

ダムコンクリートにおける流水養生の水和熱低減効果に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 武井 昭 正会員 坂井吾郎
正会員 林 大介 正会員 ○室野井敏之

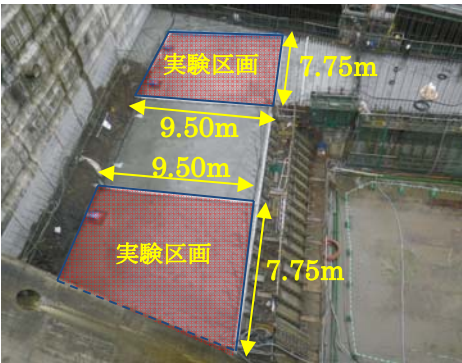
1. はじめに

ダムコンクリートなどのマスコンクリート部材では、セメントの水和反応に起因する水和熱により温度ひび割れが発生する場合がある。この温度ひび割れの対策として、コンクリートダムの様な面的に広い打設面がある構造物では、コンクリートの内部温度の低減のために流水養生を実施する場合がある。この流水養生によるコンクリート温度の低減効果に関しては、これまでに評価がされている¹⁾ものの、統一的な指標が示されていないのが現状である。本稿では、流水養生によるコンクリート温度の低減効果を定量的に評価することを目的に、施工中のダム減勢工に流水養生を施し、コンクリート温度の計測結果から表面熱伝達率を算出した結果について報告する。

2. 実験概要

(1)対象構造物の概要

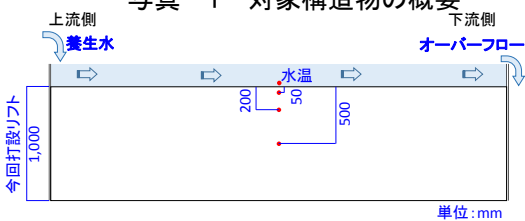
流水養生の効果を評価するため、実際のダム工事にて、構築中の減勢工のコンクリート躯体に流水養生を施し、打ち込んだコンクリートの温度を計測した。実験を行った構造物の概要を写真－1に示す。流水養生は、7.75m×9.50m(打設厚さ 1.0m)の区画の打設面に施した。温度計測位置を図－1に示す。温度計測位置は、実験区画の中心位置に、打設面から深さ方向に 50mm, 200mm, 500mm の位置にて計測し、水温および外気温についても併せて計測した。



写真－1 対象構造物の概要

(2)実験水準

本実験の水準を表－1に示す。流水養生は、写真－1に示す2区画にて、流量を 100L/分(面積当たりの流量 1.36L/分/m²)および 150 L/分(面積当たりの流量 2.04L/分/m²)とした2ケースについて実施した。養生水には、河川水(実験期間の平均温度 20℃)を用いた。流水養生の期間はコンクリートを打ち込んだ翌日から 10 日間とした。また、コンクリートは6月中旬に打設し、打込み温度の平均値は 24℃であった。



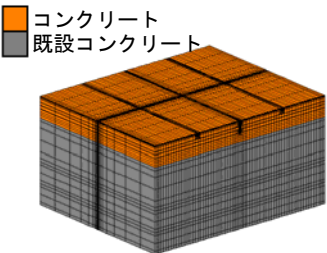
図－1 温度計測位置

表－1 実験水準

項目	適用
養生のケース	流水養生： 流量 100L/分(面積当たりの流量 1.36L/分/m ²)， 流量 150L/分(面積当たりの流量 2.04L/分/m ²)
温度測定	・コンクリート温度計測位置 打設面表面から 50mm,200mm,500mm 位置 ・水温計測位置 ・外気温

(3)温度解析による評価

流水養生の効果の評価として、三次元有限要素法を用いた温度解析により、コンクリート表面の境界条件である表面熱伝達率をコンクリート温度の計測値から同定した。また、コンクリート上面の熱伝達境界は、外気温とした場合と流水の水温とした場合の2ケースについて評価することとした。解析に用いたコンクリートの入力値一覧を表－2、解析モデルを図－2に示す。



図－2 解析モデル

表－2 コンクリートの解析入力値一覧

項目	摘要
熱伝導率(W/m℃)	2.25
比熱(kJ/kg℃)	1.05
断熱温度上昇特性	$Q(t)=30.0 \times \{1 - \exp(-0.65t^{0.50})\}$ ここで、 $Q(t)$: 温度上昇量(℃)、 t : 材齢(日) [セメント種: 中庸熟フライッシュセメント, 単位セメント量: 250kg/m ³]
熱伝達境界	計測水温による
密度(kg/m ³)	2365

キーワード コンクリート, 流水養生, ダム, 温度解析, 表面熱伝達率

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8017

3. 実験結果

(1) 流水養生の計測値

流量 100L/分および流量 150L/分のケースについて、コンクリート温度、流水の水温、外気温の計測値を図-3および図-4に示す。図-3より、流量 100L/分の場合、部材の中心位置(打設面からの深さ 500mm 計測位置)における流水養生開始時点でのコンクリート温度は 36.8℃であり、材齢 11 日のコンクリート温度は 26.3℃であった。図-4より、流量 150 L/分の場合、部材の中心位置における流水養生開始時点のコンクリート温度は 36.6℃であり、材齢 11 日のコンクリート温度は 26.0℃であった。以上より、流水養生によるコンクリートの最高温度からの温度低下量は、流量 100L/分のケースで 10.5℃、流量 150 L/分のケースで 10.6℃であり、同程度の温度低減効果であった。

