

水和生成物の地下水への溶脱に伴うコンクリート長期劣化に関する調査（その4）

東京電力(株) 正会員 蓮本清二
 東電設計(株) 正会員 橋本 淳 谷 智之 池谷貞右
 (株)大林組 正会員 人見 尚 鈴木健一郎

1. 目的

筆者らは、これまでにダムや水路覆工コンクリートなど、実構造物として長期間地下水と接触したコンクリートの変質状態について調査を行ってきた¹⁾²⁾³⁾。その結果、常時水と接触する環境下にあるダム上流面や着岩部などにおいて、コンクリート中のセメント水和物が周囲の水に溶解し、徐々に水和組織の空疎化が生じることが確認された。本報告では、その空疎化した部位において簡易なせん断強度試験を実施し、ナチュラルアナログの観点から溶脱部の力学特性、特にせん断強度について考察を行ったので、ここに報告する。

2. 調査地点の概要

調査を実施したAダムは竣工後約75年経過したコンクリートダムである。調査試料は、ダム着岩部A（湧水多）、着岩部B（湧水少）および貯留水に常時接したダム上流面の3箇所から採取した。なお、着岩部の基礎岩盤は火山砕屑岩が主体であり、岩質は比較的ポーラス（有効間隙率 67.7～69.1%）な岩である。また、ダム貯留水の水質は、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 等、全国河川平均と比較し標準的なものであることを確認している。

3. 調査項目

コンクリートの変質状態を確認するため、表-1に示す調査項目について試験を実施した。今回はこのうちCa/Siモル比の分布、総細孔量と細孔径分布およびせん断強度試験結果について報告する。

表-1 試験項目

分類	調査項目	方法
1. 水和組織の状態	中性化範囲	フェノールレイン法
	Ca/Siモル比の分布	EPMAによる面分析
	水和生成物の構成	X線回折法、示差熱分析法
	細孔量と細孔径分布	水銀圧入法
2. 力学的性状	圧縮強度	JISA 1107
	静弾性係数	JSCE-G-502
	せん断強度	ISRM指針
3. ダム貯留水	水質分析	JISK 0101, 上水試験法

4. 試験結果

(1) Ca/Siモル比の分布

EPMAを用いて測定したCa/Siモル比の分布を図-1に示す。着岩部AではCa/Siモル比の低下（Ca/Si=1.2以下）が深度方向に8.5mm程度、着岩部Bは変質が特に認められず、ダム上流面は深度方向に13.0mm程度の低下が認められた。基礎岩盤が同じであっても水理特性の違いにより、溶脱範囲が全く異なる結果となった。

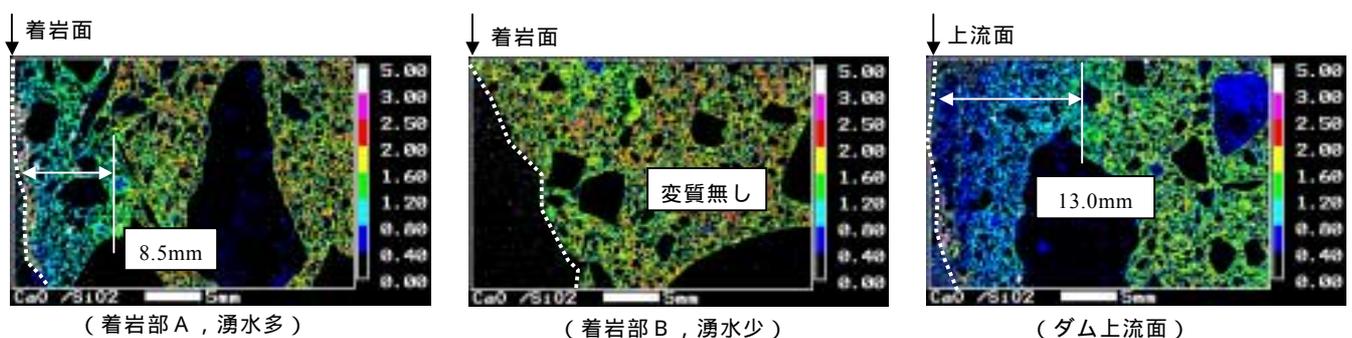


図-1 Ca/Siモル比の分布

キーワード コンクリート、溶脱、ナチュラルアナログ、力学特性
 連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3/TEL03-4464-5225/k_hashimoto@tepsco.co.jp/橋本 淳

(2) 総細孔量と細孔径分布

EPMA を行った試料の境界面側 10mm までの総細孔量と細孔径分布を図-2 に示す。最も Ca/Si モル比の低下範囲が広がったダム上流面では、総細孔量が著しく増加し、着岩部の試料に比べ空疎化しているものと判断できる。しかしながら、着岩部 A では、Ca/Si モル比の低下が確認されたものの、着岩部 B と同様の総細孔量と細孔径分布となっている。この要因としては、着岩部 A の示差熱分析結果から、Ca/Si モル比の低下範囲で CaCO₃ の析出が確認されており、溶脱により増加した細孔が CaCO₃ により充填されたものと判断できる。

