna, 12 — przyrząd do pomiaru ciśnienia (np. manometr).

Układ czujników do pomiaru przemieszczeń próbki: 13 — czujniki do pomiaru przemieszczeń normalnych, 14 — czujnik do pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

- karetką ruchomą powinna mieć możliwość przesuwu co najmniej 10% długości próbki,

- urządzenia do regulacji odległości między karetkami powinny mieć zmianę tej odległości w granicach od 5 do 50 mm.

4.2.2. Urządzenia do wywierania i pomiaru siły normalnej przedstawiono na rys. 6.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

- dźwignik hydrauliczny powinien umożliwiać osiągnięcie naprężeń normalnych w badaniu, równych co najmniej półtorakrotnej wartości przewidywanych obciążeń zewnętrznych w masywie, a przesuw jego powinien być większy niż spodziewana wielkość przemieszczeń normalnych,

- dźwignik hydrauliczny powinien być cechowany na pełnym zakresie wysuwu tłoka każdorazowo przed serią badań,

- pompa hydrauliczna powinna umożliwiać utrzymanie

stałego ciśnienia podczas badania z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od ustalonej wartości,

- układ do mierzenia siły powinien umożliwiać pomiar z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od jej rzeczywistej wartości,

- przyrządy pomiarowe powinny być umieszczane możliwie najbliżej dźwignika hydraulicznego lub, jeżeli to możliwe, na dźwigniku,

- przyrządy pomiarowe powinny być każdorazowo cechowane przed i po serii badań,

- dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących, przy zachowaniu wymaganej dokładności pomiaru.

4.2.3. Urządzenia do wywierania i pomiaru siły ścinającej przedstawiono na rys. 6.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

- dźwignik hydrauliczny powinien mieć nośność co najmniej 0,5 MN i przesuw równy co najmniej 10% długości próbki,

- dźwignik hydrauliczny powinien być cechowany na pełnym zakresie wysuwu tłoka każdorazowo przed serią badań,

- układ do mierzenia siły powinien umożliwiać pomiar z maksymalną odchyłką $\pm 2\%$ od jej rzeczywistej wartości,

- przyrządy pomiarowe powinny być umieszczone możliwie najbliżej dźwignika hydraulicznego lub, jeżeli to możliwe, na dźwigniku,

- przyrządy pomiarowe powinny być każdorazowo cechowane przed i po każdej serii badań,

- dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących, przy zachowaniu wymaganej dokładności pomiaru.

4.2.4. Urządzenia do pomiaru przemieszczeń przedstawiono na rys. 6.

Urządzenia te powinny spełniać następujące wymagania:

- czujniki do pomiaru przemieszczeń normalnych powinny mieć przesuw co najmniej 10 mm i dokładność co najmniej 0,01 mm,

- czujnik do pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania powinien mieć przesuw równy co najmniej 10% długości próbki i dokładność co najmniej 0,01 mm,
- nóżki czujników powinny opierać się na gładkich płytkach, np. szklanych,
- przed każdym badaniem należy sprawdzić swobodę i wymaganą wielkość przesuwu wszystkich czujników,
- dopuszcza się stosowanie urządzeń rejestrujących o wymaganej dokładności pomiaru.

5. SPOSÓB PROWADZENIA BADAŃ

5.1. Badania „in situ”

5.1.1. Konsolidacja. Należy sprawdzić sztywność zamocowania i swobodę ruchu czujników zamontowanych na bloku oraz zanotować ich początkowe wskazania. Siłę normalną należy zwiększyć do wartości ustalonej dla danego badania, notując przy tym przemieszczenia normalne na czterech czujnikach, służących do pomiaru przemieszczeń normalnych. Odczyty należy wykonywać w zwiększających się odstępach czasu. W czasie konsolidacji należy wykreślać krzywą konsolidacji wg załącznika 1, a przemieszczenia notować w arkuszu badań, wykonanym wg załącznika 2.

Stadium konsolidacji uważa się za zakończone, jeśli w ciągu 10 min przemieszczenia normalne, odczytywane na każdym z czterech czujników, są mniejsze niż 0,01 mm.

