

水冷式パイプクーリングによるマスコンクリートの温度ひび割れ抑制効果の検証

川田建設(株) 正会員 ○松熊 千史 川田建設(株) 千竈 康士郎
西日本高速道路(株) 前本 将志 川田建設(株) 有賀 瞬

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひび割れは、乾燥収縮ひび割れに比べひび割れ幅が大きく、有害なひび割れとなりやすいため、設計時や施工時に温度ひび割れ対策を講ずる必要がある。温度ひび割れ対策として、低発熱型セメントの使用、コンクリート製造時の温度調整、コンクリートの分割打設等、各段階において種々の対策があるが、構造物の耐久性・施工性・経済性を考慮して各手法を選定する必要がある。

今回、忍頂寺高架橋上り線の P1 橋脚フーチング部において、構造物の品質を確保するため、温度ひび割れの抑制効果が高い水冷式パイプクーリングを実施し、打設後のコンクリート内部の温度上昇を抑制した。本稿では、パイプクーリング実施時のコンクリート温度・通水温度、温度ひび割れの抑制効果の検証について報告する。

2. 工事概要

工事概要を表 1 に示す。フーチングの構造形状は、縦 13.5m×横 13.5m×高さ 4.0m である(図 1)。コンクリートは、24-8-40N を使用した(表 2)。コンクリート打設は 12 月中旬に実施し、約 730m³ のボリュームを 1 回で打ち込んだ。

表 1 工事概要

工事名称	新名神高速道路 忍頂寺高架橋他3橋工事
発注者	西日本高速道路(株) 関西支社
施工箇所	大阪府茨木市大字忍頂寺～千提寺
工期	H25.6.21～H28.1.6
工事概要	橋梁形式：PRC3径間連続ラーメン箱桁橋 橋長：134.5m 幅員：10.0m 施工内容：下部工、上部工、橋梁付属物工
対象箇所	忍頂寺高架橋 上り線 P1フーチング

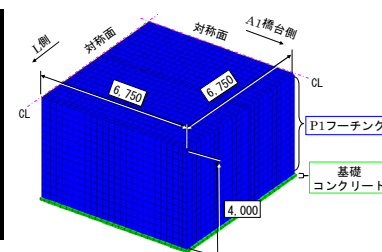


表 2 コンクリート配合表

配合名	W/C(%)	単位量(kg/m ³)				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
24-8-40-N	58.0	257	149	810	1126	1.67

図 1 解析用モデル(1/4)

3. 実施内容

クーリング方法として、風冷式または水冷式が考えられるが、本橋のフーチング上面には D25・D38 の太径鉄筋が格子状(@150mm)に配置されており、鉛直パイプの配置が困難であること、さらに躯体表面の大部分が仕上がり面となることから、施工性・美観性を考慮して水冷式を選定した。クーリング用のパイプには、鋼製パイプ(外径 31.8mm, 厚さ 1.2mm)を使用し、横 15@840mm, 高さ 3@900mm の間隔で配置した(図 2)。通水経路は、構造中心線を境に左右に分け 2 系統(1 系統当たり約 436m=109m×4 段)とし、各段の鋼製パイプは躯体外部でホース接続した。通水材には、掘削に伴い発生した湧水を使用した。湧水はポンプで汲み上げ、水タンクへ集水し、電動ポンプを用いて鋼製パイプ内に注入し、注入口を躯体中央部の最上段、排出口を躯体外縁部の最下段とし、毎分 15ℓ の通水量で循環した(図 3)。パイプクーリングは、打設完了後から材齢 19 日まで実施し、クーリング期間のコンクリート温度・通水温度の変化は、熱電対を用いて計測した。

