

幅 20m の橋脚における部分パイプクーリングのひび割れ抑制効果の確認

安藤ハザマ ○正会員 小林哲也, 赤池考起, 飯田信一, 杉浦規之
国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所建設監督官 河上伸一

1. はじめに

「国道 106 号箱石地区道路工事」の新箱石大橋 P1 橋脚の柱部は、幅 20m、厚さ 3m の延長の長い壁状構造物となっており、部材中央で外部拘束による温度ひび割れの発生が懸念された。そのためひび割れ対策として、“部分パイプクーリング (Localized Pipe Cooling, 以下 LP クーリング)” を適用した。LP クーリングは、引張応力の集中する部分のみを短期間クーリングする工法である¹⁾。

本報告では、施工時に計測した外気温および部材内部温度を反映した三次元 FEM 温度応力解析 (以後、事後解析) の結果から確認できた LP クーリングのひび割れ抑制効果について報告する。

2. 事後解析の条件

事後解析に使用するモデル図を図-1、クーリングパイプ (SGP 管, 外径 60.5mm) の配置図および計測位置を図-2 に示す。最下段のクーリングパイプは打継ぎ面から 300mm 上、測点②、④は天端から 150mm 下がりとした。クーリングパイプの配置は施工開始前に実施した事前解析より決定した。事後解析条件を表-1 および表-2 に示す。表-2 中のクーリング条件である通水期間、流量は、事前解析結果を基に施工現場で実施した値であり、熱伝達率は、これまでの実績²⁾から決定した。また、外気温については 30 分ごとの現場での計測値を入力し、その他の基本的な設定条件については 2017 年制定コンクリート標準示方書設計編に準じた。

表-1 コンクリート配合

| 配合 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m ³) | | | | |
|------------|---------|---------|-------------------------|--------|-------|-------|--------|
| | | | 水 W | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G | 混和剤 Ad |
| 24-12-20BB | 53.0 | 53.5 | 169 | 319 | 968 | 932 | 3.03 |

表-2 打設およびクーリング条件

| 部位 | 打設日 | クーリング条件 (パイプ内径55mm) | | | |
|--------|------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------------------|
| | | 温度条件*1 打設温度 (°C) | 期間*2 (日) | 流量 (L/min) | 熱伝達率*3 (W/m ² °C) |
| 底板1リフト | 2018/5/31 | 21 | - | - | - |
| 底板2リフト | 2018/6/2 | 23 | - | - | - |
| 柱部1リフト | 2018/7/9 | 27 | 2.5 | 15→45*4 | 118→250*4 |
| 柱部2リフト | 2018/8/1 | 30 | 2.5 | 45 | 250 |
| 柱部3リフト | 2018/10/18 | 20 | 2.5 | 45 | 250 |
| 柱部4リフト | 2018/11/8 | 16 | 2.5 | 45 | 250 |
| 柱部5リフト | 2018/11/22 | 12 | 2.5 | 45 | 250 |

