

## ヒートパイプを利用したパイプクーリングによる温度ひび割れ抑制効果の検証

鉄建建設株式会社 正会員 ○柳 博文

国土交通省中国地方整備局広島国道事務所

船本 恵一

鉄建建設株式会社

正会員

前田 智宏

鉄建建設株式会社

正会員

伊吹 真一

## 1. 目的

マスコンクリートにおける温度応力によるひび割れ抑制対策として、断面内に熱移動量の大きなヒートパイプを設置し、コンクリートの水和熱による温度上昇を抑制する方法を行った。計測対象構造物は、国土交通省中国地方整備局「東広島・呉道路馬木高架橋PC上部工事」に含まれる4径間PCラーメン高架橋の端部横桁である。端部横桁は2.5m×1.95m×5.4mのマッシュな構造であり、コンクリートも早強セメントを用いているため、横桁中心部の温度が100℃近くになる部位である。そのため、コンクリート内部と外部の温度差による表面ひび割れの発生が予想されていた。ヒートパイプを利用したパイプクーリングは、マッシュな端部横桁において温度上昇を抑制し、ひび割れ発生を抑制することを目的とした。



写真-1 ヒートパイプを利用したパイプクーリング状況

## 2. 実構造物での温度計測

計測対象横桁の寸法形状およびヒートパイプの配置を図-1に示す。ヒートパイプの設置位置は、500mmピッチを基本とし配置されているPC鋼材・鉄筋に干渉しないように決定した。

対象がPC構造物であり設計基準強度が40N/mm<sup>2</sup>で予想される水和熱による温度上昇量が高い。そのため、ヒートパイプの長さは5mとし、コンクリート内部に2m埋込み、気中の放熱区間を3mとし、放熱面積を確保しヒートパイプの効率拡大を図った。また、ヒートパイプの放熱部において扇風機による送風冷却も同時に実施した。ヒートパイプによるクーリングは、コンクリート打設後4時間後から3日間実施した。

クーリングを行う箇所に熱電対を用い、コンクリート内部・ヒートパイプ表面・シース表面の温度、シース表

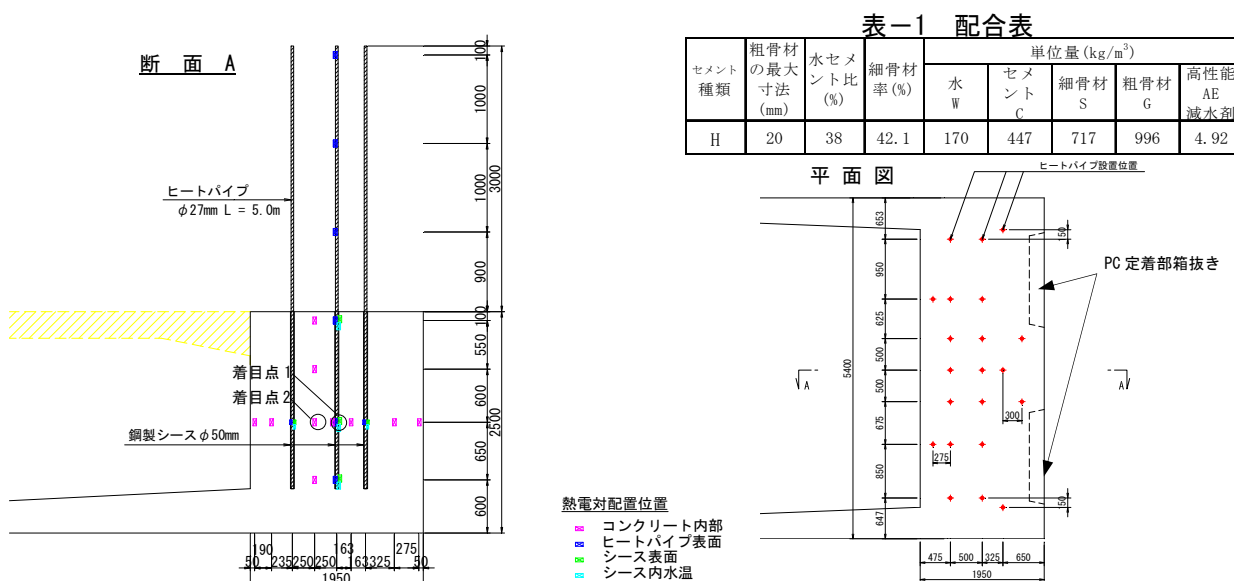


図-1 計測対象横桁の寸法形状およびヒートパイプの配置

キーワード マスコンクリート、ヒートパイプ、パイプクーリング

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設株式会社 TEL 0476-36-2334

面の温度，シース内の水温および外気温について計測を実施した．熱電対の配置を図-1に示すように，コンクリート打ち込み高さの中間で，横桁の中央断面(断面 A)に配置した．

### 3. 計測結果と解析値の比較

ヒートパイプを利用したクーリングを実施した端部横桁について，熱電対による計測結果と模型試験で得られたヒートパイプの熱物性値<sup>1)</sup>を使用した温度解析結果の比較を行う．解析において，コンクリートの発熱特性，熱的性質および強度特性について示方書に基づいて行い，実測された外気温に対して解析を行った．コンクリートの配合表を表-1に示す．

