

## Wyznaczanie wytrzymałości na rozciąganie granitu metodą szczelinowania hydraulicznego

Sebastian Stanisławek<sup>1</sup>, Piotr Kędzierski<sup>1</sup>, Paweł Dziewulski<sup>1</sup>, Danuta Miedzińska

<sup>1</sup>Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: sebastian.stanislawek@wat.edu.pl, kedzierski.piotr@wat.edu.pl, pawel.dziewulski@wat.edu.pl, danuta.miedzinska@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono badania wytrzymałości na rozciąganie próbek granitowych metodą szczelinowania hydraulicznego. Stanowisko skonstruowane do tego celu składa się z dwu układów: niskiego oraz wysokiego ciśnienia. Układ niskiego ciśnienia ma za zadanie ścisnąć hydrostatycznie próbkę. W jego skład wchodzi system zasilający oraz zbiornik, w którym instalowana jest próbka uprzednio umieszczona w elastomerowej uszczelce. Układ wysokiego ciśnienia ma zwiększać ciśnienie płynu szczelinującego. Składa się on z systemu zasilającego, odpowietrzającego oraz iniektora. Przeprowadzone badania wykazały, że metoda szczelinowania hydraulicznego może być z powodzeniem stosowana do wyznaczania wytrzymałości na rozciąganie stanowiąc alternatywę dla testu brazylijskiego. Ustalona przy jej użyciu wytrzymałość na rozciąganie granitu strzegomskiego wyniosła  $10,70 \pm 0,13$  MPa.

**SŁOWA KLUCZOWE:** szczelinowania hydrauliczne, wytrzymałość skał.

### 1. Wprowadzenie

Rozciąganie jest stanem wyężenia, w trakcie którego materiał skalny jest szczególnie narażony na utratę ciągłości w związku z relatywnie niską wytrzymałością na rozciąganie [1]. Parametr ten jest niezwykle ważny. Jego wartość determinuje m.in. wielkość ciśnienia szczelinującego złoż węgłowodórów niekonwencjonalnych. Przy tym rozważany parametr jest powszechnie przyjętym kryterium zniszczenia w modelach numerycznych wykorzystywanych do projektowania tuneli czy wysokich wzniesień. Wytrzymałość na rozciąganie skał jest wielkością, która nie może być wyznaczona bezpośrednio w próbie jednoosiowego rozciągania typowego dla materiałów sprężysto-plastycznych. Powszechnie stosowanym sposobem wyznaczania wytrzymałości na rozciąganie skał jest test brazylijski polegający na ścisnieniu walcowej próbki w kierunku prostopadłym do jej osi [2]. Artykuł przedstawia badania wytrzymałości na rozciąganie próbek granitowych metodą szczelinowania hydraulicznego. Próby przeprowadzonego w laboratorium Centrum Zaawansowanych Technologii Energetycznych WAT. Do szczelinowania wykorzystano olej hydrauliczny H46.

