

橋梁下部工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 政岡龍司, 正会員 中村康祐, 佐々木照夫, 正会員 白岩誠史

国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所 庄司彰

1. はじめに

「国道 106 号箱石地区道路工事」の上片巣橋 P2 橋脚工事に
おいて, “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. この LP クーリングは, 引
張り応力の集中する部分を短期間クーリングすることで温度
ひび割れを抑制する工法である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) による
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, クーリングパイプの
配置図および計測位置を図-2 に示す. 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の結果より決定した. 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, 事前解析による検討結果を基に実
際に現場で実施した値であり, 熱伝達率は, 実際のクーリ
ング条件から既往の論文²⁾およびこれまでの解析実績を考慮し
て決定した. また, 外気温については1時間ごとの現場での
計測値を入力し, その他の基本的な設定条件については 2012
年制定コンクリート標準示方書設計編(以後, 示方書設計編)
に準じた.

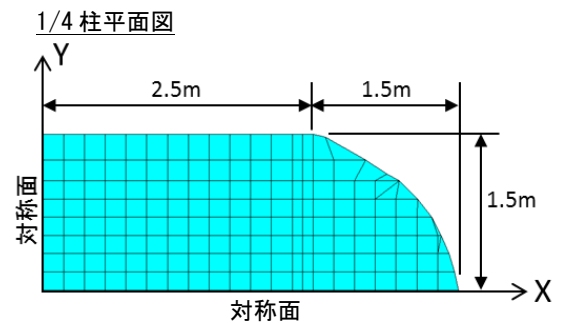
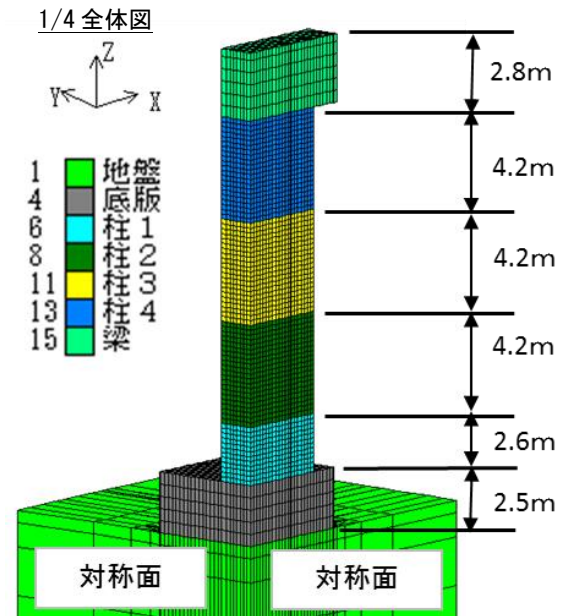


図-1 1/4 モデル図

表-1 配合 (24-12-20BB)

W/C (%)	s/a (%)	セメント (kg/m³)	水 (kg/m³)	細骨材 (kg/m³)	粗骨材 (kg/m³)	混和剤 (kg/m³)
53.0	53.5	319	169	968	932	3.03

表-2 打込みおよびクーリング条件

部位	打設日	温度条件 ^{*1}	クーリング条件(パイプ内径 57.9mm)		
		打込み (°C)	期間 ^{*2} (h)	流量 (L/min.)	熱伝達率 ^{*3} (W/m²°C)
底版	5/30	23.0	-	-	-
柱 1	6/17	22.0	51	8→15 ^{*4}	161→250 ^{*4}
柱 2	7/7	23.0	47	15	250
柱 3	10/24	14.0	48	15	250
柱 4	11/10	10.0	48	15	250
梁	12/3	9.0	-	-	-

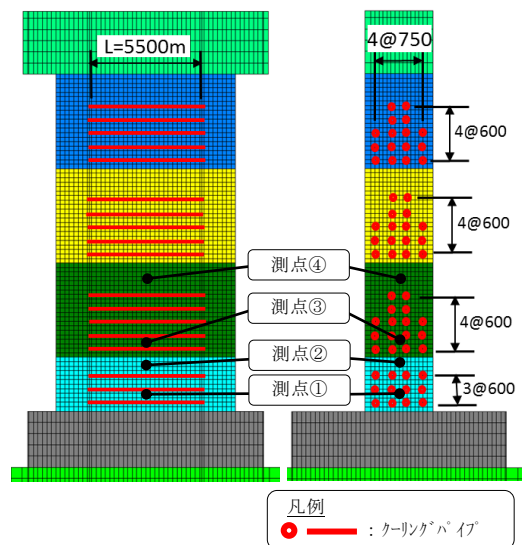


図-2 クーリングパイプ配置図

*1:外気温は打込み箇所での1時間毎の計測値, 打込み温度は受入れ試験時の測定値.
*2:打込み完了後, 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, 三次元 FEM 温度応力解析により再検討し, 打込み翌日の9時に通水量
を 8L/min. から 15L/min. に増加した.

