

大河津分水旧可動堰で 80 年使用されたコンクリートの 力学特性および耐久性評価

新潟大学大学院	正会員	菊地	道生
新潟大学	正会員	○佐伯	竜彦
新潟大学	正会員	斎藤	豪
新潟県柏崎市役所	非会員	吉岡	卓馬

1. はじめに

大河津分水旧可動堰は、1931（昭和 6）年の竣工以来約 80 年間供用されたコンクリート構造物である。日本におけるセメント製造の歴史は約 130 年であるため、80 年という長期にわたり実環境による作用を受けたコンクリートは、貴重な研究試料と言える。そこで本研究では、自然環境中で長期供用されたコンクリートの諸特性について検討した。具体的には、旧可動堰において環境条件の異なる箇所から採取したコンクリートコアを用い、力学特性および耐久性に着目し各種試験を行った。

2. 実験概要

本研究では図 1 に示すように、堰体・橋脚の昭和 5 年施工部分について、河川水面下に位置する水中部と水面上部の気中部の数か所から、また、昭和 40 年に嵩上げた部分（気中）から、JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法および圧縮強度試験方法」に準拠しコアの採取を行い、各種試験に用いた。

試験項目は、力学特性について圧縮強度と静弾性係数、耐久性に関連し電気泳動法による塩化物イオン実効拡散係数、酸素拡散係数と中性化深さとした。中性化深さ試験のみコア表層 5cm 厚部分を用い、他の試験においては表層 5cm より内側の部分を用いた。

3. 実験結果と考察

3. 1 圧縮強度・静弾性係数

図 1 に、試験によって得られた圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図より、圧縮強度は工事誌¹⁾記載の建設当時の圧縮強度(24.9N/mm²)を上回った。JASS 5 における圧縮強度-静弾性係数関係式[1]を図中に併せて表す²⁾。

$$E = 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{\gamma}{2.4} \right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60} \right)^{1/3} \quad [1]$$

ここに、E：コンクリートの静弾性係数(N/mm²)

γ ：単位容積質量(t/m³)

σ_B ：圧縮強度(N/mm²)

図より、旧可動堰コンクリートコアにおける試験結果は、概ね式 [1] と同様の傾向を示した。このことから、大河津分水旧可動堰のコンクリートは、圧縮強度-ヤン

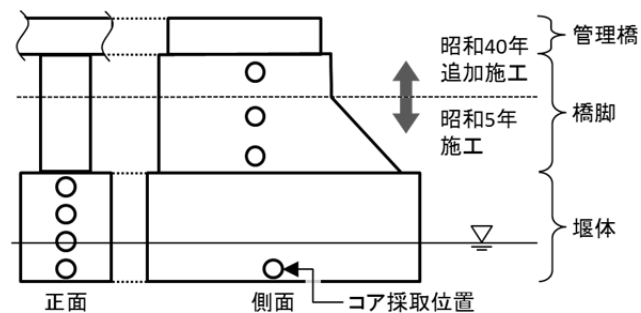


図 1 大河津旧可動堰-コア採取位置概略図

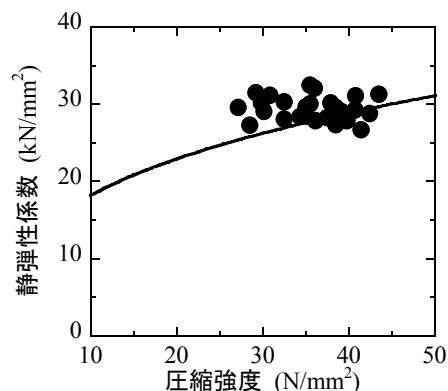


図 2 圧縮強度と静弾性係数の関係

グ係数の関係において現代のコンクリートとほぼ同等の性質を有していることが推察された。

3. 2 塩化物イオン実効拡散係数・酸素拡散係数

図 2, 3 に、旧可動堰コアにおける塩化物イオン実効拡散係数および酸素拡散係数と圧縮強度の関係を示す。また、図 2 に著者らの既報における普通コンクリート³⁾、フライアッシュコンクリート⁴⁾の試験結果および、結合材種類毎に求めた回帰直線を併せて示す。同様に図 3 について、普通コンクリート⁵⁾および小林らによるフライアッシュコンクリート⁶⁾の試験結果を示す。

図より、大河津分水旧可動堰から採取したコアの塩化物イオン実効拡散係数および酸素拡散係数は、それぞれ現代の普通コンクリートの 1/5～1/20 および 1/2～1/6 程度と低い値であり、フライアッシュコンクリートとほぼ同等の値であった。このことから、旧可動堰コンクリー

キーワード

圧縮強度、塩化物イオン拡散係数、酸素拡散係数、中性化深さ

連絡先

〒950-2102 新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地 新潟大学工学部建設学科 TEL 025-262-7279

