

WITOLD CEZARIUSZ KOWALSKI

Uniwersytet Warszawski

WYTRZYMAŁOŚĆ A KSZTAŁT POWIERZCHNI SPEKAŃ PRZY JEDNOOSIOWYM ŚCISKANIU PIASKOWCA

UKD 624.131.251:624.131.376.551.245:[552.513:551.762.1](438.132 Szydłowiec)

Już w trakcie poprzednich badań wytrzymałościowych zwracano uwagę (1, 2, 3, 5), że niektóre próbki podczas jednoosiowego ściskania pękały nie wzdłuż oczekiwanych — zgodnie z teorią — powierzchni stożkowych, a wzdłuż płaszczyzn. Zaobserwowano również, że kierunki rozciągłości tych płaszczyzn są najczęściej mniej więcej zgodne z mierzonymi w terenie kierunkami spekań. Obecnie postanowiono zbadać, czy między mierzonymi wartościami wytrzymałości na ściskanie, a kształtem powierzchni spekania przy ściskaniu jednoosiowym istnieje jakaś zależność. Stwierdzenie takiej zależności mogłoby wskazywać na istnienie w masywie skalnym ukrytych, niewidocznych powierzchni lub stref osłabienia wytrzymałości, wzdłuż których następowałoby pęknięcie.

Do badań wybrano dolnojurański piaskowiec, z obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Był to tzw. „piaskowiec szydłowiecki”, reprezentujący górną część dolnej jury (warstwy ostrowieckie J. Samsonowicza — 6). Do badań pobrano monolity piaskowca w kamieniołomie Podolszańskim położonym około 3 km od Szydłowca. Monolity wzięto ze ściany o azymucie 102°, na głębokości 8,4 m od powierzchni terenu, z ławicy jasnoszarego piaskowca drobnoziarnistego. Miąższość ławicy około 20 cm. Stropowa i spągowa powierzchnia ławicy zrudziła od nacieków związków żelaza i manganu.

(W kamieniołomie cała seria piaskowca szydłowieckiego prezentowana jest jako grube ławice przecięte głównie pionowymi, rzadziej pochylonymi pod

Tabela I

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE PIASKOWCA
DOLNOJURAJSKIEGO W KIERUNKU PROSTOPADŁYM
DO UWARSTWIENIA
(kształt powierzchni zniszczenia stożkowy)

Stan badanych próbek, ośrodek badania, oznaczenie badania,	Numer próbki; kształt powierzchni zniszczenia (pęknięcia)	Wynik badania R_{c1} kG/cm ²	Średnia arytmetyczna R_{c1} kG/cm ²	Dopuszczalne odchylenie $\pm 0,2 R_{c1}$ kG/cm
Próbki w stanie powietrzno-suchym ściskane w powietrzu R_{c1d}	4 c	620	580	± 116
	1 c	580		
	3 c	540		
	74 c	480	415	± 83
	72 c	460		
	2 c	390		
	73 c	330		
70 p	240	205	± 42	
71 p	170			
Próbki nasycone wodą przez kapilarne podniesienie ściskane w powietrzu R_{c1c}	11 c	590	553	± 111
	25 c	550		
	13 c	520		
	30 c	350	317	± 63
	31 c	320		
	14cp.	280		
	12 p	210		
	29 p	180	187	± 35
24 p	170			
Próbki całkowicie nasycone wodą ściskane w powietrzu R_{c1a}	19 c	330	298	± 59
	18 c	290		
	20 c	290		
	79 c	290		
	77 c	290		
	75 p	210	182	± 36
	78 p	190		
	80 p	170		
76 p	160			
Próbki całkowicie nasycone wodą ściskane w wodzie R_{c1w}	33 c	500	413	± 85
	55 c	430		
	32 c	310		
	34 p	240	227	± 45
	97 p	240		
	98 p	200		
	54 p	170		
	56 p	170	167	± 33
95 p	160			

kątem 25°, spękaniem. Bezpośrednio po wydobyciu w stanie świeżym piaskowiec jest miękki i podatny do obróbki. Po kilku dniach twardnieje.

Główną masę drobnoziarnistego piaskowca (87—90%) stanowią ziarna kwarcu o średnicy 0,02—0,20 mm. Naroża i krawędzie ziarn kwarcowych są wyraźnie zaokrąglone. Oprócz ziarn kwarcu widoczne są blaszki sercytu, hydromiki i kaolinitu w ilości około 4—6%. Wśród minerałów akcesorycznych wyróżniono głównie najczystszy turmalin, względnie czysty rutil, cyrkon i staurolit oraz rzadsze: pirokseny i dysten.

