

# 一次元圧縮試験によるロックフィル材の耐劣化性評価に対する検討

## A Development of One-Dimensional Compression Test Method to Evaluate Resistance to Deterioration of Rockfill Materials

○井上丈嗣\* 西山竜朗\*\* 長谷川高士\*\*\*

Takeshi INOUE, Tatsuro NISHIYAMA and Takashi HASEGAWA

### 1. 目的

長期供用ダムの維持管理における懸念材料の一つである、ロックフィルダム堤体材料の耐劣化性評価を目的として、これまでに著者らは一次元圧縮試験を用いた実験方法に対する検討を重ねてきた<sup>1-3)</sup>。本研究ではこれらの成果をさらに発展させ、材料評価手法の確立を目的とする実験的検討を行った。

ここでは、既報と同様に、圧縮降伏応力を破砕強度の指標とし、材料の劣化作用の有無に対する差異から、岩石材料の耐劣化性を表そうとした。破砕強度に影響を与える初期間隙比の制御<sup>3,4)</sup>を新たに重要視して一次元圧縮試験を実施し、岩石の劣化を見出すためにしばしば参照される指標である破砕率、密度、吸水率との対応を合わせて検討するとともに、相対密度や圧縮指数といった注意が必要と考えられる<sup>5)</sup>指標についても検討を行った。

### 2. 手法

一次元圧縮試験においては、試料に集中粒径を持たせる<sup>2)</sup>こととし、所定の粒径幅 5～10 mm, 10～20 mm, 20～30 mm を与えた。

材料には、四万十累帯の砂岩および頁岩、領家帯の花崗岩および閃緑岩を用いた。いずれも未風化と判断される岩塊を採取し、それらを破砕させ分級した試料を水洗いし、105±5℃で炉乾燥を行ったものを原状試料と位置付けた。以下では、後述の人工劣化作用を与えた試料と呼称を統一し原状試料を「0 サイクル」試料と称する。

0 サイクル試料と別に、以下のような劣化作用を受けた試料を準備した。すなわち、浸水 8 時間以上・-20℃凍結 3 時間以上・110℃炉乾燥 8 時間以上を 1 サイクルとし、0 サイクル試料に 1 サイクルおよび 5 サイクルの作用を与えた 2 種の試料を作成した。これら人工劣化作用を与えた後に再度ふるい分けを行い、人工劣化作用による破砕率  $B_M$ <sup>6)</sup>を求めた。

試験で用いる初期間隙比  $e_0$  を規定するために、各材料・粒径に対し、手で静かに置いた状態である粒子が最も緩く詰まった時の供試体の間隙比  $e_{max}$  とともに、ハンマー打撃によって最も密に詰まった時の間隙比  $e_{min}$  を求めた。その結果から、将来的に全試料に統一して与えることを想定した  $e_0$  の目標値を定めた。

### 3. 結果

得られた最大間隙比  $e_{max}$  および最小間隙比  $e_{min}$  を表 1 に示す。表 1 の値から、ここでは全ケースに対する  $e_0$  の統一は難しいと判断し、2 種の初期間隙比  $e_0$  を規定した。

表 1 において人工劣化作用に伴う圧縮降伏応力  $p_c$  の減少がみられるのは、頁岩(図 1)と閃緑岩、砂岩の一部であり、花崗岩の  $p_c$  は増大している。また、おおむね、試料粒径が大

\* 愛媛大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Ehime University

\*\* 愛媛大学農学部 Faculty of Agriculture, Ehime University

\*\*\* 京都大学名誉教授 Professor Emeritus, Kyoto University

キーワード：ロックフィル材料，劣化，破砕

きいほど  $p_c$  が大きく現れている。

圧縮指数  $C_c$  は粒径の大きいものほど大きく現れる傾向もみられる。また、すべての材料に共通した応答として、粒径 10~20 mm と粒径 20~30 mm の試料では曲線の乱れが目立った。

表 1 において、人工劣化作用により乾燥密度  $\rho_d$  および吸水率  $Q$  の値に変化はみられるものの、劣化作用に応じて  $\rho_d$  は小さく、 $Q$  は大きくなるといった通常の応答を示したのは、頁岩、および閃緑岩と砂岩の一部であった。

人工劣化作用に伴い、頁岩のみで破砕率  $B_M$  が増大し、またその増分も大きく現れた。また、おおむね、試料粒径が大きいほど  $B_M$  が大きく、劣化がないことを想定した 0 サイクル試料の  $B_M$  も大きく現れる場合があった。

#### 4. 結論

得られた試験結果から、泥岩(頁岩)は全指標で一様に劣化作用に見合う安定した応答を示したことから、耐劣化性が低いと判定される。一方、他の材料では全指標で応答の作用が安定しない結果となった。指標によっては劣化を示していることから、これらの材料は耐劣化性が高いとは言い切れないが、泥岩よりも明らかに耐劣化性に優ると判定される。

