

### 自動制御によるコンクリートひび割れ制御システムの開発

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 泉 誠司郎  
 みらい建設工業株式会社 正会員 中田 崇晴  
 みらい建設工業株式会社 三浦 英智  
 西川計測株式会社 矢野 智一

#### 1. はじめに

コンクリート工事は、所定の品質を満足するために、養生時に様々な管理を行っている。マスコンクリートのひび割れ制御対策として行うパイプクーリングは、コンクリート内に冷却用の水を通水させることで、内部のコンクリート温度上昇を抑えてコンクリート表面と内部との温度差を抑制する。

しかし、硬化時の発熱がピークを過ぎコンクリート温度が降下する状態では、パイプクーリングによる冷却によってコンクリートの急激な温度降下を招き温度応力を高めるおそれがあるため、適正な時期に通水を停止することが課題であった。また、養生温度や湿度等の養生管理は、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など、職員の勤務体制にも課題があった。

本報告は、このような課題を解決するため、コンクリートの温度履歴より自動でパイプクーリングの通水を停止できるシステムと、コンクリート養生温度・湿度を自動で一定の状態に保てるシステムとを併せた「コンクリートひび割れ制御システム」を開発し、その効果について報告する。

#### 2. コンクリートひび割れ制御システムの概要

「コンクリートひび割れ制御システム」は、コンクリート打設から養生終了まで「外気温」「養生内温度・湿度」「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、そのデータから給熱養生装置や通水装置、加湿器を遠隔操作するシステムで、マスコンクリートの施工や日平均気温が4℃以下になると予想される寒中コンクリートの施工に用いることができる。

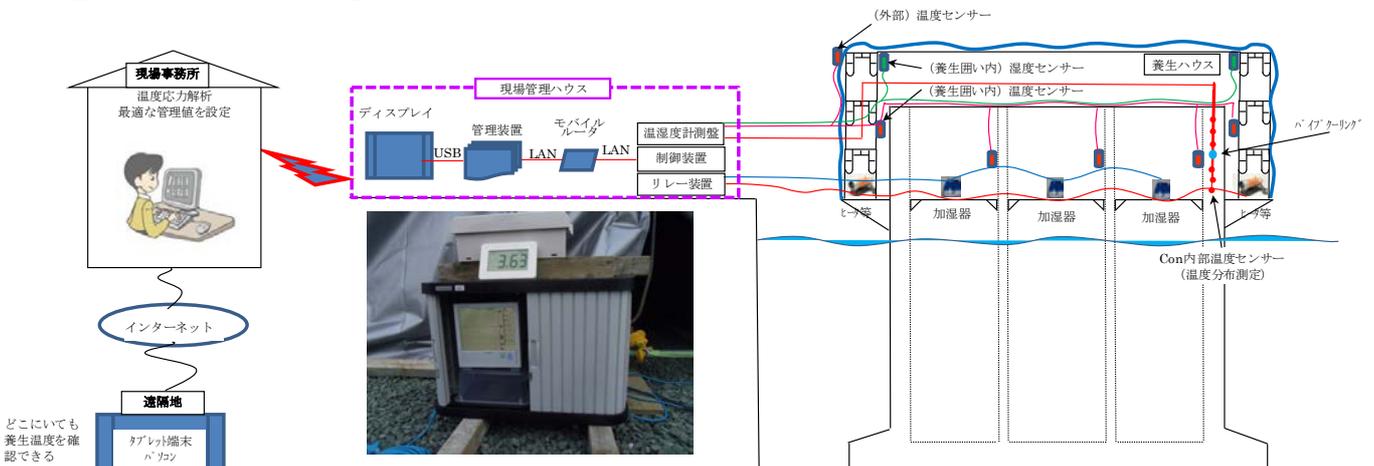


図-1 コンクリートひび割れ制御システムの概要図

本システムの利用で、コンクリート温度は、事前に実施した温度応力解析の結果と比較し、事前の解析値と測定温度との差を基準値内となるように管理できる（事前解析と測定値の温度差は5℃以内が目標）。

また、パイプクーリングは「コンクリートの最高温度計測後6時間後に通水を自動停止できるソフト」で温度降下を穏やかにすることでひび割れを抑制できる。

寒中コンクリートでは、あらかじめ養生温度を設定（例：5～15℃）し、測定した「養生温度」により給熱養生の装置（例：ヒーター）のスイッチを自動的に「ON」「OFF」でき、常時設定した養生温度を保持できる。

