

## ICT を活用したトンネル覆工コンクリートの品質確保

鹿島建設(株) 正会員 ○女賀崇司 水野浩平 松本修治 橋本 学 渡邊賢三 柳井修司 手塚康成  
松橋 仁 緑川達也 嵩 直人

### 1. はじめに

トンネル覆工コンクリートは、一般に狹隘かつ閉鎖された移動式型枠内にスランプ 15 cm 程度のコンクリートを、配管を切り替えながら打ち込むことから、アジテータ車の配車管理やコンクリートの品質管理が不十分で施工性に劣るコンクリートを受け入れると、未充填や背面空洞などの初期欠陥を生じるリスクが大きい。そのため、場外運搬時間とともに受入れ時のコンクリートの性状をより確実に管理する必要がある。そこで、初期欠陥の確実な防止を目的に、アジテータ車の運搬情報をクラウド上で共有するツール（以降、運搬管理システムと称す）と、動画像分析によりフレッシュコンクリートの性状を判定するツール（以降、受入れ管理システムと称す）を組み合わせ、覆工コンクリートの施工管理に適用した。本稿では、その結果について報告する。

#	状況	車種	出荷台数	出荷時間	到着時間	運搬時間	
1	完了		205	1	08:31	08:35	4分
2	完了		112	2	08:38	08:43	5分
3	完了		320	4	09:50	10:17	27分
4	完了		221	3	10:17	10:22	5分
5	完了		678	5	13:46	13:47	1分
6	完了		200	1	14:31	14:33	2分

図-1 運搬管理システムの表示画面の一例

### 2. 運搬管理システム/受入れ管理システムの概要

運搬管理システムは、図-1に示すように、コンクリートの出荷から荷卸し、打込み完了までの時間等を携帯端末にて入力することで、工事関係者がクラウド上でリアルタイムに共有する機能を有する。受入れ管理システムは、図-2に示すように、ビデオカメラ、パトランプおよび専用のソフトをインストールしたPCで構成される。アジテータ車のシュート部を流下するコンクリートの勾配（写真-1：赤色破線部分を最小二乗法によって近似）の経時変化の積分値を指標（以降、積分値と称す）として、受入れ時のフレッシュコンクリートの性状を判定するものである。今回、両システムを組み合わせ、生コンクリート製造者と現場受入れ担当者（以降、製造者と現場担当者と称す）が、アジテータ車毎の運搬情報および性状判定結果をクラウド上で共有した。



図-2 受入れ管理システム

### 3. 対象構造物

幅員 7 m、覆工厚 0.35 m、延長 12 m の覆工コンクリート 1 ブロックを対象に、コンクリートポンプ車により圧送して打ち込んだ。コンクリートの配合および使用材料を表-1に示す。なお、受入れ管理システムによる性状判定の精度を検証するため、アジテータ車の全数に対してスランプ試験 (JISA 1101) を実施した。

### 4. 適用結果

アジテータ車の現場待機時間（現場到着から荷卸

写真-1 受入れ管理システムで着目するコンクリートの勾配

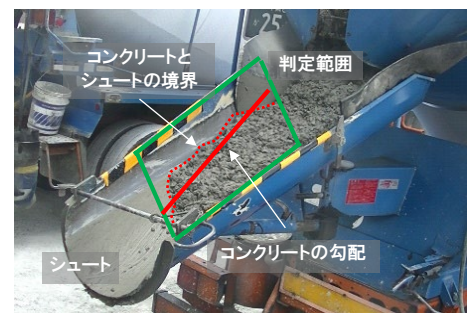


表-1 コンクリートの配合および使用材料

G <sub>max</sub>	W/C (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S	G	Ad
40	59.3	42.3	18	4.5	152	256	804	1121	2.30

・ W:地下水・C:高炉セメント B 種、密度:3.04 g/cm<sup>3</sup>・S:石灰砕砂、表乾密度:2.64 g/cm<sup>3</sup>、粗粒率:2.76・G:石灰砕石 4005、表乾密度:2.70 g/cm<sup>3</sup>、実積率:61.4%・Ad:AE 減水剤、リク<sup>®</sup>コンスルホン酸塩

キーワード 運搬, 受入れ検査, 動画像分析, フレッシュコンクリート, スランプ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL: 042-485-1111

し開始までの待機時間)の推移を図-3に示す。アジテータ車の現場待機時間は、平均4分、最大10分であり、現場条件は異なるものの、既往の文献における覆工コンクリートでの待機時間の平均20分<sup>2)</sup>と比較して、大幅に短縮された。これは、運搬管理システムを適用することで、製造者と現場担当者が運搬状況をリアルタイムで共有し、製造、出荷へフィードバックできたためと考えられた。