$e_{max}$  および  $e_{min}$  の値に応じた  $e_0$  の制御においては、試験手法として有効な結果も得られた一方で、材料・粒径によってすべての場合で  $e_0$  を統一することはできないという一面もあった。今後は、試験初期状態を相対密度  $D_r$  で制御・統一することにより、材料・粒径に依らない同一初期条件を与えることに対する検討を予定している。

[参考文献] 1) 西山ら, 農業農村工学会論文集, No. 252, pp. 87—95 (2007). 2) 藤井ら, 農業農村工学会全国大会講演要旨集, pp. 660—661 (2008). 3) 井上ら, 農業農村工学会全国大会講演要旨集, pp. 412—413 (2011). 4) Hagerty et al., *J. Geotech. Engng.*, ASCE, Vol. 119, No. 1, pp. 1—18 (1993). 5) 中田ら, 破砕性地盤の工学的諸問題に関するシンポジウム発表論文集, pp. 15—20 (1999). 6) Marsal, *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, Vol. 93, No. SM2, pp. 27—43 (1967).

表 1 : 試験結果の概要

#### Experimental results

	粒径 (mm)	$e_{max}$	$e_{min}$ 打撃回数	$e_0$	サイ クル	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$Q$ (%)	$p_c$ (kPa)	$C_c$	$B_M$ (%)
頁岩	5-10	1.055	0.808	0.95	0	2.7	1.42	1,910	0.48	3.6
			4,853		1	2.71	1.73	1,830	0.48	5.4
			4,853		5	2.66	1.74	1,470	0.45	16.3
	10-20	1.214	0.884	0.95	0	2.6	2.41	820	0.44	5.8
			4,853		1	2.55	2.65	480	0.4	30.9
			2,095		1	2.58	1.77	910	0.68	11.2
20-30	1.249	0.825	1.1	0	2.52	2.03	1,270	0.73	3.7	
		2,720		1	2.55	1.57	-	-	1.4	
		4,020		5	2.61	1.77	1,800	0.5	2.5	
花崗岩	5-10	1.248	1.018	1.1	0	2.62	2.09	730	0.64	4.9
			4,020		1	2.57	1.73	690	0.52	2.5
			4,020		5	2.57	1.65	745	0.6	5.9
	10-20	1.308	1.051	1.1	0	2.54	1.86	390	0.49	8.4
			3,620		1	2.61	1.72	990	0.8	3.8
			3,620		5	2.61	1.77	1,270	1.06	8.9
閃緑岩	10-20	1.226	0.937	1.1	0	2.75	1.63	1,760	0.68	2.2
			3,620		1	2.7	1.52	1,630	0.76	1.3
			3,620		5	2.75	1.56	1,530	0.75	1.3
	20-30	1.213	0.984	1.1	0	2.71	1.25	2,350	0.9	2.2
			2,370		1	2.69	1.43	2,040	0.79	1.7
			2,370		5	2.69	1.41	1,990	0.85	0.9
砂岩	5-10	1.092	0.868	0.95	0	2.56	1.45	2,830	0.53	2.9
			2,370		1	2.59	1.46	2,660	0.49	1.5
			2,370		5	2.61	1.41	2,760	0.51	1.2
	10-20	1.343	1.049	1.1	0	2.7	1.06	1,970	0.55	0.4
			2,870		1	2.6	1.16	2,050	0.61	0.4
			2,870		5	2.64	1.14	2,300	0.61	0.6
20-30	1.295	0.973	1.1	0	2.57	0.97	5,910	0.87	1.1	
		3,170		1	2.58	0.91	3,835	0.84	0.7	
		3,170		5	2.6	0.89	3,583	0.78	0.2	

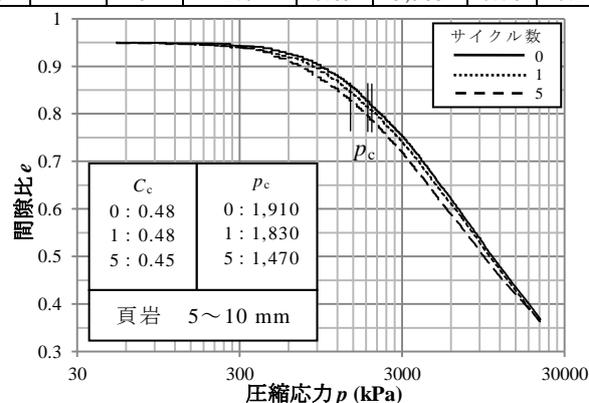


図 1 : 頁岩の圧縮曲線

#### Compression curves for shale