

## こまちダムコンクリート打設における温度応力管理

(株)奥村組 正会員 森田修二 福島県県中建設事務所 高久俊幸  
 (株)奥村組 寺内 稔 山岸邦亘 山口 治

### 1. まえがき

本ダムは福島県田村郡小野町に建設された典型的な里ダムで、堤長 150m、ダム高さ 37m、柱状レヤ工法によるコンクリート打設を行い、打設量が約 3 万 m<sup>3</sup>の小規模なダムである。コンクリートの打設工事は平成 17 年 11 月に完了しているが、特徴としては購入コンクリートを使用し運搬距離が長くなったために、コンクリートの温度管理に特に配慮した。堤体内に熱伝対やひずみ計、無応力計を埋設しコンクリートの温度応力を管理するとともに数値解析による検証を行った。また、事前に現地の骨材を用いたコンクリートの仮断熱試験も行い発熱量を検証している。本報では計測結果と数値解析による検証結果を報告するものである。なお、数値解析による検証では当社開発の汎用構造・非構造解析コード“FEAST”を用いた。

### 2. 計測の概要

図-1 に計測器の配置を示した。全 10 ブロックの中で最も堤高の高いブロック 7 で以下の計測を実施した。

温度計（熱伝対、T1～T30）

中央ではリフト内の鉛直位置の異なる 3 点で計測し、上下方向の熱拡散を評価した。T20～T22 は水平位置の異なる 3 点で計測、下流面からの熱拡散を評価した。上流及び下流の測点は各リフトの中心高さで測定した。

歪計（測温機能付、SR1～SR6）

リフト 2 と 14 の上ハーフリフトの中心で x, y, z 方向の歪を測定し拘束度の方向性を評価した。

無応力計（測温機能付、NS1, NS2）

歪計と同位置で測定。コンクリートの線膨張係数と乾燥収縮ひずみを測定した。

### 3. 仮断熱試験

事前に現地骨材を用いたコンクリート発熱量の測定を行った。発泡スチロール(厚さ 20cm)で密閉した装置内にコンクリート(46×37×22cm)を充填し、温度上昇を測定する。完全断熱状態の試験ではなく温度補正が必要な仮断熱試験である。

仮断熱試験は配合 A と配合 B について実施した。表-1 にコンクリートの配合を示した。セメントの種類は中庸熱フライアッシュセメントである。実施工では最大粗骨材寸法は 60mm であるが、試験装置の大きさを考慮して、最大粗骨材寸法は 30mm で試験を行った。図-2 に仮断熱試験の結果を示した。実験値は発砲スチロールからの放熱分を補正した結果である。近似式の係数を表-2 に示した。

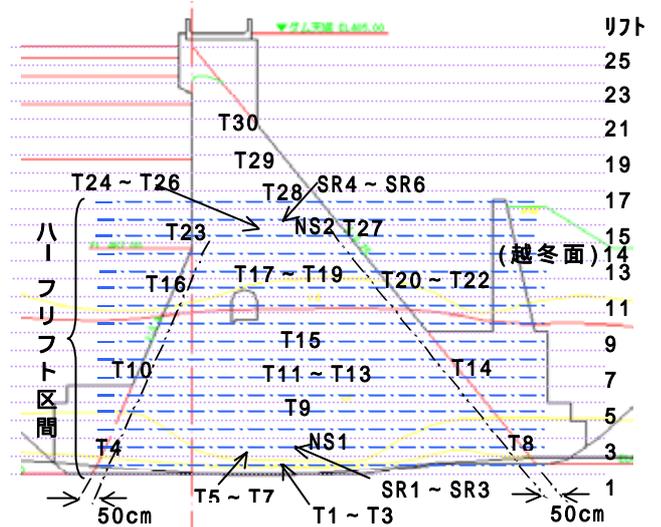


図-1 計測器の配置  
 (T1～T30:温度, SR1～SR6:歪, NS1, NS2:無応力)

表-1 コンクリートの配合

	最大粗骨材(mm)	水セメント比	細骨材率(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
				水	セメント	細骨材	AE減水剤
A	30	54.5	30	120	220	586	0.55
B	30	70.5	31.5	120	170	631	0.531

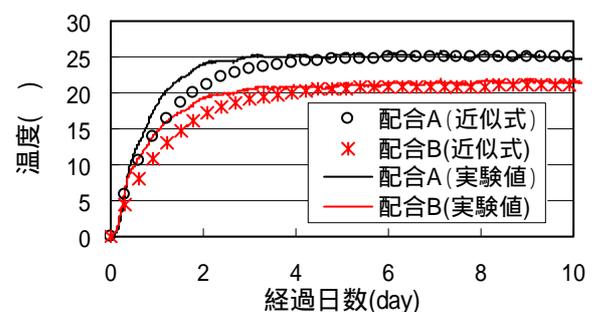


図-2 断熱温度上昇値の補正

キーワード：温度応力、仮断熱試験、熱伝対、歪計、数値解析 連絡先：〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1

(株)奥村組 TEL:03-5427-8576 FAX:03-5427-8104 E-mail:shuji.morita@okumuragumi.jp

カッコ内にはセメントメーカーの技術資料のデータを示したが、温度上昇値は約5℃低くなった。

3. コンクリートの温度と歪

図-4にリフト11のコンクリート温度を示した。T-20～T-22は下流側のハーフリフトの中心高さで下流側端部から1.5m、1.0m、0.5mの位置の温度である。全てに外気温の影響が見られるが、最も下流側のT-22で影響が大きい。堤体の中心に近いほど温度が高い傾向が見られるが、後続リフトの打設後はその傾向が明確である。3月以降は外気温の上昇に追随して上昇し中心に近い測点と同等となる。

