

コンクリート打設管理システムの開発

石田 靖*1・長尾 達児*2

概 要

現在、コンクリート打設作業の確認や指示は、監督職員がコンクリート打設計画に従い、作業員の役割、バイブレータの挿入確認、生コン車の配車間隔等、目視による判断をしながら行っている。しかし、監督職員の経験や施工規模などによって対応のミスや指示連絡の遅れが生じることで、作業効率や品質の低下が発生し、品質トラブルを引き起こす原因となっている。本システムは、それらの課題を解決するために、AIにより各作業員の行動を分析し、数値や図によってリアルタイムに状況を可視化し、施工管理や作業指示をサポートするシステムとして開発に至ったものである。現場活用に向けた実証試験により、本システムの課題と改善点および5G通信環境下での有用性を確認した。

キーワード：コンクリート打設管理システム，AI，5G通信

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MANAGEMENT OF CONCRETE PLACEMENT

Yasushi ISHIDA *1, Tatsuji NAGAO *2

Abstract

Currently, supervisory staff confirm and provide instructions for concrete placement, evaluate and visually check the roles of workers, introduction of vibrators, time intervals for dispatching mixer trucks according to the concrete-placement plan. However, misjudgments in response and delays in providing instructions and communication from supervisory staff are prone to occur due to inadequate experience or the size of a project, which results in deterioration of work efficiency and quality may degrade both efficiency and quality, leading to problems with quality. In order to solve these issues, this system was designed and developed to analyze the behavior of individual workers, to visualize the situation in real time by means of data values and figures for facilitation of construction management and work instruction. Furthermore, we conducted a demonstration to ensure the applicability of the system to construction sites, through which issues and improvements were clarified and the efficiency under a 5G network was verified.

Keywords: management system for concrete placement, AI, 5G communication

*1 General Manager, i-con Promotion Department, Civil Engineering Division

*2 General Manager, Engineering Planning Department, Civil Engineering Division

(and Manager, ICT Construction Promotion Group, i-con Promotion Department, Civil Engineering Division)

コンクリート打設管理システムの開発

石田 靖*1・長尾 達児*2

1. はじめに

現在、コンクリート打設作業の確認や指示は、監督職員がコンクリート打設計画に従い、作業員の役割、バイブレータの挿入確認、生コン車の配車間隔等、目視による判断をしながら行っている。しかし、監督職員の経験や施工規模などによって対応のミスや指示連絡の遅れが生じることで、作業効率や品質の低下が発生し、品質トラブルを引き起こす原因となっている。

これらの問題を解決するため ICT 技術を活用したコンクリート打設管理システムを開発した。本稿では、開発したシステムの実用化に向け実施した実証試験について報告する。

2. システムの概要

2.1 従来型の施工における課題への対処

コンクリート打設の品質向上施策については、国土交通省をはじめ、ゼネコン各社や研究機関で多くの検討がなされている。例えば『東北地方におけるコンクリート構造物 設計・施工ガイドライン(案)』¹⁾や『コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き(案)』²⁾では、コンクリートの打込順序や高さ、締固め時間などについて定量的な基準が示されている。

一方で従来は、コンクリート打設に関する作業の定量的な評価は困難であった。基準を満たした施工が行われたかを十分に確認できず、それ故に作業員に十分なフィードバックがなされていなかった。開発したシステムでは、作業状況をセンシングし、定量的な評価を与え、適切に現場にフィードバックすることでコンクリート打設の品質向上を目指した。

2.2 システムの開発方針

システム化において、コンクリートの品質に影響を及ぼす可能性が高い要素の推定および評価を行う仕組みを検討した。特に、品質低下が懸念される場合は施工関係者にリアルタイムで通知することで、品質低下を未然に防止する方針とした。これにより、指示伝達の遅延による手戻りの防止のほか、施工関係者の技術継承の教育資料としての蓄積が可能となった(図-1)。

