

V-139

材齢90年を超えたダムコンクリートの品質調査

日本国土開発（株）正会員 浅沼 潔 正会員 竹下治之
 長崎県 土木部 河川開発課 川原 孝
 日本国土開発（株） 宮本以徳 中島 明

1. はじめに

西山ダム（長崎県長崎市）は、1904年（明治37年）3月に竣工した、堤高31.82m、堤頂長139.39m、総貯水量1,527,300m³のコンクリート重力式ダムである（写真-1参照）。本ダムは1900年（明治33年）に建設された布引五本松ダム¹⁾に次いでコンクリートダムの歴史の中で最も古い年代に属し、堤体コンクリートは材齢90年以上に達する。今回、堤体コンクリートからコア供試体採取する貴重な機会を得たため、これを用いて各種試験を行い、長期材齢を経たダムコンクリートの品質および耐久性について調査した。

2. 西山ダムの工事概要²⁾

コンクリートに使用したセメントは国産製、骨材は海砂および砂利である。配合は表-1に示す2種類であり、セメント、砂および砂利の容積比率は、それぞれ、セメント：砂：砂利＝1：2：4（第1種コンクリート）、1：3：6（第2種コンクリート）である。本ダムの内部コンクリートには、主に、第2種コンクリートが用いられた。コンクリートの施工方法は、まず、型枠替わりに上・下流面に縦・横35～40cm、長さ40～45cmのコンクリートブロック（写真-2参照）をモルタル敷設後

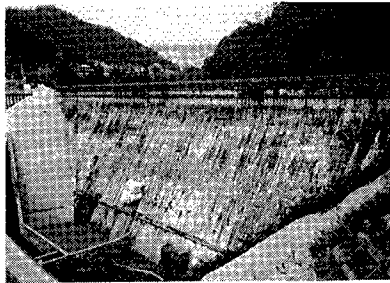


写真-1 西山ダム

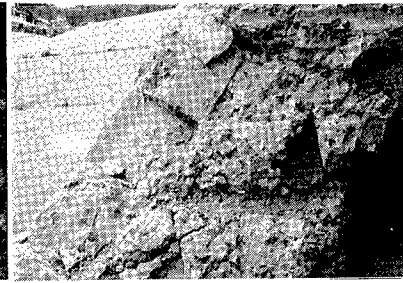
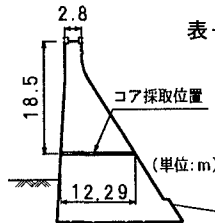


写真-2 コンクリートブロック

設置して内側にコンクリートを打ち込み、次に図-1 コア採取位置粗石を配置して突き固め、さらにコンクリートを打ち足す方法が採られたと推察される。表-2に主要材料の使用量を示す。


表-1 コンクリートの配合（6m³あたり）

コンクリートの種類	セメント (m ³)	砂 (m ³)	砂利 (m ³)
第1種コンクリート	1.5	3	6
第2種コンクリート	1	3	6

表-2 主要材料表

材 料 名	使 用 量	摘 要
第1種コンクリート	1,767 m ³	コンクリート
第2種コンクリート	16,136 m ³	
栗 石	3,804 m ³	粗 石
コンクリートブロック	6万4千個	堤 体 表 面

3. ダムコンクリートの調査概要

ダムコンクリートの調査は、図-1に示す位置からコアを採取し、表-3に示す各種試験を行った。なお、コア供試体（直径160mm、高さ320mm）の作製にあたり、大きな粗石、ジャンカおよび空隙を有する部分は除外した。

4. 調査結果および考察

(1) 圧縮強度、引張強度および弾性係数

試験結果をまとめて表-4～5に示す。コンクリートの圧縮強度は156～235kgf/cm²（平均195kgf/cm²）、引張強度は12～24kgf/cm²（平

表-3 試験項目

調 査 項 目	試 験 項 目	試 験 方 法
物理的性質	圧縮強度	JIS A 1108
	引張強度	JIS A 1113
	弾性係数	土木学会（案）
	単位容積質量	直接測定方法
	透水係数	アウトプット法
耐 久 性	中性化深さ	フェノールフタ レイン溶液噴霧
	細孔径分布	水銀圧入法
配 合	材料の単位量	セメント協会法

ダムコンクリート、長期材齢、品質、耐久性

〒243-03 神奈川県愛甲郡愛川町中津4036-1 TEL 0462-85-4871 FAX 0462-86-0946

平均 17kgf/cm^2 ）である。圧縮強度に対する引張強度の割合は1/11程度であり、現在のコンクリートとはほぼ同等の値を示した。弾性係数は $1.5\sim 3.3\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ （平均 $2.4\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ ）であり、図-2から分かるように、弾性係数と圧縮強度の関係は現在のコンクリートと同様の傾向を示した。

