

刀利ダムの冬期における堤体挙動が耐凍害性に及ぼす影響 Effect on Frost Resistance in Dam Body Behavior of Touri Dam in Winter

○緒方 英彦
OGATA Hidehiko

1. はじめに

国営土地改良事業によって建造された農業用ダムの中でアーチ式ダムは、1967年に竣工した刀利ダム(富山県南砺市)と1973年に竣工した大迫ダム(奈良県吉野郡川上村)の2基である。アーチ式ダムは、堤体に作用する水圧その他の荷重を水平なアーチ作用と鉛直な片持梁作用によって両翼と下方の岩盤に伝達し、抵抗する構造であり、重力式コンクリートダムに比べて堤体が薄く、堤体挙動が気象環境による影響を受けやすい。

刀利ダムの建造地は、図-1に示すように凍害劣化指標であるFD-CI(Frost Damage-Climature Index)¹⁾による耐用年数(相対動弾性係数が60%を下回るまでの年数)も短く、凍害によるコンクリートの劣化が懸念される地である。このことから、刀利ダムでは、冬の凍結融解の繰返しによる堤体表面の凍害劣化が懸念され、刀利ダムの長期供用に向けた保全管理対策を定めるためには、堤体における凍害劣化の現状の把握と将来予測を行う必要がある。

本報では、刀利ダムの凍害劣化進行予測に関する研究の一環として、刀利ダムにおける気温および貯水池水温をモデル化し、これらを用いた二次元有限要素法温度応力解析を行い、気象環境が堤体挙動に及ぼす影響について検討した。

2. 解析による堤体挙動の把握

(1) 温度応力解析の概要

温度応力解析は、堤体中央における横断面の二次元平面ひずみ解析である。主要な解析パラメータを表-1に示す。解析に用いる気温モデルと水温モデルは、気温が1981~2017年、水温が2006~2017年の実測値を用いてsinカーブで表した。水温モデルは、水深-水温の関係を精査した上で水深区分を定め、それぞれでモデル化した。また、貯水池水位は、年間を通して変動するが、洪水期制限水位 EL.345.0mを年間平均水位として水温モデルを作成した。

$$\text{気温 } T(t) = 12.6 + \frac{28.0}{2} \times \sin \left\{ (t - 118) \times \frac{2\pi}{365} \right\} \quad (1)$$

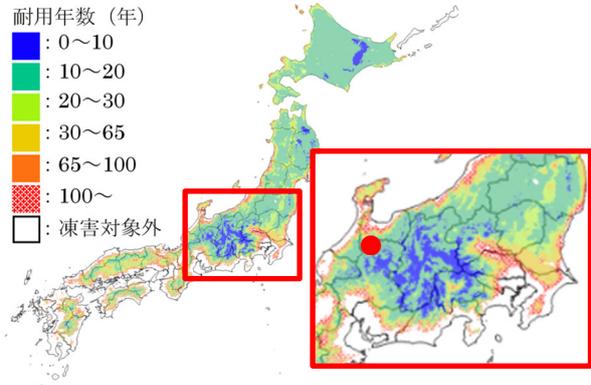


図-1 FD-CIによる耐用年数

表-1 解析パラメータ

	単位	値	備考
熱伝導率	W/m°C	1.626	i)
密度	kg/m³	2,447	iii)
比熱	kJ/kg°C	0.825	i)
初期温度	°C	5.0	
熱伝達率	W/m²°C	13 (大気) 8 (水)	ii)
弾性係数	N/mm²	34,700	iii)
圧縮強度	N/mm²	49.90	iii)
引張強度	N/mm²	3.42	iii)
ポアソン比	—	0.1820	iii)
線膨張係数	×10⁻⁶/°C	10.0	iii)

i) 緒方英彦, 服部九二雄, 野中資博, 長束 勇, 青山成康: 柱状レイヤー工法による重力式コンクリートダムの温度応力解析の検討, 農業土木学会論文集 第232号, pp.75-81 (2004), ii) 土木学会: [2012年制定] コンクリート標準示方書 [設計編], iii) 北陸農政局: 刀利ダム安全性評価委員会説明資料

水温 0m ≤ 水深 ≤ 2m

$$T(t) = 13.1 + \frac{23.4}{2} \times \sin \left\{ (t - 130) \times \frac{2\pi}{365} \right\} \quad (2)$$

水温 2m < 水深 ≤ 5m

$$T(t) = 11.6 + \frac{18.3}{2} \times \sin \left\{ (t - 138) \times \frac{2\pi}{365} \right\} \quad (3)$$

水温 5m < 水深 ≤ 9m

$$T(t) = 10.4 + \frac{15.9}{2} \times \sin \left\{ (t - 148) \times \frac{2\pi}{365} \right\} \quad (4)$$

水温 9m < 水深 ≤ 15m

$$T(t) = 9.5 + \frac{14.1}{2} \times \sin \left\{ (t - 158) \times \frac{2\pi}{365} \right\} \quad (5)$$

水温 15m < 水深 日平均水温 7.5°C

(2) 堤体の温度・応力・変形

最高気温時 (D213: 8月1日) における解析結果を図-2に示し、最低気温時 (D31: 2月1日) における解析結果を図-3に示す。

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, アーチ式ダム, 温度応力解析, 凍害劣化, 気温モデル, 水温モデル

