

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 酒井智哉, 立川大介, 古田真人, 白岩誠史, 赤池考起

1. はじめに

新潟県長岡市に新設された橋脚は、幅 11m、厚さ 5m の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。

本報告では、施工開始前に実施した三次元 FEM 温度応力解析による事前検討の結果および LP クーリングの現場適用時のコンクリート温度計測結果について報告する。

2. 三次元 FEM 温度応力解析

三次元 FEM 温度応力解析に使用するモデル図を図-1、クーリングパイプ (SGP 管、内径 57.9mm) の配置図とコンクリート温度の計測位置を図-2 に示す。解析条件は 2017 年制定コンクリート標準示方書設計編に準じ、配合を表-1、クーリング条件を表-2 に示す。底版と柱部 (中空部) の配合においては、呼び強度 24N/mm² の早強ポルトランドセメントの配合となっており、柱部 (充填部) においては、呼び強度 30N/mm² の高炉セメント B 種の配合となっている。

無対策の場合の三次元 FEM 温度応力解析

表-1 コンクリート配合

部位	配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				C	W	S	G	Ad
底版 柱部 (中空部)	24-12-40H	48.0	32.6	310	149	593	1288	3.32
柱部 (充填部)	30-12-40BB	43.0	32.3	337	145	583	1277	3.61

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)	外気温 (°C)	期間*2 (h)	流量 (L/min.)	熱伝達率*3 (W/m ² °C)
底版 1	5/24	20.9	17.9	-	-	-
底版 2	7/2	26.8	23.8	-	-	-
柱部 1	7/25	28.2	25.2	32	17	250
柱部 2	9/3	26.1	23.1	32	17	250
柱部 3	10/30	15.8	12.8	78	17	250
柱部 4	11/15	12.4	9.4	78	17	250

*1:外気温は現地付近の気象庁 30 年間の平年値から算出。

*2:打設開始からの通水期間

*3:熱伝達率は、参考文献 2)の図-12 を参考に算出。

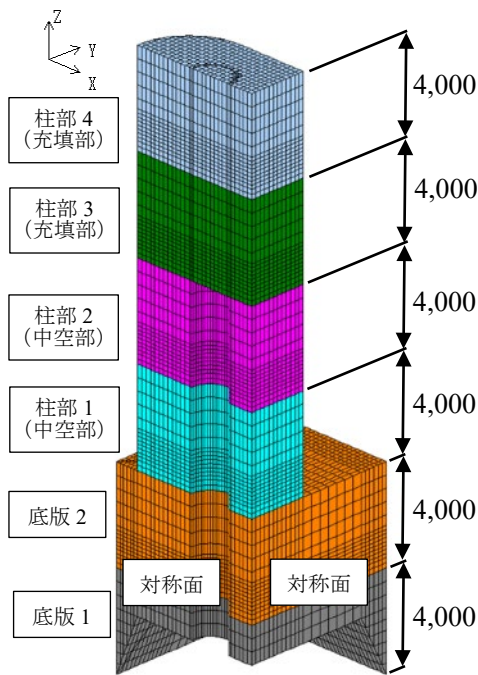


図-1 解析モデル図 (1/4 モデル)

