

## 建造後 82 年経過した神戸堰のコンクリート試験

島根県コンクリート診断士会 正会員 ○松崎 靖彦  
 島根県コンクリート診断士会 金村 誠  
 島根県コンクリート診断士会 井田 豊  
 国土交通省出雲河川事務所 工務課 栗原 淳

### 1. はじめに

島根県東部の一級河川斐伊川水系神戸川の治水事業の進展に伴い、昭和3年に竣工した神戸堰が取り壊され、堰機能の代替施設として、鋼製起伏式ゲートを有する新神戸堰が建設された。また、その下流には旧堰の景観を残すために旧堰のアーチ形状を模した落差工が建設された。この旧堰の取り壊しにあたり、出雲河川事務所は歴史的土木遺産の記録保存としてアーチ堰部分のコンクリート試験を実施した。

本文は、建造後 82 年経過した旧神戸堰のコンクリートの試験結果について報告する。

### 2. 神戸堰の概要とコンクリート試験の内容

神戸堰は大正 15 年から昭和 3 年にわたり建設された、8 連からなる鉄筋コンクリートアーチ固定堰である。アーチ構造の採用は、出雲平野の軟弱地盤地帯対策として自重を軽減し、また当時高価だったセメントの使用量を減らすためであったとされる。建設当初から平成 22 年の取り壊しにいたるまで、出水の度ごとに損傷を受け、水叩き部や護床工などの改修を重ねてきた。また、船筏道だった中央部は両隣のアーチ堰部分とともに、魚道へ改修されている。建設当時から変わらない構造部位はアーチ堰部材のみである (写真-1)。



写真-1 水を抜いた神戸堰

コンクリート試験は抜き取った供試体コアについて、以下の内容で行った (図-1, 表-1)。

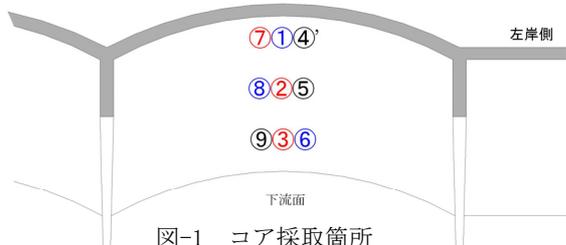


図-1 コア採取箇所

表-1 コア採取位置と試験内容

位置	圧縮強度 静弾性係数試験	割裂引張 強度試験	配合推定 試験
上段	⑦	①	④'
中段	②	⑧	⑤
下段	③	⑥	⑨

圧縮強度および静弾性係数試験は JIS A 1107, 1149, 割裂引張試験は JIS A 1113 に準拠した。配合推定試験は、セメント協会 (F-18) に示される方法により供試体中心部を使用し実施した。気泡組織の測定はリニアトラバース法によった。また、圧縮強度試験用供試体で全塩化物イオン量の計測、アルカリシリカ反応試験を、それぞれ JIS A 1154, 1145 に準拠し実施した。

### 3. 試験結果

試験結果を表-2~4 に示す。強度試験結果 (表-2) では静弾性係数の実測値に対し、コンクリート標準示方書 (2007) で示される圧縮強度との関係値を理論値として示した。

### 4. 骨材 コア観察結果より

コアの断面 (写真-2) からは、最大 30mm の骨材が見られた。神戸川の河床部で形状、色ともに同様のものが見られることから、現在も上流部で採取されている安山岩を粗骨材とし、細骨材には河床に堆積した風化花崗岩を現場で粒調し使用されたものと思われる。

キーワード 神戸堰, コンクリート試験, 配合試験, 記録保存

連絡先 〒690-0047 島根県松江市嫁島町 12-2 (有)アイ・ディー・エー・システム内 TEL0852-28-0062

表-2 強度試験結果

位置	密度 (t/m <sup>3</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 実測値 (kN/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 理論値 (kN/mm <sup>2</sup> )	実測値 ／理論値	位置	密度 (t/m <sup>3</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 ／圧縮強度
No. 7	2.33	25.0	31.2	25.5	+22.4%	No. 1	2.33	2.51	1/10
No. 2	2.32	18.5	28.8	22.3	+29.1%	No. 8	2.32	1.95	1/10
No. 3	2.32	26.9	30.4	26.5	+14.7%	No. 6	2.37	2.06	1/13

