

AI を利用したコンクリート打設管理システムの開発 構造物の品質向上と現場管理業務の効率化及びトレーサビリティの確保

橋 本 大 雅

建設工事におけるコンクリート打設作業は、打設計画に基づき、職員が作業状況を目視で確認して作業員へ指示を出しているのが現状である。しかし、職員の経験不足や施工規模などにより、判断ミスや対応の遅れが生じ、作業効率の低下や品質トラブルを発生させてしまう事象が起こりうる。

本稿では、コンクリート打設作業時の状況を、AI を活用してリアルタイムに情報化・可視化し、打設管理をサポートするシステムの開発について紹介する。

キーワード：AI, 画像解析, 品質管理, 効率化, トレーサビリティ

1. はじめに

我が国の道路や鉄道などの交通インフラには、強靱かつ高耐久な構造物が必要なため、それらの多くはコンクリート構造物となっている。コンクリート構造物施工に必要となる、生コンクリートの打設作業では、構造物完成時の品質を高めるため、計画に基づき多くの職員が協力しながら作業を行う。

コンクリート工事の品質管理は、職員の経験不足や施工規模などにより、品質トラブルが起こりうる。一度トラブルが発生すると、発注者との協議により対策を検討し、補修・補強作業などを行うこととなる。最悪の場合、一度壊した上での再構築が必要となり、当初の計画にない多くの時間とコストが消費されてしまう。

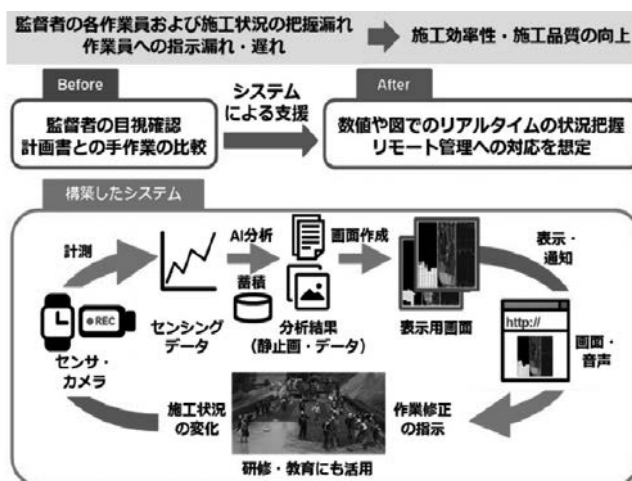
本稿で紹介するコンクリート打設管理システムは、AI により打設状況や作業員の行動を分析・情報化し、リアルタイムに把握することで、施工管理や作業指示をサポートするために開発中のシステムである。また、作業時の施工記録を蓄積することによりトレーサビリティを確保し、類似工事のシミュレーションや、後進の技術者の教育資料としても活用できる。

2. コンクリート打設管理システムの概要

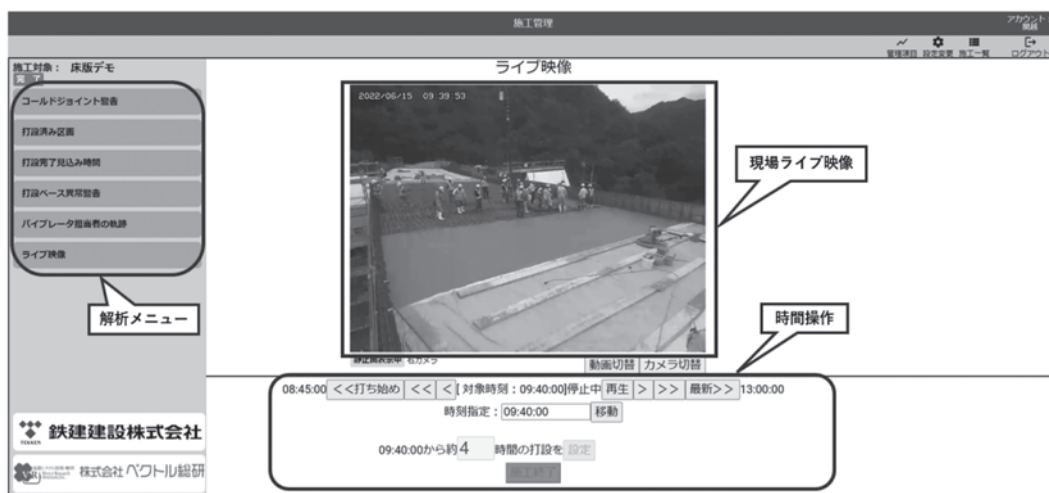
本システムは、AI による人の行動特性に基づく計測データの解析により、その結果の表示や異常通知を行うものである。作業現場に設置した定点カメラや各種センサによって、施工状況の変化が計測・蓄積され