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 土木事業本部 TEL 03-6234-3670

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実際の現場状況を反映した事後解析の結果を図-4 に示す。これらの結果から、LP クーリングを実施することで、冷却部の最高温度が平均 23℃低下し、最小ひび割れ指数が平均 0.44 改善できたと考えられる。

また、図-5 および図-6 に、柱 1 リフトと 2 リフトの図-2 に示す位置での材齢 2 週間までの温度計測結果と事後解析結果の比較を示す。その結果、実測値と解析値の最高温度は、冷却部と未冷却部とも概ね近似している。しかし、最高温度到達後の温度の降下速度については、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、型枠材および養生シートの熱伝達率の評価にあると考える。

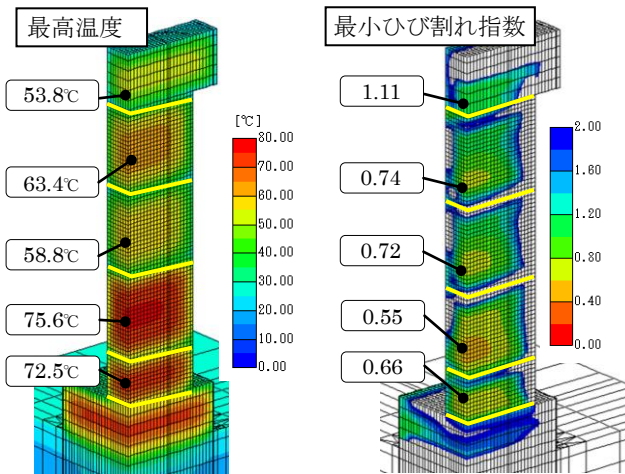


図-3 無対策時の事後解析結果分布図

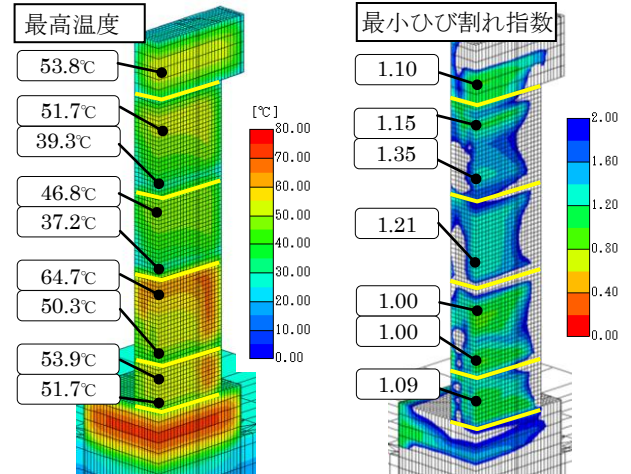


図-4 LP クーリング実施時の事後解析結果分布図

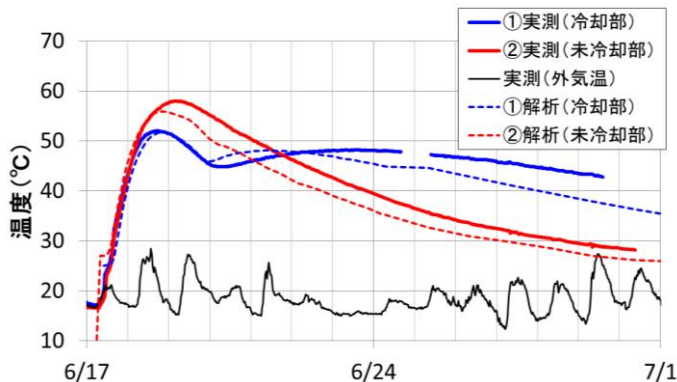


図-5 実測値と事後解析の比較（柱 1 リフト）

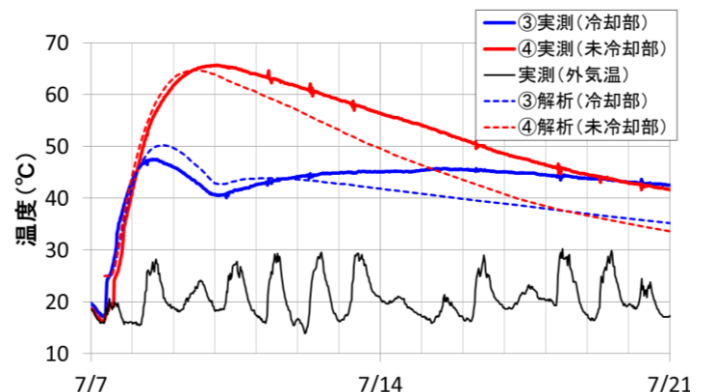


図-6 実測値と事後解析の比較（柱 2 リフト）

5. まとめ

今回、上片巣橋 P2 橋脚の柱部の温度ひび割れ対策として、部材全体ではなく、既打設部分の拘束が卓越する各リフトの下半部のみを部分的にクーリングする部分パイプクーリングを適用した。その結果、覆工コンクリートに適用した場合に確認した効果¹⁾と同様に、ひび割れ抑制効果（最小ひび割れ指数 0.44 改善）を確保しながら、クーリングパイプの設置範囲の限定および通水期間の短縮が可能であることが確認できた。

参考文献

- 1) 白岩誠史・川中政美・庄野昭・佐藤正・牧剛史：覆工コンクリートひび割れ対策への部分パイプクーリングの適用，土木学会論文集 F1（トンネル工学），Vol.72, No.3（特集号），I_36-I_46, 2016.
- 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