

アーチ式コンクリートダムの変位挙動に関する解析的検討

東北学院大学 環境建設工学科	正会員	石川 雅美
国土交通省東北地方整備局	正会員	柏谷 稔
東北学院大学 環境建設工学科		安食 健志
東北学院大学 環境建設工学科		高橋 修平

1. はじめに

鳴子ダム(堤高 94.5m、堤頂長 215.0m、堤体積 180,000m³)は北上川水系の洪水対策や農業用水の確保などを目的として1941(昭和16)年に計画され、1957(昭和32)年に竣工したアーチ式コンクリートダムである。本ダムは日本人技術者によって設計された我が国で初めてのアーチ式ダムであり、土木技術史を語る上でも貴重な構造物といえる。ダムの維持管理の一環として、1995(平成7)年より堤体の動態観測が行われ、2000(平成12)年には、コア採取による躯体コンクリートの強度試験や衝撃弾性波試験など大規模な健全度調査が行われている。

本研究では、1995年より5年間にわたり測定された堤体頂部の変位データが、どの程度ダム全体として健全度を反映しているものかを確認するため、有限要素法を用いて年間の外気温変動に伴うダムの熱変形解析を行った。具体的には、まず、施工過程においてコンクリートの発熱によりダム躯体内部に蓄積される熱量とそれに伴う初期応力を求めた

め、施工時のリフトスケジュールを正確に再現した3次元有限要素モデルを作成し、温度解析および温度応力解析を行った。その後、ダムサイトで観測した1年分の気温変化を50サイクル与え、ダム堤体頂部の変形挙動を解析した。この解析では、ダム湖の水位変動および日射による影響については、十分なデータが記録されていないことから考慮しないこととした。また、コンクリートの強度などの材料特性も経年劣化の程度についても不確定な要因が多いことから、とりあえずダム施工時の値を用いることとした。

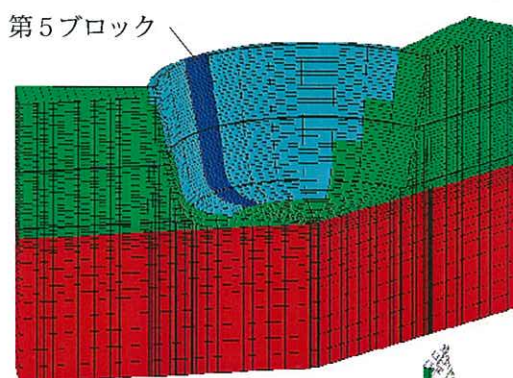


図-1 全体モデル

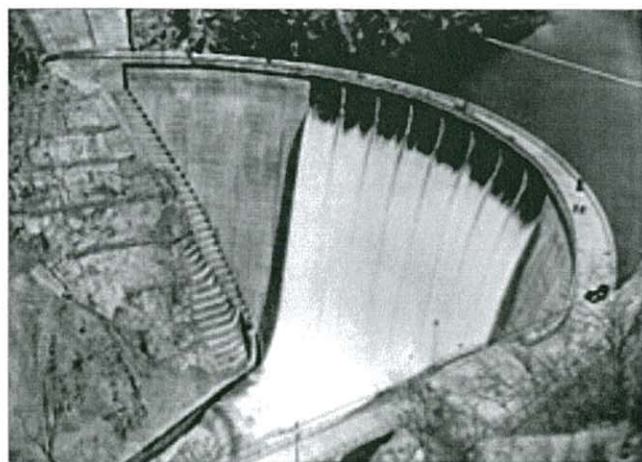


写真-1 鳴子ダム全景

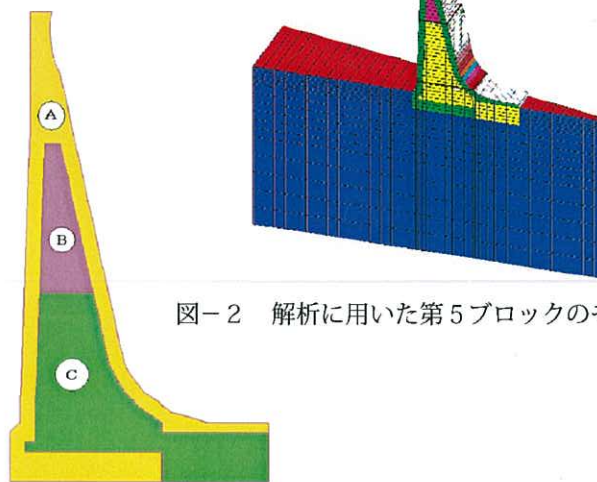


図-2 解析に用いた第5ブロックのモデル

図-3 コンクリートの配合

キーワード: 温度応力解析、コンクリートアーチダム、変位挙動

連絡先: 〒985-8537 多賀城市中央 1-13-2 東北学院大学工学部環境建設工学科

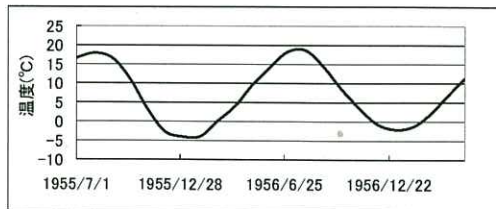


図-4 ダムサイトの外気温

表-1 コンクリート配合と物性

	A 配合	B 配合	C 配合
単位セメント量 (kg/m ³)	230	210	190
水セメント比 (%)	45.65	50.00	55.26
圧縮強度 (N/mm ²)	26	21	18
熱伝導率 (W/m°C)	2.6		
比熱 (kJ/m ³)	1.1		
密度 (kg/m ³)	2300		
ポアソン比	0.2		

