

V-421 現場計測データに基づくクーリングパイプの熱伝達係数の評価

飛鳥建設(株) 構造技術部 正 近久 博志  
 飛鳥建設(株) 構造技術部 正 津崎 淳一  
 飛鳥建設(株) 構造技術部 正○中原 博隆  
 飛鳥建設(株) 構造技術部 正 小野 一博

1. はじめに

パイプクーリング工法が採用されたコンクリートダムの施工現場で計測されたコンクリートの内部温度と冷却水温を例にして、逆解析手法によるクーリングパイプの熱伝達係数の同定方法について説明する。そして、得られた結果と既往の実験結果と比較しながら、パイプの熱伝達係数について若干の考察を述べる。

2. 評価方法

有限要素法の非定常熱伝導解析に非線形計画法を応用した逆解析手法を用いて、別紙で報告した計測結果<sup>1)</sup>から、クーリングパイプの熱伝達係数の同定を行う。上部リフト打設後 10 日間の計測結果を基にして、6 時間間隔で逆解析を行い、

- 1) 下部リフトのコンクリートの内部発熱
- 2) 上部リフトのコンクリートの内部発熱
- 3) パイプの熱伝達係数

を同定する。このため得られる熱伝達係数は6時間毎の平均的な値となる。表-1に打設されたコンクリートの熱特性試験結果を示す。また、通水したクーリング水の流量は 15 l/min 程度であった。

3. 解析モデル

解析は、図-1に示す領域で行った。解析モデルは、図-2に示すような2次元平面要素を用いた。また、パイプ部はクーリング水温を外部温度とする熱伝達要素を用いた。解析モデル周囲の境界はすべて計測された温度を入力値とする温度指定境界とした。図中の▲印は同定に用いた計測点を表す。ここで、図-2に示す測点1~5で計測されたコンクリート内部温度とクーリング水温の経時変化を図-3の上図に示す。

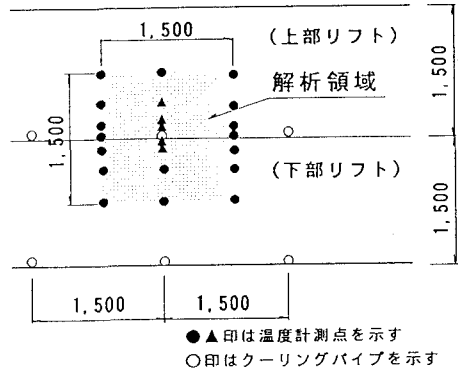


図-1 解析対象領域

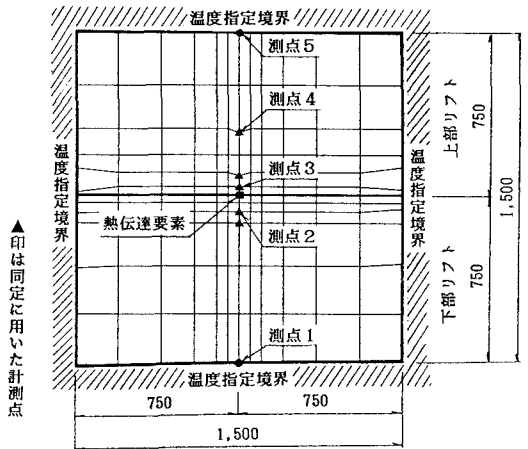


図-2 解析モデル

4. 解析結果と考察

解析結果を整理すると次のようになる。

(1) コンクリートの内部温度

測点1~5の計測値と同定結果としての解析値を比べると図-3のようになる。誤差は標準偏差にして 0.086 ~ 0.742 °Cであり、比較的精度良く同定して

表-1 熱特性試験結果

密度 (t/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg·°C)	熱拡散率 (m <sup>2</sup> /hr)	熱伝導率 (kcal/m·h·°C)
2.38	0.21	0.00306	1.51

いる様子が分かる。

(2) コンクリートの内部発熱

同定されたコンクリートの内部発熱曲線は、式(1)で近似式される。

$$T = 19.0 \cdot (1 - \exp(-0.66 \cdot t)) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、T(°C)とt(day)は、それぞれ発熱温度とコンクリート打設後の経過日数を表す。

