

コンクリート打設管理システムの開発

鉄建建設(株) 正会員 ○福岡 瑛莉奈 三瓶 晃弘

1. はじめに コンクリート打設における監督業務は約 50 年間ほぼ変わらず、監督職員が作業員の役割、バイブレータの挿入時間等を目視確認しながら指示している。そのため、監督職員が指示を間違えた場合は作業効率および品質が低下して、品質トラブルを引き起こす原因となる。そこで、監督職員の業務サポートを目的に、コンクリート打設状況をカメラやセンサでセンシングし、AI による分析結果をリアルタイムで可視化するシステムの開発を進めている。本報では、コンクリート打設管理システムの概要および実証実験の結果について報告する。

2. システム概要 ゼネコン各社や諸研究機関ではコンクリート打設の品質向上を目指して、多くの検討を行っており、コンクリートの打込み順序はたわら打ちが有効であること、締固め時間は 1 箇所当たり 5～15 秒にするなどの基準が示されている。本コンクリート打設管理システムでは、コンクリートの品質に影響を及ぼす要素の推定および定量的評価に関する検討を行った。

本システムは、図-1 のように定点カメラで撮影したコンクリート打設状況の動画および作業員に装着したウェアラブルセンサから得られるデータを、AI を活用して解析を行い、その結果をリアルタイムに数値化や図化を行う。また、解析メニューとしてコンクリートの品質に影響を及ぼす可能性が高い要素について検討を行い、視覚的かつ警告メッセージを用いて情報を発信することで監督員の判断、指示、対応を支援する。解析メニューの詳細を下記に示す。

①コールドジョイント警告 コンクリートの打重ね時間の規定間隔時間以内に打重ねを完了させるため、打設エリアを露出時間毎に色分けする (図-2)。

②打設済み区画 画像判定からコンクリート打設後の色や打設ホースの位置を判断し、打設完了エリアを着色する (図-3)。

③打設完了見込み時間 打設計画による完了予定時刻と打設済み区画から算出した実績の比較が表示される (図-4)。

④打設ペース異常警告 打設完了予想時刻に対して、打設ペースの遅れを警告する (図-5)。

⑤バイブレータ担当者の軌跡 画像とバイブレータ担当者が装着している加速度センサから打設エリアの滞在時間を表示する (図-6)。

3. 実証実験-1

(1) 概要 本システムの現場実用にに向けた課題抽出を目的として行った。

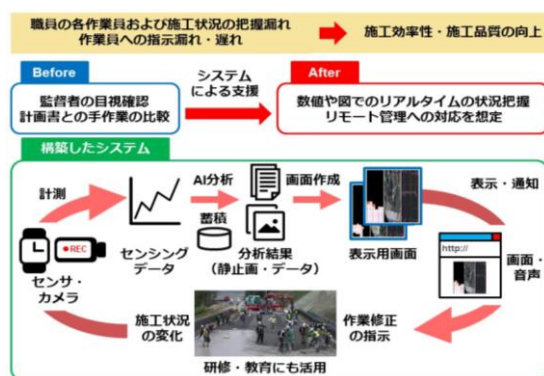


図-1 システム概要

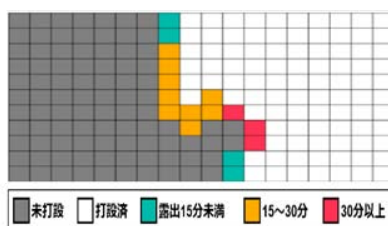


図-2 コールドジョイント警告



図-3 打設済み区画 (解析画面)

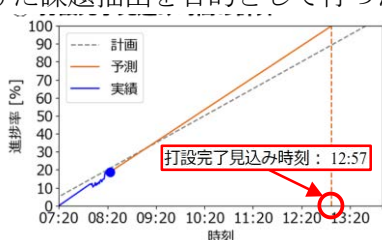


図-4 打設完了見込み時間の算出

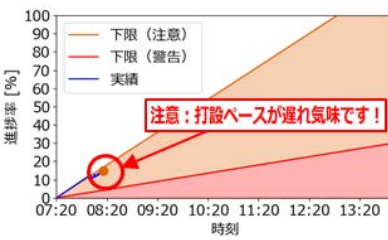


図-5 打設ペース異常警告

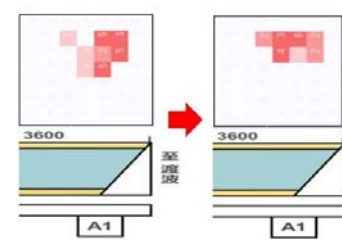


図-6 バイブレータ担当者の軌跡記録

キーワード：コンクリート打設管理システム, AI, 5G 通信, 床版打込み, 遠隔臨場

連絡先：〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町二丁目 5 番 3 号 鉄建建設株式会社 TEL 03-3221-2163

