

パイプエアクーリングによる温度応力解析計画・効果確認 ～コンクリート構造物の塩害を主体とした変状と補修、対策について～

石川県土木施工管理技士会
日本海建設株式会社
土木部課長
中村 幸 広

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：金沢外環状道路 海側幹線Ⅳ期
地方道改築工事（浅野川橋梁海側
P13橋脚工）
- (2) 発 注 者：石川県県央土木総合事務所
- (3) 工事場所：金沢市北寺町地内
- (4) 工 期：平成26年8月13日～
平成27年3月10日

2. 現場における問題点及び工夫・改善点と適用結果

大規模なマスコンクリートにおけるひび割れ抑制温度をエアクーリングパイプによる温度調整により内部温度を低減させ、温度ひび割れ抑制対策を試行的に行った（図-1）。

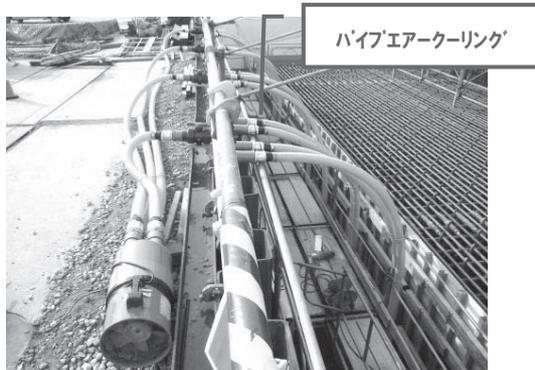


図-1 パイプクーリング配置全体図

【パイプエアクーリングの配置計画】

橋脚工の底版はマスコンクリートであり、使用実績の少ないフライアッシュセメントを用いることから、このコンクリートの温度応力の特性を実地検証するためにひび割れ抑制対策としてモニタリングとして底版部（幅14.4m、長さ14.4m、厚さ2.5m）をパイプエアクーリングによる養生を行った。クーリングパイプの配置は、水平方向に14列×2段=28本とし部材中心で最も温度上昇が大きい、箇所をクーリングで風速をコントロールした（図-2）。

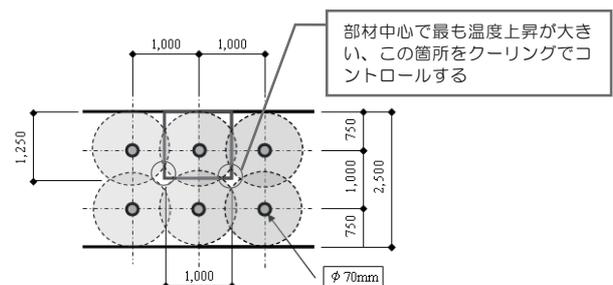


図-2 パイプエアクーリング配置断面図

※送風速度とクーリング期間
エアパイプクーリングは空気を冷却媒体として、送風によりコンクリート内部の温度を下げ、発生する温度応力を低減させた。

※送風機の解析風量（1基当たり）
解析風量 $W=AP \times V \times N=0.0038465\text{m}^3 \times 5\text{m/s} \times 60\text{sec} \times 14$ 本 $7\text{m}^3/\text{min}$
 $17\text{m}^3/\text{min} \leq$ 風量 $52\text{m}^3/\text{min}$ (送風機)

【パイプエアクーリングの送風速度と冷却期間】

一次クーリング風速5m/sでクーリングすると温度のピークアウトは打設から3.5日目で推察されたが、安全を考慮した5日間とした。

ここでクーリングを停止するとパイプ境界面の温度が急上昇し、ひび割れの発生の原因となるた

め二次クーリングを風速2.5m/sで4日間継続して行い、緩やかな温度低下を図った。

【養生方法と脱型時期】

養生は、湛水、養生マット、エアバッグ、足場外周・天井塞ぎシート囲いにより無風環境では熱伝達率 $14\text{W/m}^2\text{C} \Rightarrow 5\text{W/m}^2\text{C}$ まで低減させ、養生期間中は空間内を 10C 以上の温度を保持させた。