*1: 外気温は打設箇所での30分毎の計測値、打設温度は受入れ試験時の測定値

*2: 打設完了後、通水開始からの期間

*3: 熱伝達率は、参考文献2)の図-12を参考にこれまでの実績からK2=0.2相当で算出

*4: 通水開始後、温度応力解析により再検討し、打込み翌日の9時に流量を変更

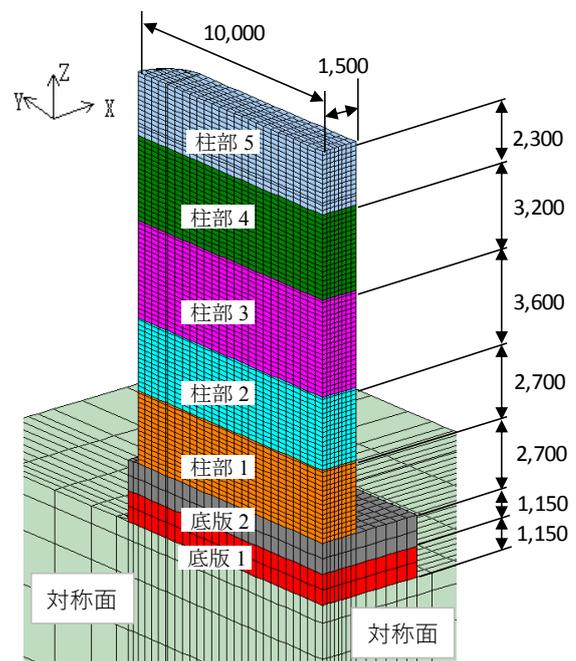


図-1 解析モデル図 (1/4 モデル)

