

水資源開発公団 正会員 ○ 谷 剛
正会員 島津 義郎

1. はじめに

重力式コンクリートダムの温度規制に関して、最重要課題である長期間問題を検討する場合、一般に『拘束度マトリクスを用いる方法』¹⁾で拘束温度ひずみを求めて評価を行っているが、その他にも厳密解法である『2次元FEM逐次温度応力解析』で拘束温度ひずみを求める手法もある。今回は水公団が荒川水系に建設中である浦山ダムの最大断面をモデルとして、コンクリート打設開始から100年後までの温度履歴計算を2次元FEM解析で行い、その結果を用いて『拘束度マトリクスを用いる方法』と『2次元FEM逐次温度応力解析』の2手法で拘束温度ひずみを求め、解析手法の違いが解析結果に与える差異について考察する。

2. 解析方法

(1) 温度履歴の計算

解析に用いたモデルは浦山ダムの最大断面で、堤体部は1層の厚さを実打設リフト(リフト厚0.75m)の3リフト分(層厚2.25m)として水平方向に等分割し、基礎岩盤を含めた2次元断面のモデルとしている。解析モデルを図-1に示す。また、コンクリートの打設速度は、実際のリフトスケジュールから平均速度を計算し、その値[0.75m/5日(15cm/日)]を入力条件として与えた。これは解析モデルにおける打設速度として換算すると1層2.25m/15日となる。

(2) 拘束温度ひずみの計算

(1)で求められた計算結果を用いて、①『拘束度マトリクスを用いる方法』と②『2次元逐次温度応力解析』の2手法で拘束温度ひずみを求めた。解析におけるコンクリートの弾性係数のとり方は、①の手法が打設後30日材令時までのコンクリートのクリープやレラクゼーションを考慮して、ひずみは蓄積されないという仮定のもと弾性係数を0とし、それ以降200,000kgf/cm²という一定値をとるのに対して、②の手法はコンクリート打設後材令91日までの間に3段階で変化させ、材令91日以降200,000kgf/cm²に達するという設定をしている。これは、コンクリートの打設直後から実際のひずみが少しずつ蓄積されると仮定して、拘束温度ひずみを求めたものである。解析条件を表-1に示す。

3. 解析結果

これらの解析手法によって求められた堤体内全標高にわたる拘束温度ひずみ分布の比較を図-2に示す。解析結果を比較するために後者で求められた解析値は各層の中心要素の値を代表して用いた。この図からわかるようにEL.245.0m付近の岩着部で、それぞれの拘束温度ひずみに20×10⁻⁶程度の差が生じ、結局この初期のひずみの差が全標高にわたって現れていることがわかる。この理由について以下に考察する。

4. 考察

①の手法で求めた拘束温度ひずみは、コンクリート打設後初期の弾塑性状態の材令時に生じる圧縮ひずみは、コンクリートのクリープによって温度応力に転化されずに消散してしまうとして、それ以後の弾性状態でのひずみを求めた結果であるのに対し、②の手法は、コンクリート打設後初期の弾塑性状態の材令時に生じる圧縮ひずみを考慮して求めたものであるため、圧縮側にシフトした形となっている。以上の結果から、温度応力による拘束温度ひずみの値は、解析手法の違いによってこの程度の差が生じ、①の手法で求められた拘束温度ひずみは解析上安全側の値であることがわかる。なお、今後の課題としては、コンクリートの材料力学特性変化を考慮した解析を更に進めてゆきたい。

