

水平パイプクーリングの効果範囲に関する（解析的）検討

(株)熊谷組 正会員 ○水谷 真琴 神崎 恵三
山口 哲司 阿部 翔太

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れ抑制対策として、筆者らは送風と並行して少量の注水を行う注水併用エアクーリング（図-1）による温度抑制効果や数値解析の適用性について確認してきた¹⁾。

これまで、本工法による温度ならびにひび割れ抑制のために効果的なクーリングパイプの設置間隔は、事前の試行解析により予測・決定していたが、今回、本工法による温度抑制効果の範囲について、実測および解析による定量的把握を試みたので、結果を報告する。

2. 構造物概要

今回の検証対象とした構造物は、図-2に示す壁厚 2.5m、高さ 3.5m の橋脚梁部である。事前解析により位置および本数を決定した鋼管 φ60.5mm を設置し、注水併用エアクーリングを行った。本構造物のコンクリート配合を表-1 に示す。

3. 注水併用エアクーリング実施概要

打継ぎ目より 500mm およびさらに 800mm 上部に φ60.5mm のクーリング管（以下鋼管）を設置（図-2）し、送風口にミストノズル付き注水装置および送風機をそれぞれ接続する。このときの管内の風速は 24m/sec、注水量は 150ml/min で、クーリング実施期間は 3 日間であった。また、梁中央断面において、コンクリート内部温度として上段（打ち継ぎ目より 1.3m）の鋼管近傍、鋼管上部 100mm、300mm、1100mm 位置、中央の鋼管より水平方向に 350mm（鋼管同士の間）、および流入温度、外気温を計測した。

4. 計測結果

図-3 に温度計測結果、および計測結果を用いたフィッティング解析による温度履歴を示す。また、本解析により得た鋼管内の熱伝達率、コンクリート温度上昇特性およびその他境界条件を表-2 に示す。この物性値を用いて表-3 に示す各ケースの FEM 温度解析を行い、それぞれの中央断面の各要素における打設開始からクーリング終了までの最高温度を CASE1（無対策）の解析結果と比較した。なお、図-2 における水平クーリングパイプの設置間隔（表-3 CASE5）は、高さの等しい壁厚 3.5m の橋脚梁部でひび割れ指数 1.0 以上を確保するよう事前解析において検討したものであるため、表-3 の各解析および効果の検討は全て壁厚 3.5m にて行った。

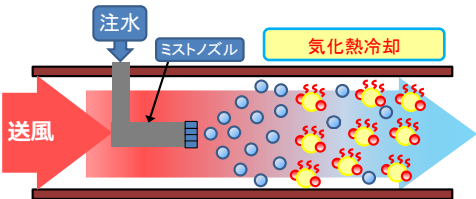


図-1 注水併用エアクーリング模式図

表-1 使用コンクリート配合

種別	セメント量 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	水セメント比 (%)
高炉BB $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$	389	162	42%

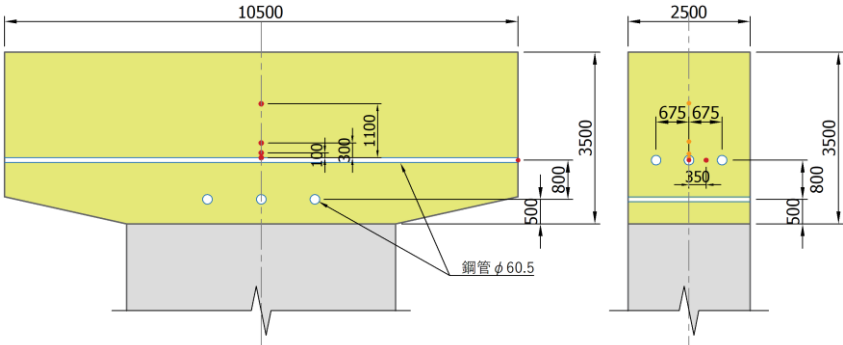


図-2 構造物（梁部）平面図および断面図

表-2 FEM 温度解析 物性・境界条件

終局断熱 温度上昇量 (°C)	温度上昇 速度に 関する係数	熱伝達率(W/m ² °C)		
		型枠部	露出面	クーリング管 (送風・注水中)
62.393	0.7	8	14	70

表-3 FEM 温度解析 解析ケース一覧

CASE No.	パイプ本数	設置間隔(mm)
1	0	-
2	1	-
3	2	675
4	2	1050
5	3	675

キーワード 注水併用エアクーリング工法、温度ひび割れ、3 次元温度応力解析
連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 TEL 03-3235-8622

5. 水平パイプクーリングの効果範囲の評価

図-4に各ケースの中央断面におけるクーリング実施期間中の最高温度分布を、図-5にCASE2～CASE5の各最高温度をそれぞれCASE1から差し引いた、温度低下量の分布を示す。図-5のCASE2におけるCASE1からの温度低下量から、クーリングの影響範囲はほぼ同心円状に広がっており、鋼管表面から周囲100 mm程度の範囲で20℃以上、300 mm程度までで10℃以上の温度抑制効果が予想される。