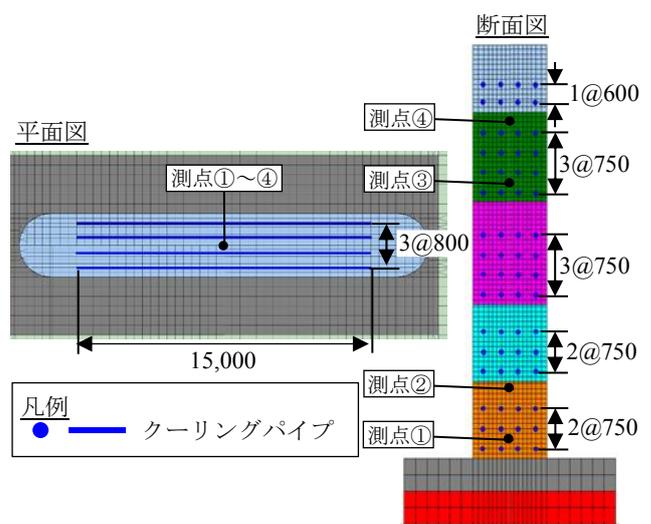


図-2 クーリングパイプ配置図

キーワード パイプクーリング, 温度ひび割れ, 三次元 FEM 温度応力解析, 温度計測, 事後解析

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部 土木技術統括部 TEL03-6234-3670

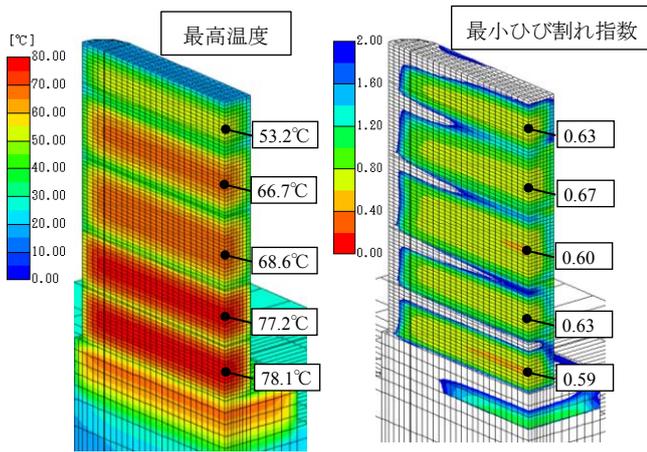


図-3 無対策時の事後解析結果分布図

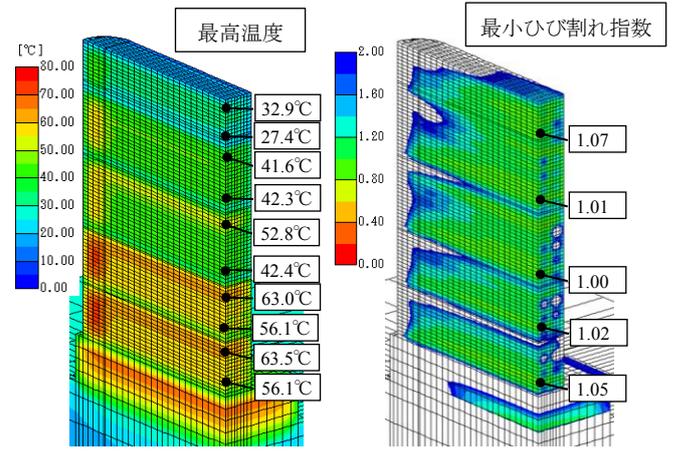


図-4 LPクーリング実施時の事後解析結果分布図

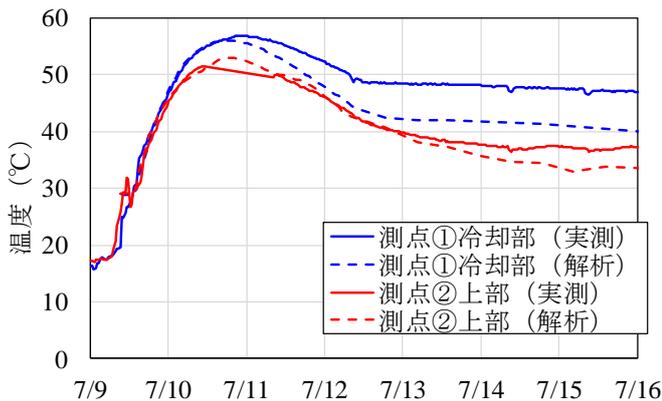


図-5 実測値と事後解析の比較（柱部1リフト）

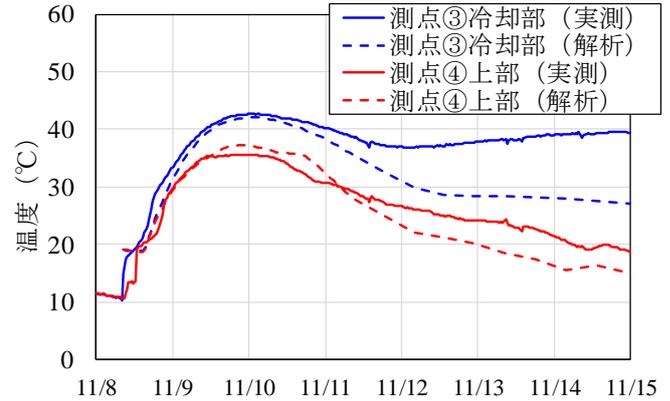


図-6 実測値と事後解析の比較（柱部4リフト）

3. 事後解析による効果確認

事後解析の条件でLPクーリングを実施しなかった無対策の場合の解析結果（最高温度と最小ひび割れ指数の分布図）を図-3、LPクーリングを実施した場合の解析結果を図-4に示す。これらの結果より、LPクーリングを実施することにより、冷却部の最高温度が全てのリフトにおいて20°C以上低下した。また、最小ひび割れ指数は、LPクーリングを実施することにより、0.34～0.46の改善が確認できた。

図-5及び図-6に柱部1リフトと4リフトの図-2に示す位置での材齢1週間までの温度計測の結果と事後解析結果の比較を示す。この結果より、両リフトとも、冷却部および上部において最高温度までの挙動が概ね近似している。しかし、最高温度到達後冷却部については、実測値と解析値で差異が見られる。この要因は、実際に使用したコンクリートの熱伝導率の評価および断熱温度上昇特性の評価にあると考えられる。

4. まとめ

今回、幅20m、厚さ3mの橋脚のひび割れ対策として、LPクーリングを適用した結果、最高温度が20°C以上低下し、最小ひび割れ指数が0.34～0.46改善できたことを確認した。

また、最小ひび割れ指数は1.00であったが、全リフト打設から2か月が経過した時点で、外部拘束に起因する温度ひび割れの発生は確認されなかった。

参考文献

- 1) 赤池考起・稲田匠吾・白岩誠史・田口敬二・古原正人：超大断面部における覆工コンクリートの温度ひび割れ対策効果の検証，トンネル工学報告集，第28巻，I-4，2018.11
- 2) 新居秀一・村上祐治・林俊斉・白岩誠史：鉛直パイプクーリング工法におけるクーリングパイプ表面の熱伝達率の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，2014