

温度ひび割れの制御を目的としたパイプクーリングの実施と効果検証

国土交通省 中部地方整備局 四日市港湾事務所 牛場 茂友
大成建設(株) 正会員 村上 公一 正会員 ○原 佑友

1. はじめに

コンクリート構造物の温度ひび割れを制御する方法は、一般的に、設計から施工の各段階で種々の提案がなされている。本稿では、橋梁下部工を対象に、コンクリート中心部の温度上昇を抑制し、表面部と内部での発熱温度差を直接的に低減することが出来る“パイプクーリング工法”を適用した検討事例を報告する。

2. 検討概要

(1) 工事概要と対象構造物

工事概要を表1に、検討対象となった躯体形状を図1に示す。本構造物は、RC橋脚の下部工で、特に、評価の際に着目した柱部は、2.5m×4.5m×7.0m、80m³程度のボリュームを1リフト打設するものである。5月～6月(打設温度約25℃)にかけての打設で、使用するセメントは高炉セメントB種である。

表1 工事概要

工事名称	平成24年度 四日市港霞ヶ浦北ふ頭地区道路(霞4号幹線)橋梁(P38～P47)下部工事				
施工場所	三重県三重郡川越町亀崎新田地先				
工期	H24.7.10～H25.8.30				
工事概要	工事延長L=251.25m RC橋脚工(場所打ち杭、橋脚躯体工)				
	躯体10基				
	セメント種類	呼び強度(N/mm ²)	スランプ(cm)	W/C(%)	水(kg/m ³)
	高炉セメントB種	24	8	55	155

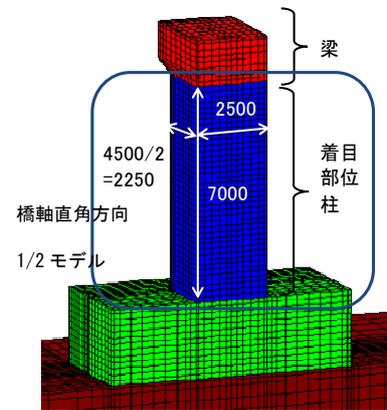


図1 対象構造物

(2) パイプクーリングの仕様

クーリング配管の配置イメージを図2に示す。施工性や、型枠への貫通孔をなくすことに配慮し、柱上面に入・出の両口を設ける1系統配置とした。また、配管長は100m未満とし、水温上昇による冷却効果の低下を避ける長さとした。配管設置間隔や通水期間、水温などの条件は、クーリング効果への影響が大きいと考えられ、“60cm 間隔、3 日間、15℃”を基本ケースとし、解析にて妥当性を確認することとした。

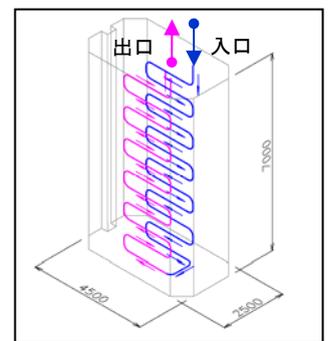


図2 クーリング配置図

(3) 制御目標の設定

許容ひび割れ幅を、鋼材腐食に対する耐久性の観点から、性能低下の原因とならない0.2mm以下で設定した。なお、この場合のひび割れ指数は、ひび割れ制御指針¹⁾に示された“温度ひび割れ指数と温度ひび割れ幅の関係”に基づき、1.30以上と算出される。

(4) 検討フロー

検討フローを図3に示す。「STEP1 事前解析」上記(2)で設定した仕様が制御目標を満たしているか確認を行う。施工においては熱電対を設置して時刻歴の躯体温度を計測する。「STEP2 検証」計測値と解析値の比較検証を行う。発熱特性(断熱温度上昇特性)は、ひび割れ制御指針¹⁾に示された一般値を用いているため、発熱温度に差異がみられた場合は、発熱特性のフィッティングを行う。「STEP3 事前解析へのフィードバック」本工事では、10基の橋脚を施工する。そのため、同定した発熱特性を、これ以後に打設が予定されている他の橋脚の事前解析に適用する。

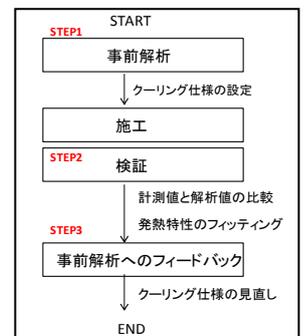


図3 検討フロー

キーワード パイプクーリング, 温度ひび割れ, ひび割れ制御

連絡先 〒464-0854 愛知県名古屋市中村区名駅1-1-4 大成建設(株) 名古屋支店土木部 TEL052-562-7527

3. 事前解析結果

無対策時及びパイプクーリング実施時の事前解析結果を図4に示す。①無対策の場合、最高温度は躯体中心部で68℃、最小ひび割れ指数は、外部拘束の生じる柱下部で1.10（ひび割れ幅0.3mm）と予測され、これは、制御目標を満たさないものである。一方で②パイプクーリング実施の場合、最高温度は51℃と約17℃の低減効果が見込まれることがわかった。最小ひび割れ指数についても、1.82（ひび割れ幅0.1mm）まで改善され、制御目標を満たす結果となった。なお、クーリング仕様は、感度分析を行い、妥当性の確認を行っている（水温は15℃±5℃の範囲で制御目標を満たす。また、通水期間が3日以上となると、目標値は満たすもののひび割れ指数の分布を悪化させる）。

