

注水併用エアクーリング工法の大口径パイプへの適用

(株)熊谷組土木事業本部 正会員 ○濱 慶子 神田 裕史 神崎 恵三

(株)熊谷組首都圏支店 正会員 水谷 真琴 田中 一

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、コンクリート打設直後にクーリングを行い、水和熱に伴うコンクリート温度の上昇を抑制する工法が広く用いられている。筆者らは内部温度の冷却工法として、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事前解析の適用性について確認し、函渠構造物の側壁や橋脚部等での実施、その適用性について確認してきた。¹⁾²⁾

これまでクーリング管にはφ50～60mmの鋼管を用いてきたが、今回φ150mmのダクタイル鋳鉄管（以下、大口径パイプ）を用いた注水併用エアクーリングの適用を試みたので、その結果を報告する。

2. 適用構造物概要

今回適用した構造物は、図-2に示すボックスカルバート（幅17.7m、高さ6.6m、長さ15.5m、側壁厚1.0m）である。側壁部にはφ150mmの大口径パイプが配管されている（図-3、写真-1）。後述する温度応力解析による事前検討にて、側壁打設時に底版との打継ぎ目上部に有害な温度ひび割れの発生が懸念された。その為、ひび割れが懸念される範囲に配管された大口径パイプを利用して、設備が容易な注水併用エアクーリングを行うこととした。

3. 事前検討

当該構造物施工により生じる温度応力や注水併用エアクーリングの効果を予測するために、解析による事前検討を実施した。使用するコンクリートの配合を表-1に示す。クーリング管の熱伝達率については、コンクリート標準示方書に示される風速 v と熱伝達率 η の関係式（式-1）を用いた。

$$\eta = 12 + 3.45(v - 2) \quad v : \text{風速} \quad (\text{式-1})$$

風速は24（m/s）と想定し、クーリング管の熱伝達率は88（W/m²℃）とした。この熱伝達率にて温度応力解析を行ったところ、最高温度は58.09℃から31.45℃へ低下、最小ひび割れ指数は0.61から0.66へ改善する予測解析結果を得た（図-4）。

キーワード 温度ひび割れ、注水併用エアクーリング工法、大口径パイプ

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

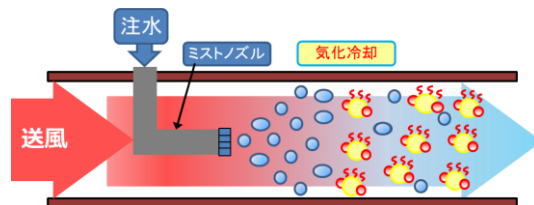


図-1 注水併用エアクーリング模式図

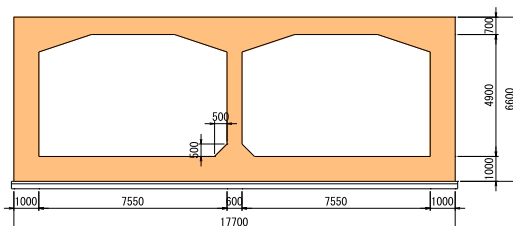


図-2 対象構造物

表-1 コンクリート配合表

配合区分	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	W/C (%)
27-12-20BB	316	166	52.5

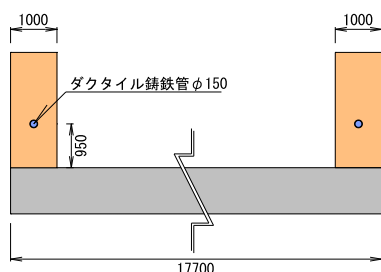


図-3 大口径パイプ（クーリング管）配置位置



写真-1 配管状況

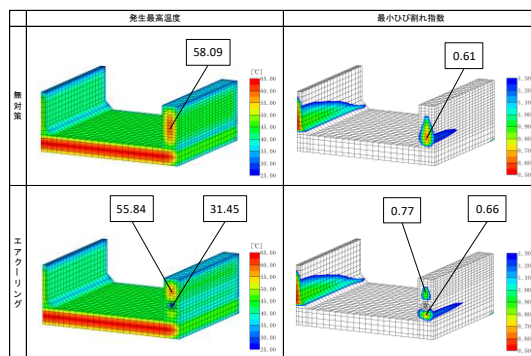


図-4 事前検討結果

4. 注水併用エアクーリングの施工

注水併用エアクーリングの施工状況を示す。クーリング管を所定の位置にあらかじめ設置し、送風機を接続した。クーリング管は大口径であることから、送風機を2基設置し、風速 24m/s 以上を確保した（写真-2）。送風時には、水道水からミストノズルへ注水（130ml/min）を行った。注水量は、管理装置（圧力計と流量計）で管理し、管の内部に設置したミストノズルで微粒ミスト（粒径 100 μm 以下）として噴射した（図-5）。