5.1.2. Ścinanie. Siłę ścinającą należy zwiększać stopniami. Zwiększenie siły o jeden stopień powinno powodować zwiększenie naprężenia ścinającego przy twardej skale o około 100 kPa, a przy miękkiej skale i przy ścinaniu wzdłuż nieciągłości o około 50 kPa. Siłę o stałej wartości należy utrzymywać przez 20 min. Odczyty należy wykonywać na wszystkich czujnikach pomiaru przemieszczeń w pierwszej, piątej, dziesiątej, piętnastej i dwudziestej minucie dla każdej utrzymywanej wartości siły ścinającej. Przyrosty naprężenia ścinającego należy zmniejszyć o połowę od momentu, gdy wykres zależności $\tau_s - \varepsilon_h$ zaczyna się odchyłać od linii prostej.

Po osiągnięciu maksymalnej wytrzymałości na ścinanie należy przykładać siłę ścinającą w sposób ciągły tak, aby prędkość przemieszczeń bloku w kierunku ścinania nie przekraczała 0,2 mm/min i dokonywać odczytów na wszystkich czujnikach i na manometrze po przemieszczeniu bloku w kierunku ścinania równym 0,5 ÷ 1 mm. Można przyjąć, że trwała wytrzymałość na ścinanie została osiągnięta, gdy przyłożona siła ścinająca zmniejsza się w granicach 5% podczas przemieszczenia w kierunku ścinania większego niż 20 mm.

Po osiągnięciu wytrzymałości trwałej badanie należy przerwać i obniżyć do zera siłę normalną i siłę ścinającą.

Siły i przemieszczenia bloku podczas ścinania należy notować w arkuszu badań, wykonanym wg załącznika 2.

Po ścięciu bloku określić wartość kąta tarcia zewnętrznego (dotyczy każdego bloku). W tym celu należy zwiększać stopniami siłę normalną i dla każdego stopnia siły normalnej zwiększać natępnie siłę ścinającą. Należy zanotować wielkość siły ścinającej w momencie, gdy blok zacznie się prze-

mieszczać oraz w momencie, gdy przemieści się on o około 1 mm. Po osiągnięciu największej wartości siły normalnej badanie należy kontynuować, obniżając ją stopniami. Największa wartość siły normalnej powinna być równa sile normalnej, stosowanej w badaniu ścinania. Badanie dla każdego bloku należy powtórzyć co najmniej trzykrotnie.

Po wykonaniu badania blok należy odwrócić, opisać powierzchnię ściętego bloku i powierzchnię w spągu oraz je sfotografować (wskazana fotografia w kolorze). Przy opisie powierzchni ścięcia należy brać pod uwagę powierzchnie nieciągłości, powierzchnie strukturalne, szorstkość i wypełnienie.

Z powierzchni ścięcia należy pobrać materiał skalny do określenia jego wilgotności naturalnej.

5.2. Badania w laboratorium polowym

5.2.1. Konsolidacja powinna być przeprowadzona zgodnie z 5.1.1.

5.2.2. Ścinanie. Siłę ścinającą należy zwiększyć stopniami. Zwiększenie siły ścinającej o jeden stopień, powinno powodować wzrost naprężenia ścinającego 50 ÷ 100 kPa. Stałą wartość siły należy utrzymywać przez 5 min. Przemieszczenia należy odczytywać na wszystkich czujnikach pomiaru przemieszczeń w pierwszej i piątej minucie przy każdej wartości siły. Przyrosty naprężenia ścinającego należy zmniejszyć o połowę od momentu, gdy wykres zależności $\tau_s - \varepsilon_h$ zaczyna się odchyłać od linii prostej.

Po osiągnięciu wytrzymałości maksymalnej siłę ścinającą należy przykładać w sposób ciągły tak, aby prędkość przemieszczeń górnej połowy próbki w kierunku ścinania nie przekraczała 0,2 mm/min i dokonywać odczytów na wszystkich czujnikach i na manometrze po przemieszczeniu w kierunku ścinania równym 0,5 ÷ 1,0 mm.

Można przyjąć, że wytrzymałość trwała została osiągnięta, gdy siła ścinająca zmniejsza się w granicach 5% podczas przemieszczenia w kierunku ścinania równego co najmniej 10 mm. Po osiągnięciu wytrzymałości trwałej badanie należy przerwać, obniżyć do zera siłę normalną i ścinającą oraz wykonać badanie dla określenia wartości kąta tarcia zewnętrznego zgodnie z 5.1.2. Wartości przyłożonych sił oraz występujących przemieszczeń należy notować w czasie badania w arkuszu badań wykonanym wg załącznika 6.