表-3 中性化深さと配合推定試験結果

位置	中性化深さ (mm)	位置	表乾単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	絶乾単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	W/C (%)	水量 (kg/m <sup>3</sup> )	セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	骨材量 (kg/m <sup>3</sup> )
No. 1	6.5	No. 4'	2,355	2,267	3.9	41.3	104	252	1,996
No. 2	7.5	No. 5	2,317	2,225	4.2	45.4	118	260	1,940
No. 3	6.5	No. 9	2,318	2,221	4.4	47.8	120	251	1,949

配合推定試験では、セメントのCaO量=64.5%、強熱減量=0.6%、骨材の不溶残分量=95.2%、CaO量=0.4%、強熱残量=1.2%とした。

表-4 全塩化物イオン量、骨材のアルカリシリカ反応試験と気泡組織の測定結果

位置	全塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> )	アルカリ濃度減少量 (Rc) (mmol/l)	溶解シリカ量 (Sc) (mmol/l)	判定
No. 7	0.30	130	346	無害でないもの
No. 2	0.32			
No. 3	0.30	気泡組織		気泡間隔係数：449～481 μm 空気量：1.6～2.9%

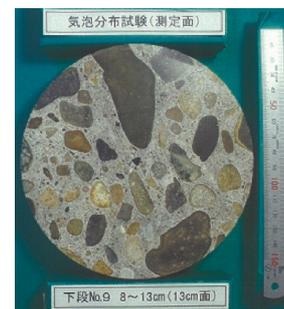


写真-2 コアの断面写真

## 5. 考察

### 5.1 コンクリート強度と静弾性係数

昭和6年の示方書<sup>1)</sup>から回帰分析した、水セメント比を45%とする材令28日圧縮強度は $f'_{ck} = 23.8 \text{ N/mm}^2$ になり、圧縮強度の $\sigma_{c'}$  = 18.5～26.9N/mm<sup>2</sup>と同程度の値となった。

コンクリートの圧縮強度は当時の設計強度に相当する。静弾性係数 $E_c = 28.8 \sim 31.2 \text{ kN/mm}^2$ は圧縮強度に対する理論値に比べて高い値となっている。良好な骨材が用いられた健全なコンクリートと推測される。また、静弾性係数の低下が見られないことから、アルカリ骨材反応は発生していないと判断できる。

### 5.2 配合推定試験結果と全塩化物イオン量

当時の配合は、容積配合によりセメント：砂：砂利を1:2:4～1:3:6としていたとされ<sup>2)</sup>、鉄筋コンクリートの標準的な値として1:3:6を用いた可能性が高い。また全塩化物イオン量は $0.3 \text{ kg/m}^3$ あり、鋼材発錆限界程度の塩分が存在していた。厳寒中のコンクリート工事に対して、コンクリートの混練水に塩分を混入した試験内容が昭和2年に報告されており<sup>3)</sup>、初期凍害を防止するため塩分を混入した可能性がある。なお、コンクリート内部に存在する鉄筋は、被りのはく落した箇所を除き腐食が認められず健全であり、中性化についても岸谷式で求めた中性化深さ $t = 10 \text{ mm}$ <sup>4)</sup>を下回る良好な状態であった。

### 5.3 気泡組織の測定結果

気泡間隔係数、空気量ともに耐凍害性は劣っていることを示すが、常時水流があったことから凍結融解を受けた可能性は低かったものと思われる。

## 6. まとめ

水セメント比は45%程度と小さく、建造当初から高い濃度で塩化物が存在していても鉄筋腐食が生じないほど、コンクリートは非常に密実、良質であったものと推測される。本報告は当診断士会の井田、金村、狩野、幸前、木次、中村、松崎がとりまとめた報告書<sup>4)</sup>を参考にした。

## 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 解説 昭和6年10月 p.19
- 2) 土木学会：日本土木史-大正元年～昭和15年, 1965.12 p.1640
- 3) 土木学会図書館：厳寒中混凝土工事の場合使用水に食塩混合試験について 土木建築工事画報 昭和2年3月付録
- 4) 島根県コンクリート診断士会：神戸堰 コンクリート試験結果の評価と考察 平成22年6月