

水門堰柱における鉛直パイプクーリングの適用事例

(株)熊谷組 正会員 ○蘇 茜 (株)熊谷組 正会員 中出 剛
 (株)熊谷組 正会員 緒方 明彦 (株)熊谷組 正会員 牧田 孝之

1. はじめに

近年、マスコンクリート構造物の品質向上として、温度応力によるひび割れ抑制対策がいくつか取り上げられる。その対策の一つである鉛直パイプクーリング工法は、あらかじめひび割れの発生が懸念した箇所にパイプ管を設置し、コンクリート打設した直後、通水による温度上昇を抑制することができる。

今回検討対象である二級河川甲子川水門土木工事における中央堰柱 P2 の構築にあたり、温度ひび割れ発生の対策として、膨張材の投入、かつ鉛直パイプクーリングによる対策を実施し、良好なひび割れ抑制効果を確認した。

本稿では、対策工法の検討およびコンクリート発生温度の計測結果等の施工データを踏まえ、鉛直パイプクーリング工法の適用性、効果について報告する。

2. 対象構造物の概要

対象となる構造物（中央堰柱 P2）は、図-1 に示すような壁厚 4.0m×壁高約 17.8m の堰柱である。単位セメント量が 357kg/m³ と富配合であり、事前の予測解析では最大温度上昇量が $\Delta T=52^{\circ}\text{C}$ 、最小ひび割れ指数が $I_{cr}=0.6$ となり、有害な温度ひび割れが生じることが懸念された。このため、温度ひび割れ制御対策として、温度上昇を抑制するパイプクーリング工法と体積変化を抑制する（収縮ひずみ低減）膨張材の投入する工法を組み合わせた対策方法を採用した。

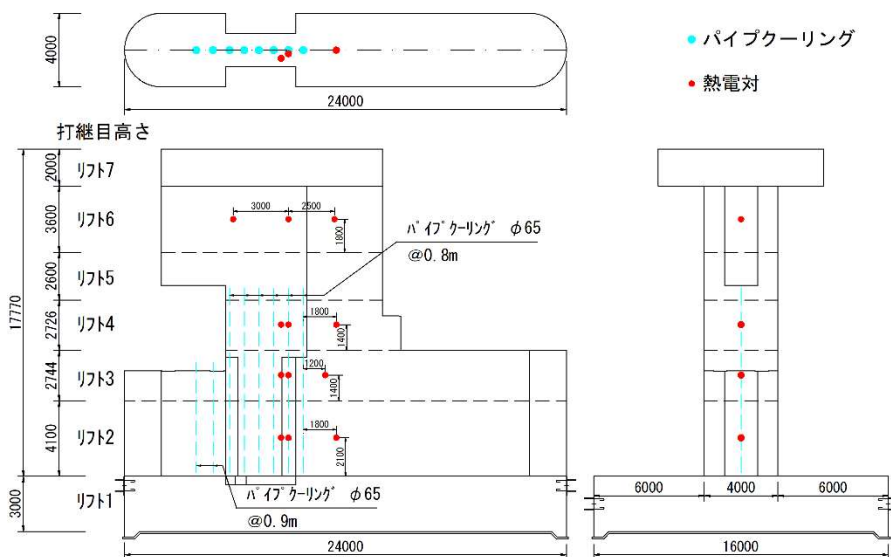


図-1 中央堰柱 P2 の構造図

3. パイプクーリング工法

パイプクーリングは、鋼管（φ65.0mm）を壁中心付近に水平間隔約 0.8m～0.9m であらかじめ設置し、コンクリート打設後にホースを通じて下方から鋼管内に通水させる方法とした。使用水は現場で削井した井戸水を用い、通水後の水を養生として使用することとした。原水の水温は 13.5℃であり、通水後の水温は 17℃程度であった。2.5(cm/sec)の流速で、水量が 5.0(l/min)の通水を約 6 日程度行うこととした。事前の予測解析では流速を $u(\text{cm/sec})$ として式(1)によりパイプ壁面の熱伝達率 h を設定し、パイプクーリングにより最大 11℃程度温度上昇を抑制できると予測された。

$$h=4.75u+43.0 \text{ (kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C)} \quad (1)$$



写真-1 パイプクーリングの状況

キーワード 温度ひび割れ、温度応力解析、マスコンクリート、鉛直パイプクーリング

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 土木設計部 TEL03-3266-8525

4. 実施工における温度計測結果

打設リフト2～リフト4までの温度計測位置は、図-2に示すようにクーリング管の近傍（No. 1）、クーリング管の中央位置（No. 2）およびクーリングの影響が小さいと考えられる位置（No. 3）に熱電対を設置する。また、パイプクーリングを実施しない打設リフト6の温度計測位置は、図-3に示すようにコンクリートの温度境界まで0.9mの位置をNo. 4とNo. 5とし、2.0mの位置をNo. 6とする。いずれも打設高さのほぼ中央に設置した。各計測点における解析値と計測値を図-4と図-5に示している。

