

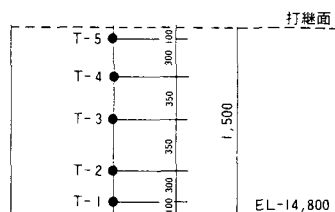
1. はじめに

マスコンクリートの熱伝達率に関する既往の研究例は非常に少なく、しかもマスコンクリートの熱伝達率の実態については不明な点が多い。このため、従来の大部分の非定常熱伝導解析例ではマスコンクリートの熱伝達率の値をただ単なる推定値として取り扱っている。

本研究では、現場における温度実測結果と数値実験手法を用いて求められた事後解析結果に基づき、コンクリートの断熱温度上昇量（究極温度）と熱伝達率の関係を求め、現場におけるマスコンクリートの熱伝達率を精度良く推定する方法ならびに断熱温度上昇式の補正方法を明らかにした。

2. 解析モデル

解析モデルは、建物内に60以上の水槽を含む特殊な鉄筋コンクリート造の階層浄水場のマスコンクリート底盤である。このマスコンクリート底盤は温度応力を低減させる目的で中層熱セメント（ 310 kg/m^3 ）が使用されており、また、3層に分けてコンクリートが打設されている。



本研究では、コンクリート底盤の第1リフト（厚さ1.5m）を対象とし、図-1 熱電対埋設位置（底盤）の事後解析を実施した。図-1にコンクリート底盤の第1層でのC.C熱電対埋設位置を示す。

表-1 解析に用いた諸元（正解）

項 目	熱伝導率 ($\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)	熱伝達率 ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)	比 熱 ($\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)	単位重量 (kg/m^3)
岩 盤	1.0	6.0	0.240	2,590
コンクリート	1.6	6.0	0.248	2,300

3. 解析概要

マスコンクリート構造物の温度分布を精度良く求めるためには、コンクリートの熱伝導率等の熱定数を事前に実験

表-2 数値実験の種類

により求めておく必要があるが、本浄水場の場合コンクリート底盤に関する熱定数試験は実施されていなかった。そこで20ケース以上の数値実験（有限要素

解析 CASE	熱伝達率 ($\text{Kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)	断熱温度上昇式 $T = K(1 - e^{-at})$	備 考
A	6	$T = 33.3(1 - e^{-1.0t})$	正解
B	6	$T = 33.3(1 - e^{-3.5t})$	断熱温度上昇式の発熱速度を速くしたもの
C	6	$T = 33.3(1 - e^{-1.0t})$	断熱温度上昇式の発熱速度を遅くしたもの
D	6	$T = 38.3(1 - e^{-1.0t})$	断熱温度上昇式の究極温度を高くしたもの
E	6	$T = 28.3(1 - e^{-1.0t})$	断熱温度上昇式の究極温度を低くしたもの
F	15	$T = 33.3(1 - e^{-1.0t})$	コンクリートの熱伝達率を大きくしたもの
G	2	$T = 33.3(1 - e^{-1.0t})$	コンクリートの熱伝達率を小さくしたもの

法による二次元非定常熱伝導解析）を実施して、コンクリート底盤の熱伝導率ならびに断熱温度上昇式等の熱定数を決定した。尚、これらの熱定数の決定に際しては、コンクリート底盤の温度実測値と解析値との温度差がほぼ $\pm 1.0^\circ\text{C}$ の範囲に入るまで繰返し計算を行ない、また、コンクリート打設温度（ 24.0°C ）ならびに外気温（ 24.4°C ）については実測温度の平均値を用いた。表-1にこれらの数値実験結果より求められたコンクリート底盤の熱定数を示した。また、表-2に本研究で実施した代表的な解析ケースを示した。

4. 解析結果ならびに考察

著者等は、マスコンクリートの発熱率を除いた他の熱定数が解析上正しく与えられている場合には、コンクリートの発熱率を解析上かなり変化させても、コンクリート打設後1週間程度でコンクリート底盤の温度分布は実測温度ならびに正しい解析結果の温度分布とほぼ等しくなることを既に明らかにしている。（図-2参照）

そこで本研究では、まずマスコンクリートの断熱温度上昇量（究極温度）の相違がコンクリート底盤の温度分

布に及ぼす影響を検討する。マスコンクリートの究極温度を除く他の熱定数が正しく与えられた場合には、図-3 ならびに図-4 より明らかなように実測値と解析値との間に以下の関係が認められる。