図-7の着色部であるPC上部工工事の床版 ($L=52.0\text{m}$, $B=9.55\text{m}$, $t=0.45\text{m}$)を対象とした実証実験-1を行った。コンクリートは2層で打ち込み、実験で使用するカメラはコンクリート打設状況全体を俯瞰する高さに設置する必要があるため、写真-1のようにカメラを設置した。なお、この範囲を対象としてセンシングを行い、打設状況の動画からシステムによる解析ができていることを確認した。

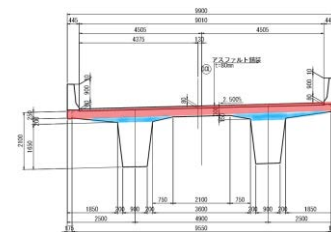


図-7 実証実験-1の対象範囲

(2) 実施結果および考察 実証実験-1から得られた結果を下記に示す。

- 今回使用したカメラポールの場合は強風時の揺れが大きいので、手振れ補正などの対策が必要であった。
- 今回のように多層打設を行う桁部分の場合はカメラから打設状況が判別できないので、システムを再検討する必要があることが明らかとなった。
- 作業員の服装が空の色やバリケードのスタンドの色と同系色、また真っ黒や真っ白に近い色の場合は背景と同化するため、本システムの判定が困難になることが多かった。

4. 実証実験-2

(1) 概要および目的 実証実験-1では現場に配置したPCで解析を実施したが、本システムは図-8のようなリアルタイムで情報共有機能を活かし、遠隔地も含めた活用を想定している。そこで、高速大容量、低遅延の5G通信技術（以下、5Gとする）による可能性を確認した。

実証実験-2のコンクリート打設範囲は、写真-2のような形状の床版である。実証実験-1で課題となったカメラの揺れ対策は、ネットワークカメラを単管に取り付けることで安定させた。また、多層打設についてはコンクリート充填センサを打設計画に合わせて平面および深さ方向に設置し、各打設エリアの状況を計測した。さらに、コンクリートの締固めを確認するため、バイブレータ担当者に加速度センサ付きのウェアラブルセンサを装備させて、バイブレータ担当者の動きを計測した。それぞれのデータは5G回線を経由してクラウド上の解析サーバに転送し、その解析結果を関係者のPCおよびタブレット端末にて情報共有した。

(2) 実施結果および考察 実証実験-2から得られた結果を下記に示す。

- 従来の通信方式である4Gと新しい5Gでデータの転送・表示遅延について比較検討した結果、5G回線利用時は4Gより5倍ほど早く、高精細なカメラ画像や多数のセンシングデータをリアルタイムに転送する場合の有用性が確認できた。
- 写真-2のような日照条件次第で影や反射などの影響により、カメラの映像だけでは十分な分析ができなかった。
- 写真-3のようなデジタルサイネージやタブレット等の情報共有が可能となった。今後は持ち運びしやすいスマートフォン等の小さな端末での閲覧を想定した画面レイアウトの対応が必要になると考えられる。

5. まとめ 監督職員の業務サポートを目的に、コンクリート打設管理システムの開発を行った。今回、床版での実証実験を通じ、運用時の課題を抽出するとともに対策を施した。さらに、実証実験-2では高速通信を活かした利活用の可能性を検討し、有用性が確認できた。今後は、現場導入に向けた課題を対策しつつ、コンクリートの多層打込みへ対応予定である。

【参考文献】1) 公益社団法人 土木学会：コンクリート標準仕様書〔施工編〕, 2018.3



写真-1 機材の配置状況

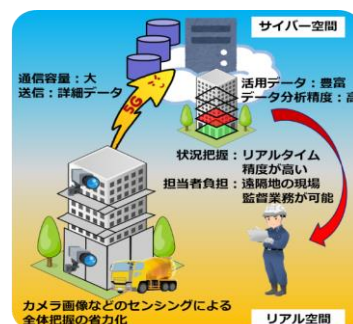


図-8 最終イメージ



写真-2 難易度の高い撮影環境



写真-3 デジタルサイネージ