

簡易かつ効果的な パイプクーリングシステムの紹介

みらい建設工業株式会社 技術本部 技術部 | 青木 駿

1 はじめに

マスコンクリートの耐久性に関する問題として、セメントの水和発熱による温度ひび割れがある。そこで、温度ひび割れの制御・防止対策として、コンクリートの温度上昇を抑える手法であるパイプクーリング工法を行うことがあるが、狭隘な場所での施工においては大掛かりなパイプクーリング設備を設置することが困難となる場合がある。また、通水状況の確認などの運転管理や、設備機器の複雑化により発生する日常点検作業が必要となり労力を要することになる。

以上のことから当社では、大掛かりな設備とならないようにできるだけ簡易でありながらも効果的な、かつ、省力化を行い運転管理の負担を極力低減できるようなパイプクーリングシステムの開発を目指し取り組んできた。本報では、システムの概要および実現現場への適用事例について報告する。

2 システムの概要

システムの概要図を図1に示す。システムは、おおまかに以下の機器で構成される。

- ① リレー装置 (写真1)
- ② 制御・通信用機器 (写真1)
- ③ 集合管 (写真2)
- ④ 流量計
- ⑤ 水中ポンプ
- ⑥ 熱電対 (温度センサー)

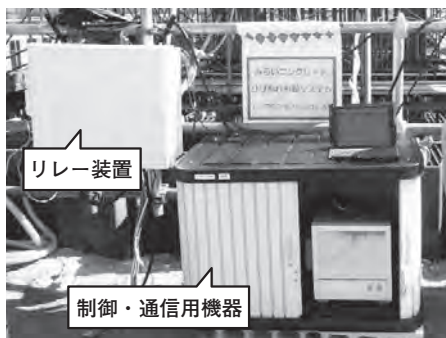


写真1 リレー装置および制御・通信用機器

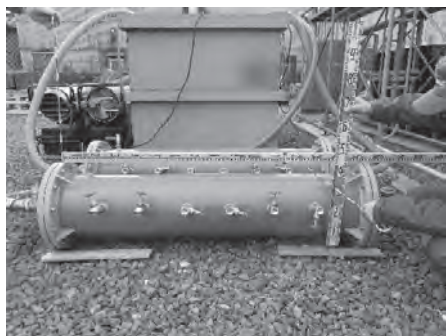


写真2 集合管

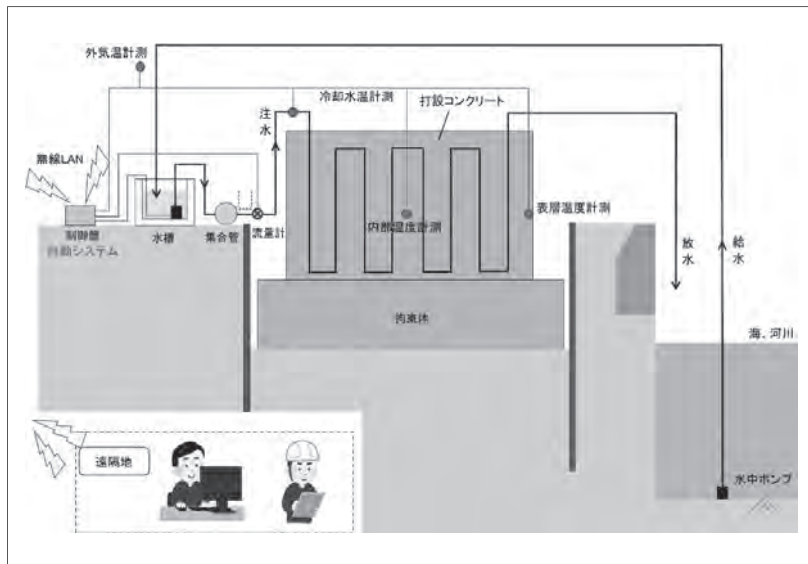


図1 簡易パイプクーリングシステムの概要

次に、本システムの特長を示す。

1 簡易化（チャラーユニットの省略）

マスコンクリートの内部温度は高温となるため、コンクリート内部通水後のクーリング水も高温となる。この通水後のクーリング水を再度クーリング水として使用する場合には、チャラーユニットにて冷却する必要があるが、チャラーユニットを設置すると大掛かりな設備となる。また、チャラーユニットや付帯機器の日常点検といった作業も発生するため、できるだけ簡易なシステムとするためにこのチャラーユニットを省略することとした。チャラーユニットを省略するとクーリング水温のコントロールができなくなるため、クーリング水を冷却し循環させる閉サイクル方式ではなく、周囲にある海水あるいは河川水を使用、循環させずにワンプラス方式とすることとした。海水や河川水であれば、コンクリート打設から養生期間中の水温がほぼ一定であり冷却効果が期待できる。

2 自動化

クーリング水の通水開始は、コンクリート打設直後から開始する。通水停止については、コンクリートが最高温度に達した後、任意に設定（あらかじめ温度応力解析により設定）のした時間で自動停止するようにした。また、通水停止後、再度コンクリート温度が上昇しはじめた場合には、通水停止前に記録したコンクリート最高温度に達する前に自動で通水を再開するようにした。

3 遠隔化

前述の通水停止／再開の際には職員へメール通

知され、また、コンピュータやタブレット端末から、通水のオン／オフを遠隔操作できるように設定した。

3 実現場への適用例

実現場での本システム適用例を紹介する。として、都市高速道路のPC梁橋脚築造工事への適用例を紹介する。

1 適用構造物

適用構造物は、図2に示すPC梁橋脚（計五基）である。

2 事前解析

クーリングパイプの配置や表面養生期間等の決定のため、事前温度応力解析を行った。図3に示すように、橋脚は左右対称であるため解析モデルは四分の一モデルとした。図4が、パイプクーリングを実施しない場合（以下、標準案）とパイプクーリングありの場合（以下、対策案）の事前解析結果である。なお、河川水を使用する計画であったため、事前に河川水の温度調査を行い、解析条件とした。

