

パイプクーリングの水温自動制御装置を用いた温度ひび割れ制御

三井住友建設(株) 技術本部 技術研究所	正会員	○基	哲義
三井住友建設(株) 技術本部 技術研究所	正会員	樋口	正典
三井住友建設(株) 土木本部 土木設計部	正会員	原	勝哉
三井住友建設(株) 土木本部 土木設計部	正会員	村尾	光則

1. はじめに

パイプクーリングにおける温度ひび割れ制御の確実性向上を目的として、打込み後のコンクリート温度をもとにパイプクーリングの通水温度を自動制御するシステムを開発した¹⁾。本稿では、本システムを適用した水門カーテンウォールの温度ひび割れ制御結果について報告する。

2. パイプクーリング水温自動制御システム

パイプクーリングは、あらかじめコンクリート中に埋め込んだパイプの中に水や空気を流して、打込んだ後のコンクリートを冷却する方法であり、一般には事前の温度応力解析によって決定された条件で運転が行われるが、施工時における運転制御も可能である。今回開発したシステムは、その点に着目したもので、打込み後のコンクリート温度をもとにパイプクーリングの通水温度を自動制御するシステムであり、施工時のコンクリート温度や外気温などが変化した場合でも、通水温度を適切に調節することにより、計画した温度ひび割れ制御効果を確実に得ることが可能になる。

システムの概要図を図-1に示す。本システムの特徴は、常温水に低温水を混合する混合方式による水温制御を採用したところ

にあり、水温調節のレスポンスを高めた。チラーユニットのみによる水温調節では困難であった急速冷却や過冷却防止が、常温水と低温水を瞬時に切替えることによって可能になった。また、現場での設置状況を写真-1に示すが、それぞれの装置が独立し非常にコンパクトとなっているため、設置場所の選定もしやすくなるなどの利点がある。

3. 制御対象構造物

今回、パイプクーリングによる温度ひび割れ制御対策を実施した構造物は、図-2に示す水門カーテンウォール2基であり、それぞれ、幅18.1m、高さ12.3m、壁厚2.0mのマスキングコンクリートである。打込みは3リフトに分けて行い、各リフト高さは1.0m、5.4m、5.9mである。コンクリートの配合を表-1に示すが、セメントの種類は普通ポルトランドセメントで、海洋コンクリートであることから水セメント比の上限が45%、単位セメント量の下限值が330kg/m³と規定されており、マスキングコンクリートとしては、セメントの水和熱が大きくなる不利な配合となっている。

キーワード：マスキングコンクリート、温度ひび割れ、パイプクーリング、自動制御

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木518-1 三井住友建設株式会社 技術研究所 TEL 04-7140-5201

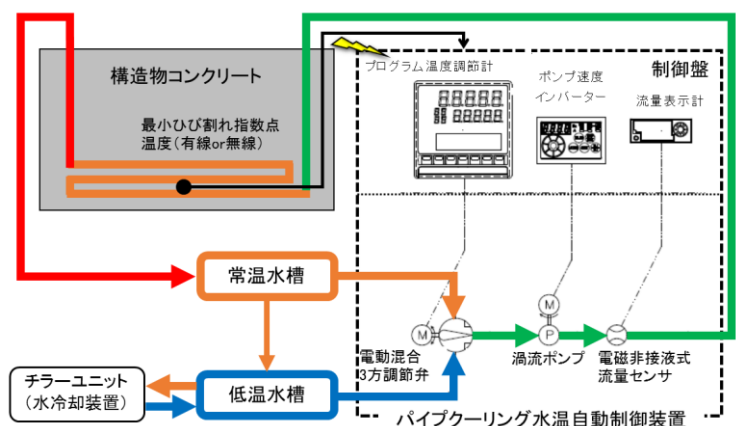


図-1 パイプクーリング水温自動制御システム



写真-1 現場での設置状況

4. パイプクーリング水温の自動制御結果

パイプクーリング水温の制御状況を図-3 に示す。コンクリート温度の計測はひび割れ指数が最小になる位置とした。また、パイプクーリングの開始と終了は、図中に破線で示した。計画温度とは水を循環使用した場合の通水温度を想定し、それを用いた解析結果である。制御温度とは水温制御の基準となる温度で、計画温度よりも小さく設定される。この温度を超えると低温水が混合され、通水温度を下げ、下回ると常温水が流れる。制御温度と実測温度、水温の計測結果をみると、初期においては、想定よりも発熱速度が大きかったために低温水槽側の水が供給され、コンクリート温度が制御温度を下回った段階で常温水槽側の水に切り替わっていることがわかる。このことから、水温自動制御装置は正常に動作しており、自動制御が行われていることが確認できた。なお、常温水に切り替わった後は徐々に水温が上がり、過冷却を防止する効果も確認されている。