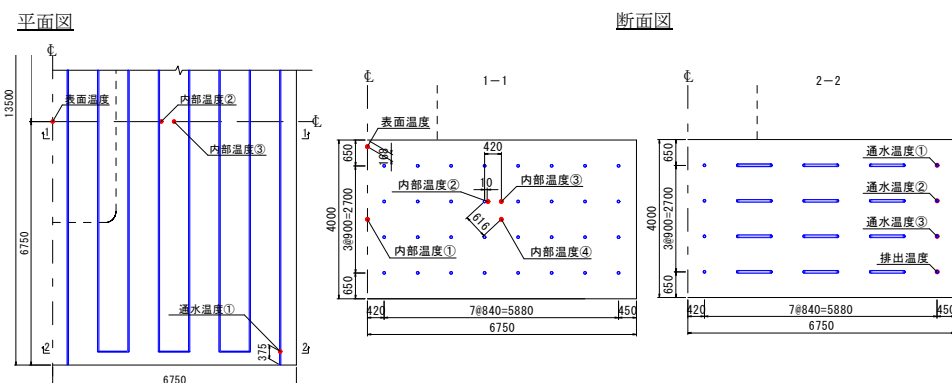


図2 鋼製パイプ配置図・温度測定位置図

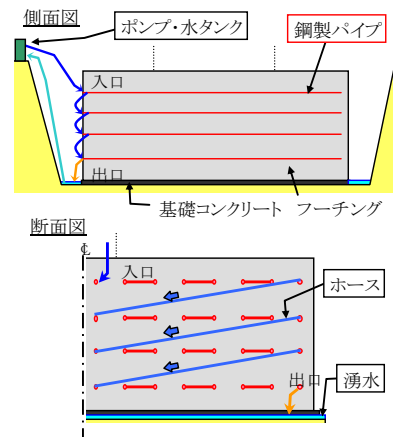


図3 水循環の概要図

キーワード マスコンクリート、水冷式パイプクーリング、温度ひび割れ、温度応力解析、移流拡散モデル

連絡先 〒114-8505 東京都北区滝野川 6-3-1 川田建設(株)

(TEL)03-3576-5321 (FAX)03-3915-3279

4. 温度計測の結果

図4にコンクリートの内部・表面温度，水の注入・排出温度の変化を示す。コンクリート温度は，材齢2日目で最高となり，時間の経過とともに低下している。内部および表面の最高温度は，内部温度①46℃，表面温度27℃であった。通水は，機械式の水温調節を行わない循環方式であったが，13℃程度の湧水との混合により，注入温度を最高でも24℃に抑制している。また，排出温度は，最高温度38℃まで上昇したが，コンクリート温度とともに低下している。

図5に鋼製パイプからの距離の違いによるコンクリート温度の変化性状を示す。パイプから各測点までの距離は②10mm，③420mm，④616mmであり(図2)，温度低減効果はパイプからの距離が近いほど高いことがわかる。内部温度②は，通水温度②とほぼ同等であり，内部温度④と②の温度差は最大で10℃，平均で6℃であり，③と②の温度差は最大で8℃，平均で4℃であった。

5. 温度応力解析値との比較

施工後，コンクリートの打込み温度・外気温，通水温度・通水期間は実施工に合わせ，温度境界条件はコンクリート標準示方書[設計編]に準じ，各材料の熱伝達率に外気13W/m²℃，合板8W/m²℃，養生マット5W/m²℃を用い，温度応力解析を行った。このとき，水の長距離循環を再現するため，冷却水とコンクリートとの熱の授受を考慮する移流拡散モデルを用いた。

図6にコンクリートの内部温度および表面温度の実測値と解析値を示す。それぞれを比較すると，最高温度到達材齢は多少の時差はあるが，最高温度および温度変化の勾配は近似しており，解析の有効性を示している。

そこで，図7にパイプクーリング未実施の解析値とのコンクリート温度の比較を示す。コンクリートの最高温度は，パイプクーリング未実施が54℃であるため，パイプクーリングを実施することで，8℃低減していることとなる。また，内部温度と外部温度の差が大きい期間(発生引張応力が大きい期間)を大幅に短縮していることとなる。

6. まとめ

水冷式パイプクーリングの実施により，打設後のコンクリート内部の温度上昇を抑制することができた(図8)。また，温度応力解析では，躯体表面におけるひび割れ指数1.0以下の領域を93%削減(図9)できていることから，水冷式パイプクーリングは，温度ひび割れの抑制効果を十分に有しているといえる。