Po wykonaniu badania należy wyjąć ściętą próbkę z aparatu i opisać powierzchnię ścięcia oraz sfotografować obie jej połowy (wskazane w kolorze).

6. INTERPRETACJA I OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

6.1. Badania „in situ”

6.1.1. Interpretacja wyników badań

a) W czasie stadium konsolidacji bloku należy wykreślać krzywą (wg załącznika 1), na której podstawie określa się czas zakończenia konsolidacji,

b) naprężenie normalne σ i naprężenie ścinające τ , oblicza się z wzorów:

$$\sigma = P_n/A_h = P_n + P_s \cdot \sin a) A_h \quad (1)$$

$$\tau_s = P_s/A_h = P_s \cdot \cos a) A_h \quad (2)$$

(powierzchnię A_h oblicza się biorąc pod uwagę przemieszczenie w kierunku ścinania ε_h , które powoduje zmniejszenie kontaktu bloku ze spągami),

c) po ścięciu bloku należy wykonać wykresy $\tau_s - \varepsilon_h$ oraz $\tau_s - \varepsilon_v$ dla każdego czujnika, wg załącznika 3,

d) należy obliczyć średnie przemieszczenie ε_h z odczytów na czujnikach pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania i średnie ε_v z odczytów na czujnikach pomiaru przemieszczeń normalnych; średnie przemieszczenia należy nanieść na wykresy $\tau_s - \varepsilon_h$ i $\tau_s - \varepsilon_v$, wspólne dla wszystkich czterech bloków,

e) z wykresów $\tau_s - \varepsilon_h$ dla wszystkich czterech bloków należy odczytać τ_t i τ_r i wartości przemieszczeń w kierunku ścinania, które im odpowiadają,

f) z wykresów $\tau_s - \varepsilon_v$ należy odczytać τ_{dyt} ,

g) należy wykonać wykresy $\tau_t - \sigma$ i $\tau_r - \sigma$; z wykresów tych należy odczytać odpowiednio c_μ i Φ_μ oraz $c_{\mu'}$ i $\Phi_{\mu'}$ – wg załącznika 4,

h) należy wykonać wykresy $\tau_r - \sigma$ na podstawie danych z badania po ścięciu bloku (wg 5.1.2),

i) na podstawie danych z badania po ścięciu (wg 5.1.2) należy wykonać wykresy wytrzymałości po ścięciu bloku, odpowiadającej momentowi, gdy blok zacznie się ponownie przesuwać i jego przemieszczenie wyniesie 1 mm, w funkcji naprężenia normalnego; na podstawie tych wykresów należy określić wartości kąta tarcia zewnętrznego $\Phi_{\mu'}$ podając średni kąt z wszystkich badań po ścięciu, wykonanych dla każdego bloku.

6.1.2. Sprawozdanie z badań powinno zawierać:

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

b) dokładny opis urządzeń badawczych,

c) dla każdego bloku

– wykres konsolidacji,

– wykres $\tau_s - \varepsilon_h$ na podstawie odczytów wszystkich czterech czujników pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania,

– wykres $\tau_s - \varepsilon_v$ na podstawie odczytów wszystkich czterech czujników pomiaru przemieszczeń normalnych,

– wykres $\tau_r - \sigma$ na podstawie wyników badań dodatkowych po ścięciu bloku,

– arkusze zestawiające zbiorczo dane z badań,

d) dla wszystkich badanych bloków

– wykres $\tau_s - \varepsilon_h$, przy czym dla każdego bloku należy przyjmować przemieszczenie średnie z odczytów wszystkich czterech czujników pomiaru przemieszczeń w kierunku ścinania,

– wykres $\tau_s - \varepsilon_v$, przy czym dla każdego bloku należy przyjmować przemieszczenie średnie z odczytów wszyst-

kich czterech czujników pomiaru przemieszczeń normalnych,

– zbiorową tablicę wg załącznika 5,

– wykres $\tau_t - \sigma$,

– wykres $\tau_r - \sigma$,

– wartości c_μ , Φ_μ , $c_{\mu'}$, $\Phi_{\mu'}$,

– tabelaryczne zestawienie maksymalnych przemieszczeń bocznych ε_t ,

e) pełny opis geologiczny miejsca lokalizacji stanowiska badawczego, wykonany przy udziale geologa