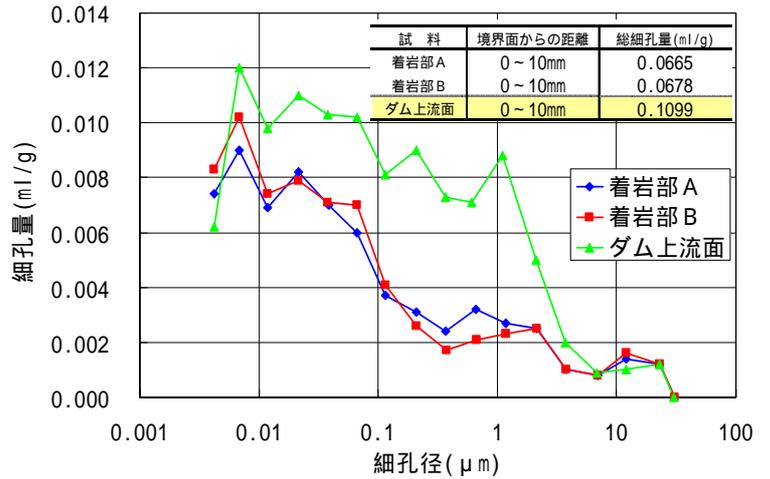


図-2 総細孔量と細孔径分布

(3) せん断強度試験結果

溶脱部(面)の力学特性を極限られた供試体の強度試験から把握するという観点から、多段階一面せん断試験によって、せん断強度を求めることとした。総細孔量とせん断強度の関係を図-3 に示す。また参考としてダム内部の結果もプロットした。着岩部 A および着岩部 B は総細孔量が 0.067mg/l, 0.068ml/g とほぼ同様な値であり、せん断強度も着岩部 A が 2.25MPa, また着岩部 B が 2.49MPa とほぼ同様な値を得た。一方、溶脱の進行で最も総細孔量が大いダム上流面のせん断強度は 1.51MPa と、着岩部に比べ 3 割以上の強度低下が確認された。

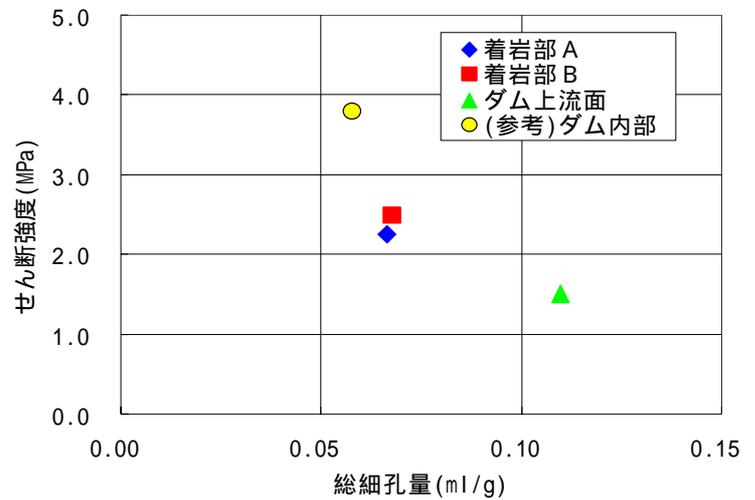


図-3 総細孔量とせん断強度の関係

5. まとめ

今回の調査で、コンクリートに接する基礎岩盤が同質であっても、水理特性の違いで溶脱範囲が大きく異なることが実造物から確認できた。また、最も溶脱が進行したダム上流面では着岩部に比べ、総細孔量が増加しており、コンクリート自体が空疎化していることが示された。さらに、溶脱部位においてせん断強度試験を実施した結果、総細孔量とせん断強度には負の相関があり、総細孔量が増加した場合、せん断強度は低下することが実造物において確認できた。今後の課題としては、これらの関係を示すデータが少ないことから、さらなるデータの蓄積が必要と考えている。

表-2 今回の調査結果

名称	Aダム (経過年数75年)		
	着岩部A	着岩部B	ダム上流面
境界条件	火山碎屑岩	火山碎屑岩	貯留水
透水係数(cm/sec)	6.0 × 10 ⁻⁴	3.0 × 10 ⁻⁴	—
Ca/Si比から見た溶脱範囲	8.5mm程度	無し	13.0mm程度
総細孔量(ml/g)	0.0665	0.0678	0.1099
せん断強度(MPa)	2.25	2.49	1.51

【参考文献】

1) ~ 3) 蓮本清二ら：水和生成物の地下水への溶脱に伴うコンクリートの長期劣化に関する調査，土木学会第56～58回年次学術講演会，2001～2003