

壁式橋脚への注水併用エアクーリング工法の適用事例

株式会社熊谷組 正会員 ○熊谷 康之 正会員 水谷 真琴
正会員 神崎 恵三 正会員 中出 剛

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れ制御対策として、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方法として、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¹⁾、実施工での適用を進めている。

これまで函渠構造物への適用事例を既報しているが、壁式橋脚において注水併用エアクーリングの適用を試みたので、結果を報告する。

2. 適用工事の概要

高松自動車道南唱谷トンネル他1トンネル工事のうち古田橋P1橋脚は、壁厚2.0m×幅5.5m、1リフト当りの打設高さ3～5mのマスキングコンクリート構造物である。本橋脚は、後述する温度応力解析による事前検討において、打継ぎ目上部に下部拘束体による有害なひび割れの発生が懸念された。ひび割れ発生が懸念される範囲が限定されること、設備が簡易であることから、注水併用エアクーリングにて対策を行うこととした。

3. 事前検討

当該構造物の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。コンクリート配合を表-1、構造物側面・断面図を図-2に示す。送風速度は25m/sを想定し、送風期間は1.5日間とした。

ここでは、コンクリート標準示方書²⁾に示される風速 ν と熱伝達率 η の関係式を用いる。

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

想定する風速は25(m/s)であるため、式1より、 $\eta = 88 (\text{W/m}^2\text{℃})$ となる。パイプの熱伝達率を $\eta = 88 (\text{W/m}^2\text{℃})$ として温度応力解析を行ったところ、最小ひび割れ指数は0.92から1.24まで改善する予測解析結果を得た(図-3)。なお、図-3において各打設リフト上方に見られるひび割れ指数の小さい箇所は、上部リフト打設による引張応力が解析上発生しているもので、実際はこのような挙動は見られないことが確認されている³⁾。

4. 注水式エアクーリングの施工

橋脚への注水併用エアクーリングの施工状況を示す。事前解析により決定した位置にクーリングパイプをあらかじめ設置し、送風機を各々接続する(写真-1)。送風時には、現場に設置した水タンクからポンプによりミストノズルへ注水(150ml/min)を行う(写真-2)。

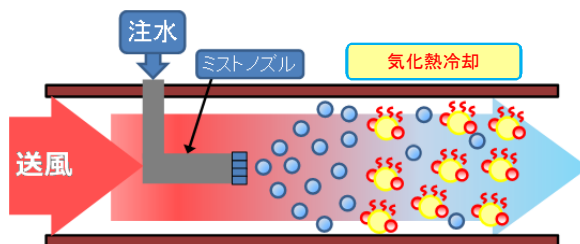


図-1 注水併用エアクーリング模式図

表-1 コンクリート配合表

配合区分	W/C (%)	単位量(kg/m ³)				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
BB30-8-20	45.5%	374	170	743	959	4.68