Spółwo jest żelazisto-łasto-krzemionkowe. Składa się ono głównie z masy opalowo-chalcedonowej z domieszką tlenków żelaza i wysokodwójwartościowych minerałów ilowych.

Próbki do badań wytrzymałościowych wycięto z 6 przestrzennie zorientowanych monolitów makroskopowych tego samego piaskowca. Mimo jednorodności makroskopowej stwierdzono delikatnie zana-

Tabela II

ŚREDNIE WARTOŚCI WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCISKANIE
BADANYCH PIASKOWCÓW ZALEŻNIE OD ZAKRESU
ICH WYTRZYMAŁOŚCI I POWIERZCHNI ZNISZCZENIA
SPĘKANIA

Zakres wytrzymałości	Rodzaj (oznaczenie) badania			
	R_{c1d}	R_{c1c}	R_{c1a}	R_{c1w}
wysoki	c 580	c 553	—	c 413
pośredni	c 415	c 317	c 298	p 227
niski	p 205	p 187	p 182	p 167

czone warstewkowanie badanych monolitów. Ich ciężary objętościowe wahają się od 1,99 G/cm³ do 2,03 G/cm³. Porowatość badanych próbek wahała się od 25,9 do 26,6%.

Próbki do badań wytrzymałościowych wycięto w postaci walców o wysokości średnicy równej 5 cm, przy nieprzekraczalnej tolerancji ± 1 mm mierzonej z dokładnością pomiaru 0,1 mm. Wycinając z monolitu próbki walcowe zachowywano przestrzenną orientację monolitu, tak że oś walca zawsze pokrywała się z kierunkiem prostopadłym do warstwowania. W ten sposób wyeliminowano wpływ związanej z warstwowaniem anizotropii wytrzymałościowej na wynik pomiarów.

Badania wytrzymałościowe wykonał mgr H. Górka. Wytrzymałość na ściskanie badano w kierunku prostopadłym do uwarstwienia na maszynie wytrzymałościowej ZD-40 z dokładnością odczytu siły ściskającej 10 kG/cm², przy prędkości wzrostu obciążenia 5—10 kG/sek. W celu uzyskania identyczności warunków pomiarów stosowano zawsze jednakowe podkładki tekstolitowe o grubości 0,5 cm.

Pamiętając o wpływie wilgotności skały na wytrzymałość wykonano 4 serie badań wytrzymałości na ściskanie w kierunku prostopadłym do uwarstwienia, a mianowicie na próbkach w stanie: powietrzno-suchym — R_{c1d} , nasyconych wodą wskutek kapilarnego podniesienia — R_{c1c} , całkowicie nasyconych wodą, ściskanych jak poprzednio zarówno w powietrzu R_{c1a} jak i w wodzie.

W każdej z serii badań uzyskano duży rozrzut wyników (tab. I). W poszczególnych seriach stosunek: $R_{c1mas} : R_{c1min}$ wynosi kolejno: 3,7, 3,5, 2,1, 3,1.

Brak różnic w litologii badanych próbek, bardzo małe zróżnicowanie ich ciężarów objętościowych wartości uzyskiwanych wytrzymałości, a także kształt powierzchni pęknięcia przy jednoosiowym ściskaniu pozwala na wyróżnienie 3 zakresów wytrzymałościowych (w przypadku badania wytrzymałości w stanie pełnego nasycenia wodą w powietrzu — R_{c1c} dwóch). Są to zakresy wysokich, pośrednich i niskich wartości wytrzymałości w obrębie każdej serii. Zakresy te podano w tab. II, w której zestawiono średnie arytmetyczne wartości wytrzymałości w obrębie każdego zakresu.

Zarówno w zawierającej dane eksperymentalne tabeli I, jak i w tabeli II (tylko ze średnimi arytmetycznymi) podano literami c i p kształty powstające przy jednoosiowym ściskaniu powierzchni pęknięcia. Litera c oznacza powierzchnie stożkowe (odwróconych względem siebie, stykających się wierzchołkiem stożków mniej więcej zgodnie z teorią), p — mniej więcej płaszczyznę zblizną do pionu.

