

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3）

東京電力(株) 正会員 蓮本清二 内田善久
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 斎藤裕司

1．はじめに

筆者らは、これまでにダムや水路覆工など、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の調査を行ってきた^{1) 2)}。一般に、結合材の一部としてフライアッシュを混和したコンクリートは、ポゾラン反応により難溶性のカルシウムシリケート水和物を生成することで耐溶脱性に富むといわれている。本報告では、フライアッシュを混和材として使用したコンクリートダムから試料を採取し、その変質状態について調査を行い、ナチュラルアナログの観点から耐溶脱性について考察した。

2．調査地点の概要

調査対象のAダムは、竣工後約50年経過したコンクリートダムである。調査試料は、いずれも結合材の30%をフライアッシュで置換したコンクリートで、基礎との岩着部、および貯留水に常時接する環境下にあるダム上流面フーチングから採取したものである。なお、基礎岩盤は、「花崗岩」および「ひん岩」の2種類で、岩質は前者が新鮮で緻密（有効間隙率1.40）、後者は比較的緻密（同7.33）な岩である。また、ダム貯留水および河川水の水質は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モル比の分布および細孔量と細孔径分布の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	フェノールフタイン法
	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	JISA1107
	弾性係数	JSCE-G-502
	せん断試験	ISRM指針
3．ダム貯留水	水質分析	JISK0101, 上水試験法

4．試験結果

(1) Ca/Si モル比

EPMAを用いて測定したCa/Siモル比を図-1に示す。花崗岩と接触した岩着部ではCa/Siモル比の低下は認められないが、ひん岩との岩着部で深度方向に1.0mm程度、上流面フーチング部では深度方向に12.5mm程度のCa/Siモル比の低下（Ca/Si=1.2以下）が認められた。

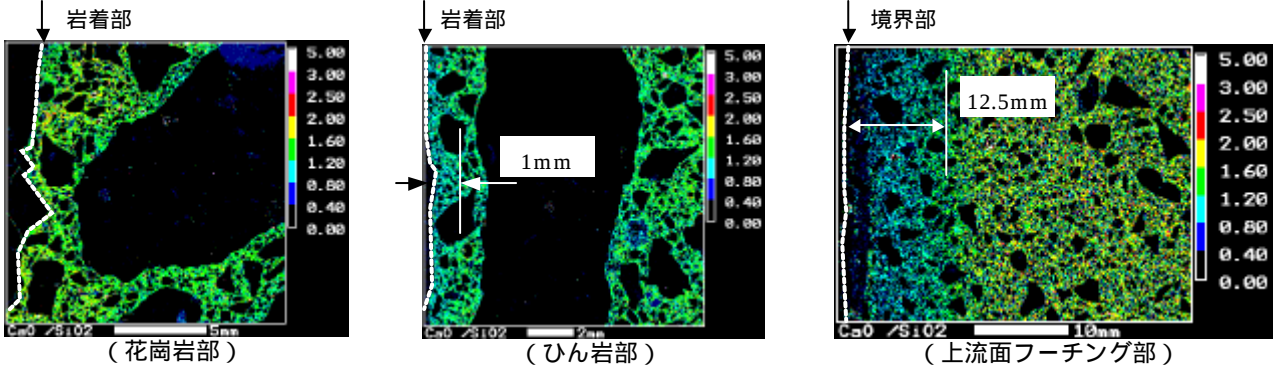


図-1 Ca/Si モル比の分布

キーワード コンクリート，フライアッシュ，溶脱，ナチュラルアナログ
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) 細孔径分布

EPMA により最も溶脱が確認された上流面フーチング部の深度別細孔径分布図を図-2 に示す。最も Ca/Si モル比が低下した表面 0～5mm の部位では表面から 10～15mm の部位に比べ、0.01 μm 以上の細孔量が顕著に増加しており、一方で微細な細孔径 0.01 μm 未満の細孔量が減少している。これら深度方向における細孔径分布の測定結果から、表面 0～5mm のように溶脱が進行した部位では、コンクリート水和組織の空疎化が進行し、コンクリート自体がポラスなものになる傾向にあることがわかる。