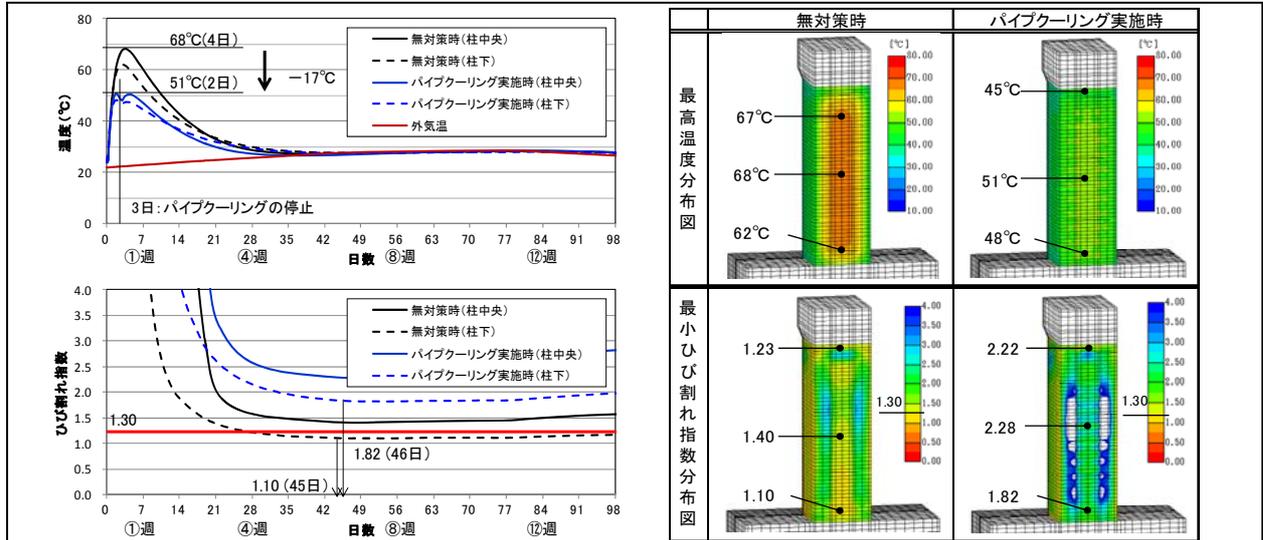


図4 柱部に着目した事前解析結果

4. 施工管理

施工管理では、水温及び流量の管理を確実に実施し、事前検討の諸条件を確保することに努めた。躯体からの入出水温はチラー設備を経由させ、15℃±5℃の範囲で管理を行い、送水管には流量計を設置し流量管理を実施している。水温の計測結果を図5に示す。

5. 検証結果

熱電対の配置を図6に示す。発熱温度が最高となる躯体中心部及び、躯体内外の温度差を確認するために、対となる表面部にも設置することとした。解析値と計測値の温度比較を図7に示す。初期の発熱勾配や最高到達温度が非常に良く一致しており、現地の状況を良好に再現出来ている事がわかる。これにより、解析モデルの妥当性が確認できたと同時に、事前解析で設定したパイプクーリングの仕様も適切だと考えられ、本工事において正しくひび割れ制御が行われたと判断出来る。

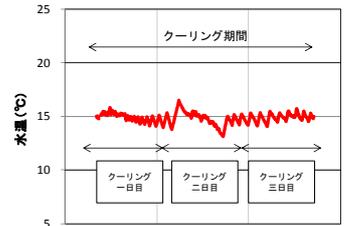


図5 水温計測結果

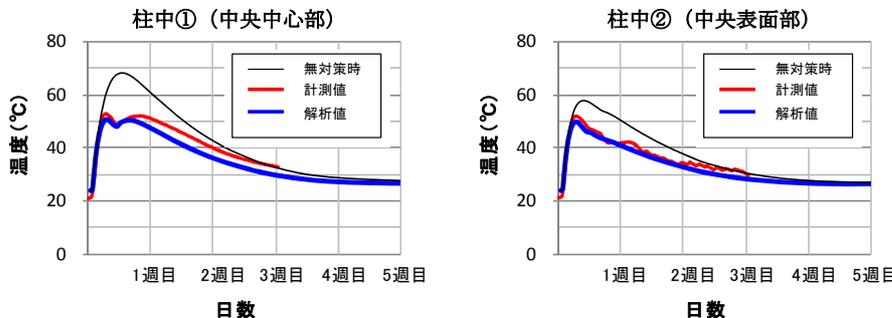


図7 解析値と計測値の温度比較結果

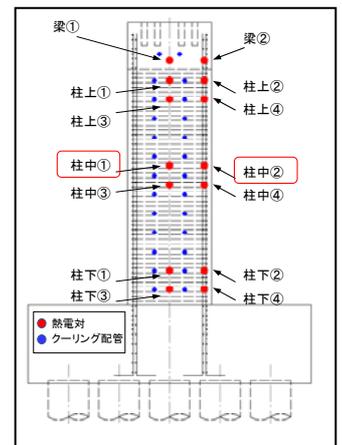


図6 熱電対配置図

6. まとめ

パイプクーリング工法の適用により、ひび割れの発生を適切に制御することが出来たといえる。特に、事前解析の結果を現地で再現するためには、水温や流量管理の徹底が重要であることが示された。

参考文献

1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008. 11