図-4 に2, 3 リフトにおける計画温度と実測温度の比較を示す。また、無対策での解析結果も併記する。水温自動制御システムを適用することにより、最高温度は計画温度よりも低く制御できていることがわかる。これは、初期の発熱速度が想定よりも大きく、低温水が供給されたためと考える。この結果から、実際のコンクリート温度は、無対策に比べ13～14℃、計画温度と比べても6℃程度低い温度を示しており、十分な制御効果が確認できた。

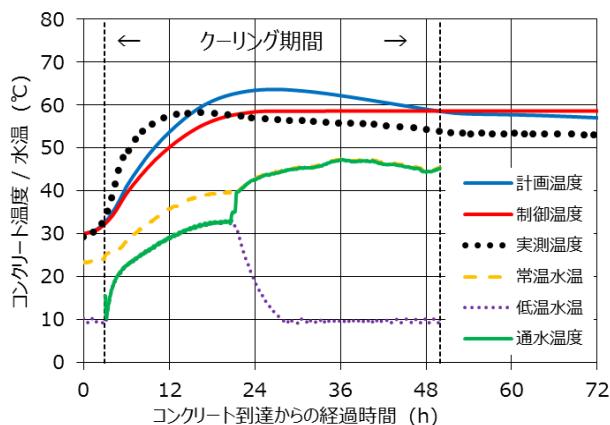


図-3 パイプクーリング水温の制御状況

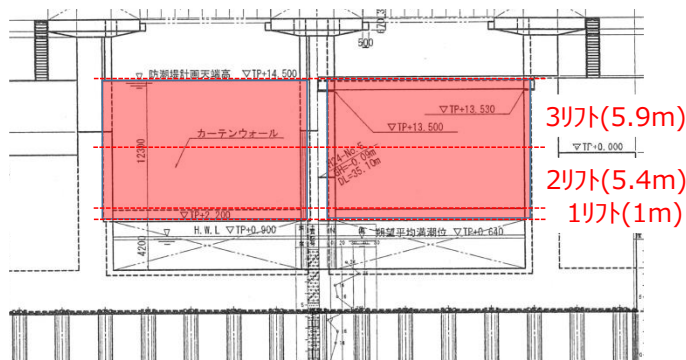


図-2 水門カーテンウォール

表-1 コンクリートの配合

スラブ (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)	
					セメント C	水 W
8	20	44	42.2	4.5	357	157

セメント：普通ポルトランドセメント

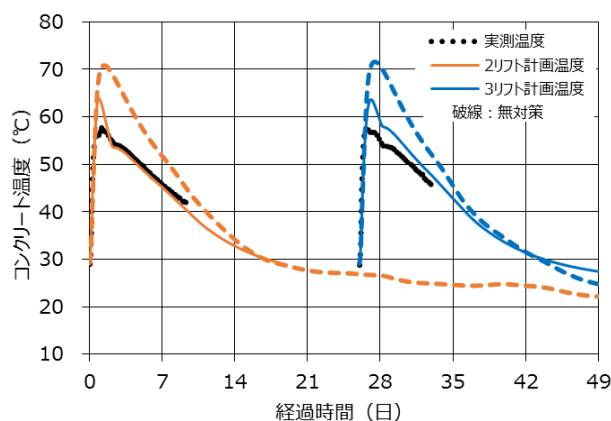


図-4 計画温度と実測温度の比較

5. まとめ

全4回のコンクリート打設においてパイプクーリングの水温自動制御システムを適用した結果、すべてにおいてコンクリート温度の完全自動制御を確認することができた。ただし、更なる制御精度の向上のためには、事前解析の精度向上が必要であり、配管壁面での熱伝達率やコンクリートの発熱特性についても更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 原勝哉, 樋口正典, 村尾光則, 基哲義: マスコンクリート対策用パイプクーリングの自動制御に関する性能確認試験, 土木学会第72回年次学術講演会講演概要集