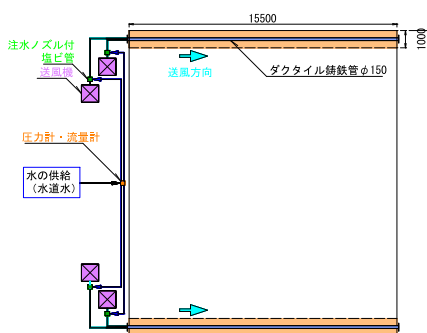


図-5 クーリング機材配置（平面）



写真-2 施工状況

計測は熱電対2測点（管近傍と管から0.75m離れ）を側壁中央部に設置し、コンクリート温度を計測した（図-6）。また、同時に外気温、パイプへの送風温度の計測も行った。クーリング管がコンクリートに埋まった時点で送風・注水を開始し、クーリングは6日間、温度計測は8日間実施した。

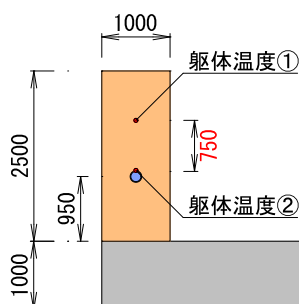


図-6 計測位置（断面）

5. 温度計測の結果

表-2 にコンクリートの発生最高温度を示す。クーリングの影響がない無対策部（躯体温度①）とクーリング管近傍部（躯体温度②）の発生温度を比較すると、ピーク温度を 20℃ 以上抑制できたことが確認された。

表-2 発生最高温度（実測値）

計測位置	最高温度 (℃)	温度差 (℃)
躯体温度①	55.4	-
躯体温度②	34.2	21.2

6. 事後解析による評価

施工時におけるコンクリートの打設温度、外気温、クーリング管への流入温度の実測値を用いた再現解析結果を図-7 に示す。実測値と再現解析値は概ね一致しており、事前解析手法の妥当性を確認することができた。

また同条件にて温度ひび割れの事後解析を実施した結果、事前検討同様、最小ひび割れ指数が注水併用エアクーリングにより無対策から改善され（図-8）、対策により所定の効果が得られたと考えられる。

7. まとめ

函渠構造物の温度ひび割れ制御対策として、大口径パイプを用いた注水併用エアクーリング工法を適用し、所定の温度抑制効果が得られることを確認した。また、施工時の環境条件を用いた再現解析結果はコンクリート温度と良い一致が見られ、当工法を適用する場合の解析手法の妥当性が確認できたとともに、施工後の構造物に有害なひび割れは生じておらず、当工法の有用性が示された。

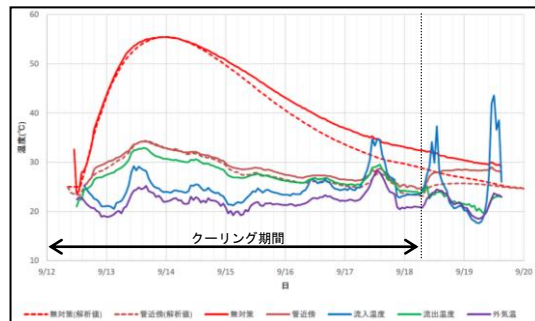


図-7 解析値と実測値の比較

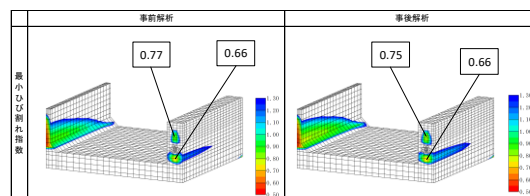


図-8 事後解析結果（最小ひび割れ指数分布）

大口径パイプを用いた当工法は、これまでのφ50～60mmの鋼管と同等の効果が確認され、今後も多様な構造物へ適用を図ることでデータを蓄積・反映し、より有用性の高い工法にしたいと考える。

参考文献

- 1) 神崎恵三, 中出剛, 工藤守, 濱慶子: 函渠構造物側壁部への水平エアクーリング工法の適用, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, 2015.9
- 2) 熊谷康之, 水谷真琴, 神崎恵三, 中出剛: 壁式橋脚への注水併用エアクーリング工法の適用事例, 土木学会第71回年次学術講演会概要集, 2016.9