また、コンクリート温度と打設面からの深さの関係を図-5に示す。流水養生開始時点での表層の温度が若干異なるものの、材齢の経過に伴う温度の低減と部材断面内の温度勾配について、流量による温度低減効果の違いは認められなかった。

(2) 温度解析による表面熱伝達率の算出

流量 100L/分および流量 150L/分のコンクリート温度計測値を基に、境界条件の温度条件として外気温または流水の水温のそれぞれについて表面熱伝達率を温度解析により同定した。同定した解析結果として、各温度計測位置における材齢とコンクリート温度の関係を図-6に示す。

同定の結果より、本実験の条件において、流水養生による表面熱伝達率は、流量の違いによらず、外気温を境界条件とした場合では 35W/m²℃であり、水温を境界条件とした場合では 90W/m²℃であった。また、部材の中心位置(打設面からの深さ 500mm 計測位置)での同定は、外気温および水温を境界条件とした場合の双方において、精度良く同定することができた。一方で、表面位置(打設面からの深さ 50mm 計測位置)での同定は、界面近傍の温度の影響を強く受けるため、境界条件を外気温とした場合よりも、水温とした場合の方が精度のよい結果を得ることができた。

4. まとめ

本実験の条件において得られた知見を以下に示す。

(1) 本実験において、流水養生によるコンクリートの温度低減効果を確認した。また、本実験における流量(150L/分および 100L/分)では、コンクリートの温度低減効果に違いは認められなかった。

(2) 流水養生の表面熱伝達率は、熱境界の条件が外気温の場合 35W/m²℃であり、水温の場合 90W/m²℃であった。

参考文献

1) 鷹取正顕, 田中靖, 五十嵐昇: 流水養生によるポストクーリングについて, ダム技術 No.83, 1993

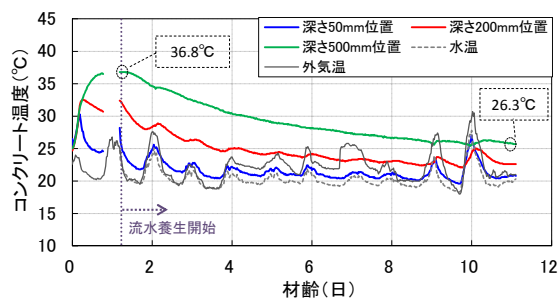


図-3 材齢とコンクリート温度 (100L/分)

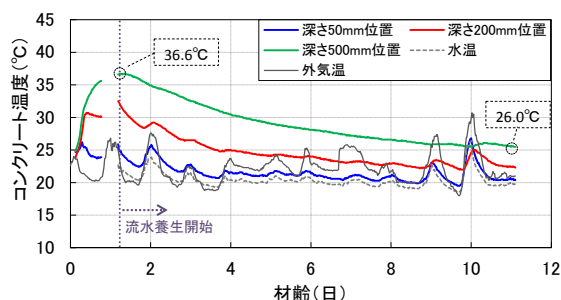


図-4 材齢とコンクリート温度 (150L/分)

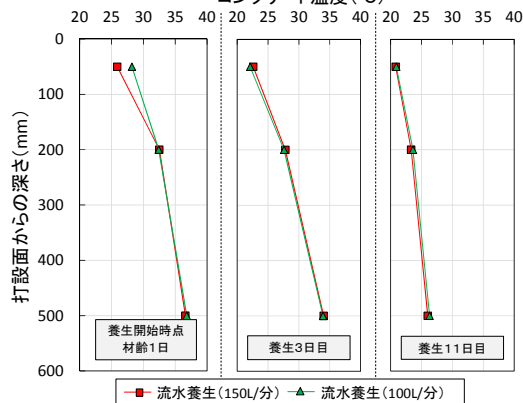


図-5 コンクリート温度と打設面からの深さ

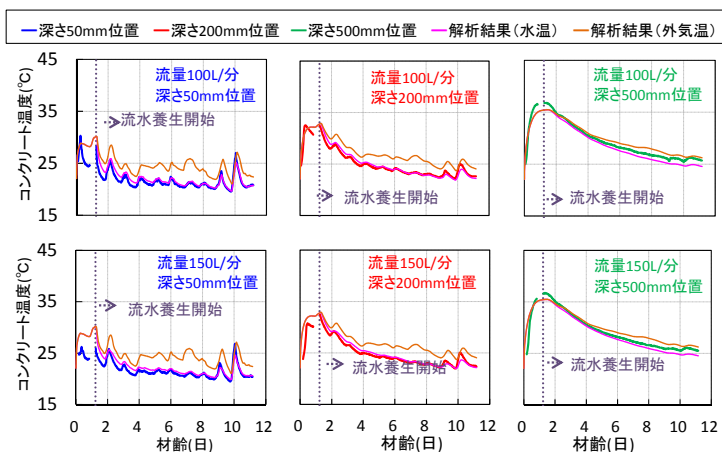


図-6 同定解析の結果一覧