CASE5における鋼管の配置はひび割れ指数1.0以上を確保しよう検討したものであることから、本ケースの温度低下量を必要量とすると、図-5のCASE1-CASE5の比較から、温度ひび割れ抑制に効果的な温度低下量は壁厚中心付近で16～20℃程度、水平方向におけるコンクリート外面と鋼管との離隔は1000 mm以下が適当であると考えられる。上述の鋼管周辺の温度抑制効果範囲、CASE2～4の温度低下量の分布から、CASE2, 3ではコンクリート外面からの離隔が不足し、またCASE4

の鋼管同士の離隔1050 mmでは、中心付近の温度低下量が10℃程度となり、必要量未満となることから、十分なひび割れ抑制効果が得られないと考えられる。

6. まとめ

1) 注水併用水平パイプクーリングの温度抑制効果の有効な範囲は鋼管の周囲300 mm程度で、100 mmまでで20℃以上、300 mmまでで10℃以上となることが予想される。

2) ひび割れ抑制に効果的な温度抑制量が20℃前後であるとすれば、鋼管同士の離隔を700 mm程度以内、コンクリート外面と鋼管の離隔を1000 mm程度以内とすることで、水平方向の温度抑制を効果的に実施することができると考えられる。

参考文献

國松祥弘・溝渕利明・森田義則・梅原秀哲：パイプクーリングによる温度制御の影響範囲に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，1999。

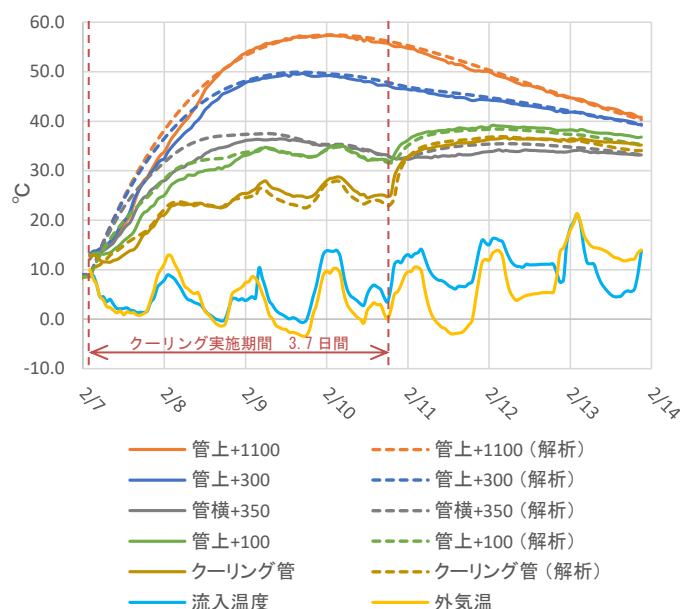


図-3 実測およびフィッティング温度履歴

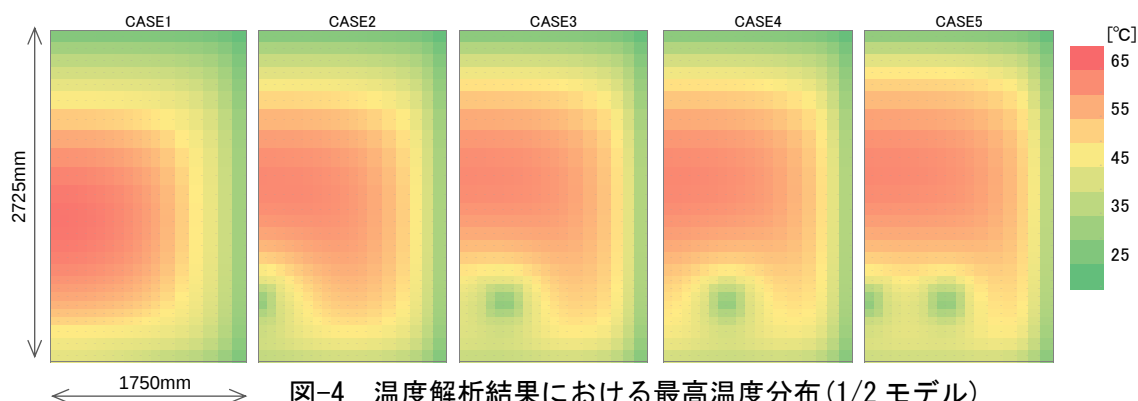


図-4 温度解析結果における最高温度分布(1/2モデル)

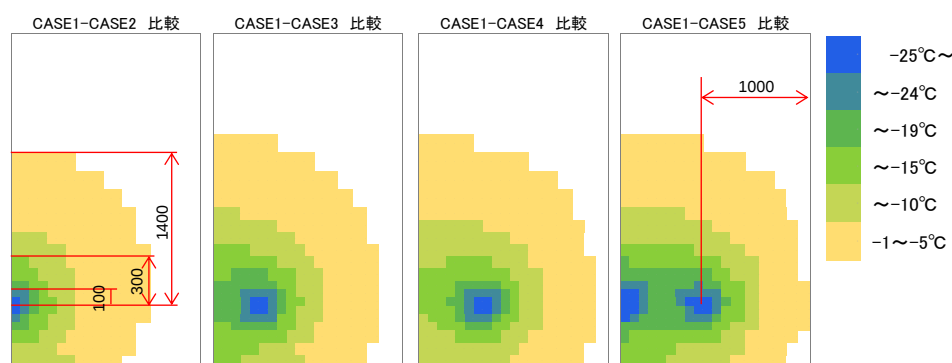


図-5 CASE1（クーリングなし）との比較による温度低下量の分布