### 2. Opis stanowiska i procedury badawczej

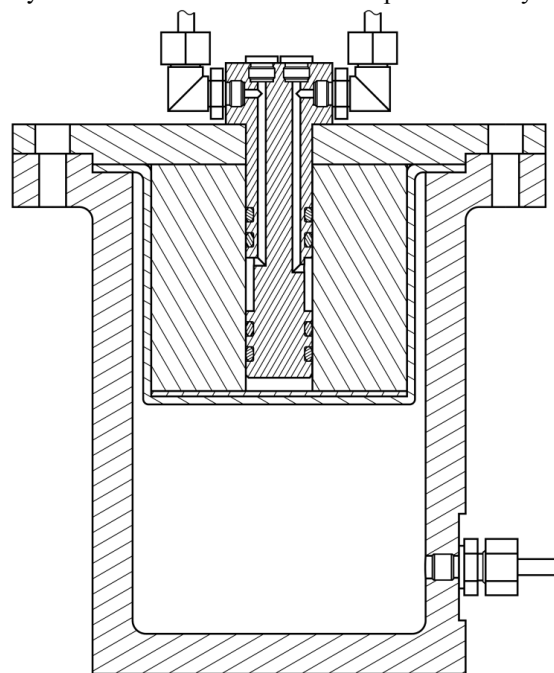
Stanowisko do szczelinowania składa się z dwu układów: wysokiego i niskiego ciśnienia. Układ niskiego ciśnienia ma za zadanie ścisnąć hydrostatycznie próbkę. W skład układu niskiego ciśnienia wchodzi system zasilający oraz zbiornik, w którym instalowana jest próbka uprzednio umieszczona w elastomerowej uszczelce. Układ wysokiego ciśnienia ma zwiększać ciśnienie płynu szczelinującego. Składa się on z systemu zasilającego, odpowietrzającego oraz iniektora. Na rys. 1 przedstawiono iniektor uszczelniany za pomocą czterech O-ringów, natomiast przekrój przez zbiornik, w którym zamontowana jest próbka, przedstawiono na rys. 2. Dokładniejszy opis stanowiska można znaleźć u Kędzierskiego i in. [3].

Do badań wykorzystano granit o potocznej nazwie granit strzegomski. Jest to materiał średnioziarnisty lub różnoziarnisty biotytowy o teksturze bezładnej barwy jasnoszarej o odcieniu fioletowym lub zielonkawym.

Składa się głównie z plagioklastu, kwarcu, biotyty, rzadziej hornblendy. Jest pozyskiwany z masywu strzegomskiego na bloku przedsudeckim. Granitowe próbki, których przykład przedstawiono na rys. 3, umieszczano w zbiorniku badawczym i ściśnięto hydrostatycznie ciśnieniem 4,0 MPa. Wymiary próbek zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 1. Iniektor do szczelinowania próbek skalnych



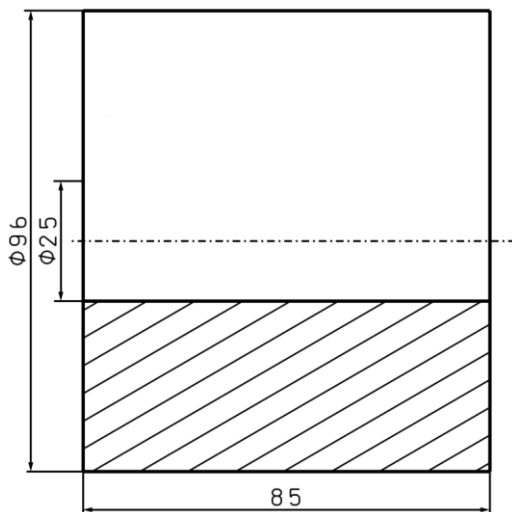
Rys. 2. Przekrój przez zbiornik badawczy

Następnie dokonano szczelinowania poprzez podniesienie ciśnienia płynu szczelinującego w układzie wysokiego ciśnienia. Wskaźnikiem uszkodzenia próbek było wyrównanie ciśnienia w obu układach stanowiska.

Zabieg szczelinowania olejem hydraulicznym przeprowadzono w temperaturze otoczenia. W trakcie badania rejestrowano ciśnienie w układach wysokiego i niskiego ciśnienia. Do lokalizacji szczelin powstałych w ramach badań wykorzystano penetrant SPOTCHECK SKL-WP, którym zabarwiono próbki umyte uprzednio w acetonie. Po zmyciu preparatu z próbek zastosowano wywoływacz w postaci białej kredy.