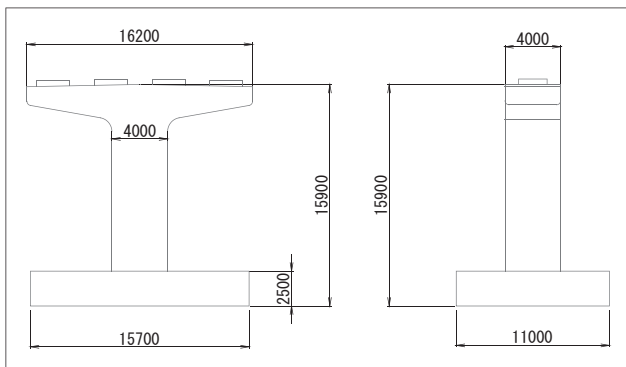


図2 橋脚構造一般図

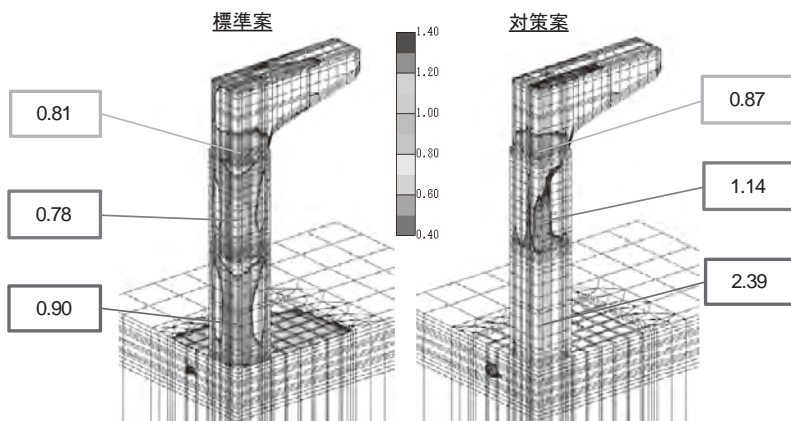


図4 解析結果（最小ひび割れ指数分布図）

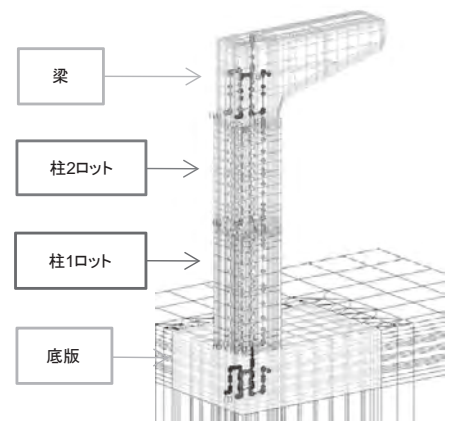


図3 解析モデル（1/4モデル）

3 施工状況

解析結果より決定した位置に、クーリングパイプを設置しコンクリート打設を行った（写真3、4）。また、温度計測のために、橋脚内部（中心）と表層部（表面より二〇cm）の位置に熱電対を設



写真4 コンクリート打設状況



写真3 クーリングパイプ設置状況

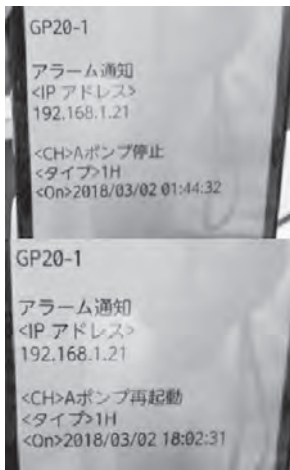


写真6 メール通知状況



写真5 システム遠隔管理状況

置し、コンクリートの温度計測を行い、クーリングの管理にはパイプクーリングシステムにより遠隔で管理を行った（写真5）。通水停止、再開の際には予定通り職員の携帯電話にメールにて通知された（写真6）。

表1 コンクリート打設結果

橋脚	セメント種類	打設日	コンクリート最高温度(°C)		
			標準案	対策案	
			解析値	解析値	実測値
柱1ロット	高炉B種	2018.3.29	67.4	48.3	50.2
柱2ロット		2018.4.28	73.0	56.0	54.5
梁	早強	2018.7.10	85.9	84.0	76.3

4 打設結果

得られたコンクリート打設結果（最高温度）と解析時の比較を表1に示す。コンクリート最高温度実測値は解析値と同程度であり、設定通りパイプクーリングの効果により温度上昇を抑制できたことがわかる。また、目視確認の結果、コンクリートに有害なひび割れの発生は見られなかった。

4 おわりに

本システムの活用により効果的にパイプクーリングを行い、マスコンクリートの温度上昇を制御し、構造物の品質を確保することができた。また、橋脚五基に本システムを用いたが、簡易なシステムであることから、システムの移動も容易であった。更には、自動化・遠隔化により職員の負担も軽減することができた。なお、本システムにおける自動制御および遠隔管理機能は、パイプクーリング工法だけに留まらず、コンクリート湿潤養生時における湿度管理や、寒中コンクリートのジェットヒーターによる給熱養生などにも使用できる。また、これらを同一システムにて管理することにより、現場サイドにおいてのシステムの取り扱いが、より容易になると考える。

今後の展望として、これまで蓄積したデータを基に、対象構造物に合わせたクーリングパイプの汎用ユニット化を行い、現場作業の効率化を図るなど更なる省力化に取り組むなど、今後も更なるコンクリートの高品質化に向け本システムを活用・改良していきたい。