– opis skały (nazwa skały, struktura, tekstura, skład mineralny określony makroskopowo, barwa, zwięzłość, stopień zwietrzienia, ewentualnie wskaźnik odbicia, jeżeli tego rodzaju badanie było w tym miejscu przeprowadzone),

– opis powierzchni strukturalnych (np. foliacja),

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

– profile geologiczne ociosów i spągu wyrobiska w miejscu badań oraz profile górnej powierzchni i boków każdego bloku,

f) dla każdego bloku

– opis powierzchni ścięcia (wg 6.1.2e),

– wymiary, kąt i kierunek nachylenia powierzchni ścięcia,

– opis materiału znajdującego się na powierzchni ścięcia (rodzaj, grubość, stopień rozdrobnienia, wilgotność),

– inne cechy szczególne powierzchni ścięcia; (przy ścinaniu wzdłuż kontaktu beton-skała należy dokładnie opisać, czy i wzdłuż jakiej powierzchni nastąpiło ścięcie w betonie, wzdłuż kontaktu lub w skałe),

– profile dolnej połowy powierzchni ścięcia z zaznaczeniem na niej cech charakterystycznych (nieciągłości, materiał na powierzchni, itp.), profile boczne oraz zdjęcia fotograficzne (wskazane w kolorze).

6.2. Badania w laboratorium polowym

6.2.1. Interpretacja wyników badań

a) Krzywą konsolidacji należy wykreślać jak podano w 6.1.1a).

b) Naprężenie normalne σ i naprężenie ścinające τ , oblicza się wg wzorów:

$$\sigma = P_n/A_h \quad (3)$$

$$\tau_s = P_s/A_h \quad (4)$$

(powierzchnię A_h oblicza się analogicznie jak w 6.1.1b),

c) po ścięciu próbki należy wykonać wykresy $\tau_s - \varepsilon_h$ i $\tau_s - \varepsilon_v$ dla każdego czujnika wg załącznika 3,

d) należy obliczyć średnie przemieszczenie ε_v z odczytów na czujnikach pomiaru przemieszczeń normalnych i nanieść je na wykres sporządzony wg 6.2.1c),

e) z wykresów $\tau_s - \varepsilon_h$ dla wszystkich próbek badanej grupy należy odczytać τ_t i τ_r i wartości przemieszczeń w kierunku ścinania, które im odpowiadają,

f) z wykresów $\tau_s - \varepsilon_v$ należy odczytać τ_{dyt} ,

g) należy wykonać wykresy $\tau_t - \sigma$ i $\tau_r - \sigma$; z wykresów tych należy odczytać odpowiednio c_μ i Φ_μ oraz $c_{\mu'}$ i $\Phi_{\mu'}$, wg załącznika 4,

h) na podstawie danych z badania po ścięciu należy wykonać $\tau_r-\sigma$ oraz określić $\Phi_{\mu'}$ wg 6.1.1i).

6.2.2. Sprawozdanie z badań powinno zawierać:

a) szkic przedstawiający miejsca poboru próbek do badań,

b) dokładny opis urządzenia badawczego i szkic rozmieszczenia czujników pomiaru przemieszczeń,

c) dla każdej próbki

— wykres konsolidacji,

— wykres $\tau_s-\varepsilon_h$

— wykres $\tau_s-\varepsilon_v$, przy czym należy uwzględnić przemieszczenia odczytane na każdym czujniku pomiaru przemieszczeń normalnych oraz przemieszczenia średnie z powyższych przemieszczeń,

— wykres $\tau_r-\sigma$ na podstawie wyników badań dodatkowych po ścięciu próbki,

— arkusze zestawiające zbiorcze dane z badań,

d) dla wszystkich próbek badanej grupy

— zbiorczą tablicę, wykonaną wg załącznika 7,

— wykres $\tau_t-\sigma$,

— wykres $\tau_r-\sigma$,

— wartości $c_{\mu'}$, $\Phi_{\mu'}$, $c_{\mu''}$, $\Phi_{\mu''}$,

e) pełny opis geologiczny miejsc poboru próbek do badań, wykonany zgodnie z 6.1.2e),