図-5に無応力計から求められた温度と歪の関係を示した。この結果を次式に適用して線膨張係数を求めると、NS1とNS2の平均値として  $\alpha = 9.15 \mu$  となった。ここで、 $C_2$ は歪計の線膨張係数、 $\Delta\phi$ は歪計の変動、 $\Delta\phi$ は温度の変動である。

$$\gamma = C_2 \left( 1 + \frac{\Delta\epsilon}{\Delta\phi} \right) \quad (1)$$

4. 解析的検証

有限要素法を用いた3次元の温度応力解析を行った。コンクリートに関する熱的特性および変形特性に関わる物性値については、土木学会のコンクリート標準示方書に準拠した値を用いた。ブロック7を解析対象として中心断面で対称と仮定し、図-6に数値解析に用いた要素分割を示した。ダム軸方向には隣接ブロックとの境界を構造的にはバネ支承、熱的には断熱境界とした。バネ定数は岩盤やコンクリートの変形係数の1/10とした。コンクリートの発熱関数は仮断熱試験の結果を適用し、線膨張係数は実測値を基に算定した値を用いた。

図-6にリフト2の実歪の結果を示した。打設後のピーク温度からの低下で3方向（SR1:ダム軸、SR2:上下流、SR3:鉛直）ともに収縮ひずみが生じる傾向は解析結果でも再現できている。収縮量は総じて実測値のほうが大きい。若材令時の評価に課題があると考えられる。

5. 結論

コンクリートの温度応力を評価するために、熱の拡散状況や変位の拘束条件が異なる箇所に計測器を配置しダム全体の状況を把握することに努めた。また、数値解析による検証も行ったが、特に若材令時の歪の評価に課題があった。しかし、実測では解析結果より実ひずみは概ね大きな値を示しており、拘束力が解析よりも小さいと推測できる。解析的には概ねひび割れ指数は1.5を超える値となっており、解析条件が実測よりも厳しい条件（ひび割れが生じやすい）であることを考慮すれば、ひび割れ発生の可能性は小さいと言える。今後実測データなどを蓄積し、解析精度の向上に努めたい。

表-2 コンクリートの発熱特性

	断熱上昇温度 $T_0$	実験定数 $r$
A	25(30.41)	0.9(0.319)
B	21(26.15)	0.8(0.257)

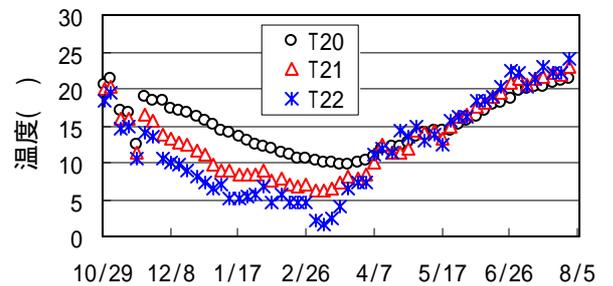


図-3 コンクリートの温度(リフト11の下流側)

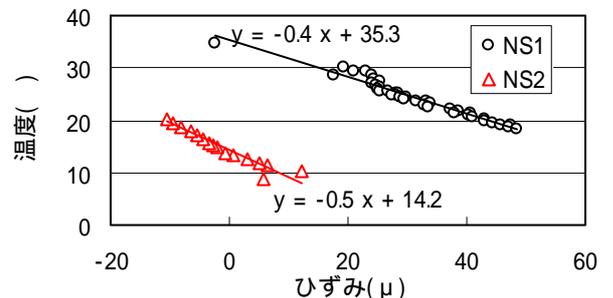


図-4 無応力計の歪と温度

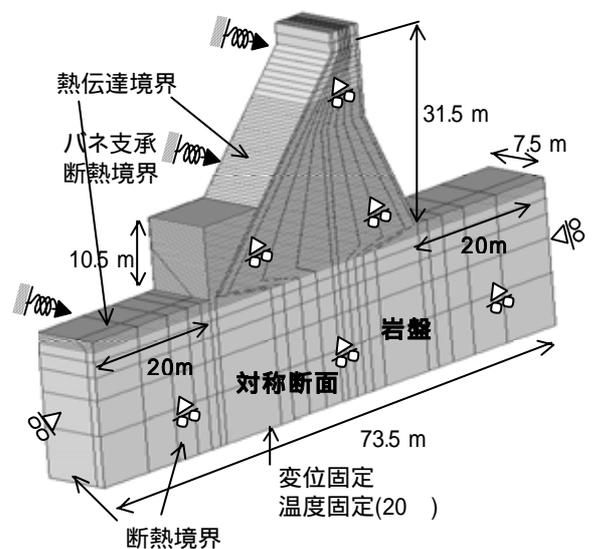


図-5 解析モデル

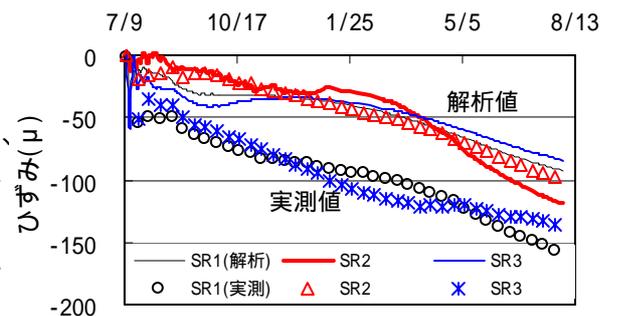


図-6 コンクリートの実歪(リフト2)