る。同時に、リアルタイムで各情報の分析が実施され、図や表として可視化されることで、現地、もしくは遠隔地からも作業指示が可能となり、施工や品質の向上に繋がる。また、カメラで記録した映像や、分析・可視化した情報は、システム内に蓄積され振り返ることが可能なので、類似工事のシミュレーションや研修・教育に活用できる。このようなシステムの流れを、図—1 に示す。

システム上の分析・可視化された情報は、図—2 に示すブラウザ画面に表示される。左のメニュー項目から画面を切り替え、各種情報が確認できる。これらは作業中リアルタイムに更新される上に、画面下部のコマンドから、時間を巻き戻して過去の状況を確認することもできる。また、PC やスマートフォンから（写真—1）閲覧可能であることにより、作業に携わる全



図—1 システム概要図



図ー2 PC ブラウザによるシステム画面



写真ー1 スマートフォン上画面

ての職員が打設状況を随時確認し、指示出しなどに活用可能である。

現在システム上で確認できる各項目の概要を以下に示す。

(1) ライブ映像

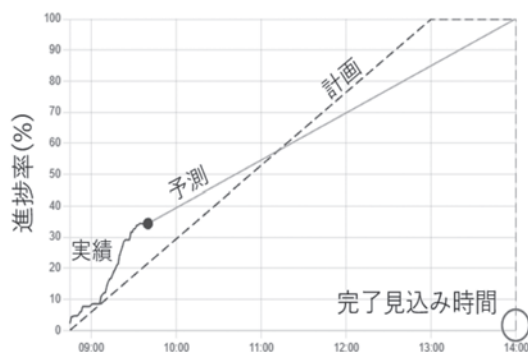
打設現場のリアルタイム映像を閲覧できる。この項目に表示される映像を対象に、AI による解析が行われる。

(2) 打設済み区画

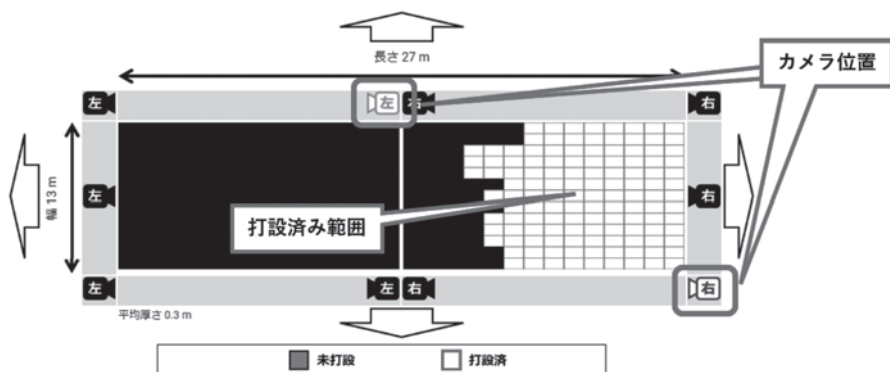
対象現場の打設図面上の打設予定範囲のうち、打設完了した箇所がマス目の塗りつぶしで表現される。また、計測用に使用しているカメラ位置も合わせて表示される(図ー3)。