(3) クーリングパイプの熱伝達係数

図-4に同定されたパイプの熱伝達係数の経時変化を示す。上部リフト打設3.5日後からクーリングを開始したため、パイプの熱伝達係数は通水後、急に大きくなっている。頻度分布で表すと図-5のようになり、熱伝達係数は455 kcal/m<sup>2</sup>・hr・°C（標準偏差74 kcal/m<sup>2</sup>・hr・°C）程度となった。図-6に別途室内で実施した実験結果<sup>2)</sup>を示す。本室内実験結果からクーリングパイプの熱伝達係数は、冷却水温と試験供試体との温度差が10～25°Cの範囲ではあまり影響を受けないで、概略的には冷却水量だけの関数として表されることが分かった。また、本図に示したように今回の同定結果と室内実験結果とは良い一致が見られることが分かる。

5. おわりに

今回、現場実験の計測結果から、クーリングパイプの熱伝達係数の評価をすることができた。得られたデータが、今後のパイプクーリングの設計の一助になれば幸いである。最後に、本実験に関して幅広い御指導、御協力頂いた福岡市水道局、長谷ダム作業所の皆様方には改めて本紙を借りて御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 松本, 渋田, 他: "クーリングパイプの熱伝達係数に関する現場実験", 土木学会第47回年次学術講演会, 1992.9
- 2) 近久, 津崎, 他: "パイプクーリングの熱伝達係数に関する室内実験と評価", 第14回コンクリート工学年次講演会, 1992.6

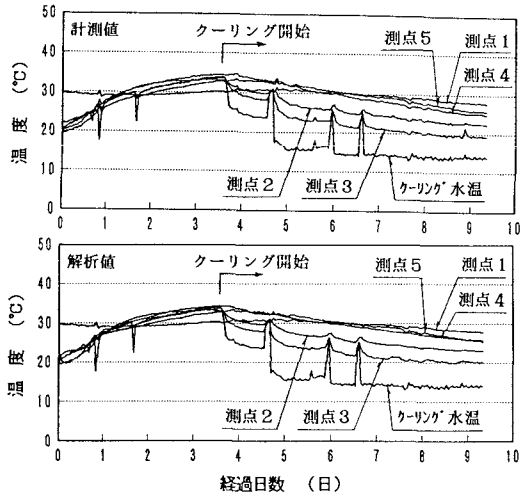


図-3 内部温度比較図

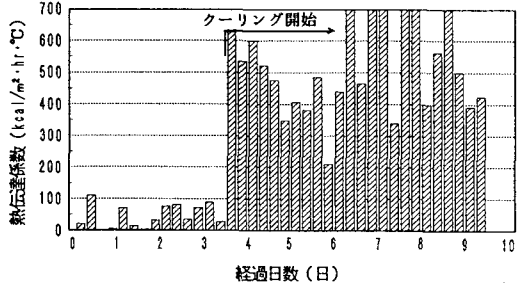


図-4 パイプの熱伝達係数の経時図

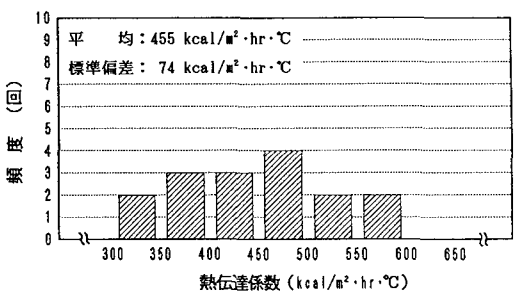


図-5 パイプの熱伝達係数の頻度図

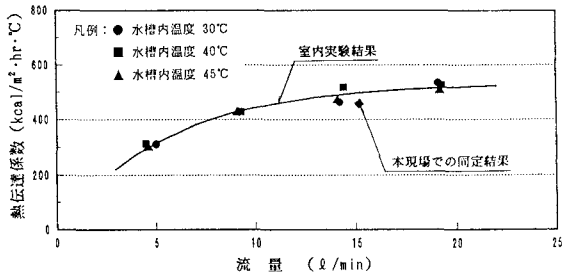


図-6 クーリング水の流量とパイプの熱伝達係数の関係