- | | |
|---------------|------------------|
| ① 打設済み区画の表示 | ⑤ バイブレータ担当者の軌跡記録 |
| ② 打設順序の表示 | ⑥ 打設完了見込み時間の計算 |
| ③ 締固め時間の表示 | ⑦ 打設ペース異常警告 |
| ④ コールドジョイント警告 | |

図-1 システムの機能

2.3 システムの構成

定点カメラで撮影されている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ブルセンサから得られるデータを、AI解析によりリアルタイムに数値化や図化を行い、視覚的かつ警告メッセージなどの情報を発信することで社員の判断、指示、対応を支援するものである。これによりトラブル時の対応遅れや指示ミスなどによる品質低下を防止する。

システムの具体的な機能を以下に示す。

(1) 打設済み区画の表示

高精細カメラによる画像解析から、打設完了エリアや打設ホースの位置を判断し、完了エリアを区画(2m×2mのマスを標準)で表示し着色する。

区画の大きさは、施工規模に合わせて変更可能である。

(2) 打設順序の表示

打設順序を数字(青文字)で表示し、直近の打

*1 土木本部 i-Con 推進部 部長

*2 土木本部 エンジ企画部 部長(兼 i-Con 推進部 ICT 施工推進グループリーダー)

込位置を橙色の塗りつぶしで表示する。

(3) 締固め時間の表示

バイブレータ担当者が装着している加速度センサから締固めの動きを判断し、時間を色で表示する。

色が濃いほど締固め時間が長いと判断されるため、色が薄い箇所については、締固め不足と判断し、このエリアに対して追加締固め指示を行うこととなる。

(4) コールドジョイント警告

打設完了エリアにて、コールドジョイントが発生する恐れのある箇所を青線で表示すると同時に警告の表示を行う。

(5) バイブレータ担当者の軌跡記録

バイブレータ担当者が装着している加速度センサから滞在時間を表示する。滞在時間が長いほど濃い色で表示する。

(6) 打設完了見込み時間の計算

現場で作成した打設計画から完了予定時刻を入力し、打設済完了エリア等から計算される実績との比較をグラフで表示する。

(7) 打設ペースの異常警告

打設完了予定時刻に対して、ペースの遅れを警告メッセージとして表示する（図-2）。

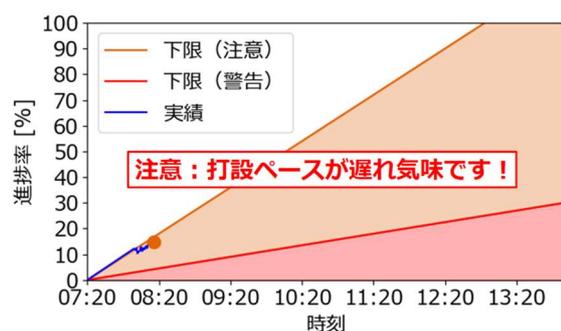


図-2 システム画面例

3. 実証実験-1

開発中のシステムについて、現場活用に向けた課題抽出のための実証実験を実施した。

工事概要を表-1に示す。本工事のコンクリート打設は、7回に分割して行われる。実証実験は、最終的な橋梁のつなぎ部分である7回目のコンク

リート打設を対象とした。

表-1 工事概要

工事種類	PC 上部工工事
工事場所	和歌山県御坊市
工期	令和元年5月～令和4年4月
工事概要	4車線化事業に伴うPC 上部工工事

3.1 実施方針および計画

実験対象箇所のコンクリート打設方法は、2台のポンプ車を利用して、2主桁の桁部分を4～5層、床版部を2層で打設する計画であった。今回は、開発中のシステムで図-3に着色して示す床版部(L=52m, B=9.55m, t=0.45m)の2層を打設対象としてセンシングし、品質低下リスクが発生しないことを確認した。なお、実験で使用するカメラおよびPCは、図-4に示すように打設範囲の両端(P3およびP5)に配置した。

