

岩石の乾湿繰返しによる強度低下と物性値の関係

(独)土木研究所寒地土木研究所○正会員 日下部祐基
(独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 伊東 佳彦
(独)土木研究所寒地土木研究所 阿南 修司

1. はじめに

岩石の劣化要因には、物理的風化、化学的風化および生物的風化などがあり、特に岩石の強度低下に大きく関与すると考えられる物理的風化には、応力解放、降雨や地下水による乾湿繰返し、北海道のような積雪寒冷地では凍結破砕あるいは凍結融解の繰返しなどがある。これらの中で一般的な風化要因である乾湿繰返しによる風化については、多くの研究が行われているが、強度低下などを定量的に把握するまでに至っていない。ここでは、岩石の乾湿繰返しによる強度低下と各物性値との関係を調査¹⁾したので報告する。

2. 試験に用いた岩石

試験に用いた試料は、3 岩種（堆積岩 3、火山岩 2、火砕岩 1）6 岩石である。表-1 に各岩石の物性値を示す。岩石の一軸圧縮強さは、5.4～61.8MPa で一般にいわれる軟岩から硬岩までを含んでいる。

3. 試験方法

前項で示した岩石の基本物性試験は、地盤工学会基準等に準拠して実施した。

岩石の乾湿繰返し試験では、所定の乾湿繰返し後に一軸圧縮試験を実施した。乾湿繰返しは、湿潤（水浸）過程を1日、乾燥過程を乾燥温度 110±5° C で1日の工程を1サイクルとし、最大9.5サイクル数（以下、サイクル数の単位を c と記す）行った。一軸圧縮試験は、供試体を複数本用意して湿潤過程を終了後の強度として 2.5c、5.5c、9.5c の3 サイクルを基本に実施した。乾湿繰返し試験は、JHS111-2006 (H19 NEXCO 試験法) に準拠して湿潤過程からはじめた。

既往研究²⁾によると、乾湿繰返しによる湿潤状態と乾燥状態の一軸圧縮強さは大きく異なり、乾燥状態での値が大きい。ここでは実斜面において岩石強度が小さくなる状態を想定して、求める岩石強度を湿潤過程終了後とした。このため各サイクルには、0.5c の半サイクルを付加している。試験では、準拠した試験法に基づいて吸水率増加率を求めている。試験に用いた供試体の作成は JIS M 0301 に準拠し、

表-1 岩石試料の物性値

岩石名	岩種	飽和密度 ρ_{sat} (g/cm ³)	吸水率 ab (%)	P波速度 Vp (km/s)	一軸圧縮強さ qu (MPa)
岩石 A	堆積岩	2.54	2.7	3.8	56.1
岩石 B	堆積岩	2.44	6.2	2.9	11.0
岩石 C	堆積岩	2.42	6.6	2.8	26.1
岩石 D	火山岩	2.40	6.5	4.3	20.8
岩石 E	火山岩	2.27	11.9	3.1	5.4
岩石 F	火砕岩	2.32	3.5	4.4	61.8

表-2 乾湿繰返しによる強度劣化試験結果

岩石名	乾湿繰返し サイクル数 c	一軸圧縮強さ qu (MPa)	圧縮強さ比 s_c	吸水量増加率 (%/回)
岩石 A	0	56.1	1.00	
	2.5	42.5	0.76	0.01
	5.5	46.0	0.82	0.04
	9.5	46.3	0.83	0.01
	平均値 s_{cav}		0.80	
岩石 B	0	11.0	1.00	
	2.5	5.6	0.51	0.09
	5.5	7.5	0.68	0.06
	9.5	8.1	0.74	0.04
	平均値 s_{cav}		0.64	
岩石 C	0	26.1	1.00	
	2.5	9.31	0.36	0.07
	5.5	13.1	0.50	0.16
	9.5	15.2	0.58	0.03
	平均値 s_{cav}		0.48	
岩石 D	0	20.8	1.00	
	5.5	13.4	0.64	0.12
	9.5	19.3	0.93	0.05
	平均値 s_{cav}		0.78	
岩石 E	0	5.4	1.00	
	2.5	2.6	0.47	0.15
	5.5	1.5	0.28	0.41
	9.5	1.1	0.21	0.27
	平均値 s_{cav}		0.32	
岩石 F	0	61.8	1.00	
	2.5	43.0	0.70	0.09
	5.5	40.0	0.65	0.07
	9.5	24.7	0.40	0.05
	平均値 s_{cav}		0.58	

キーワード 乾湿繰返し、岩石、劣化

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1775

供試体サイズは、直径約 50mm、長さ約 100mm である。

4. 試験結果と考察

乾湿繰返しの試験結果を表-2 に示す。同表に示した圧縮強さ比 s_c とは、任意の乾湿繰返しサイクル後の一軸圧縮強さ qu_c と初期一軸圧縮強さ qu_0 との比($=qu_c/qu_0$)を示したものである。また、各岩石の乾湿繰返しにおける圧縮強さ比の下段に示した平均値は、0c の圧縮強さ比 $s_c=1.0$ を除いた値の平均値である。