トは塩化物イオンおよび酸素の浸透に対して優れた抵抗性を有していることが明らかとなった。

この原因として、旧可動堰建設時の工事誌¹⁾に火山灰使用の記述があることから、火山灰のポズラン反応が考えられる。コンクリートへの火山灰・フライアッシュといったシリカ質微粉末の混和は、それらのポズラン反応に伴い硬化体組織が緻密化し物質透過性を低下させることが知られている。このため、旧可動堰コンクリートにおいても火山灰の混和によりポズラン反応が生じ、フライアッシュコンクリートに相当する緻密な組織が形成されたと推察される。また、火山灰の長期にわたるポズラン反応が、圧縮強度について80年経過後最大で15N/mm²程度増進した一因であると考えられる。

3.3 中性化深さ

昭和5年施工コンクリートの気中部および、昭和40年施工コンクリートにおいて中性化深さ試験を行った。試験の結果、昭和5年施工気中部における平均中性化深さは12.7mm、昭和40年施工部分においては1.5mmであった。また、コンクリート標準示方書⁷⁾記載の中性化深さ予測式[2]を用い、中性化期間80年における中性化深さの予測値の算出を行った。ここで、式[2]の有効水結合材比の定義においてフライアッシュは結合材に含めないこととしている。このため、火山灰使用の記述がある昭和5年施工部分については、配合推定の結果得られている水結合材比45%から、火山灰を除いた値である60%とした。また、昭和40年施工部分では、工事記録に基づき44%とした。試算の結果、昭和5年施工部分で14.8mm、昭和40年施工部分で2.7mmとなった。したがって、旧可動堰コンクリートは、中性化に対して現代の普通コンクリートと同程度の中性化抵抗性を有していると考えられる。

$$y = (-3.57 + 9.0W/B)\sqrt{t} \quad [2]$$

ここに、y：中性化深さ(mm)

t：中性化期間(year)

W/B：有効水結合材比(%)

4. まとめ

80年にわたる供用期間を経た大河津分水旧可動堰から採取したコアについて、力学特性および耐久性に着目し各種検討を行った。その結果、旧可動堰コンクリートにおいて、建設時に比べ圧縮強度の増進が生じていることや、物質移動抵抗性が非常に高いことが明らかとなった。これは、火山灰の使用に伴うポズラン反応により硬化体組織が緻密となったためと推察された。

【謝辞】

本研究は、国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所の委託を受けて組織した土木学会・大河津可動堰記録

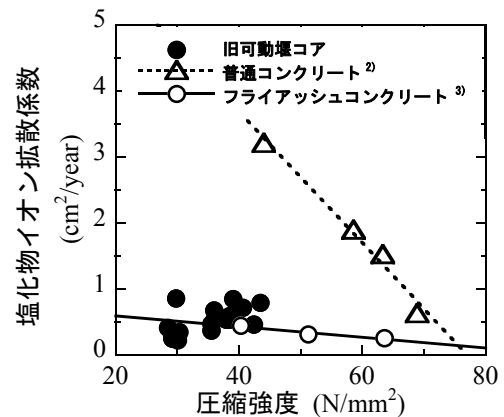


図3 圧縮強度と塩化物イオン実効拡散係数の関係

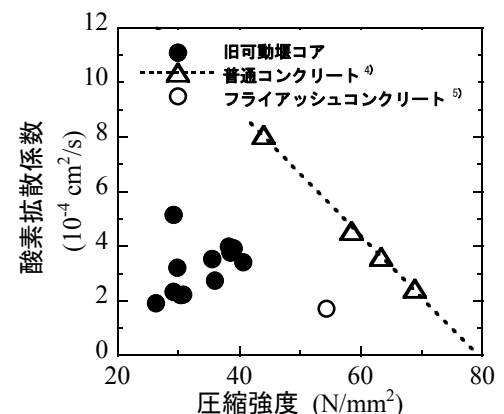


図4 圧縮強度と酸素拡散係数の関係

保存検討委員会(委員長：丸山久一 長岡技術科学大学教授)の成果の一部である。ここに付記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 北陸地方建設局：信濃川大河津分水誌，1968
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，2009
- 3) 嶋毅，佐伯竜彦，吉澤啓典，山本佳城：シリカフェームコンクリートの塩分浸透抵抗性，セメント・コンクリート論文集，No.63，pp.414-420，2009
- 4) 川原真一，佐伯竜彦，佐々木謙二，佐藤道生：フライアッシュを用いた長期材齢コンクリートの塩分浸透抵抗性の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.845-850，2011
- 5) 川原真一，嶋毅，須田裕哉，佐伯竜彦：シリカフェームコンクリートの塩化物イオン拡散性状および固定化特性，セメント・コンクリート論文集，No.64，pp.354-361，2010
- 6) 小林一輔，出頭圭三：各種セメント系材料の酸素の拡散性状に関する研究，コンクリート工学，Vol.24，No.12，1986
- 7) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書「設計編」，2012