

## 4

## コンクリート打設管理システムの開発（第二期）

石田 靖\*1・三瓶 晃弘\*2・福岡 瑛莉奈\*3

## 概 要

コンクリート打設管理システムは、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である。第一期の開発では、カメラやIoTセンサから得られるセンシングデータを活用して、橋梁上部工事での床版部に限定し、システム開発を進めてきた。第二期の開発では、第一期の成果を踏まえ、床版部のシステムの汎用化に向けて実現場での実証実験のほか、橋脚・橋台のように立上部の多層打ちに対応したシステムの改良を実施した。また、遠隔現場を想定しモバイル端末に対応したシステムのレイアウトを作成した。

キーワード：コンクリート打設管理システム，AI，5G通信，多層打設部

DEVELOPMENT OF A CONCRETE PLACEMENT MANAGEMENT SYSTEM  
(PHASE II)

Yasushi ISIDA \*1, Akihiro SAMPEI \*2, Erina FUKUOKA \*3

## Abstract

The concrete placement management system analyzes the movement of each worker using AI, and visualizes the situation in real time by means of numerical values and diagrams to support construction management and work instructions. In the first phase of development, the system was developed using sensing data obtained from cameras and IoT sensors, with a scope limited to the floor slab section in upper bridge construction. In the second phase of development, based on the results of the first phase, the system was improved to support multi-layered casting of the vertical upper sections, such as piers and abutments, in addition to conducting tests at actual sites for general use of the system for floor slab sections. In addition, the layout of the system was improved to be compatible with mobile terminals, simulating a remote concrete placement site.

Keywords: Concrete placement management system, AI, 5G communication, Multi-layer placement section

---

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

\*2 Manager, ICT Construction Promotion Group, i-Con Promotion Department, Civil Engineering Division

\*3 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（第二期）

石田 靖\*1・三瓶 晃弘\*2・福岡 瑛莉奈\*3

### 1. はじめに

コンクリートの品質トラブルを回避するため、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ている。

第一期開発では、床版部に対してシステムの基本設計から試行によるデータ収集および解析を繰り返し、現在も現場導入を視野に開発を進めている。そして、立上部の多層打ちに関してはプロトタイプの試作モデルを構築した。また、5G通信を利用したシステムの活用の可能性について調査を行った。

第二期開発では、試作モデルを基に深礎杭や下部工フーチングなど多層打ちに対応したシステムの改良を行った。

本稿では第二期開発を中心に、システムの実用化に向けて実施した現場実証実験について報告する。

### 2. システムの概要

#### 2.1 施工時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、ゼネコン各社や諸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）』<sup>1)</sup>や『コンクリート構造物の品質確保・向上の手引き（案）』<sup>2)</sup>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。

それに合わせて施工現場では、施工計画書やチェックリストを事前に作成して管理を行っている。しかし、監督職員の経験などによつて的確に状況を把握することができず、作業効率や品質の

低下が発生する原因となっていた。それらの課題に対して本システムでは、作業状況の動画からAIを活用して各作業員の行動を分析し、適切な情報を現場へ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検討を行い、以下の解析メニューを結果として表示できるようにした。

- ①打設済み区画
- ②締固め時間
- ③コールドジョイント警告
- ④打設完了見込み時間の計算
- ⑤打設ペースの異常警告

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、品質低下を未然に通知し、手戻りを防止する。また施工記録として解析結果をデータベース化することで、施工関係者の技術継承のための教育資料として蓄積する方針とした。

#### 2.3 システムの構成

本システムは定点カメラから撮影す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各種センサから得られるデータを、AIを活用して分析し、リアルタイムに作業の進捗状況を解析メニューに合わせて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。

\*1 土木本部 i-Con 推進部 部長

\*2 土木本部 i-Con 推進部 ICT 施工推進グループ グループリーダー

\*3 土木本部 i-Con 推進部 ICT 施工推進グループ

### 3. 第一期開発の結果

コンクリート打設状況をセンシングするためには、カメラの撮影条件として打設状況全体を俯瞰するために、カメラを打設面より上方3~4mの位置に設置する必要がある。試行初期に使用したカメラポールでは強風の場合に揺れが大きく、予め手振れ補正やポールの強度確認が必要であることが分かった。その対策として単管パイプで堅固に補強した設備を事前準備して使用することで揺れを解消できたので、以後、これを標準仕様としている。