Rys. 3. Próbką granitową przed badaniem



Rys. 4. Geometria próbek

### 3. Analiza wyników

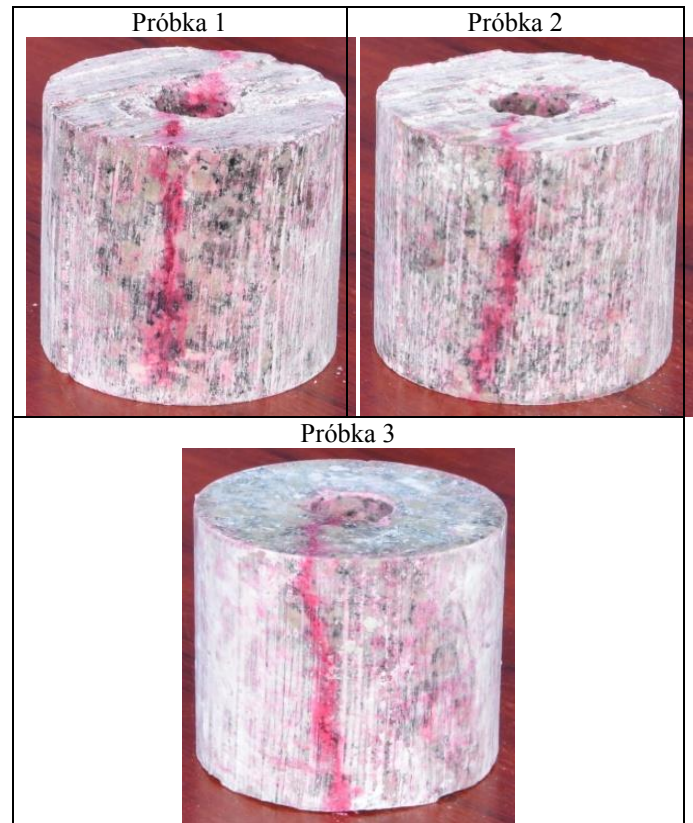
Tabela 1. Wyniki szczelinowania próbek granitowych

	Próbka 1	Próbka 2	Próbka 3
$p_1$ [MPa]	16,9	16,7	16,9
$p_2$ [MPa]	4	4	4
T [MPa]	10,78	10,55	10,78

Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono w tab.1, a zdjęcia wybranych próbek na rys. 5. Wytrzymałość na rozciąganie wyznaczono na podstawie równania Lamego opisującego stan naprężenia w rurze grubościenniej. Wykorzystano wzór postaci:

$$T = -\frac{p_2 - p_1}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r_2^2 - \frac{p_2 r_2^2 - p_1 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad (1)$$

gdzie:  $p_1$  – ciśnienie szczelinujące,  $p_2$  – ciśnienie ściskające,  $r_1$  – promień wewnętrzny próbki,  $r_2$  – promień zewnętrzny próbki.



Rys. 5. Próbką po szczelinowaniu

Średnie ciśnienie szczelinujące wyniosło  $16,83 \pm 0,12$  MPa, dając wytrzymałość na rozciąganie na poziomie  $10,70 \pm 0,13$  MPa. Otrzymane wyniki są zbliżone do danych literaturowych. W normie EN 12372 określono wytrzymałość na zginanie na poziomie 11,2 MPa.

### 4. Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że metoda szczelinowania hydraulicznego może być z powodzeniem stosowana do wyznaczania wytrzymałości na rozciąganie stanowiąc alternatywę dla testu brazylijskiego. Ustalona przy jej użyciu wytrzymałość na rozciąganie granitu strzegomskiego wyniosła  $10,70 \pm 0,13$  MPa.

### Literatura

- [1] Borecki M., Chudek M., *Mechanika górotworu*, Wydawnictwo Śląskie, Katowice 1972.
- [2] Fadeev, A. B., *The "Brazilian" method of testing the tensile strengths of rocks*, Soviet Mining, Vol. 10, 378-382, 1974.
- [3] Kędzierski P., Niezgodą T., Sławiński G., *Development of stand for rock material fracturing in laboratory conditions*, Solid State Phenomena, Vol 240, 94-97, 2015.