

函渠構造物におけるLPクーリングの適用

(株)安藤・間 正会員 ○河村杏那 松本勝 正会員 白岩誠史 正会員 赤池考起

1. はじめに

パイプクーリングはコンクリート内部に配置したパイプに冷却水を通すことで躯体全体を冷却し、温度ひび割れを制御する工法である。それに対して、部分パイプクーリング (Localized Pipe Cooling (以下, LPクーリング)) は引張応力の集中範囲のみを限定的に短期間冷却し、温度ひび割れの発生を防ぐ工法である。函渠構造物へのパイプクーリング適用にあたっては躯体全体を冷却させるために多数のクーリングパイプが必要であり、作業の煩雑さとコストの問題があった。そのため、冷却範囲を限定させることで資機材数量を削減できる LPクーリングを採用した。LPクーリングはトンネルの覆工コンクリートに図-1上段のように水平設置を基本として開発され¹⁾、函渠構造物で下段のように鉛直適用した実施例は寡少である。

また、函渠側壁に効果的な対策とするため、図-2のような“凹”を逆さにしたようなパイプ形状 (以下, 逆凹型) を採用した。本稿では、その温度応力解析と内部上昇温度の実測結果について報告する。

2. 逆凹型 LPクーリングの概要

函渠側壁の特徴として壁厚が厚く、特に中心部は水和熱の発生量が多いことが挙げられる。また、底版からの拘束により側壁下部に引張応力が発生し、下部から頂版方向にひび割れが発生しやすい。この2点より、中央かつ下部にあたる範囲を集中的に冷却する必要があった。今回実施したLPクーリングの概要を図-2に示す。中央下部を集中的に冷却させるため、クーリングパイプを中央のみに鉛直方向で配置し、パイプ下端を接続した逆凹型のパイプ形状とした。

設備概要を図-3に示す。冷却装置2台を用いて通水を冷却し、循環式とした。また、熱電対を図-2中に示すように設置し、誘発目地とクーリングパイプ間を未冷却部、クーリングパイプ間を冷却部として計測した。これらの条件をもとに、温度応力解析で用いるパイプクーリングの設定を表-1の通りとした。クーリングパイプは1.5インチの鋼管を使用し、外気温相当の冷却水を通水する計画とした。

3. 対象構造物とコンクリート打設条件

対象構造物の平面、断面を図-4に示す。構造物の全体形状は、全長約58m (1ブロック14~15m×4)、幅約19m、高さ

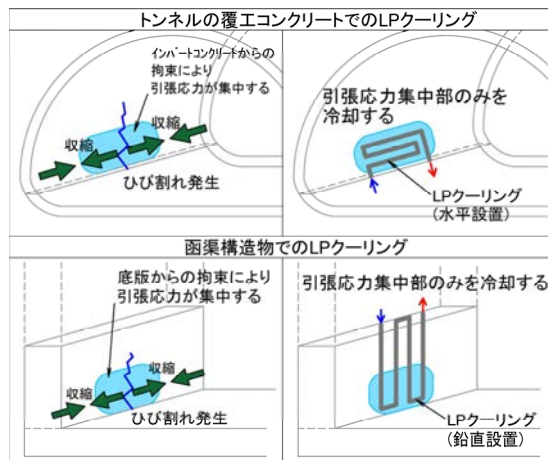


図-1 LPクーリング概略図

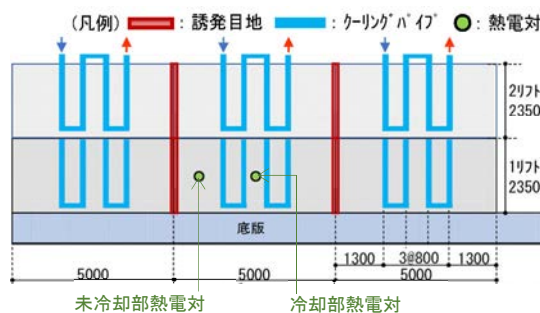


図-2 LPクーリング概略図

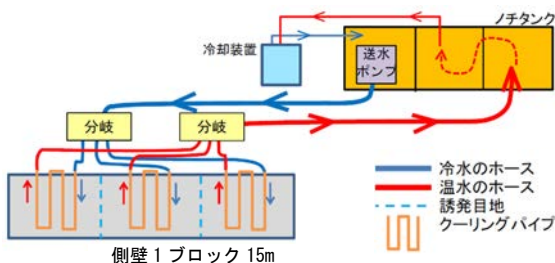


図-3 通水装置概略図

表-1 パイプクーリング設定値

対象	期間	水温 (°C)	パイプ径 (インチ)	熱伝導率 (W/m ² °C)
側壁1リフト	2日間	26.91	1.5	125
側壁2リフト	2日間	25.64	1.5	125

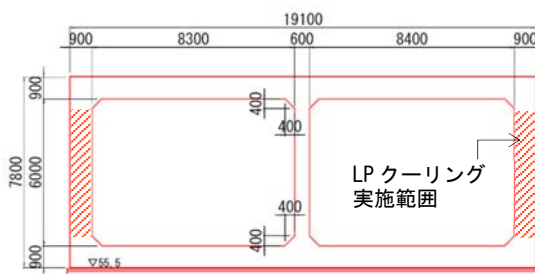


図-4 対象構造物断面

キーワード パイプクーリング, LPクーリング, 鉛直パイプクーリング, 函渠, 温度応力ひび割れ

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目1番20号 (株)安藤・間 建設本部土木技術統括部 TEL 03-6234-3672