中央断面において最も高いコンクリート温度が測定された着目点 2 における最高温度の比較を表-2に示す．また，温度解析で得られた最高温度分布図を図-2，着目点 2 の温度履歴を図-3に示す．

ヒートパイプを設置した実測値と解析で得られた無対策の解析結果を比較すると，コンクリート内部の着目点 2 の低下量は 13.4℃であった．ヒートパイプを利用したクーリングを行うことにより，端部横桁の水和熱による温度上昇が抑制されていることが確認できた．

図-4に中央断面(断面 A)の最高温度の実測値と，それに対応する温度解析結果を比較したものを示す．ヒートパイプを使用した場合の温度解析結果と熱電対による実測値は概ね一致しており，今回採用した温度解析の手法は妥当と考える．ただし，今回の解析用物性値は少ない測定結果より求めているため，今後はさまざまな環境条件に対応できるよう検証を行ってきたい．

### 4. ヒートパイプによるクーリングの効果

解析結果として，最小温度ひび割れ指数の分布を図-5に示す．最小ひび割れ指数分布を見ると，ヒートパイプを設置していない無対策のケースでは，表面の大部分で指数が 1.0 を下回る値となっている．一方，ヒートパイプを設置したケースは指数が大きくなっており，指数の小さくなりやすい隅角部の着目点 2 において 1.21 であり，また示方書においてひび割れ発生確率が 5%以下とされる 1.8 を上回る部分も拡大した．これらの結果から，ヒートパイプを利用したパイプクーリングにひび割れ抑制効果があることを確認できた．

### 5. まとめ

ヒートパイプを利用したパイプクーリングは，コンクリートの水和熱による温度上昇量の低減が可能であり，ひび割れ抑制対策として有効な手段であることが確認できた．

参考文献 伊吹真一ほか：ヒートパイプを利用したパイプクーリング工法の開発，土木学会第 69 回年次学術講演会概要集，2014（投稿中）

表-2 着目点 2 における最高温度の比較

単位：℃

|                   |        | 着目点 1<br>横桁中心 | 着目点 2<br>コンクリート内部 |
|-------------------|--------|---------------|-------------------|
| 無対策               | 解析 (A) | 101.4         | 100.0             |
| クーリング実施           | 実測 (B) | 57.1          | 86.6              |
| クーリング効果 (B) - (A) |        | —             | -13.4             |

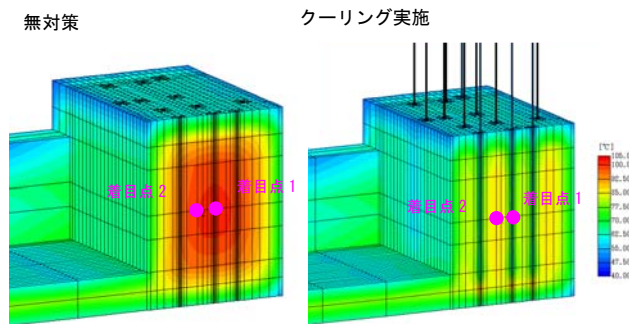


図-2 最高温度分布図

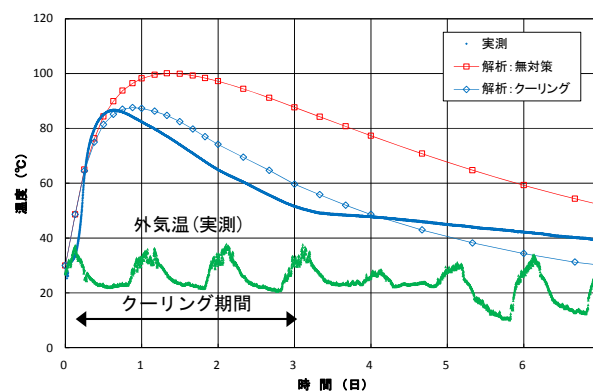


図-3 温度履歴の比較(着目点 2)

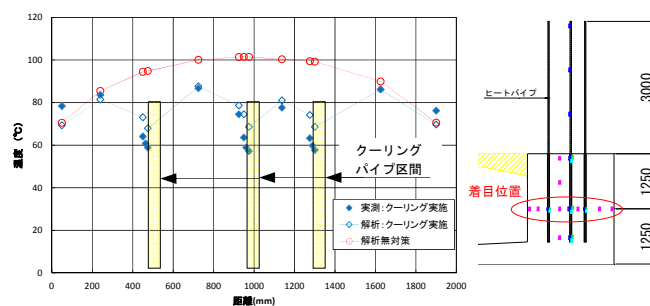


図-4 最高温度分布の比較(断面 A)

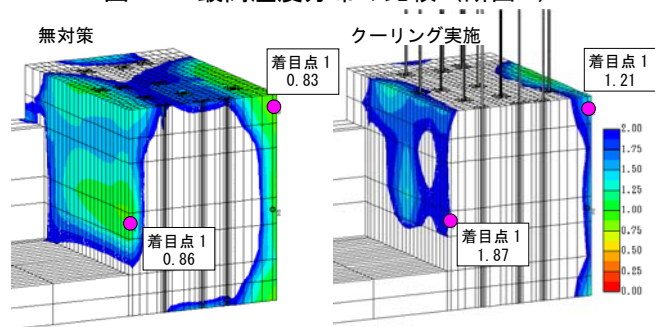


図-5 最小温度ひび割れ指数の分布