(3) 打設完了見込み時間

打設作業の進捗をグラフで可視化する。打設ペースと当初計画との乖離や、作業完了の見込み時間を確認できる(図ー4)。



図ー4 打設完了見込み時間



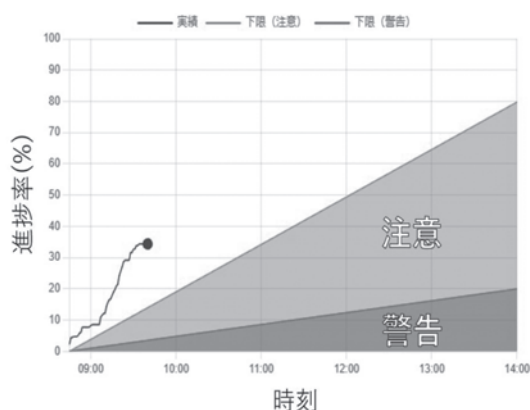
図ー3 打設済み区画

(4) 打設ペース異常警告

打設ペースに遅延がないかどうかをグラフで可視化する。グラフ上には予め設定された、「注意」及び「警告」の下限值が表示され、進捗実績値がこれらを下回ると警告が表示される（図—5）。

(5) コールドジョイント警告

打設済み区画のうち、隣接する部分に生コンがない箇所の露出時間をカウントアップし、経過時間ごとに色分けして表示する（図—6）。



図—5 打設ペース異常警告

(6) バイブレータ担当者の軌跡

バイブレータが直近に滞在した区画と時間が、センシングによるマス目の色の变化で表現される（図—7）。

3. システム試行実績

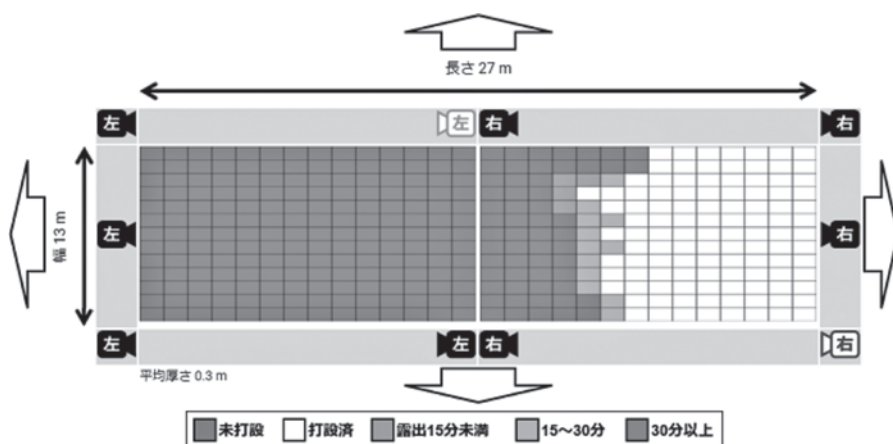
基本システムの構築後、各種構造物に適用できるように、データ収集及び改良のための試行を段階的に進めている。

(1) 床版部

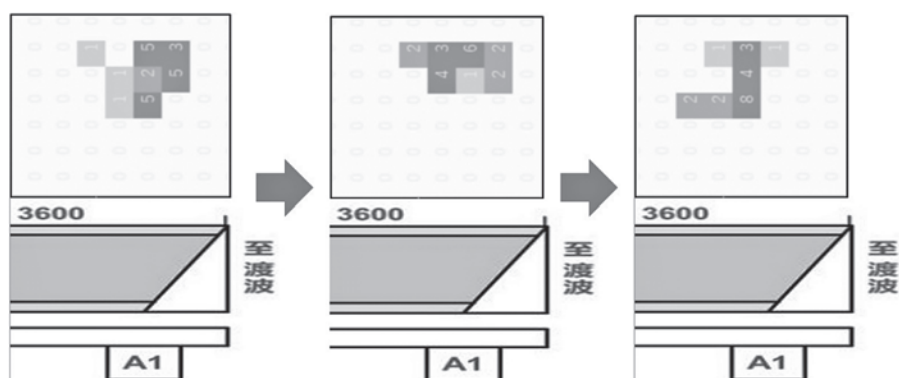
まず構造が比較的単純な床版部のコンクリート打設を対象に、システムの試行を進めた。