- ① 実測値ならびに解析値とも最高温度に到達するまでに要する時間(約40 時間)が全く等しい。(但し、今後は実測値にかわり解析ケースAを用いる)
- ② 実測値ならびに解析値ともコンクリートのリフト中心位置での最高温度はほぼ断熱温度上昇量に等しく、しかも実測値と解析値との最高温度での温度差は解析で仮定した究極温度の温度差(±5℃)に等しい。
- ③ 実測値ならびに解析値とも温度降下過程での降温速度がかなり近く、しかも実測値と解析値との最高温度での温度差が温度降下過程において漸減する傾向が認められる。

- ④ 温度上昇過程における実測値と解析値との温度差には漸増傾向が認められる。

次に、マスコンクリートの熱伝達率の相違がコンクリート底盤の温度分布に及ぼす影響を検討した。図-5 ならびに図-6 は上記の検討結果を示したものであり、実測値と解析値との間には以下に示す関係が認められる。

- ① 熱伝達率の大きいもの程リフト中心位置における最高温度は低く、しかも最高温度に到達する迄に要する時間が短い。
- ② 温度降下過程での降温速度は熱伝達率の大きいもの程速い。すなわち、実測値と解析値との温度差は、温度降下過程で漸増する傾向が認められる。
- ③ リフト下部(岩盤より40cm)における最高温度に到達するまでの温度は、実測値ならびに解析値とも全く等しい温度と言ってよい。

本研究で実施した数値実験結果と温度実測結果との比較、検討により、現場におけるマスコンクリートの熱伝達率を精度良く推定するためには、まず温度降下過程での実測値と解析値との降温速度に着目し、両者の降温速度がほぼ等しくなるような熱伝達率を求める。

次に、コンクリート打設後1週間前後における実測値と解析値とが等しくなるように断熱温度上昇量(究極温度)を補正する。最後に、解析で仮定した断熱温度上昇式の発熱速度を補正すれば、実測値と解析値とは非常に良好な一致を示すようになる。

5. 参考文献

- 1) 山川、田辺、笠原：熱伝達率の試験ならびに実測例、JCI 第1回マスコンコロキウム論文集、1982年

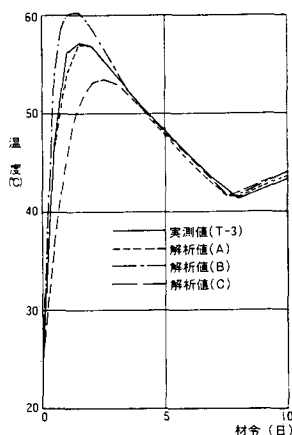


図-2 底盤中心位置温度履歴

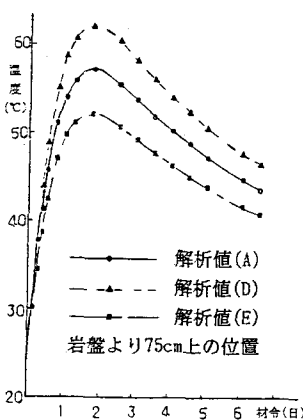


図-3 底盤中心位置温度履歴

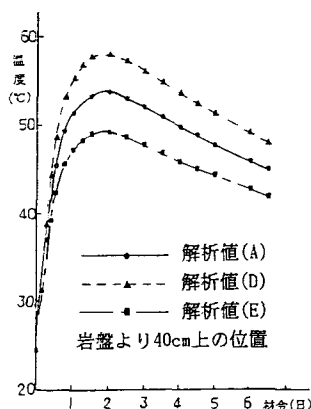


図-4 底盤下部温度履歴

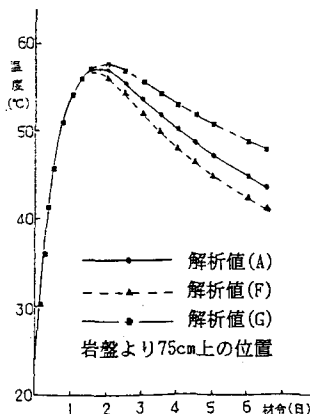


図-5 底盤中心位置温度履歴

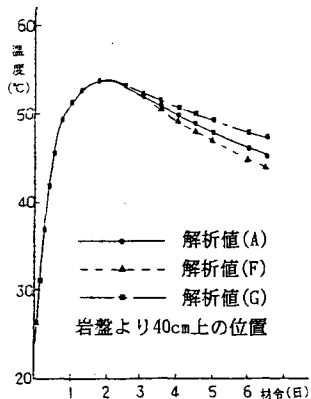


図-6 底盤下部温度履歴