脱型時期は、コンクリート温度が外気温にある程度近づくまで型枠を存置し、サーマルショックを起こさないように内部温度と外気温の温度差が $15\sim 20\text{C}$ 程度以下であることを確認した後に脱型を行った(図-3)。

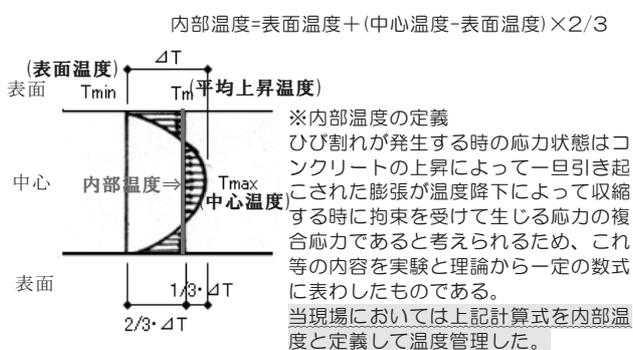


図-3 内部温度概要図

【エアパイプクーリングの考察】

- ① 冷却媒体として「空気」を使用するため、水を汲み上げる大規模な設備の配置がなく、ローコスト化の実現。又は循環水を用排水路へ排水することなく、環境に影響を与えない。
- ② クーリング場所を選ばず、風速調整用のバルブを配置することにより、クーリング温度をコントロールすることが可能である。
- ③ 底版部におけるひび割れは、コンクリート表面と中心部分の温度差(内部拘束)により、発生することが多いため、その温度差を小さくするには内部温度をクーリングにより低くするか或いは表面を保温して高くするかのいずれであるので、シースダクトから排出される温風の有効利用とダクトヒーターによる囲い内温度を調整した。
- ④ ピーク時温度は 63C となっており、断熱した

時のピーク時温度は 66C であったことから中心温度は、ほぼ終局断熱温度まで上昇していた。この事は、積極的に保温養生を行っても内部温度が変化しない事と想定される。

また、ダクトヒーターとシースダクトからの温風を利用した保温養生はコンクリート表面の強度発現を促進させるだけでなく、内部温度を変えずに内外温度差を小さくすることができることから、有効な温度ひび割れの防止対策となった。二次クーリングを実施したことによって囲い内温度の変化を緩やかにすることができた。

3. おわりに

【今後の課題と反省すべき点について】

- ① クーリング時の中心温度が解析値と異なる場合は、風力調整が必要となる。今回の場合は、内部温度が 3C 程度高いため、1次クーリングの風速を $5\text{m/s} \Rightarrow 10\text{m/s}$ 、二次クーリングでは $2.5\text{m/s} \Rightarrow 5\text{m/s}$ に倍増させる必要があった(図-4)。

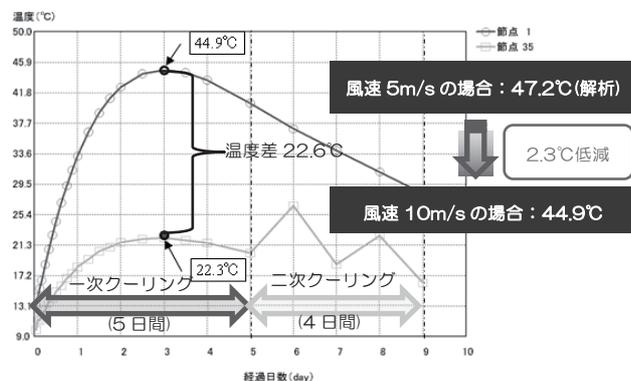


図-4 内部中心とパイプ境界面の温度履歴図

- ② 送風機はサクションホースの分岐が多くなることによって均一な送風ができなかった分岐部もあった為、風量コントロールが難しくなったので、風量に余裕のあるものを使用すれば良かった。
- ③ 今回の内部温度が解析結果より 3C 程度高い為、1次クーリングや2次クーリングで風速を倍増する必要があった。