本システムは、打設ホースの筒先位置と打設後のコンクリートの色から、AIによる画像解析によって打設済み判定を行っている。この判定結果が、システム上の各メニューの図や表に反映されることを確認した。

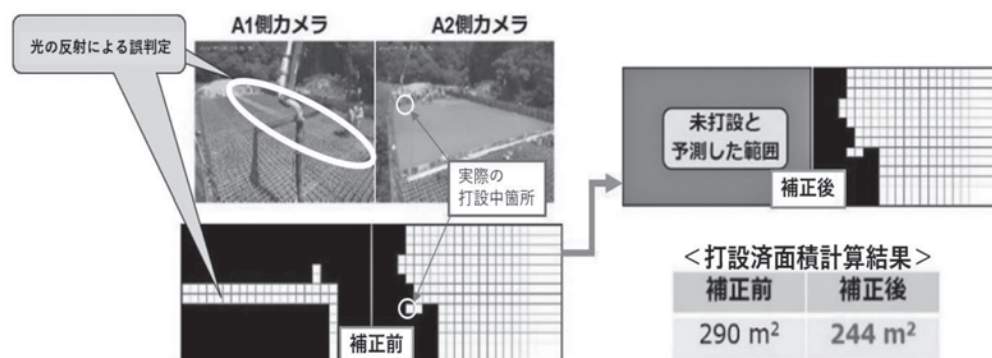
しかし当初のシステムでは、打設済み範囲の誤判定がみられ、天候による鉄筋の反射などが解析に影響することがわかった（図—8）。そこで、これまで打設



図—6 コールドジョイント警告



図—7 バイブレータ担当者の軌跡



図—8 反射による誤判定への対応

エリア全体で行っていた打設済み判定を、打設開始後の経過時間とホース筒先位置から打設エリアを予測・限定して判定を行う仕様へと変更し、判定精度の向上を図った。

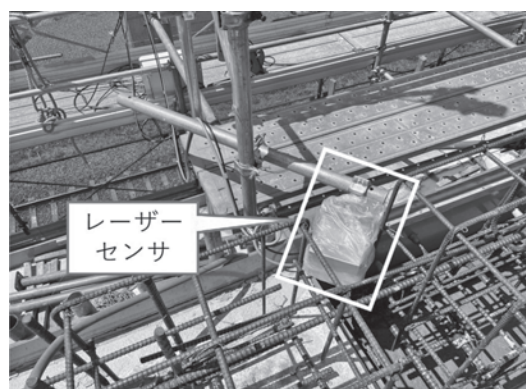
今後の方針として、解析方法は上記の対応などにより確立されているので、AIによる判定精度をさらに高めていく。また、現場導入・商品化に向け、システムの操作性向上を進め、運用する上でのサポート体制を構築していく。

(2) 多層部

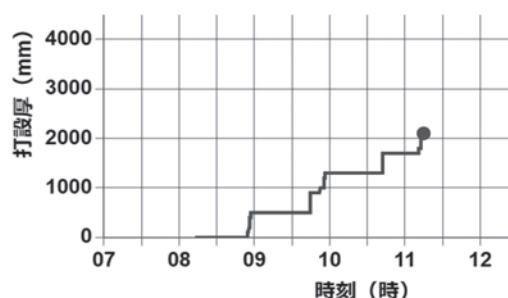
多層打設にも対応するシステムとするため、今回は橋梁のフーチング基礎にてコンクリート打設管理システムを試行した。

解析メニューは床版部打設時と同様とし、打設済み区画は水平方向及び鉛直方向に分割し、多層として立体的な表示に変更した（図—9）。打設判定については、最上層以外の打設状況は画像によるコンクリートの色から判定できないため、打設ホースの筒先及びパイププレートによる打設チームの移動をもって打設済みと判定し、その結果から施工進捗を確認できるようにした。