作業員の動きをカメラ映像で判断する際に、そ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し、判定困難となることが多かった。その対策として、チョッキの着用やヘルメット頂部のマーキング等によって識別精度は向上したが、現場環境や天候など様々な条件に対応するように検証は続ける。

立上部の多層打ちに関しては、打設高さ方向に対してカメラから状況が確認できない箇所にセンサを設置して、システム上で確認できるプロトタイプを試作モデルを構築し、第二期の開発にて改良を進めることとした。

5G通信の有用性検証のために、高精細なカメラ動画や多数のセンシングデータをリアルタイムに転送し、4G通信と比較して転送速度が約5倍速くなることを確認した。またデジタルサイネージおよびタブレット端末で情報共有ができることを確認した。現在5G通信は限られたエリアでの普及となっているが、今後の環境整備に合わせて、対応していきたいと考えている。

## 4. 第二期開発

### 4.1 第二期開発の概要

床版部については、引き続き試行及び改良を継続するが、立上部の多層打ちをメインとして開発を進めることとした。今回は深礎杭や下部工フーチングを対象とし、打重ね管理が重要となるため、床版部での実績を応用して、コンクリート打設時

の多層打設部に対応したシステムの改良と現場実証実験を行った。

## 4.2 現場実証実験1

### (1) 実験概要

実証実験を行うのは、新幹線高架橋の新設工事で、コンクリート打設対象は高架橋下部工フーチングである。

実験対象は図-1のように打上げ高さを4層目まで各400mm、5層目を200mmに分割して、コンクリート打設を実施する。

床版部での打設エリアは平面的な表示であったのに対して、立上部の打設エリアは図-2のように平面(7.0m×5.5m)を9分割、高さ方向(1.8m)を5分割の多層として立体表示に改良した。そして、立上部では最上層以外の打設状況は画像から判定することができないため、ホース筒先やパイプレータの各担当をまとめて打設チームとして、各エリアの移動をもって打設済みと判定し、その結果から施工の進捗を確認できるようにした。

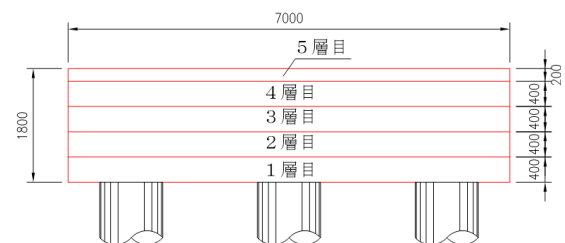


図-1 コンクリート打設割図



図-2 フーチングの解析画面

第一期ではカメラに直接PCを接続して解析を行っていたが、その解析やデータの一括管理および解析メニューの結果がブラウザから確認ができるように、本システムをクラウドへ移行した。

## (2) 実験結果および考察

打設チームの移動によって打設判定を行ったが、橋脚用の鉄筋などの遮蔽物により、判定が難しい場合があった。カメラ台数を増やす、設置位置を調整するなどして対応していきたいと考えている。

第一期で PC やタブレットでの閲覧はできたが、現場からの要望もありスマートフォン等からの閲覧が課題となっていた。そこで、本システムの操作画面について見直しを行い、**写真-1**のようにスマートフォン用のレイアウトを作成した。そして、プルダウンやポップアップによってメニューが表示されるようにした。また、ライブ映像だけでなく、静止画も選択可能とすることで端末の通信量を抑えるようにした。さらに、同日・同時刻に別々の現場で打設が行われる場合にも、クラウド内のシステムで各現場を追加・設定ができるようにした。

この対応により、現場にいる監督職員はスマートフォンやタブレットなどのモバイル端末で状況を確認でき、事務所等の現場から離れた場所にいる所長などは PC 等で状況を確認することが可能となった。



写真-1 スマートフォンでの表示

### 4. 3 現場実証実験2

#### (1) 実験概要

実証実験を行うのは、橋梁下部工の新設工事で、コンクリート打設対象は大口径深礎杭である。

実験対象は、**図-3**のように深さ 25m 程度、直径 15m 程度の大口徑深礎杭を選定し、地表から

数 m の付近にカメラを設置することを想定した。コンクリートの施工は最下層からの打設となり、徐々に計測対象が上がるためカメラからの見え方も変わることが想定された。