参考文献

1) 日本コンクリート工学協会: マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008

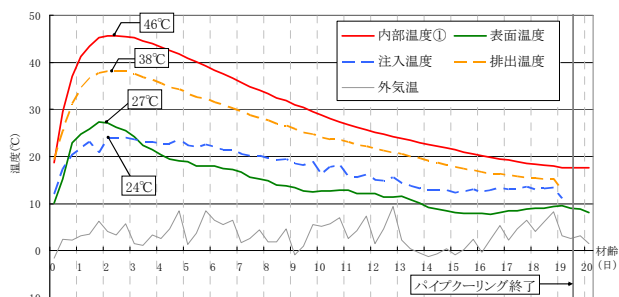


図4 コンクリートの内部・表面温度

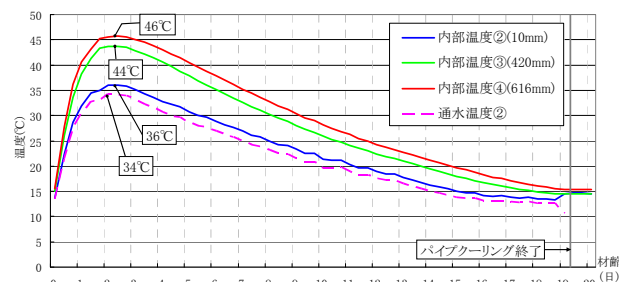


図5 鋼製パイプからの距離の違いによるコンクリート温度の変化性状

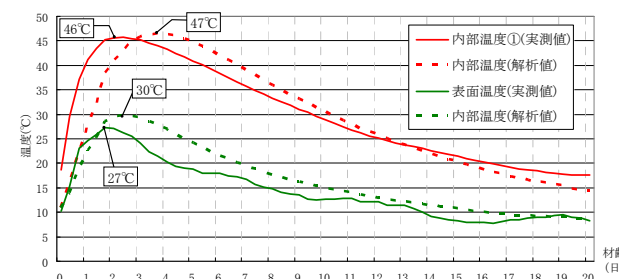


図6 実測値と解析値の比較

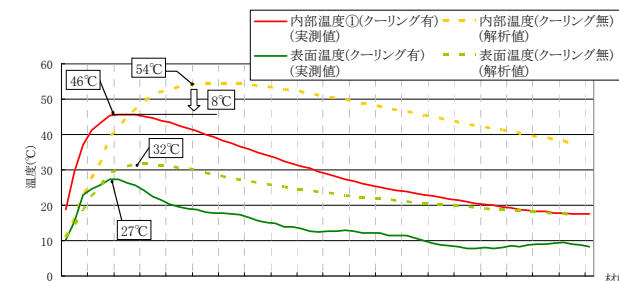


図7 パイプクーリング未実施(解析値)との比較

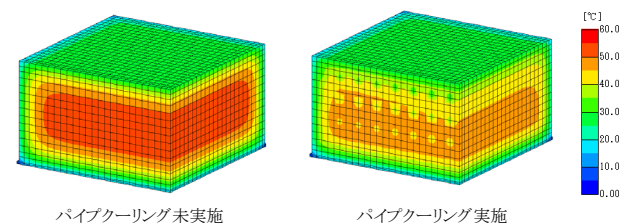


図8 解析における経験最高温度分布図

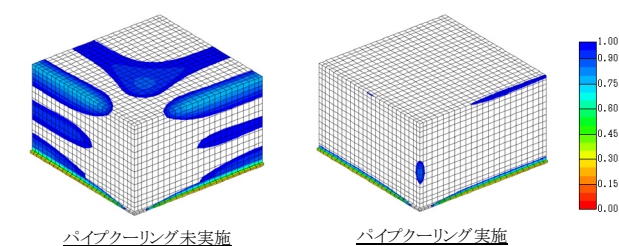


図9 解析における経験最小ひび割れ指数