

自動制御による簡易パイプクーリングシステムの開発

みらい建設工業株式会社	正会員	○石原慎太郎
みらい建設工業株式会社	正会員	山本 隆信
みらい建設工業株式会社		小平 浩二
みらい建設工業株式会社		志田 和人
みらい建設工業株式会社		熊井 崇

1. はじめに

マスコンクリートの施工においては、コンクリートの水和反応による発熱を抑制し、温度応力ひび割れを抑制することが耐力を満足するために重要である。このため、施工時の対策としてパイプクーリングが行われるが、特に河川上でのコンクリート打設などでは作業ヤードが狭く、大掛かりな設備は施工上で大きな負担となる。そこで、できるだけ簡易にパイプクーリングが行うことができるシステムを開発した。

簡易なパイプクーリング設備とするために、クーリングタワー等を設けず水温の調節機能は省略した。このため、機械的に水温をコントロールできないため、クーリングパイプ周辺のコンクリートの冷やしすぎにより、温度勾配が大きくなることに起因するひび割れの助長が懸念された。この対策として、クーリング水の通水ポンプのオン・オフで調整する仕様としたが、この管理を行うにあたり、コンクリート工事を担当している職員が24時間体制で状況を確認する必要があるため、今後の省人化の観点から管理システムを開発する必要があった。

本報告は、できるだけ簡易な設備を用いたパイプクーリングにて、コンクリートの温度履歴から自動でパイプクーリングの通水を制御できるシステムについて、その効果を報告する。

2. 簡易パイプクーリングの概要

パイプクーリングの主要設備は、制御装置(市販のユニットボックス(幅 120cm×奥行 60cm×高さ 90cm 程度)に収納)、リレーボックス(幅 55cm×奥行 20cm×高さ 35cm 程度)、流量計付き集合管(φ 45cm×160cm)であり、その他の貯水タンクや水中ポンプは市販されている一般の装置を用いる。計測データは、「外気温」、「コンクリート内部の温度」、「パイプクーリングの水温・流量」を測定して、そのデータは無線 LAN を利用して事務所内でリアルタイムに常時確認すると共に、そのデータからクーリング水の通水ポンプを遠隔操作できる。なお、計測データは、インターネットを通じてスマートフォンでも確認でき、通水ポンプの停止や稼働時は、担当者にメールで通知するシステムとなっている。図 - 1 に概要を示す。

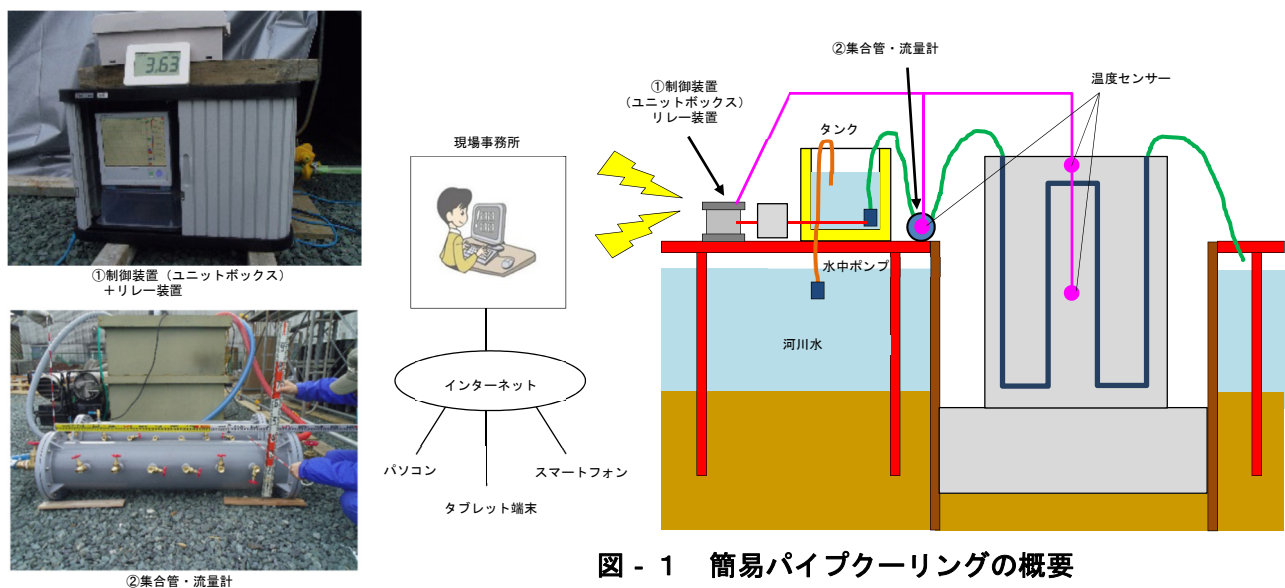


図 - 1 簡易パイプクーリングの概要

キーワード マスコンクリート、パイプクーリング、温度ひび割れ、省人化、自動制御、ICT

連絡先 〒108 - 0014 東京都港区芝 4 - 6 - 12 みらい建設工業(株) 技術本部技術部 TEL03-6436-3719

3. パイプクーリング制御システムの実証確認

パイプクーリング制御システムの効果を確認するため、実証実験を行った。実証実験は、図 - 2 に示すとおり、パイプクーリング配管の中央部に温度センサーを設置し、パイプクーリングの効果及び通水停止などのシステムによる制御状況を確認した。なお、パイプクーリングの効果を確認するため、パイプクーリングを設置していないケースでも温度の計測を行った。