また、コンクリートの打設進捗確認については、**写真-2**のような状況が想定されたため、現場実証実験 1 にて使用した打設チームの移動による

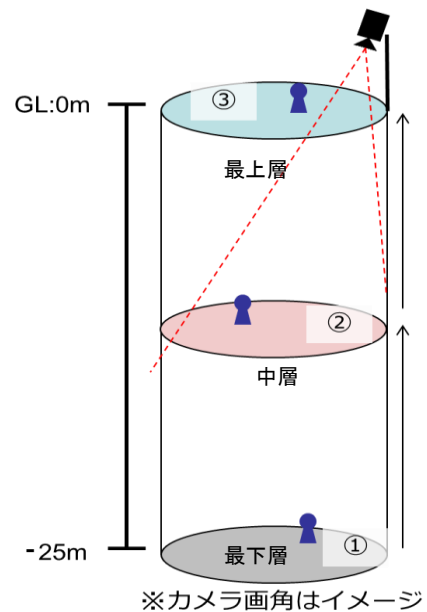


図-3 大口徑深礎杭における撮影イメージ



写真-2 大口徑深礎杭の打設状況

判定を採用した。

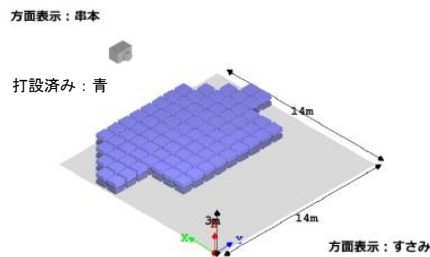
#### (2) 実験結果および考察

カメラの選定については、当初、低照度において超高感度自動撮影可能な高性能カメラを考えていたが、本体とは別に記録機器等を必要とし、カメラ本体の調達コストが高いことから、ネットワークカメラによる検証を実施した。

表一 1 層の種別ごとの撮影状況の変化

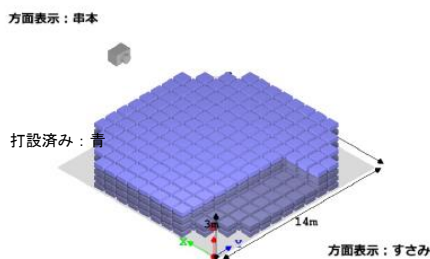
種別	画角	注 意 点
③ 最上層	ほぼ真横からの画角	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヘルメットマーカは、外周方向が見えやすくなる</li> <li>太陽光や遮蔽の影響を受ける</li> </ul>
② 中層	見下ろす画角～真横段階的に変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>層が上がるにつれて人の重なりが顕著になる</li> <li>太陽光の影響を受けやすくなる</li> <li>カメラの視野（FOV）によっては、映らない地点が生じる</li> </ul>
① 最下層	ほぼ真上からの画角	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヘルメットマーカは上方から見えるように上部に取り付ける</li> <li>人同士の重なりは軽微</li> <li>カメラの俯角はほぼ真下にする必要がある</li> </ul>

08:20 頃



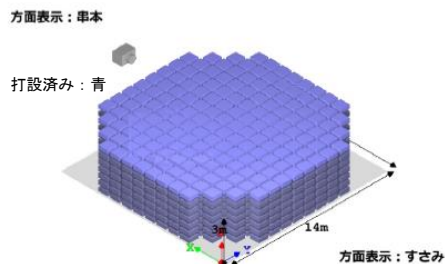
1層目の打設状況を表示

11:10 頃



3層目の打設がほぼ完了

16:30 頃



全体の打設・締固め完了を確認

図一 4 打設進捗状況の表示

打設高さが変わることによる見え方の想定を表一 1 のようにしていたが、特に問題なく判別することができた。

打設進捗については、事前のカメラ選定の効果もあり、打設チームの状況が把握できたことから、図一 4 のようにシステム上で進捗が表示され、深礎杭の外で作業している職員でもスマートフォンにより状況の確認が可能となった。

### 5. まとめ

コンクリート打設管理システムについて、第一期、第二期と開発を進めてきた。現在、床版部に関しては、現場導入及び商品化に向けて開発を進めているところである。また立上部に関しては、打設チームによる進捗判定が有効であることが分かり、立体表示によって状況確認が明確になった。

今後は以下の項目について検討を進める予定である。

- ・今回対象とした深礎杭及びフーチングについては、条件の異なる環境での検証。
- ・橋脚など他の構造物への対応に向けたシステムの改良。
- ・センサによる打設高さの管理やバイブレータによる締固めの良否判定。
- ・施工記録としての解析履歴のデータベース化。

### 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