

シース管を用いた注水併用エアクーリングの適用事例

(株)熊谷組土木事業本部 正会員 ○神田 裕史 山口 哲司 神崎 恵三
(株)熊谷組首都圏支店 正会員 杉村 修 赤石 圭治

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鋼管を用いてきたが、今回、現場加工が容易で、軽量で運搬しやすいワインディングシース管(以下、シース管)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. 適用工事の概要

鴨居上飯田線(本宿・二俣川地区)街路整備工事(その12)工事は、1層3連のボックスカルバート(幅16.3m、高さ6.9m、長さ15m×13ブロック)を築造するものである(図-2)。そのうち、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、ひび割れ発生が懸念される範囲が限定されること、設備が容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。また当工法と並行して側壁部に5mピッチで誘発目地を設置している。

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、クーリング管の配置位置を図-3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、最小ひび割れ指数は1.00から1.33まで改善する予測解析結果を得た(図-4)。

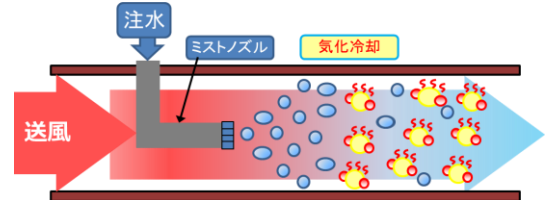


図-1 注水併用エアクーリング模式図

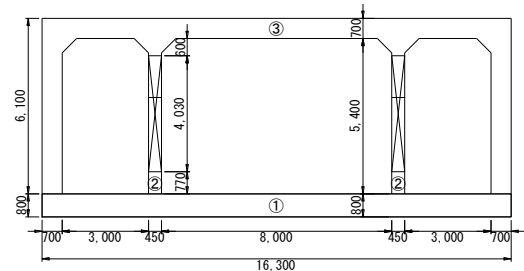


図-2 対象構造物(数字は打設リフト番号)

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 (%)
27-12-20N	170	312	54

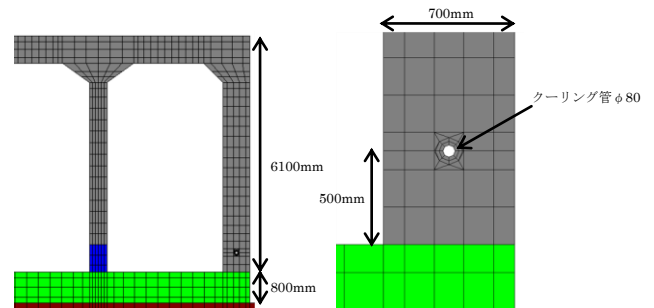


図-3 クーリング管の配置位置

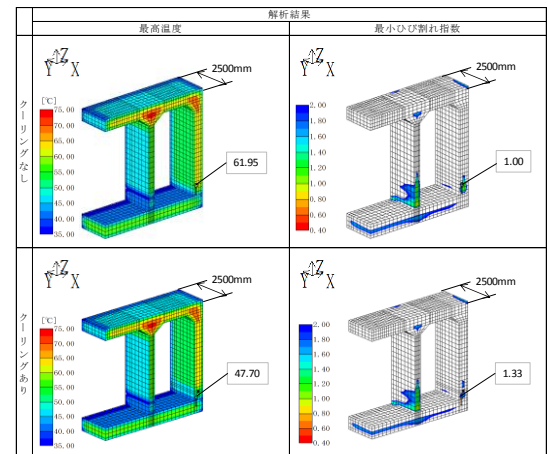


図-4 事前検討結果

キーワード 温度ひび割れ, 注水併用エアクーリング工法, ワインディングシース管

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

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。クーリング管として写真-1 に示すシース管（ $\phi 80$, $t=0.3\text{mm}$ ）を用いた。事前解析により決定した位置にあらかじめ設置し、送風機を接続した。送風時には、水道水からミストノズルへ注水（ 150ml/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 $100\mu\text{m}$ 以下）として噴射した（図-5）。

計測は熱電対 2 測点（管近傍と管から 1m 離れ）を計 3 断面に設置し、コンクリート温度を計測した（図-5、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 4 日間、温度計測は 6 日間実施した。

打設時は、ホース筒先やコンクリートが直接クーリング管に当たらないように注意した。クーリング管の管口から所定の風速が得られており、シース管が折れ曲がる等の変形は生じていない。

5. 温度計測の結果

表-2 に、3 断面のコンクリートの発生最高温度を示す。クーリング管近傍は無対策部に比べ、ピーク温度を 15°C 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、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、クーリング管の熱伝達率は、シース管においても従来の鋼管と同様に評価できることが確認できた。

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 1.00 が注水併用エアクーリングにより 1.23 まで改善する結果となり（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、シース管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。

シース管を用いた当工法は、これまでの鋼管と同等の効果が確認され、現場加工が容易で、軽量で運搬しやすい点から、今後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

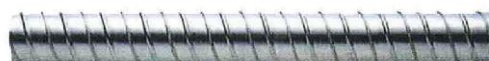


写真-1 ワインディングシース管

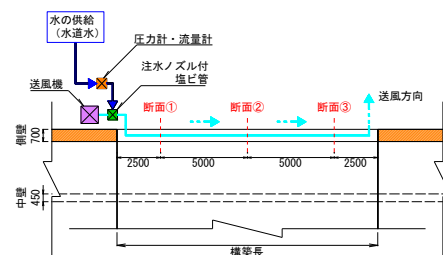


図-5 クーリング機材配置、計測位置（平面）

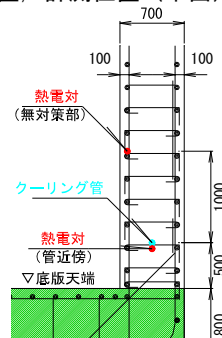


図-6 計測位置（断面）

表-2 コンクリート発生最高温度（実測値）

	発生最高温度（ $^\circ\text{C}$ ）		
	断面①	断面②	断面③
無対策 （クーリングなし）	59.0	60.2	58.4
管近傍 （クーリングあり）	42.5	40.9	40.6
クーリング有無 による温度差	16.5	19.3	17.8

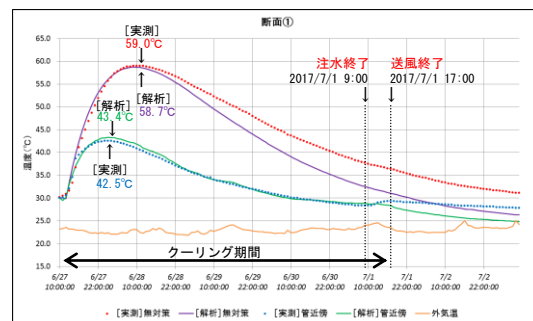


図-7 解析値と実測値の比較（断面①）

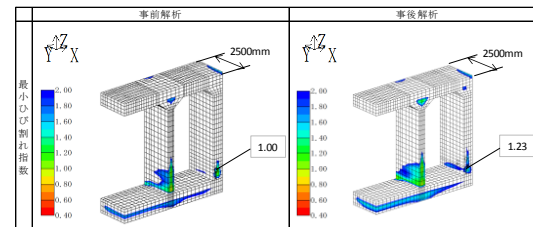


図-8 事後解析結果（最小ひび割れ指数分布）