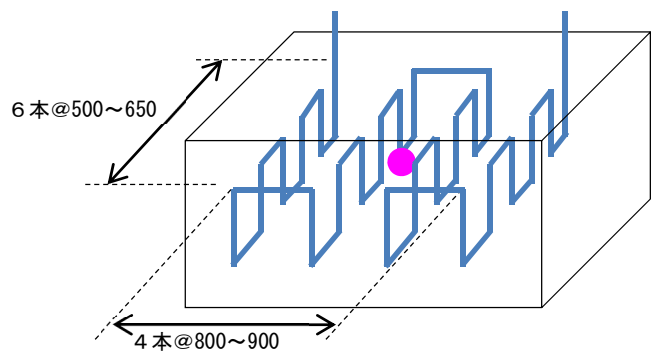


図 - 2 パイプクーリングモデル

クーリング水は、コンクリートの最高温度が計測されてから 12 時間後に通水を自動停止するように設定した。その後、コンクリート温度の再上昇が発生するが、上記で記録された最高温度の -1°C まで上昇する場合は、再度クーリング水の通水を開始するように設定した。また、上記の計測データのスマートフォンでの確認、および自動通水制御状況のメール通知機能についても確認を行った。

4. 実証実験の結果

図 - 3 に、実証実験における各種温度の経時変化を示す。なお、通水を長期間（1 週間）行った場合と、最高温度計測後 12 時間で停止し再稼働しない場合について、コンクリート温度の経時変化に与える影響について実証実験を行っていないため、温度変化の傾向を確認するため温度解析を行った。

- ・パイプクーリングの効果については、パイプクーリング有りで最高温度 38.5°C であり、パイプクーリング無しの場合の最高温度 54.0°C に比較して、 15°C 以上の低減効果が確認できた。
- ・パイプクーリング有りのケースでは、最高温度 38.5°C となった 12 時間後に自動で通水が止められた。通水を止めた時点での温度は 36.5°C 程度であったが、その後、再度温度上昇が発生した。このため、温度が 37.5°C （最高温度より -1°C ）となった時点で再度、自動で通水の開始が確認された。
- ・通水を長期行った解析結果よりも、実測での温度勾配は緩やかであった。また、通水を最高温度計測後 12 時間で停止したまま（再稼働はしない）の解析では、その後の温度上昇で最高温度を上回っているが、本システムではその点は回避されたことが確認できた。
- ・上記より、コンクリート工事を担当している職員が 24 時間体制で状況を確認する必要はなかった。
- ・計測データは、インターネットを通じてスマートフォンでも確認でき、通水ポンプの停止や稼働時は、図 - 4 に示すように担当者にメールで通知されることが確認できた。

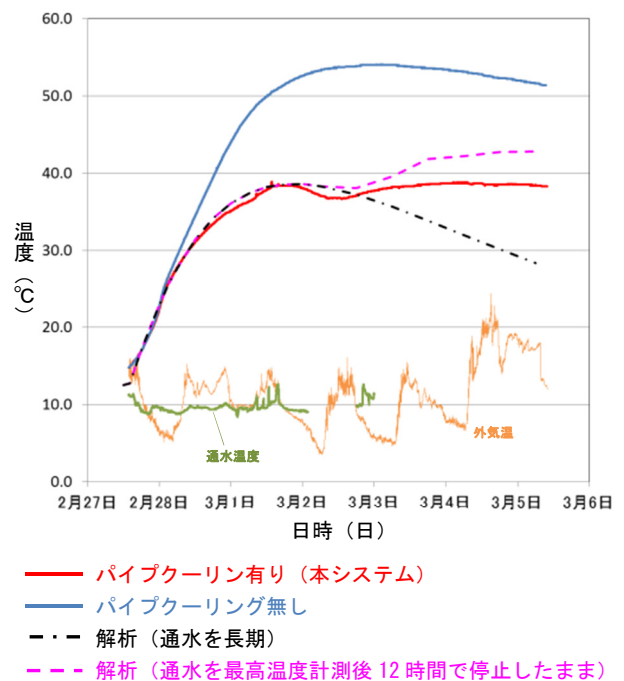


図 - 3 各種温度の経時変化

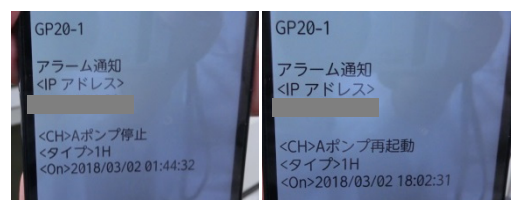


図 - 4 スマートフォンでの確認

5. まとめ

本システムを用いることで、比較的簡易なパイプクーリングが行うことができ、コンクリートの品質向上に寄与できる。パイプクーリングの施工は、職員に多くの手間がかかっていたが、本システムにより運転管理を省力化することが期待できる。