Z obu tabel wynika, że w przypadku zakresu wysokich wartości wytrzymałości we wszystkich seriach powierzchnie pęknięć były stożkowe, tak jak tego wymaga teoria dla ośrodka ciągłego, jednorodnego. W zakresie niskich wartości wytrzymałości uzyskiwano zawsze mniej więcej płaszczyznę pęknięcia. Wydaje się to wskazywać na istnienie w badanych próbkach niewidocznych makro- i mikroskopowo miejsc, płaszczyzn, czy stref słabiej wytrzymałościowych, które narzucają kierunek pęknięcia i osłabiają wytrzymałość skały.

Biorąc pod uwagę, że w obrębie każdego z zakresu wartości wytrzymałości spełnione są nierówności:

$$R_{e1d} \geq R_{e1s} \geq R_{e1a} \geq R_{e1w}$$

Warto zwrócić uwagę, że w zakresie pośrednich wartości wytrzymałości po jednoosiowym ścisaniu w wodzie próbek całkowicie wodą nasyconych — R_{e1w} obserwuje się nie tylko najniższe wartości wytrzymałości dla tego zakresu, lecz także spełnienia mniej więcej wzdłuż płaszczyzn. Wyróżnienie, zwłaszcza w przypadku badania R_{e1w} , uwidacznia się, że zanurzenie całkowicie nasyconej wodą próbki do wody powoduje zniszczenie menisków kapilarnych, wytwarzających dodatkowo działającą spójność pozorną. Zniszczenie menisków ułatwia ujawnianie się w polu naprężeń utajonych miejsc, płaszczyzn lub stref osłabienia w postaci pęknięcia wzdłuż określonej płaszczyzny.

W nawiązaniu do wyników badań nad marglami górnokredowymi (2—5) warto dodać, że zgodnie z wypowiedzianym poprzednio poglądem, iż wpływ wody na wytrzymałość skał jest słabiej obserwowalny przy wyższych wartościach wytrzymałości (4), dla badanych dolnojurajskich piaskowców stosunek $R_{e1w}:R_{e1s}$ wynosi dla poszczególnych zakresów: 0,71, 0,55, 0,81, gdy dla margli górnokredowych: 0,13.

Biorąc pod uwagę, że $R_{e1a}:R_{e1s}$ wynosi dla badanych piaskowców dolnojurajskich 0,72 i 0,69 okreś-

lić je można zgodnie z naszą propozycją klasyfikacji (2, 3) jako słabomiękkące (0,71—0,90).

LITERATURA

1. Boretti-Onyszkiewicz W. — Anizotropia ciosowa piaskowców fliszowych Podhala Zachodniego w świetle badań wytrzymałościowych. *Biul. geol.*, 1968, nr 10.
2. Kowalski W. C. — Wytrzymałość na ścisanie budowlanych skał senońskich przelomowego odcinka Wisły Środkowej na tle ich litologii. *Ibidem*, 1961, nr 1, cz. 2.
3. Kowalski W. C. — Anizotropia wytrzymałości i mięknienie skał senońskich przelomowego odcinka Wisły Środkowej. *Biul. Inst. Geol.* 1966, nr 190.
4. Kowalski W. C. — The Strength and Deformability of Rocks in the Air-dry Zone in the Capillary Rise and in the Zone of Water Saturation. *Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Sc. de la Terre*, 1971, Vol. XIX, No 3.
5. Łozińska-Stepień H. — Własności fizyczno-mechaniczne skał turońskich przelomowego odcinka doliny Wisły Środkowej (okolice Annopola) na tle ich litologii. *Biul. geol.*, 1965, nr 6.
6. Samsonowicz J. — Cechsztyń, trias i lias na północnym zboczu Łysogór, *Spraw. PTG* nr 5, z. 1—2, 1929.

SUMMARY

Interdependance between strength values and shape of joint surfaces resulting from uniaxial compression perpendicular to the bedding was proven on the basis of experiments concerning strength of Lower Jurassic sandstones to compression. Samples, being in air-dry state, saturated with capillary water, or in a state of complete water saturation, were subjected to compression in air or in water. The observations made were related to the thesis concerning the existence of obscured, invisible places and zones in rocks, where there is a decrease of strength.

РЕЗЮМЕ

В итоге проведенных испытаний на сжатие нижнеюрских песчаников выявлена зависимость между устойчивостью и формой поверхности трещин, возникающих при одноосном сжатии в направлении перпендикулярном к слоистости образцов в воздушно-сухом состоянии, насыщенных капиллярной водой и полностью насыщенных водой, сжимаемых в воздухе и в воде. Наблюдения анализируются в увязке с предположениями о наличии невидимых, скрытых зон пониженной устойчивости в породах.