受入れ管理システムの適用状況を写真-2に示す。トンネル坑内では照度不足により判定できないことも懸念されたが、問題なく運用可能であった。

全19台のアジテータ車を対象としたスランプの管理図を図-4に示す。推定スランプは概ね実測スランプと類似の傾向を示し、本システムがスランプ18cmの覆工コンクリートの全量受入れ管理に適用できることが確認された。また、実測および推定スランプは、運搬管理システムとデータ連携し、製造者と現場担当でリアルタイムに情報共有が可能であった。なお、4台目のアジテータ車ではスランプが小さいことを知らせるアラートが発信され、現場担当者の判断で直ちに受入れを中断させた。加えて、スランプの結果をタイマーに製造者と共有し、骨材の表面水率の確認や見直しを要求するなど、製造へフィードバックさせることができた。

実測スランプと受入れ管理システムにより判定した推定スランプとの関係を図-5に示す。なお、図には高炉セメントB種および石灰砕石を使用材料とした、水セメント比59%の配合により取得した既往のデータを併せて示す。既往のデータと今回のデータと合わせて、概ね±2.5cmの範囲に収まり、精度よくスランプを推定できることが示された。

## 5. まとめ

覆工コンクリートの施工管理に運搬管理システムおよび受入れ管理システムを適用し、以下の効果が確認された。

- ・現場待機時間が短縮することで、経時による性状の悪化を抑制しコンクリートを打ち込めた。
- ・コンクリートの全量に対して人手を介さず自働でスランプを確認し、施工性に劣るコンクリートを確実に排除できた。
- ・両システムの組合せにより、製造者と現場担当でリアルタイムの情報共有が図れ、初期欠陥発生リスク低減に寄与できた。

## 参考文献

- 1) 橋本学ら：AI、動画画像分析を活用したコンクリートの全量受入れ管理システム、コンクリート工学、2022.5.
- 2) 大友ら：「生コン情報電子化」が打込み作業の生産性向上に及ぼす効果、コンクリート工学、vol.57, No.11, 2019.11.

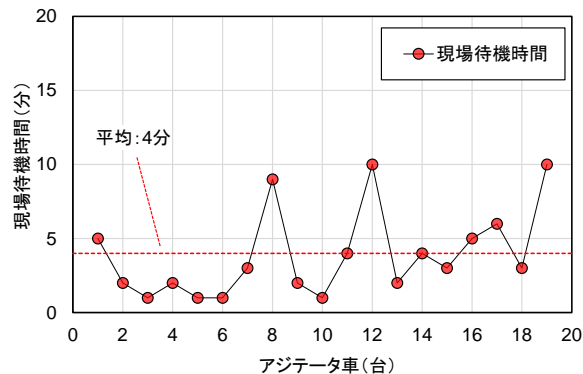


図-3 現場待機時間の推移



写真-2 トンネル覆工コンクリートへの受入れ管理システムの適用状況

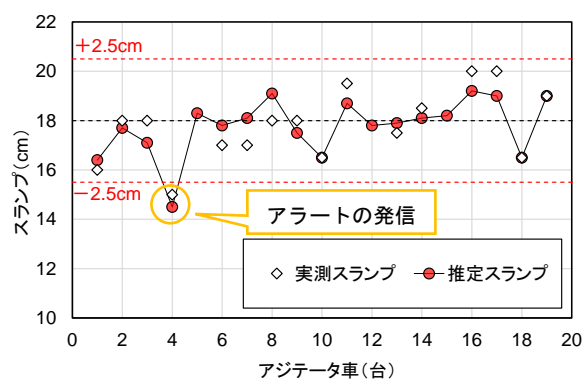


図-4 実測および推定スランプの管理図

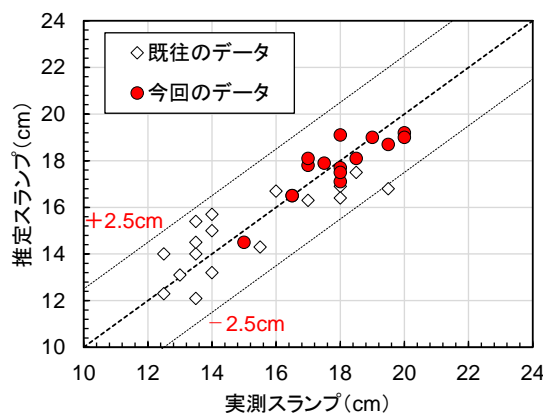


図-5 実測スランプと推定スランプとの関係