f) dla każdej próbki

— opis powierzchni ścięcia, wykonany zgodnie z 6.1.2f),

— opis materiału, znajdującego się na powierzchni ścięcia,

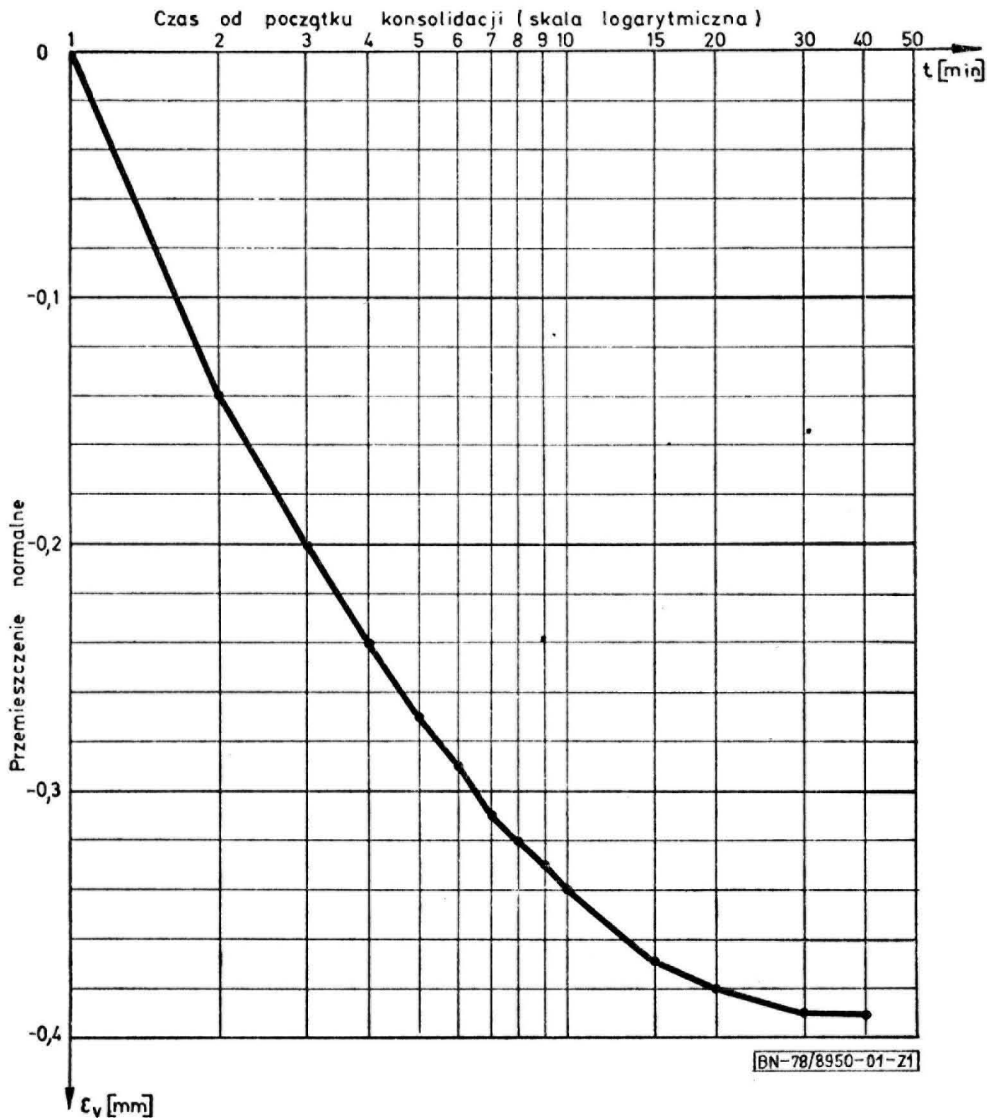
— fotografię dolnej i górnej połowy powierzchni ścięcia (wskazane w kolorze) z zaznaczeniem na nich kierunku ścinania.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