5 . 考 察

今回の調査結果を整理したものを表-2 に示す。岩着部はいずれも基礎岩盤と密着したコンクリートである。Ca/Si モル比から推定される溶脱範囲は、岩盤性状が緻密な花崗岩との岩着部で 0mm、比較的緻密なひん岩との岩着部で 1.0mm 程度、また貯留水と常時接触する環境下にあるダム上流面フーチング部で 12.5mm 程度となっている。この結果から、溶脱範囲はコンクリートが接する基礎岩盤の岩質など境界条件によって大きく異なり、特に岩盤が緻密であるほど小さくなる傾向を示している。これは、岩盤の性状が緻密になるに従い、岩盤中の間隙水（貯水池からの浸透水）との接触が減じられることで、コンクリート中の水和組織の溶脱が抑制され、溶脱範囲が小さくなったものと考えられる。

なお、当該ダムでは施工段階の初期にはフライアッシュ無混和の普通コンクリートを使用しており、この部位の岩着部においても同様の調査を行った。しかし、いずれも緻密な花崗岩に密着した岩着部ということもあり、今回の調査では溶脱が確認されなかった。したがって、耐溶脱性に富むとされるフライアッシュを混和したコンクリートの定量的な評価は、今回の調査では把握できておらず今後の課題と考えている。

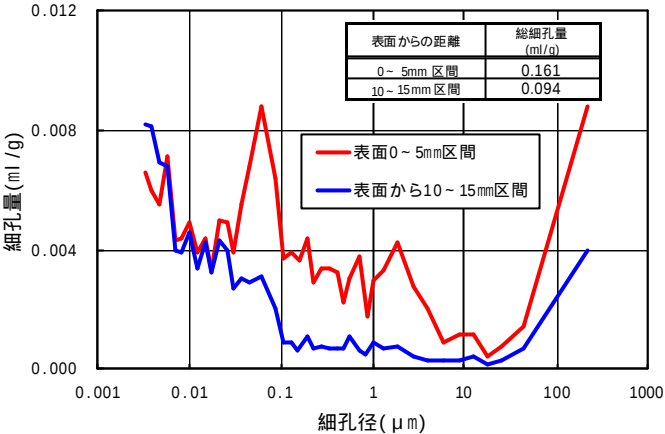


図-2 細孔径分布図

表-2 Ca/Si モル比に着目した溶脱範囲総括表

名 称	Aダム		
配 合	W/(C+F)= 0.53 , C+F = 220kg/m ³ , F/(C+F) = 30 %		
部 位	岩着部	岩着部	上流面フーチング部
経過年数	約50年		
基礎岩盤	花崗岩	ひん岩	-
岩盤性状	緻密	比較的緻密	-
有効間隙率	1.40	7.33	-
岩着部の状態	密着	密着	-
Ca/Si比から見た溶脱範囲	0mm	1.0mm程度	12.5mm程度

6 . おわりに

今回、結合材の一部としてフライアッシュを使用し、施工後約 50 年経過したダムより試料を採取しコンクリートの変質状態を調査した。その結果、溶脱はコンクリートが接触する岩盤性状等、境界条件によって大きく異なることが確認できた。つまり、Ca/Si モル比が著しく低下した部位では細孔量が増加し溶脱によりコンクリート水和組織の空疎化が進行すること、また、非常に緻密な基礎岩盤と密着した岩着部コンクリートは、長期間経過後も健全であることを実構造物において確認することができた。今後は、これまでに得られた知見をさらに詳細に考察し、コンクリートの長期劣化予測技術に活用していくこととしたい。

【参考文献】

1) 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 回年次学術講演会，2001
2) 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 57 回年次学術講演会（その 2），2002