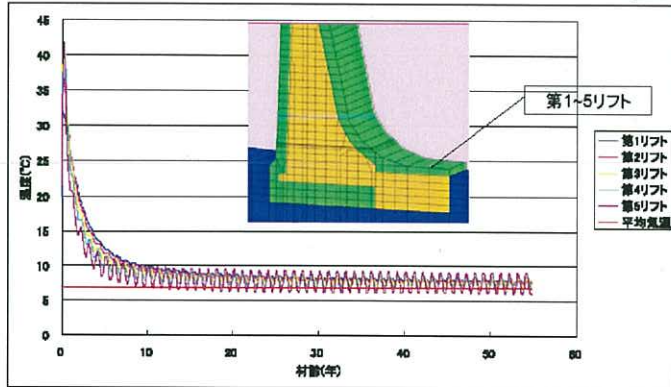


図-5 コンクリートの温度履歴

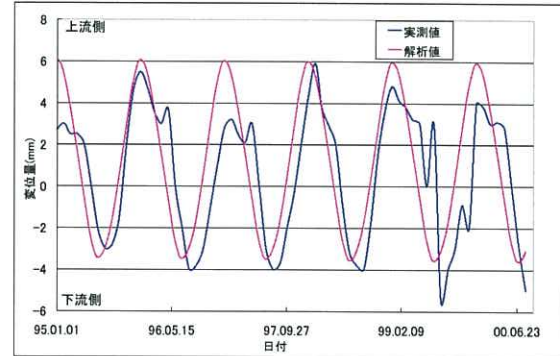


図-7 実測変位と解析の比

および変位を求めた。なお、力学的な境界条件として、堤体部のダム軸方向には拘束をしていない。

3. 解析結果

図-5は第1リフトから第5リフトの50年分の温度履歴を示したものであるが、竣工後50年が経過した現在でもダムサイトの年平均気温よりも僅かに高い温度になっている。図-6は、ダム天端の上下流方向の変位履歴である。竣工後より徐々に上流側に移動していることがわかる。図-7は、1995年1月より5年間にわたり観測したダム天端の変位と、解析値とを比較したものである。解析では図-6に示したように観測を開始した1995年1月の時点で4.9mm上流側に移動しているため、図-7の比較では解析値にこの分を補正した。解析では日射の影響やダム湖の水位変動を考慮していないが、両者の変位量は概ね一致していることが確認された。

4. まとめ

本検討では、鳴子ダム全体の健全度を確認するための一手法として、3次元FEMによる温度応力・熱変形解析を行い、実際に観測されたダム天端の変位との比較を行った。解析では施工時のコンクリート物性値を用いているものの、両者の変位は概ね一致しており、したがって、50年経過した現在でもダムが全体としての健全性を保有していることを裏付けていることを示すひとつの資料を示すことができたと考え。

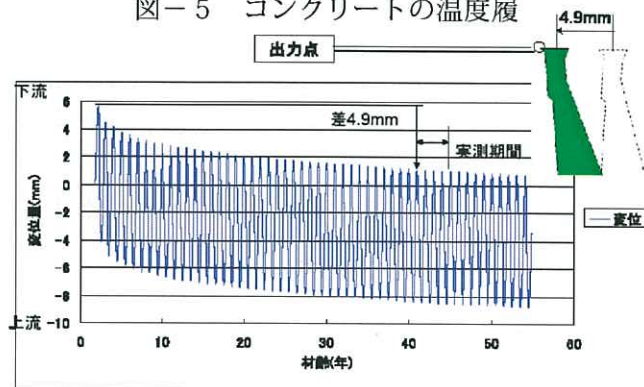


図-6 ダム天端の変位

2. 解析モデル

解析に用いたモデルは、図-1に示す全体モデルのうちの図-2に示す5ブロック部分である。第5ブロックは、ダム軸中央のブロックであり、その第1リフトは1955年7月31日に打設され、最終リフトの第47リフトは1957年5月1日に打設された。各リフトのリフト高は2mである。コンクリートの配合は図-3および表-1に示す3種類である。施工期間中のダムサイトの外気温を図-4に示す。竣工後50年間の外気温は、このグラフの1995年1月からの1年分の温度を繰り返し使用した。断熱温度上昇式の Q_{∞} の値は、各リフトの打設温度に依存させてA配合で21.47～23.53°C、B配合で21.40～23.53°C、C配合で21.39～24.25°Cとした。発熱速 γ は打設温度によらずいずれの配合とも1.0とした。以上の条件より、図-2に示すモデルを用いて実際の打設行程に沿って温度応力を解析し、さらに竣工後50年分の外気温の変動に伴う温度、応力