ZALĄCZNIK 1

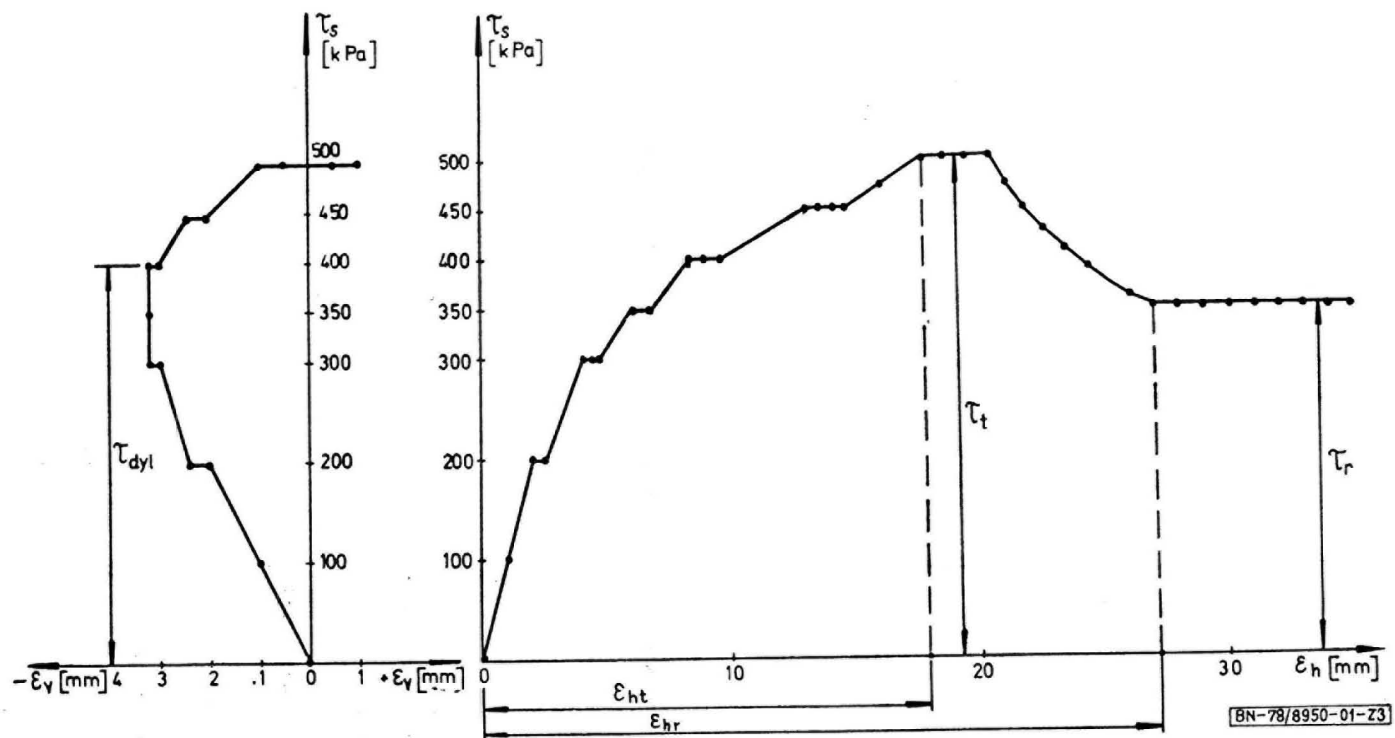
PRZYKŁADOWY WYKRES KONSOLIDACJI



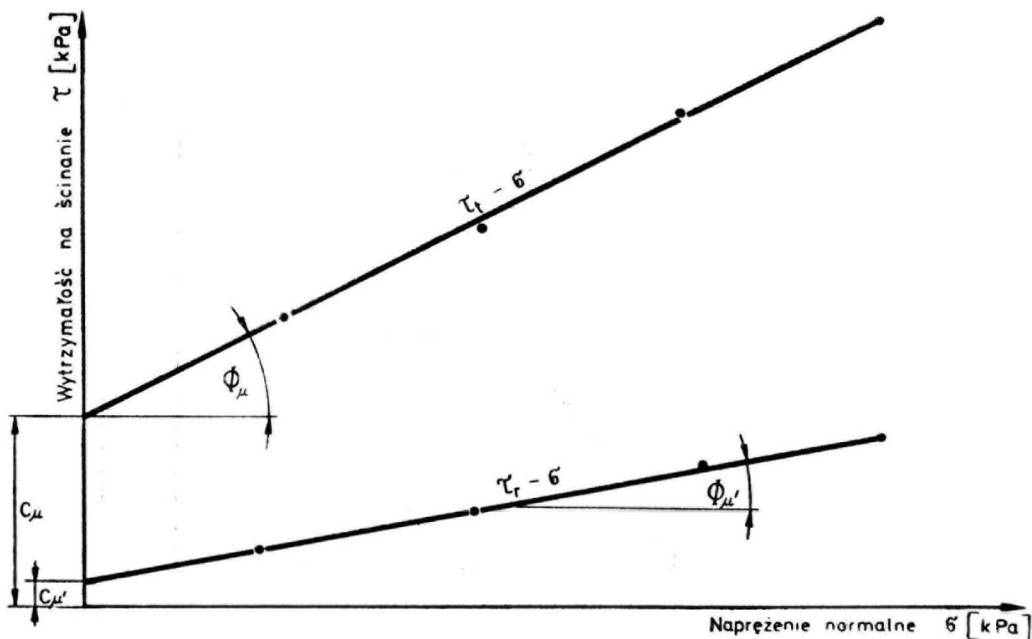
WZÓR ARKUSZA DANYCH Z BADANIA BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA „IN SITU”

