

橋台パラペットへの部分パイプクーリングの適用事例

安藤ハザマ ○正会員 栗原浩彦, 赤池考起, 土居航, 酒井智也, 白岩誠史

1. はじめに

本工事は、新潟県の山間部に位置する橋長190mの3径間PC箱桁ラーメン橋を新設するものである。本現場の橋台パラペットは、既に打込まれている底版とウイングからの外部拘束により、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膨張コンクリート（以下、膨張コン）と部分パイプクーリング（Localized Pipe Cooling, 以下LPクーリング）の2つの対策を実施した。

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）を実施し、ひび割れ抑制効果を確認した結果について報告する。

2. 事後解析の概要

2.1 解析モデル

事後解析に使用したモデル図を図-1に、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により決定した。

2.2 打設条件

コンクリートの配合を表-1、打込みおよびクーリング条件を表-2に示す。表-1の配合において、セメントは、膨張効果の高い普通ポルトランドセメントに変更した。表-2中の熱伝達率は田辺式²⁾により算出した。水温は10℃とし、外気温については10分ごとの現場での計測値を入力した。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。

3. 事後解析の結果

事後解析の条件において、無対策の場合の解析結果を図-3に、ひび割れ対策（膨張コン+LPクーリング）を実施した解析結果を図-4に示す。また、各対策条件における最小ひび割れ指数とひび割れ発生確率を表-3に示す。測点2冷却部の最高温度は、無対策時は35.9℃、ひび割れ対策時は27.4℃となり、8.5℃の低減効果が確認できた。最

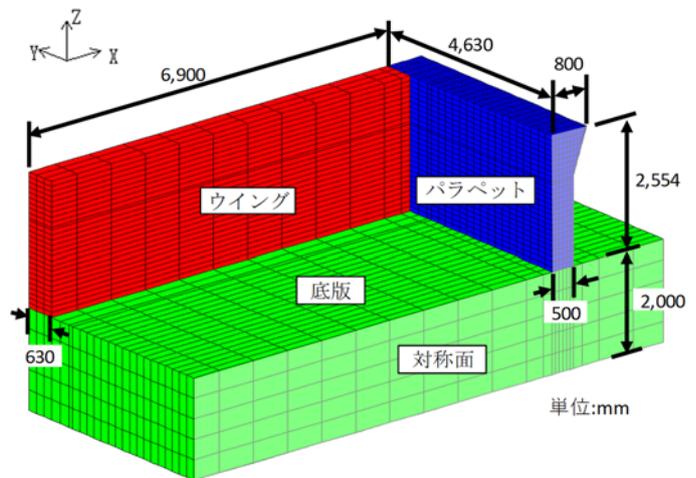


図-1 解析モデル図（1/2モデル）

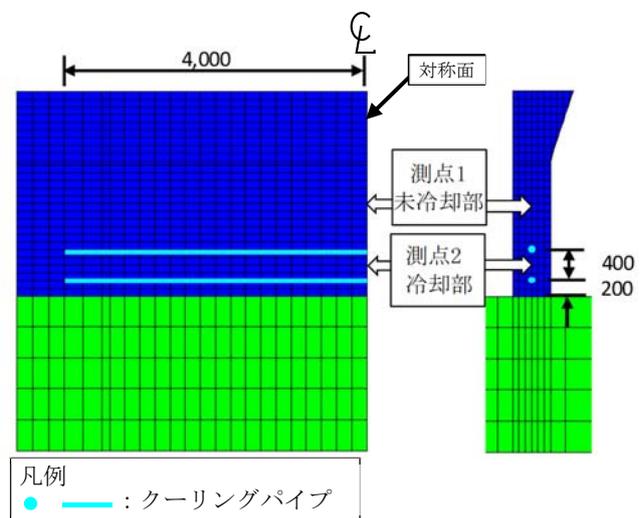


図-2 クーリングパイプの配置図および計測箇所

表-1 コンクリート配合

	配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				セメント (C)	混和材 (膨張材)	水 (W)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	混和剤 (Ad)
無対策	30-12-40BB	43.3	35.2	328	-	142	637	1202	0.623
対策	30-12-40N(Ex)	45.2	35.6	299	20	144	651	1202	0.606

表-2 打込みおよびクーリング条件

打込み日	温度条件 ^{*1}	クーリング条件(パイプ内径25.4mm)			
	打込み温度 (°C)	期間 ^{*2} (h)	水温 (°C)	流量 (L/min)	熱伝達率 ^{*3} (W/m ² °C)
2018/10/24	20	48	10	24	485

*1: 外気温は打設箇所での10分毎の測定値, 打設温度は受入れ試験時の測定値

*2: 打設前から通水し, 打設開始からの期間

*3: 熱伝達率は参考文献²⁾の田辺式を採用

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

小ひび割れ指数においては、無対策時は 0.51（ひび割れ発生確率 100%）、ひび割れ対策時は 1.14（ひび割れ発生確率 33%）となり、0.63 と大幅に改善した。ひび割れ発生確率においても 67%改善したことが確認できた。