乾湿繰返し試験から求められる吸水量増加率は、乾燥・水浸に伴う岩石内部の間隙量の増大、すなわち岩石の固結度の低下を表すものと考えられ、岩石の初期強度からの強度低下を表す圧縮強さ比に関係することが推測される。図-1 に吸水量増加率と圧縮強さ比の関係を示す。吸水量増加率が大きくなるほど、圧縮強さ比が小さくなる傾向がみられる。このことから乾湿繰返しによる強度低下の原因の一つとして、岩盤内部の空隙の増大が考えられる。

今回の試験結果では、一例として図-2 に示すように、乾湿繰返しによる強度低下は、初期計測サイクルで大きく低下し、その後は供試体強度のばらつきを示すような傾向が堆積岩で確認された。そこで、今回の試験結果について全ての岩石が初期サイクルで強度低下したと仮定して、その強度低下を各サイクル数の圧縮強さ比の平均値(以下、平均圧縮強さ比)として求め、各物性値との相関を検討した。

図-3, 4 に吸水率および一軸圧縮強さと、平均圧縮強さ比との関係を示す。各物性値と平均圧縮強さ比の関係では、吸水率とに反比例の関係が、一軸圧縮強さとに正比例の関係がみられる。特に吸水率と平均圧縮強さ比との関係に相関性がよい傾向がみられ、岩石の乾湿繰返しによる初期の強度低下を定量的に推定する方法としての利用が期待できると考える。

5. まとめ

- 1) 乾湿繰返しによる強度低下の原因の一つとして、岩盤内部の空隙の増大が考えられた。
- 2) 吸水率と平均圧縮強さ比との関係により相関がみられ、岩石の乾湿繰返しによる初期の強度低下を定量的に推定する方法としての利用が期待された。

参考文献

- 1) 日下部祐基, 伊東佳彦, 阿南修司: 岩石の乾湿繰返しによる定量化に関する検討, 寒地土木研究所月報, No.688, pp.23-29, 2010.
- 2) 一ノ瀬政友, 松井紀久男, 後藤研: 岩石の水分履歴による強度特性の変化, 資源・素材学会誌, Vol.108, No.1, pp.51-56, 1992.

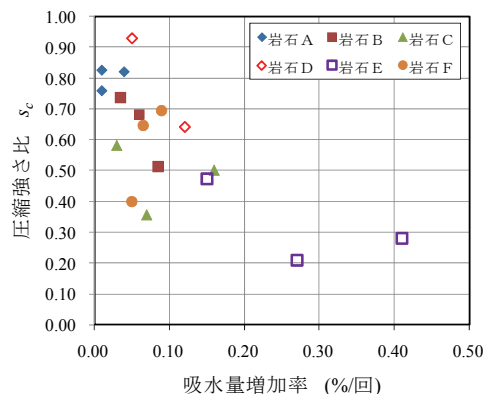


図-1 吸水量増加率と圧縮強さ比

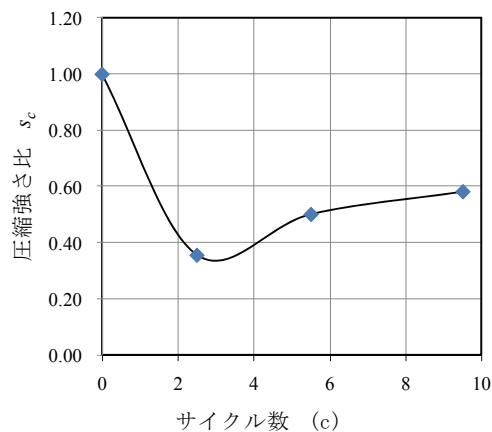


図-2 実験結果の一例(岩石 C)

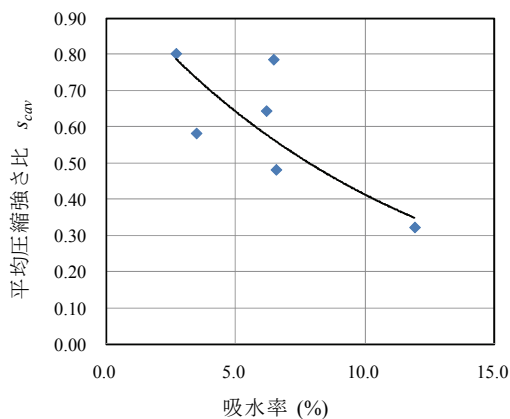


図-3 吸水率と平均圧縮強さ比

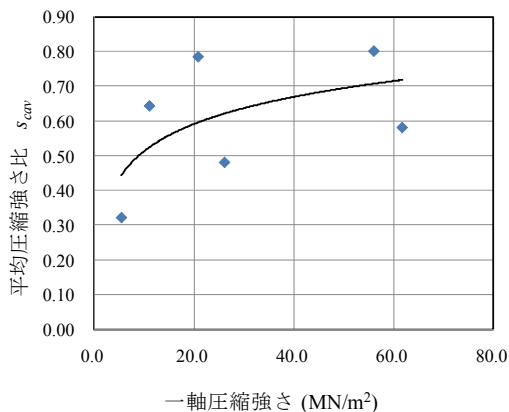


図-4 一軸圧縮強さと平均圧縮強さ比