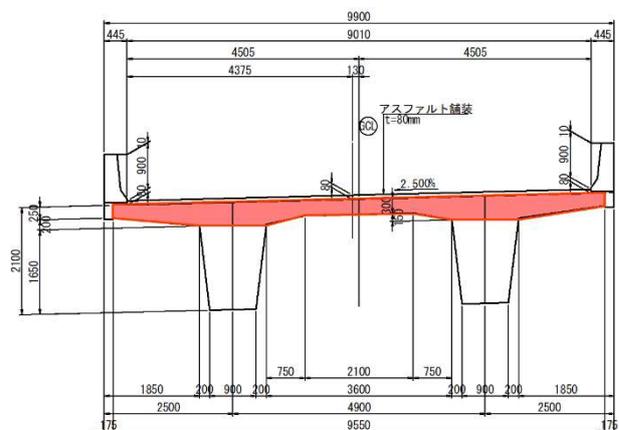


図-3 センシング対象範囲図

3.2 実施結果および考察

施工当日は、前日の配置から若干のカメラ設置位置の修正およびシステムの設定を行い、正常動作していることを確認した(写真-1, 写真-2)。

強風のため、カメラポールの揺れが大きく、手振れ補正やポールの強度確認の必要性を確認した。また、桁部分と床版部分の打設担当ポンプ車が個々に稼働して異なる打設方法が複合した場合の仕様見直しも課題であった。

空の色やバリケードのスタンドの色と同色系

の服装、真っ黒に近い服装、真っ白に近い作業着の作業員などは背景と同化し、判定困難となることが多かったため、検出精度が悪い環境での動作について、処理方式の見直しを検討する必要がある。

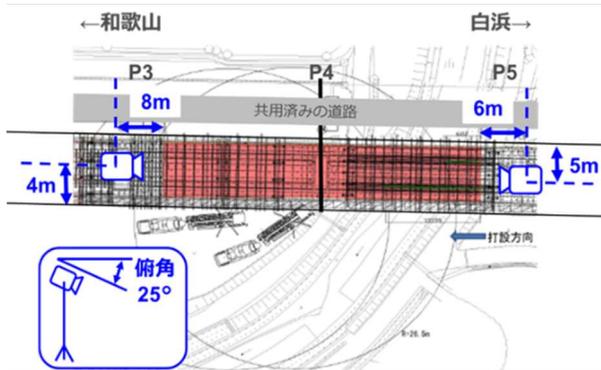


図-4 実証実験-1の計画図面



写真-1 機材の設置状況



写真-2 現場での動作確認

4. 実証実験-2

開発中のシステムは、リアルタイム情報共有の機能を活かした遠隔臨場での活用も期待されている。そこで、5G通信技術を利用して、その活用可能性について検討した(表-2, 図-5)。

本工事のうち、10月4日に実施された副梁部の2回目コンクリート打設を対象とし、実証実験を行った。

表-2 工事概要

工事名	発電所工事
工事場所	新潟県十日町市
工期	令和元年6月～令和3年11月
工事概要	発電機の取替え工事

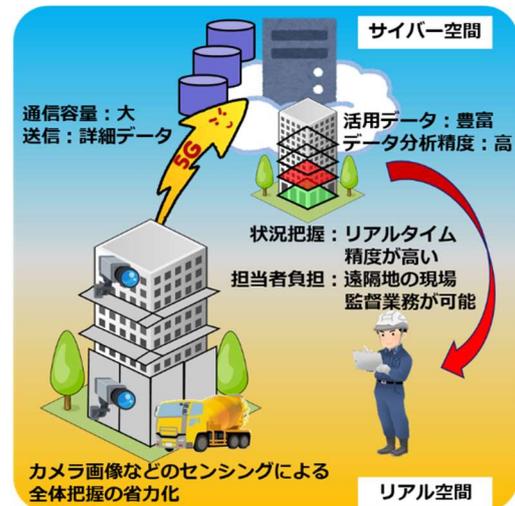


図-5 実証実験-2のゴールイメージ

4.1 実証実験の概要

実験の対象である副梁部は、中空台形柱と中空円柱を組み合わせた形状をしており、打設領域の周囲に対して2回に分けてコンクリートを打設する。9月24日の1回目打設が下半分、10月4日の2回目打設が上半分の2回のうち、1回目で事前調整、2回目で実証実験を実施した。