図-5 にパラペットの図-2 に示す位置での材齢 6 日までの温度計測の結果と事後解析の結果の比較を示す。また、冷却水の温度履歴も同時に示す。冷却水は、 $10 \pm 1.5^\circ\text{C}$ で管理を行い、実測においても管理値内であることが確認できた。コンクリート温度の実測値は、冷却部の最高温度が 25.5°C 、未冷却部の最高温度が 41.0°C となり、 15.5°C の温度差が確認できた。また、事後解析の結果と比較すると、温度履歴図の挙動は概ね近似していることから、想定通りのひび割れ抑制効果が得られたと考えられる。

冷却部において、クーリング停止後、温度が再上昇している。これにより、冷却部は LP クーリングに特有な未冷却部の締め付け効果が作用し³⁾、効率的にひび割れを抑制できたと考えられる。

4. まとめ

パラペットのような外部拘束が卓越する薄い壁状構造物においては、LP クーリングのひび割れ抑制効果が高いことが確認できた。また、材齢 28 日の時点で、ひび割れの発生は確認されなかった。

参考文献

- 1) デンカ株式会社：技術資料，2017，11
- 2) 田辺忠顕，山川秀次，渡辺朗：パイプクーリングにおける管壁面の熱伝達率の決定ならびに冷却効果の解析，土木学会論文報告集，第 34 号，1984
- 3) 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，1-4，2018.11

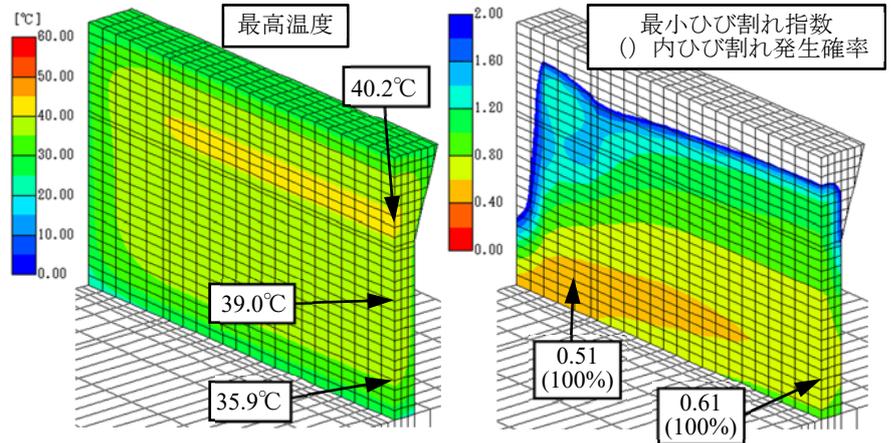


図-3 無対策時の事後解析結果分布図（部材中央面）

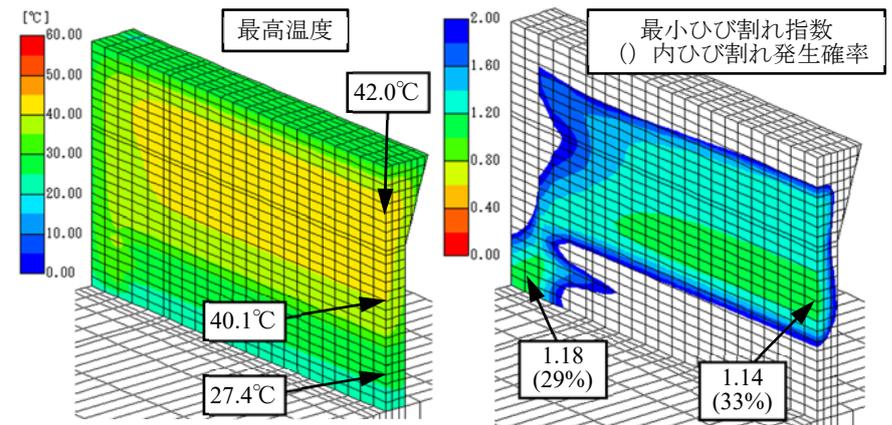


図-4 膨張コン+LPクーリング実施時の事後解析結果分布図（部材中央面）

表-3 対策条件別のひび割れ抑制効果

対策条件	最小ひび割れ指数	ひび割れ発生確率 (%)
無対策	0.51	100
膨張コン	0.93	62
膨張コン+LPクーリング	1.14	33

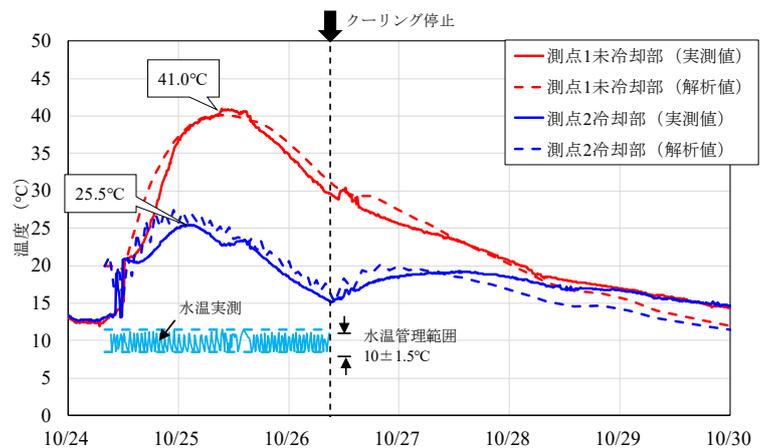


図-5 コンクリート温度，冷却水温度履歴図