図-4にパイプクーリングを設置するリフト2～リフト4の現場計測値、および実施工で得られたコンクリート打設温度と外気温を基として、再度解析した結果の温度経時変化図を示す。各測点の計測値と解析値がほぼ同時に最大値に至り、測点No. 2とNo. 3における解析値と計測値の温度差が2℃～6℃である。パイプクーリングの影響が小さい測点No. 3とクーリング管の近傍測点No. 1の計測値を比較し、コンクリートの最高温度が19.1℃程度の抑制効果を得ることができている。また、測点No. 3とクーリング管の中央測点No. 2の計測値を比較し、コンクリートの最高温度が9.7℃程度低くなっている。

パイプクーリングを行わない場合の解析値も併せて示しているが、パイプクーリングにより13.6℃程度最大温度が小さくなっており、目標とした温度抑制効果を得ることができている。なお、パイプクーリングによる最小ひび割れ指数の改善効果は表-1に示す。

図-5にパイプクーリングを設置しないリフト6のコンクリート温度の計測値と解析値の経時変化図を示す。測点No. 6の両者がほぼ同時に最大温度に至るのに対し、測点No. 4とNo. 5の計測値が解析値より1日早く最大温度に至り、両者の温度差が3℃～5℃である。

また、コンクリート打設後2年間が経過し、構造物に有害なひび割れは生じておらず、本工法による対策の有効性が確認された。

5. まとめ

鉛直パイプクーリング工法を実施工に適用し、十分な温度抑制効果が得られることを確認することができた。各測点の計測値が解析値より2℃～6℃大きいことと、計測値が解析値より速く最大温度に至ることで、型枠等の熱伝達率の設定について見直す余地があると考えられる。

参考文献

- 1) 中出 剛, 宮脇 悟, 岡本 仁, 庄司 啓明, 佐藤 裕治: 壁式橋脚における鉛直パイプクーリング工法の適用, 第67回年次学術講演会概要集, 2012

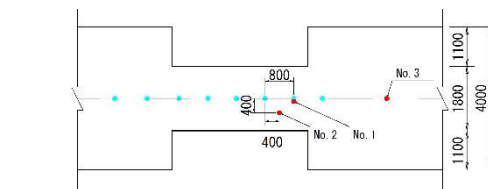


図-2 リフト2～リフト4の平面計測位置

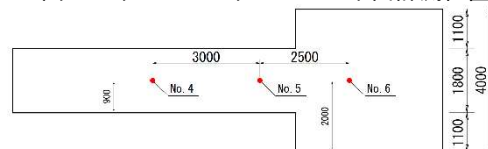


図-3 リフト6の平面計測位置

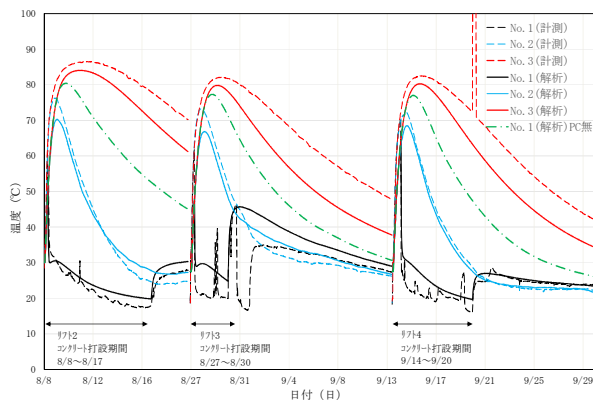


図-4 リフト2～リフト4の温度経時変化図

表-1 最小ひび割れ指数

リフト	PC無し	PC有り
2	0.96	1.34
3	0.77	1.01
4	0.97	1.31

※両方とも膨張材を考慮した結果

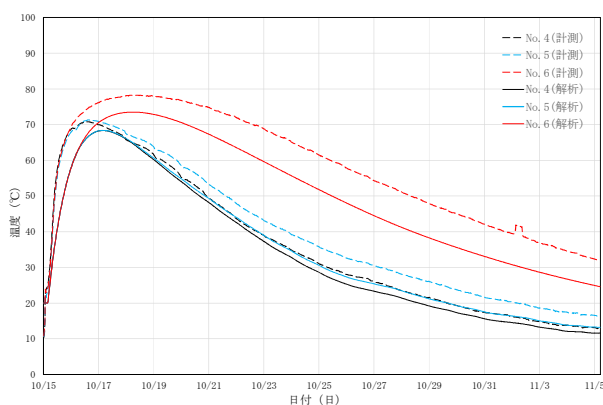


図-5 リフト6の温度経時変化図