7.6mの函渠であり、側壁は壁厚 90cm のマスコンクリートである。誘発目地は1ブロックにつき約5m間隔で2カ所設置した。

打設リフトは図-2 に示すように側壁を高さ 2.35m ずつ 2 回打設とした。打設時期は夏季であり、配合は高炉セメント B 種を使用した表-2 に示す。

表-2 コンクリート配合

呼び強度 (N/mm ²)	スラブ (cm)	粗骨材最大寸法 (cm)	セメント種類	W/C (%)
27	12	20	BB	53.4
セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤 (kg/m ³)
287	153	789	762	3.07

4. 結果

4-1. 温度応力解析の結果

LP クーリングの施工に先立ち、鉛直型と逆凹型のパイプ配置を比較検討した。その最小ひび割れ指数分布を図-5 に示す。逆凹型は壁体下部にクーリングパイプを水平方向に通すため、中央下部(図-5 赤点線部)の最小ひび割れ指数が鉛直型と比較すると大きい結果となり、温度ひび割れが発生しやすい範囲の指数を集中的に抑制できることが確認できた。

また、逆凹型 LP クーリングでの内部上昇温度推移を図-6 に示す。未冷却部が 62.1℃、冷却部は 57.2℃となり、約 5℃の冷却効果が期待された。

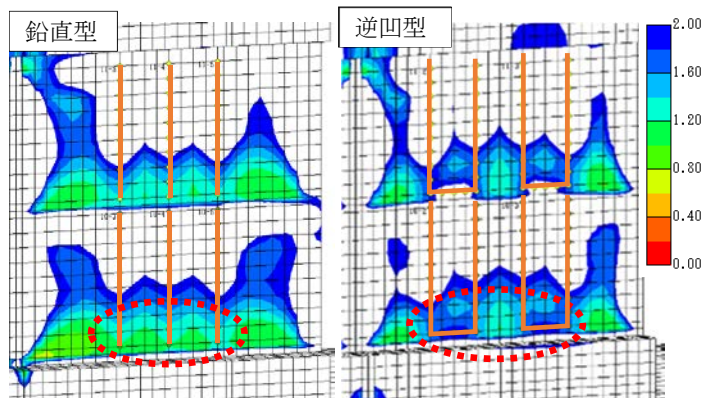


図-5 最小ひび割れ指数分布

4-2. 実施工での結果

実施工において 0.2mm を超過する有害なひび割れは発生しなかった。

また、測定した内部上昇温度推移を図-7 に示す。測定値では未冷却部が 57.9℃に対し冷却部は 49.1℃と、約 8.8℃の冷却効果が確認できた。解析結果以上の冷却効果が確認された理由としては、実際の水温が解析での設定水温以下であった時間が長かったためと考えられる。

5. まとめ

逆凹型の LP クーリングを函渠側壁に採用した結果、ひび割れが発生しやすい中央下部を集中的に冷却し、温度ひび割れを抑制できることを確認した。今後、このようなデータを蓄積し、函渠構造物における LP クーリングを用いた効率的なパイプクーリングの標準形の構築につなげたい。

参考文献

- 1) 白岩誠史, 川中政美, 赤池孝起, 庄野昭: 覆工コンクリートおよび明かり構造物への部分パイプクーリングの適用方法に関する報告, コンクリート工学年次論文集, vol. 42, No. 1, 2020

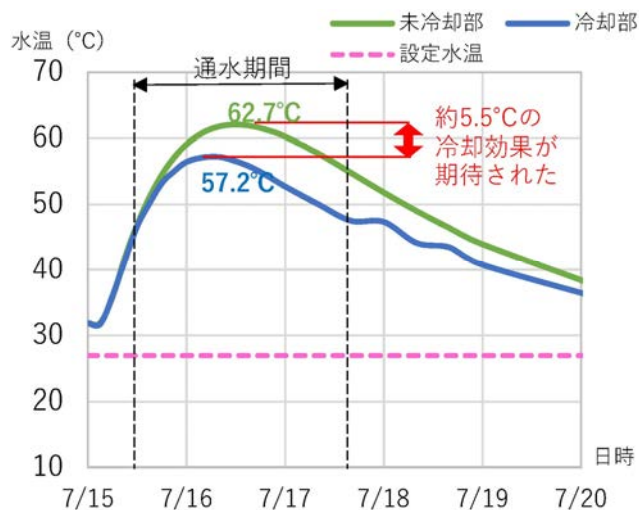


図-6 温度応力解析での内部上昇温度推移

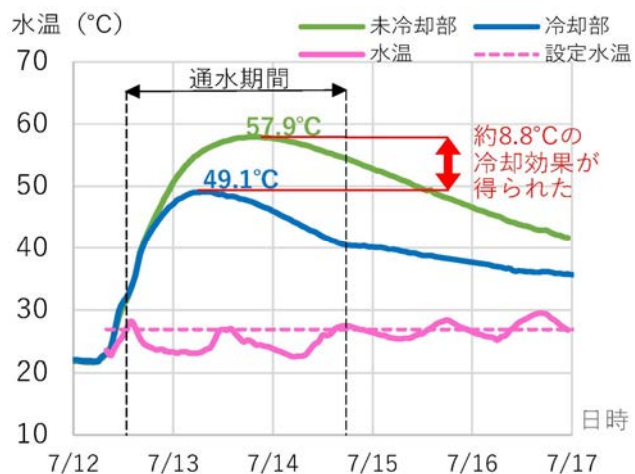


図-7 実施工の内部上昇温度推移 (測定値)