打設範囲を撮影可能なネットワークカメラを単管に取り付けるとともに、コンクリート充填センサを円周方向・打設方向に設置し、各領域の打設状況を計測した。さらに、アップルウォッチを作業員に配布し、締め時間時間の推定を行った。それぞれのデータは、5G通信環境を経由してクラウド上の解析サーバに転送し、関係者のPCおよびタブレットに対して情報共有した(図-6)。

4.2 実施結果および考察

実験の結果、デジタルサイネージおよびタブレ

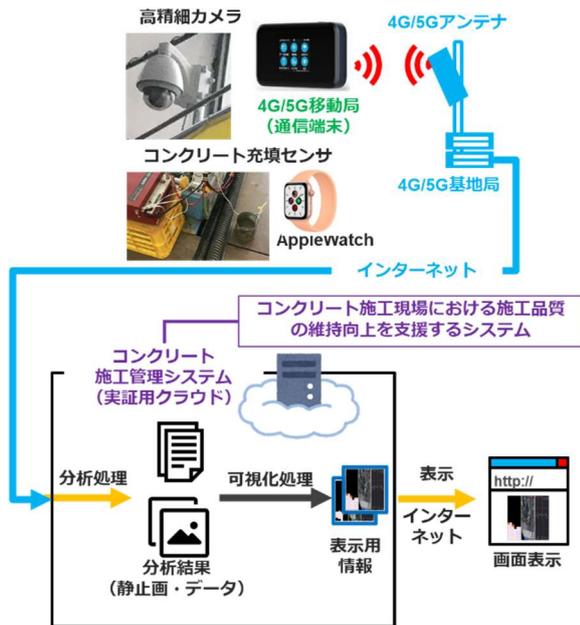


図-6 実証実験-2のシステム構成

ット端末で情報共有ができることを確認した。また、データの転送・表示遅延に関して、従来の通信方式である 4G と比較した結果、ローカル 5G 回線を利用した場合の転送速度が 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-3)。

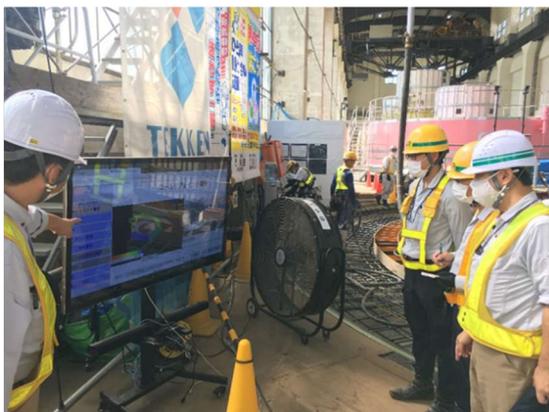


写真-3 サイネージでの情報共有

一方、日照条件によっては、桁や梁といった 1m 以上の深さのある打設部分は、影や反射などの影響により、固定カメラの映像だけでは十分な計測ができないことが明らかとなった (図-7)。

また、利活用シーンとして、PC やタブレットだけでなく、スマホなどのより小さな端末での閲覧への対応も検討が必要といえる。



図-7 計測難易度の高い撮影環境の例

5. まとめ

コンクリート打設品質管理システムを、床版部において適用し、実証実験を通じて運用時の課題および改善点を抽出した。さらに、5G 実証実験により、高速通信を活かした利活用の可能性についての検討を行った。今後は、実際の現場導入に向けた課題の対策を行いつつ、立上部および他の施工方式への適用を検討する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所：東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)，2009.3
- 2) 国土交通省 中国地方整備局 中国技術事務所：コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き(案)，2015.3