

マスコンクリートの温度解析における熱定数の影響

九州大学 学生員○南木宏和 九州大学 正 員 阪本好史
九州大学 正 員 牧角龍憲 九州大学 山口慶和

1. まえがき

近年既設ダムの改修工事が多くなってきている。今回報告するダムにおいても、ダムの若返りを目的に工事が行われた。この改修工事は、過去にあまり例の見られない堤体上流側への増厚であり、新コンクリートを1リフト1.5mで合計30リフト打ち込む（ハープリフトの場合もある）ことにより完成する。また、新堤体の厚さは下部で約16m、上部で約4mとなり上部は非常に薄く、旧堤体側の外部拘束を大きく受けてしまう。したがって、温度応力解析においては通常のダム工事の場合に比べ、より正確に行わなければならない。

温度応力解析をより正確に行うには、まずもととなるコンクリート打ち込み後のコンクリート堤体内の温度変化の推定を精度良く行わなければならない。そこで、マスコンクリートの熱伝導解析を行うのであるが、その解析には、事前に試験を通じて得られた熱定数、または示方書によって与えられている熱定数を用いる。しかし、その熱定数が必ずしも実際施工しているときの値に近いとは限らない。本研究では、いくつかの熱定数を種々変化させ、新コンクリート打ち込み後の温度変化についての検討を行った。

2. 方法

解析にはJCIの「マスコンクリートの温度応力解析プログラム」を用いた。まず、土木学会RC示方書[1]に準じて与えられた熱定数（表-1）を用いて温度解析を行ったところ、実測値との差が認められた（図-1）。マスコンクリートの温度ひびわれ対策においては最高温度の推定が重要であり、本解析のように最高温度が10℃程度も異なるのは精度良い推定が行われたとは認められない。比較を行った実測値は、堤体内2リフト目に埋設された温度計によって測定された値である。基本的な解析条件としては、打設温度10℃、打設時期12月、総解析時間3リフト打設後（43日間）を与えた。また、コンクリートは高炉スラグを混入した中庸熱ポルトランドセメント（スラグ量=55%）を用い、配合はC=210kg/m³、W/C=46.2%である。

表-1 熱定数

熱定数	新堤体	岩 盤	旧堤体
比熱(kcal/kg℃)	0.25	0.18	0.21
密度(kg/m ³)	2440.0	2573.0	2264.0
熱伝導率(kcal/mh℃)	2.2	2.5	2.5
熱伝達係数(kcal/m ² h℃)	15	15	15
〃 (漏水養生面)	7	-	-
断熱温度上昇式 ¹ K ₂₀	28.4	-	-
〃 K ₁₀ ²	27.55	-	-
〃 r ₂₀	0.562	-	-
〃 r ₁₀ ³	0.346	-	-

¹ $T=K(1-e^{-rt})$ (T:上昇温度、K,r:実験定数、t:材令) …(1)

² $K_{10}=K'_{10}/K'_{20} \times K_{20}$ (K':RC示方書中のX℃打設時のK)

³ $r_{10}=r'_{10}/r'_{20} \times r_{20}$ (r':RC示方書中のX℃打設時のr)

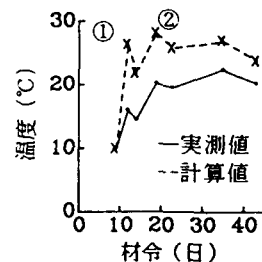


図-1 解析結果

次に、実測値に近似する熱定数を得るため、表-1中の不確定な6つの熱定数（新堤体における比熱と熱伝導率、漏水養生面とその他の面の熱伝達係数、断熱温度上昇式中のK、r）の中で1つだけの定数を変化させ、図-1中のピーク温度①、②の2点でのある材令時における解析値と実測値の残差平方和が最小となる熱定数を求める解析を行った。

また、解析時間の短縮を目的に実際のダム形状で解析した場合と結果にあまり差異がないと思われる解析モデルを作成した（図-2）。

3. 解析結果および考察

逆解析を行った結果を表-2に示す。また、その熱定数で解析を行った場合の結果は図-3のとおりである。この結果では、実測値とほとんど近似していることが認められる。また、解析途中で得られた結果から各熱定数と①、②との関係を見ると、図-4～9のようであった。この結果から、式(1)中の K 、 r および湛水養生面の熱伝達係数がピーク温度に大きく影響を与えていることが認められる。

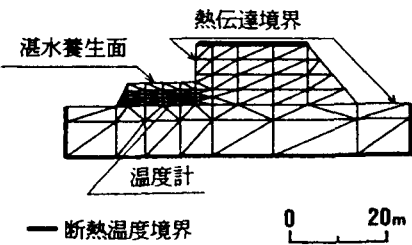


図-2 解析モデル

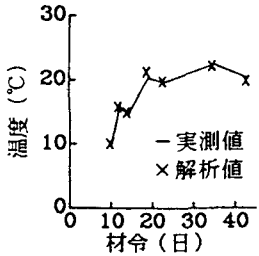


図-3 逆解析結果

表-2 得られた熱定数

比熱 (新堤体)	0.259
熱伝導率 (新堤体)	2.61
熱伝達係数 (湛水養生面)	22
〃 (その他の面)	15
K_{10} (式(1))	25.57
r_{10} (式(1))	0.167

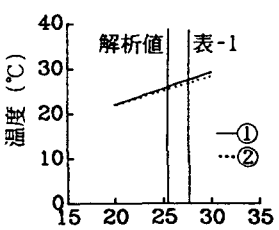


図-4 K_{10}

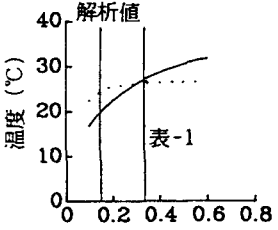


図-5 r_{10}

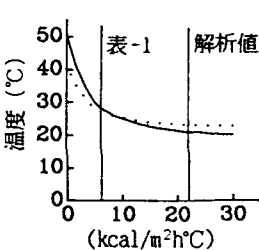


図-6 熱伝達係数 (湛水養生面)

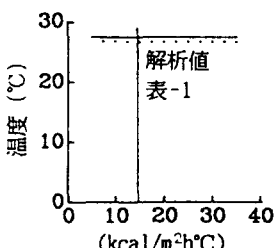


図-7 熱伝達係数 (その他の面)

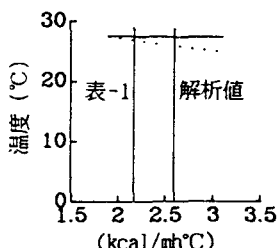


図-8 熱伝導率

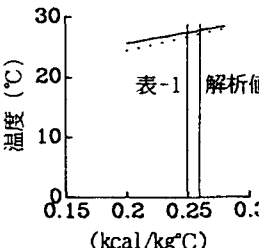


図-9 比熱

4. まとめ

以上の検討から、温度解析において最適な熱定数の決定は重要であるが、中でもコンクリートの任意の打設温度における断熱温度上昇式の推定は大変重要であると思われる。とくに実験定数 r についてはピーク温度と複雑な関係があると思われるため、その値についての今後の検討が必要である。

参考文献 [1]土木学会：コンクリート標準示方書【平成3年版】施工編 pp.136～139,1991