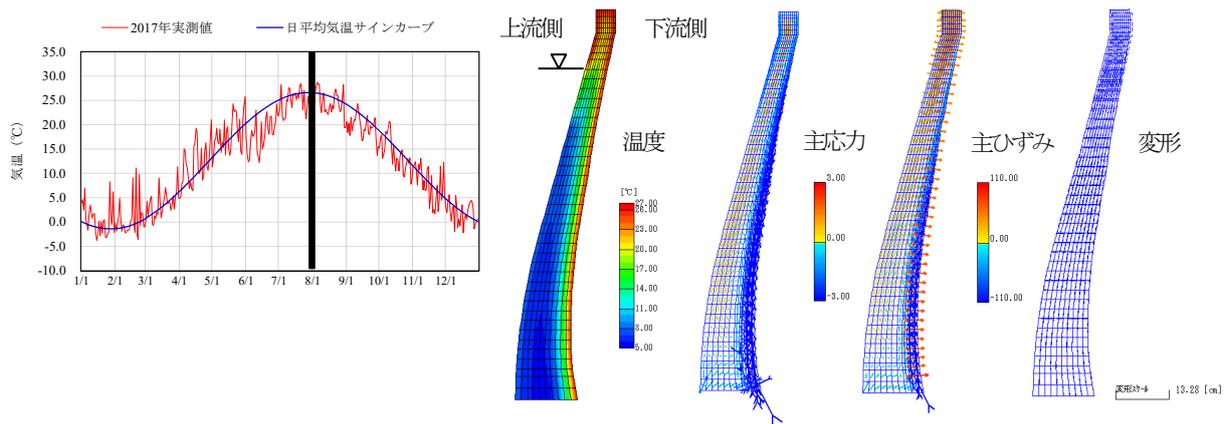


図-2 最高気温時 (D213 : 8月1日) における解析結果

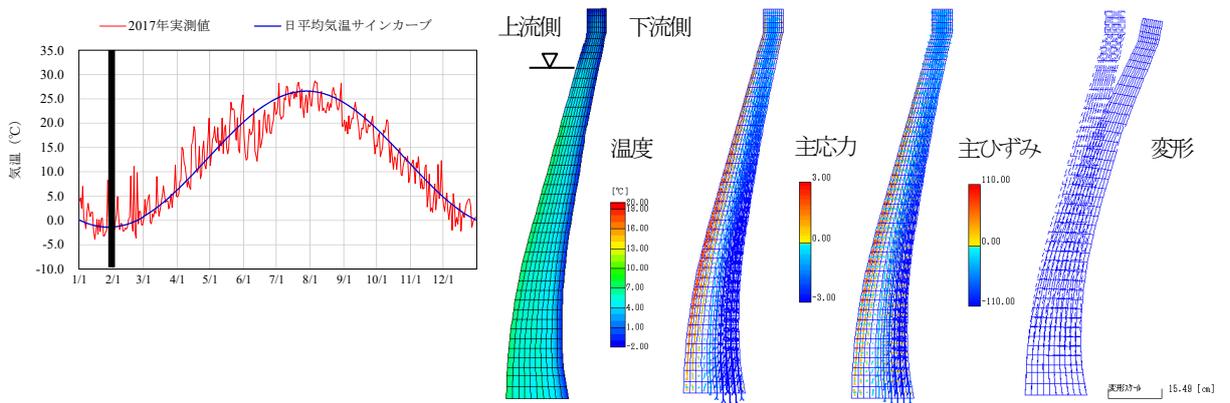


図-3 最低気温時 (D31 : 2月1日) における解析結果

最高気温時は、上流側、下流側ともに温度がプラスであるため、上下流における主応力の偏差も小さく、堤体の変形も小さい。一方、最低気温時は、下流側の全面を含む大気に曝される面の温度がマイナスになる。主応力は、上流側が引張、下流側が圧縮になり、下流側が収縮し変形する。この堤体の変形は、図-4に示すように刀利ダムがドーム型アーチ式ダムであり、堤体の形状として下流側が窪み形状になっていることも関係していると推察される。このように、アーチ式ダムである刀利ダムでは、夏期において堤体の変形は小さく、冬期において大きくなることがわかった。

(2) 堤体挙動と耐凍害性

凍害は、コンクリートが凍結する際の凍結圧が一つの要因である。凍結圧は膨張圧であり、同じ応力方向である引張力は凍害の進行を促進する可能性がある。一方で圧縮力は、逆に凍害の進行を抑制する可能性がある。冬期に大気に曝され、凍害による劣化が懸念される刀利ダムではあるが、実は堤体挙動からは耐凍害性が高い可能性がある。

3. おわりに

アーチ式ダムである刀利ダムでは、冬期において

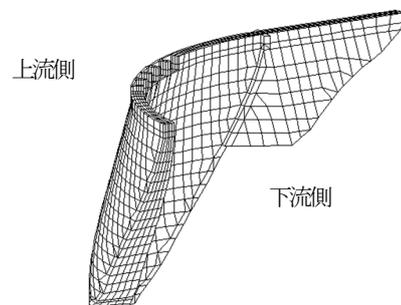


図-4 刀利ダム堤体の三次元モデル図

大気に曝される下流面側に圧縮力が生じている。刀利ダムは建造地の気象環境からも凍害の発生が懸念されるが、実は堤体形状の特徴から耐凍害性に優れている可能性がある。本報では、二次元解析による結果により考察を加えたが、三次元解析並びに凍害劣化解析を進めることで、刀利ダムであるが故の耐凍害性の真実を見極めたいと考えている。

謝辞 気温および貯水池水温のデータは、富山県小矢部川ダム管理事務所、北陸農政局西北陸土地改良調査管理事務所より提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 日本コンクリート工学会:JCI-TC164A「自然環境下のコンクリート劣化研究委員会」報告書