更にコンクリート打設厚を数値で管理するために、図—10に示すような距離計測レーザーセンサを打設面の上方に設置し、システムとの連動を実施した。そ

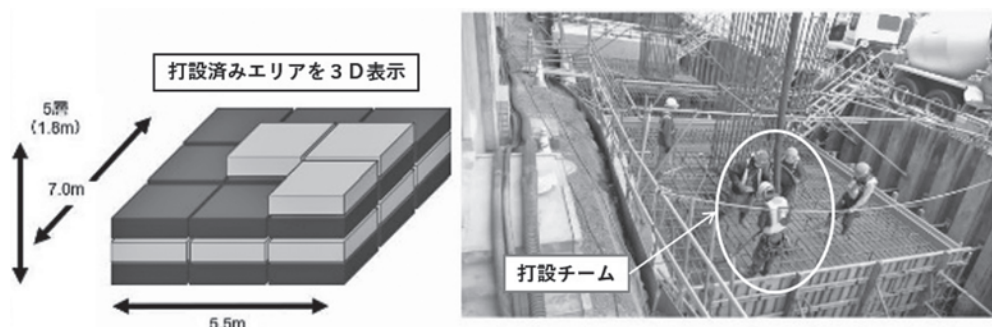


図—10 打設厚レーザーセンサ



図—11 打設厚グラフ画面

れに伴い、センサ設置位置での打設厚をリアルタイムにグラフにて確認できるメニューに追加した（図—11）。現在は、対象工種を拡充するため、大口径深礎や橋脚部での試行も進めている。



図—9 多層部対象時の打設エリア及びライブ映像

4. 今後の課題

コンクリート打設管理システムを開発及び運用していく上での今後の課題を示す。

(1) コンクリート締固め時間の管理

コンクリート締固め時間を管理するために、パイプレータ本体にセンサを直接取り付け、生コンへの挿入時間の計測を検討している。センサには、鉄筋接触に対する耐久性、パイプレータからの熱に対する耐熱性が必要となる。これらの課題をクリアするセンサを検証中である。

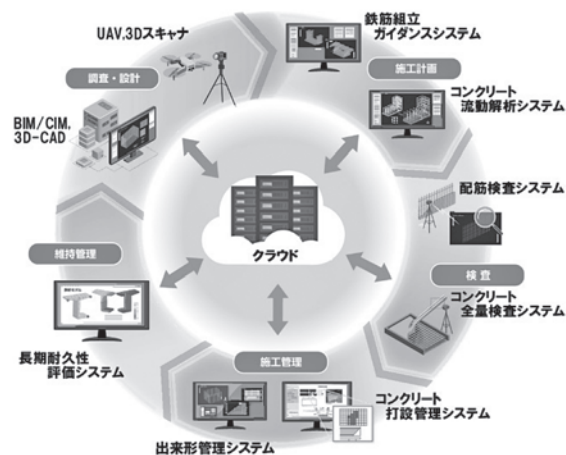
(2) 現場導入時のサポート体制

現在、システムとして床版部に関しては最終段階となっている。そこで開発と並行して、現場導入に向けた準備をする必要がある。現場からの使用依頼に対して、機材等の手配、システムの設定や導入時の電話サポートなど、これまでは開発体制のみであったが、弊社内での施工時導入を経て、販売等に向けた体制をつくっていききたい。

(3) 調査・設計から維持管理までの一元管理

本稿で説明したコンクリート打設管理システムを含む、コンクリート構造物施工の各段階で使用するシステムを一元管理するプラットフォーム「TK Construction Flow 360」を開発中である（図—12）。各システムの機能を充実させながら、データ連携による業務の効率化を目指す。

TK Construction Flow 360



図—12 TK Construction Flow 360 概要図

5. おわりに

本稿では、AIによる画像解析を活用したコンクリート打設管理システムの概要と、ここまでの試行について紹介した。今後はシステムを運用段階まで進め、構造物の品質向上と管理業務の効率化や、施工におけるトレーサビリティを確保し、職員の業務サポートや技術力向上を目指していきたい。

J C M A

【筆者紹介】

橋本 大雅（はしもと たいが）
鉄建建設(株)
土木本部 i-Con 推進部
課長代理