Zleceniodawca:				Projekt:				Lokalizacja:				Stanowisko:				Nr bloku:										
Ogólny opis bloku									Numery wykresów i fotografii:							Siły:										
Ogólny opis skały, własności, warunki wodne:									Wymuszona powierzchnia ścięcia A (wymiary i pole powierzchni):							$P_{sA} = P_s \cdot \cos \alpha$ $P_{nA} = P_n + P_s \cdot \sin \alpha$ $\tau_s = P_{sA} / A_h$ $\sigma = P_{nA} / A_h$										
Opis powierzchni ścięcia:			Rozstaw spękań:			Materiał na powierzchni ścięcia:			Nachylenie:			Rozwarcie spękań:			Materiał wypełniający:			Kierunek nachylenia:			Szorstkość:			Okrychy skalne:		
Godzina	Czas od początku badania	Przyłożona siła normalna P_n		Przemieszczenie normalne ε_v mm					Przyłożona siła ścinająca P_s		Przemieszczenie w kierunku ścinania ε_h mm					Przemieszczenie boczne ε_l mm		Rzeczywista powierzchnia ścięcia A_h m ²	Rzeczywista siła normalna P_{nA} kN	Napężenie normalne σ kPa	Rzeczywista siła ścinająca P_{sA} kN	Napężenie ścinające τ_s kPa				
		Odczyt	Siła kN	Czujniki				Średnia mm	Odczyt	Siła kN	Czujniki				Czujniki											
1	2	3	4	1	2	3	4				9	10	5	6	7	8	16	9	10	19	20	21	22	23		
Wyniki cechowania manometrów:									Uwagi:							Prowadzący badanie:				Data:						
																Kontrolujący badanie:										

PRZYKŁADOWE WYKRESY PRZEMIESZCZEŃ ŚCINANEGO BLOKU W FUNKCJI NAPRĘŻENIA ŚCINAJĄCEGO



PRZYKŁADOWY WYKRES WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE W FUNKCJI NAPRĘŻENIA NORMALNEGO



BN-78/8950-01-Z4

WZÓR TABLICY Z WYNIKAMI BADAŃ „IN SITU”

Lp.	Numer stanowiska:						
1	Numer bloku						
2	Wymuszona powierzchnia ścięcia bloku		m ²				
3	Początkowe naprężenie normalne		kPa				
4	Czas ścinania bloku		min				
5	Wyrzymaność na ścinanie według kryterium dylatacji	τ_{dyt}	kPa				
		przy σ	kPa				
		τ_{dyt}/σ					
6	Maksymalna wyrzymaność na ścinanie	τ_r	kPa				
		przy σ	kPa				
		τ_r/σ					
7	Trwała wyrzymaność na ścinanie	τ_r	kPa				
		przy σ	kPa				
		τ_r/σ					
8	Przemieszczenie bloku	θ_{st}	mm				
		θ_{kr}	mm				
9	τ_{dyt}/τ_r						
10	τ_r/τ_r						