キーワード マスコンクリート、寒中コンクリート、パイプクーリング、通水管理、給熱養生、遠隔操作

連絡先 〒108-0014 東京都港区芝 4-8-2TCGビル4階 みらい建設工業株式会社 技術本部 技術部 TEL:03-6436-3719

### 3. コンクリートひび割れ制御システムの実証実験

コンクリートひび割れ制御システムの効果を確認するため、日平均気温が4℃以下となる2016年2月23～26日、青森県八戸市で実証実験を行った。実証試験では、L1.8m×B1.2m×H1.2mの方塊ブロックを9個(3個×3ケース分(表-1))にコンクリートを打設し、打設後は養生シートを設置してジェットヒーターの給熱養生とパイプクーリングを開始し、「外気温」「養生温度・湿度」「コンクリート内部温度」の測定、「養生温度・湿度の確保」「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(写真-1～3)。

表-1 実証実験のケース

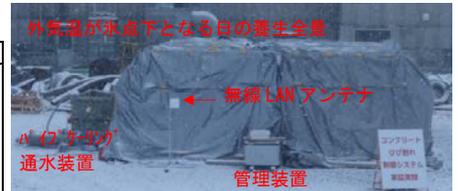
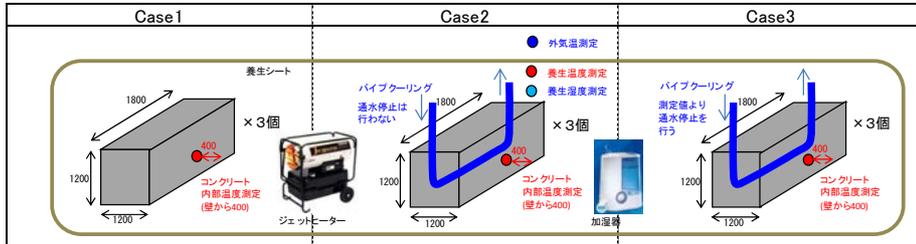


写真-1 実証実験 全景



写真-2 型枠組立 写真-3 ブロック製作

### 4. 実証実験の結果

- 壁より400mmの位置(パイプクーリングより200mm)でのコンクリート最高温度は、クーリングを行わないCase1では34～37℃であったが、クーリングで冷却したCase2,3は29～31℃と低くなった(図-2)。
- パイプクーリングの通水は、Case2のように通水を継続すると1日で5～7℃コンクリート温度が降下したが、ソフトにより通水を停止したCase3ではコンクリート温度の降下は穏やかとなった(図-2)。
- 実証実験期間中は、外気温が4℃を下回る気象条件であったが、ジェットヒーターを制御して養生温度を常時5～15℃に保つことができた(図-2)。また、湿度も加湿器を制御し60%以上確保できた。
- 施工場所と離れた現場事務所へ無線LANで測定値をリアルタイムで受信、把握でき、必要に応じて遠隔操作でパイプクーリングの通水、ジェットヒーターを操作した(写真-4～5)。

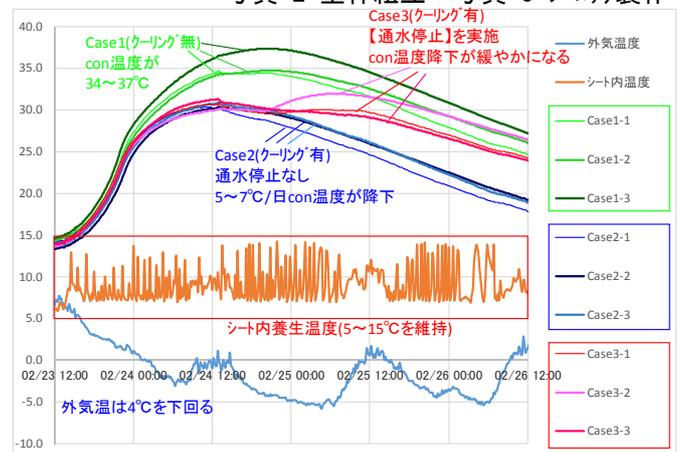


図-2 実証実験での温度測定結果

### 5. 本システム導入による効果

- マスコンクリートのひび割れ対策として行うパイプクーリングのコンクリート温度上昇抑制効果を確認できたとともに、自動制御で通水を停止することで温度降下が穏やかになるように制御を行えた。
- 寒中コンクリートの養生時、今までは24時間体制で数時間ごとに養生状態、ジェットヒーター等の機器の稼働等を確認するため職員が現場へ出向き確認を行っていたが、職員が事務所で養生状態や機器の稼働等を集中管理できるため、職員の負担が軽減できた。
- 寒中コンクリートの給熱養生を自動化でき、必要以上にジェットヒーターで給熱しなかったことから、稼働時間は養生時間全体の1/10程度で、燃料消費が大きく改善した。

### 6. まとめ

コンクリートの施工は、打設後の養生状態で品質が左右されるため、職員に多くの手間がかかっていたが、コンクリートひび割れ制御システムの導入により適正なパイプクーリングの通水停止、適正な養生温度の確保などの適正な管理と職員の負担軽減の両立が可能であることが確認できた。今後は、本システムを用いて品質の高いコンクリートの施工を行っていきたい。



写真-4 ジェットヒーター養生 写真-5 事務所でのデータ把握