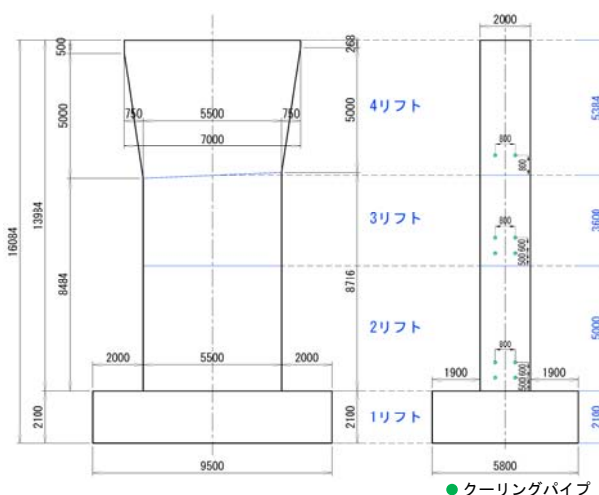


図-2 P1橋脚側面図・断面図

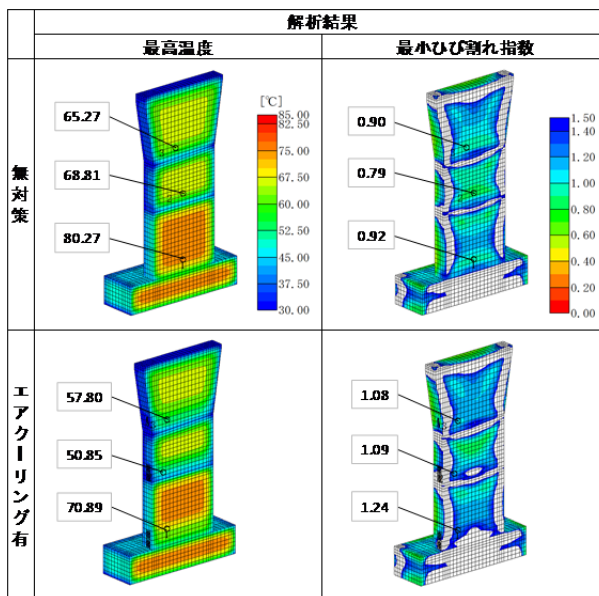


図-3 事前検討結果

キーワード 温度ひび割れ, エアクーリング工法, 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

構造物中心に計測断面を設け、熱電対を4測点(図-4)設置し、コンクリート温度を計測した。また、同時に外気温、パイプへの送風温度の計測も行った。

打設開始と同時に送風・注水を開始し、無対策箇所(測点1)の温度がピークに達した時点で双方を停止させた。温度計測は打設開始時より6日間実施した。

5. 温度計測の結果

図-5に、コンクリート内部4測点の温度、流入空気温度および外気温の変化を示す。クーリングの影響が小さいと考えられる箇所(測点1)のコンクリート温度は材齢2.5日でピークに到達し、79.1℃であった。これに対しクーリングパイプ近傍の測点2~4における最高温度はそれぞれ②55.3℃、③60.3℃、④66.8℃であり、対象範囲のピーク温度を10℃以上抑制できたことが確認された。

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・温度上昇特性、外気温、クーリングパイプへの流入温度の実測値を用いた再現解析結果を図-6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、無対策時における最小ひび割れ指数0.92が、注水併用エアクーリングにより1.22まで改善する結果となり(図-7)、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

壁式橋脚の温度ひび割れ制御対策として、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みられ、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、施工後の構造物には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。

当工法は簡易な設備で施工が可能であることから、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。

謝辞

最後に、現場での工法適用にあたりご協力いただいたNEXCO 徳島工事事務所をはじめ関係各位に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 神崎恵三ほか：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，2015。
- 2) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書【設計編】p307～p309，2012。
- 3) 濱慶子ほか：壁構造物の多層打設における温度応力挙動の計測事例，土木学会第69回年次学術講演会，2014。



写真-1 送風設備設置状況



写真-2 注水設備設置状況

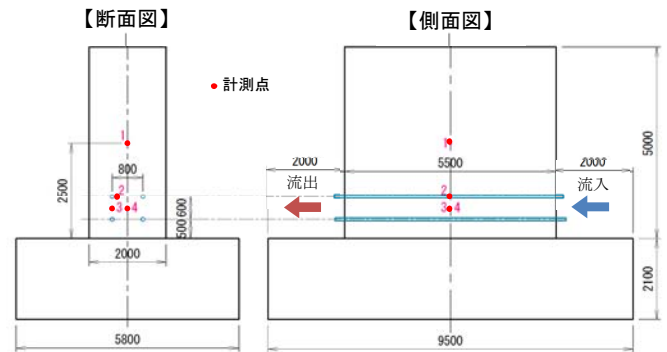


図-4 クーリングパイプおよび計測器設置位置

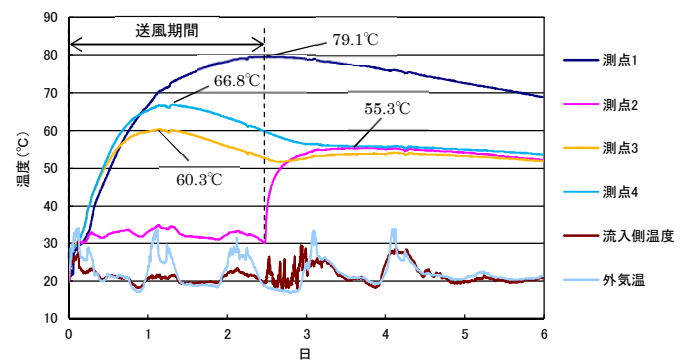


図-5 コンクリート温度の実測値

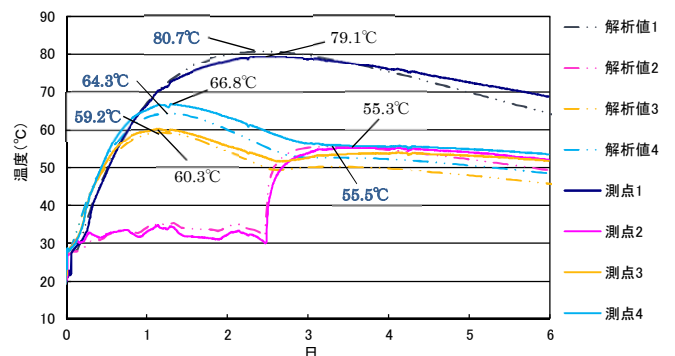


図-6 実測値と再現解析値の比較

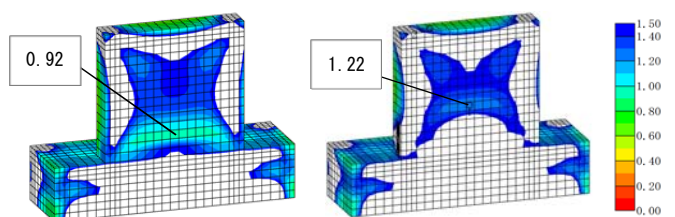


図-7 事後解析結果(最小ひび割れ指数分布)