ZAŁĄCZNIK 6

WZÓR ARKUSZA DANYCH Z BADANIA BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA W LABORATORIUM POŁOWYM

Zleceniodawca:				Projekt:				Lokalizacja poboru próbki:				Nr próbki:			
Ogólny opis próbki								Numery wykresów i fotografii:							
Ogólny opis skały, własności, wilgotność:												Wymuszona powierzchnia ścicia (pole powierzchni)			
Opis powierzchni ścicia: Kierunek ścinania w stosunku do nieciągłości lub powierzchni strukturalnych:				Szerstkość: Materiał wypełniający: Okruszy skalne:											
Godzina	Czas od początku badania	Siła normalna P_n		Przemieszczenie normalne ϵ_v mm					Siła ścinająca P_s		Przemieszczenie w kierunku ścinania ϵ_h mm	Rzeczywista powierzchnia ścicia A_h m ²	Napężenie normalne σ kPa	Napężenie ścinające τ_s kPa	
		Od-czyt	Siła kN	Czujniki				Średnia mm	Od-czyt	Siła kN					
				1	2	3	4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Wyniki cechowania manometrów:				Uwagi.				Prowadzący badanie:				Data:			
								Kontrolujący badanie:							

INFORMACJE DODATKOWE

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

2. Normy i dokumenty związane

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

Instytut Budownictwa Wodnego PAN. Metodyka polowych badań wytrzymałości skal na ścinanie

3. Dokumenty międzynarodowe

International Society for Rock Mechanics, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, Suggested Methods for Determining Shear Strength, 1974

RWPG Stała Komisja do spraw Elektroenergii. Sekcja III Hydroelektrownie (Część Radziecka) Исследования связанные с обоснованием проектных решений при создании бетонных плотин, Moskwa 1974.

4. Wybór metody badania „in situ” i badania w laboratorium polowym. Podstawową metodę stanowią badania „in situ”. Badania w laboratorium polowym stosowane są w zasadzie jako uzupełniające do badań „in situ”, zwłaszcza dla określenia wytrzymałości na ścinanie wzdłuż różnych powierzchni nieciągłości oraz w przypadkach, w których badania „in situ” są bardzo trudne, np. wzdłuż nieciągłości o nachyleniu $> 30^\circ$ w stosunku do poziomu. Badania te wykonuje się także w przypadku skal anizotropowych, dla określenia stopnia ich anizotropii.

5. Kryteria wyboru wielkości parametrów do obliczeń stateczności. W obliczeniach stateczności masywów skalnych za podstawę przyjmuje się wartości parametrów ($c_\mu, c_\mu', \Phi_\mu, \Phi_\mu'$), wyznaczone w badaniach „in situ”. Wartości parametrów, wyznaczone w laboratorium polowym służą dla uzupełniającego scharakteryzowania masywów skalnych w miejscach ich największego

osłabienia (w szczególności wzdłuż spękań), dla określenia stopnia anizotropii wytrzymałości na ścinanie i jej zmienności w zależności od naturalnej wilgotności skały.

Z uwagi na to, że:

— ilość bloków ścinanych „in situ” jest nieduża, co uniemożliwia opracowanie wyników metodą statystyczną,

— otrzymane wyniki badań wykazują zazwyczaj stosunkowo duży rozrzut, związany z niejednorodnością skal oraz zmiennością ich struktury, tekstury, stopnia spękania i zwietrzenia itp., wyznaczone parametry wytrzymałościowe (c_μ, Φ_μ) należy obniżyć mnożąc przez odpowiednie współczynniki korekcyjne. Wynoszą one:

— dla spójności (c_μ): $0,3 \div 0,4$,

— dla współczynnika tarcia wewnętrznego ($\mu = \text{tg} \Phi_\mu$): $0,75 \div 0,85$.

Otrzymane w ten sposób wartości parametrów obliczeniowych podaje się jako zalecane do przyjęcia w obliczeniach stateczności masywów skalnych, zwłaszcza w odniesieniu do podłoża budowli piętrzących.

Powyższe wartości powinny się odnosić do skal w stanie ich maksymalnej wilgotności. Jeśli badania były prowadzone przy niższej wilgotności, należy przeprowadzić badania dodatkowe (ewentualnie laboratoryjne na małych próbkach np. $60 \times 60 \div 100$ mm w rzucie) w celu określenia zależności wytrzymałości na ścinanie od naturalnej wilgotności skal. Na podstawie uzyskanej funkcji $\tau, -w$, należy odpowiednio skorygować wartości parametrów obliczeniowych.

W przypadku analizy stateczności zboczy, zwłaszcza zboczy osuwiskowych, jako parametry obliczeniowe zaleca się przyjmąć wartość spójności równą zero oraz wartość kąta tarcia zewnętrznego (Φ_μ') wyznaczoną w badaniach (po ścięciu bloku lub próbki).

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