〔参考文献〕¹⁾ 永山 功, 矢沢克敏: コンクリートダムの温度応力解析(Ⅰ)(Ⅱ) 土木技術資料22-7, 9 1980

²⁾ ダム温度規制マニュアル原案, 昭和63年12月 国土開発技術研究センター

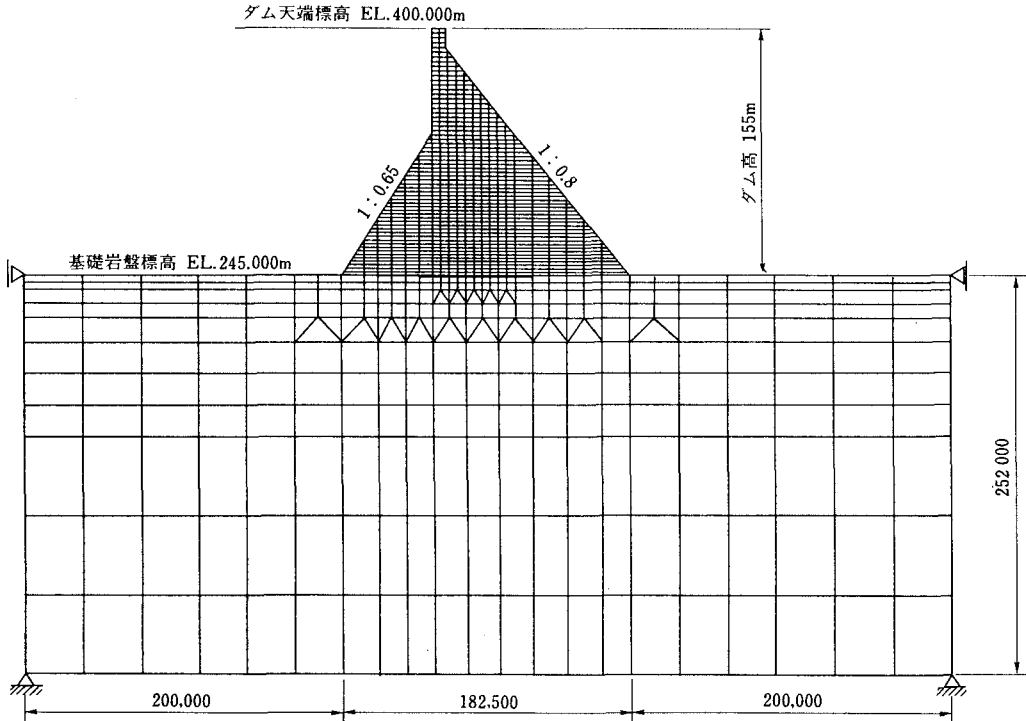


図-1 解析モデル（浦山ダム最大断面）

表-1 解析条件

解析手法 物性値等	拘束度マトリクス法		2次元逐次応力解析	
	コンクリート	岩 盤	コンクリート	岩 盤
単位体積重量 (t/m^3)	2.4	2.4	2.4	2.4
弾性係数 (kgf/cm^2)	200,000	50,000	注1)	50,000
ポアソン比	0.2	0.2	0.2	0.2
比熱 ($\text{kcal/t}^\circ\text{C}$)	220	220	220	220
熱膨張係数 ($1/^\circ\text{C}$)	10×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}
熱伝達率 ($\text{kcal/m day}^\circ\text{C}$)	40	40	40	40
熱伝達率 ($\text{kcal/m}^2 \text{day}^\circ\text{C}$)	240	240	240	240
断熱温度上昇式	注2)	—	注2)	—
最高上昇温度	材令30日	—	—	—
最終安定温度 ($^\circ\text{C}$)	11.5	—	—	—
注1) コンクリートの圧縮強度から換算 ²⁾ して用いた				
材令	0日以降	7日以降	28日以降	91日以降
弾性係数 (kgf/cm^2)	0	116,000	158,000	200,000

注2) $T=K \{1-\exp(-at^b)\}$

ここに、 $K=15.0^\circ\text{C}$, $a=0.013 T_c+0.217$, $b=0.6$

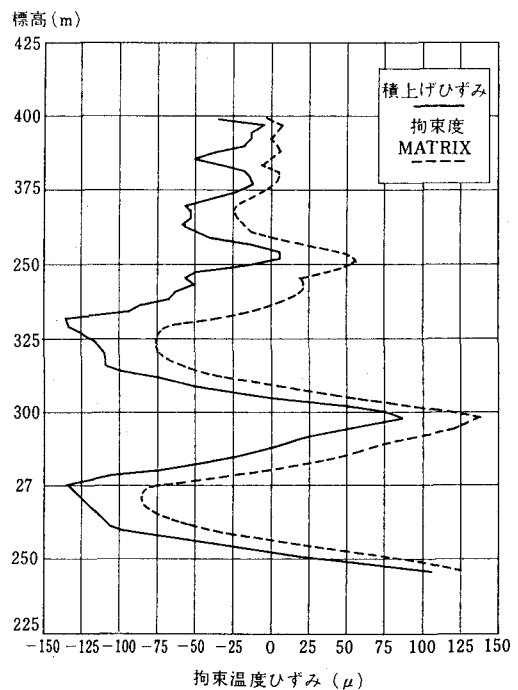


図-2 拘束温度ひずみ分布の比較