(2) 単位容積質量

単位容積質量は $2.27\sim 2.41\text{t/m}^3$ （平均 2.37t/m^3 ）であり、重力式ダムとして必要とされる値（ 2.31t/m^3 ）をほぼ満足している。なお、試験では大きな粗石を含むコアは除外しているため、堤体コンクリートの単位容積質量はこれらの値よりも大きいと考えられる。

(3) 透水係数

透水係数は $1.7\times 10^{-8}\sim 4.2\times 10^{-8}\text{cm/sec}$ であり、現在のダムコンクリートのそれに比べて比較的大きな値を示した。これは、施工当時はほとんどの作業が人力で行われており、大量の硬練りコンクリートを人力で製造し、打込み・突固めを行う施工方法によるところが大きいと考えられる。

(4) 中性化

供試体破断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧した結果、未着色部分はなく、内部コンクリートに中性化の進行は認められなかった。

(5) 細孔径分布

図-3に累加細孔量を示す。同図から、毛細管空隙（空隙径 $3\text{nm}\sim 2\mu\text{m}$ ）のうち $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔が、普通コンクリートに比べて比較的多いことが分かる。これは、黒部ダムの報告⁴⁾と同様に、90年を超える時間の経過とともにセメントの水和生成物が毛細管空隙内に徐々に析出したためであり、水和反応が長期にわたり正常に進行したことが推察される。

(6) コンクリートの配合

表-6に配合の推定結果を示す。セメント骨材比（重量比率）は10.2%であり、当時の資料のとおり、セメント：砂：砂利＝1：3：6のコンクリート（セメント骨材比 10%程度）が使用されたことが確認された。

5. まとめ

長崎県 西山ダムの堤体コンクリートから採取したコアを用いて、90年以上の長期材齢を経たコンクリートの品質および耐久性について調査・検討した結果、堤体コンクリートは今日でも、強度、耐久性等に問題はなく、本ダムは十分に健全であることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) (社)土木学会関西支部：関西の土木100年、1968.5
- 2) 長崎市水道局編：長崎水道百年史、1992.3
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編、1996.3
- 4) 江川肇一郎、中村隆幸、千代田将明：材令80年のダムコンクリートについて、コンクリート工学Vol.19、No.2、pp.13～19、1991.2
- 5) 内川 浩：組成と構造の観点から見た硬化セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの類似点と相違点、セメントコンクリート、No.507、pp.33～51、1989.5

表-4 試験結果

供試体番号	圧縮強度 (kgf/cm^2)	弾性係数 (kgf/cm^2)	単位容積質量 (kg/m^3)	供試体番号	引張強度 (kgf/cm^2)
A-1	235	3.0×10^5	2367	B-1	19
A-2	208	2.3×10^5	2400	B-2	24
A-3	233	3.3×10^5	2413	B-3	16
A-4	174	2.0×10^5	2289	B-4	24
A-5	156	1.5×10^5	2402	B-5	14
A-6	194	2.8×10^5	2415	B-6	21
A-7	179	2.4×10^5	2345	B-7	12
A-8	213	2.6×10^5	2388	B-8	18
A-9	171	2.5×10^5	2373	B-9	15
A-10	182	1.9×10^5	2265	B-10	11
平均	195	2.4×10^5	2366	平均	17

表-5 透水試験結果

供試体番号	透水係数 (cm/sec)
C-1	5.9×10^{-7}
C-2	4.4×10^{-8}
C-3	2.9×10^{-7}
C-4	1.7×10^{-8}
C-5	4.2×10^{-8}
平均	1.9×10^{-8}

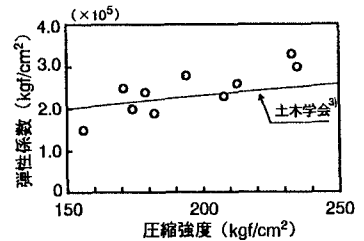


図-2 圧縮強度と弾性係数の関係

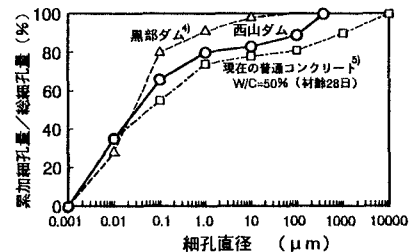


図-3 累加細孔量

表-6 配合推定結果

水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m^3)		
	水 W	セメント C	骨材
82.6	171	207	2028