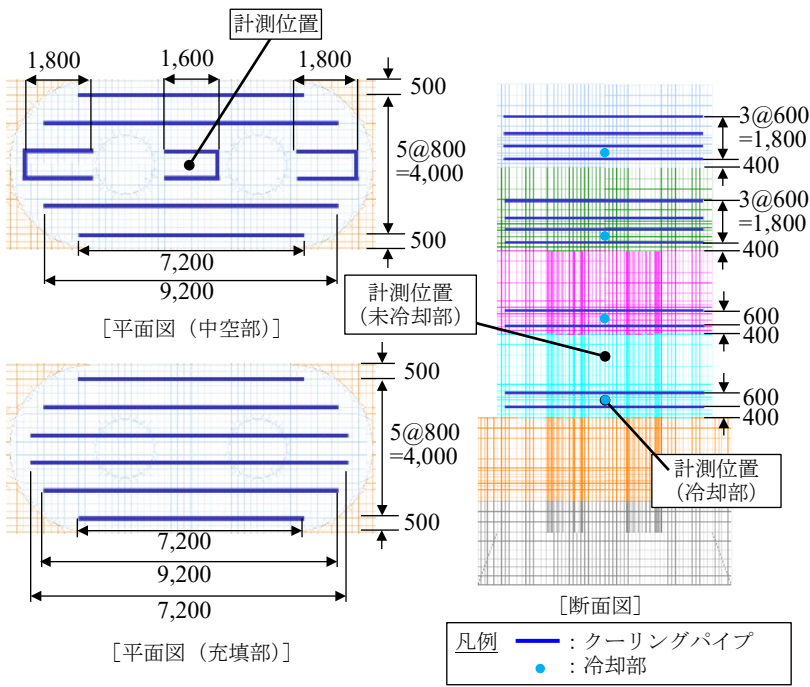


図-2 クーリングパイプ配置図

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

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

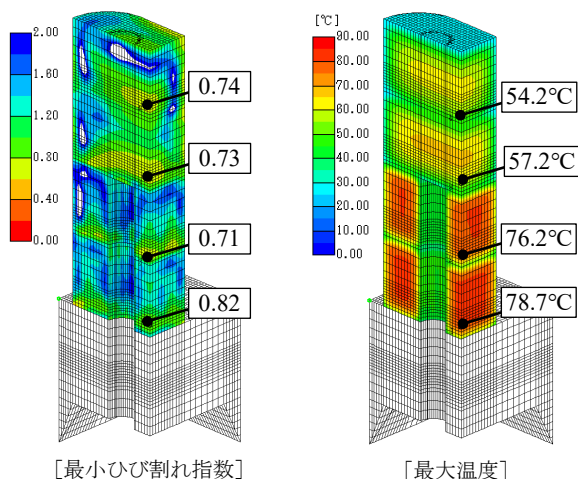


図-3 無対策時の解析結果分布図

の結果を図-3に示す。最小ひび割れ指数が0.71～0.82となり、ひび割れが発生する可能性が高いことが確認できた。そのため、図-2に示すように最小ひび割れ指数が1.0を下回る範囲においてクーリングパイプを配置し、表-2に示す条件で三次元 FEM 温度応力解析を行った。LP クーリング実施時の解析結果を図-4に示す。最小ひび割れ指数が1.04～1.13となり、柱部の全てのリフトで1.0以上出ることが確認でき、無対策の場合と比較すると0.31～0.40改善したことが確認できた。また、冷却部（図-2参照）においてコンクリートの最大温度はLPクーリングを実施することで、9.0～18.3℃低下したことが確認できた。

3. LPクーリングの現場適用による効果確認

図-2に示す計測位置で柱部1リフトにおけるコンクリート温度の解析値と実測値の比較した結果を図-5に示す。未冷却部において、解析値と実測値の最大温度は同程度となった。冷却部においては、最大温度が約5℃実測値の方が低くなった。これは、実際のクーリング水の流量が20L/min程度であり、解析時の流量より3L/min多く確保できたため、クーリングパイプの熱伝達率も解析時の想定 $250\text{W/m}^2\text{℃}$ より大きくなり、冷却効果が高まったと考えられる。熱伝達率をコンクリート温度履歴の実測値と同程度になるように変更して三次元 FEM 温度応力解析を行った結果、事前の解析とひび割れ指数は同程度であった。このため、解析で想定したひび割れ抑制効果を確保できたと考えられる。

4. まとめ

三次元 FEM 解析の結果、LPクーリングを実施することにより最小ひび割れ指数が0.31～0.40改善することが確認できた。また、コンクリート温度履歴より、解析値と現場実測値で同様の傾向であることが確認でき、ひび割れ調査の結果からも有害なひび割れが発生していなかったことから、実施工においてLPクーリングのひび割れ抑制に対する有効性が高いことが確認できた。

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

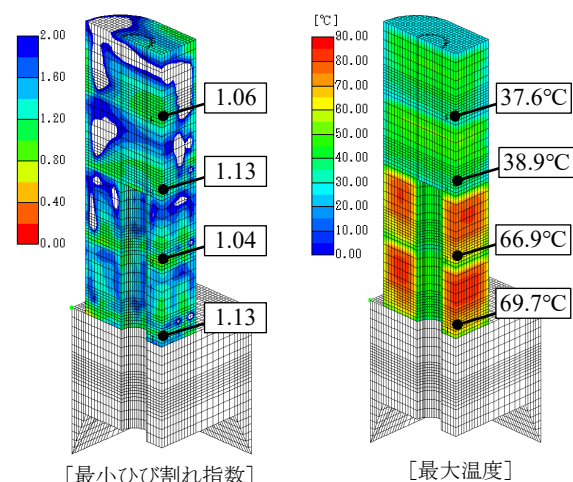


図-4 LPクーリング実施時の解析結果分布図

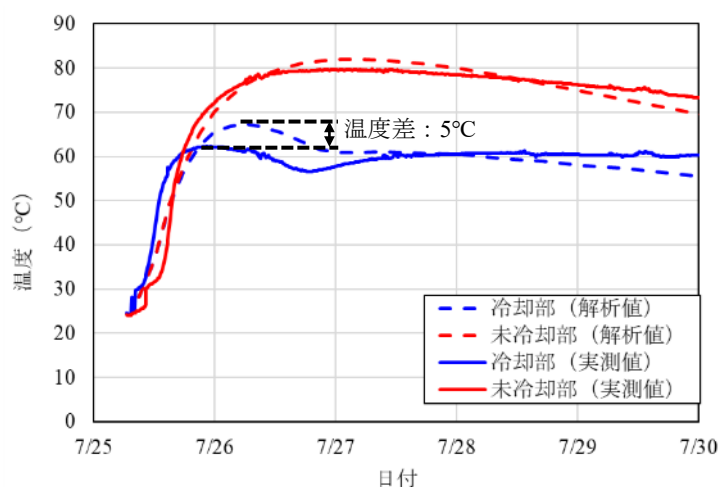


図-5 解析値と実測値の比較（柱部1リフト）