

生産性向上に資するサプライチェーンマネジメントシステム開発

天下井 哲生・竹下 嘉人・加来 千恵子・久保田 恭行

コッター床版工法に関連する部材製造の流れをリアルタイムに情報の共有、確認、管理することが可能となるサプライチェーンマネジメントシステム「コッター床版品質管理システム KIS-C (Kumagaigumi Information System for Cotter Slab)」を開発した。

これまで各製造工場において独立した品質管理システムによって管理されていた情報をクラウド上で一元管理すると共に、建設DXを活用することで施工現場での管理業務の効率化、生産性向上を図る。本稿では、コッター床版品質管理システム KIS-C、施工現場でのコッター式継手の締付ボルトのトルク管理・出来形管理システムの概要について述べる。

キーワード：コッター式継手、コッター床版品質管理システム、建設DX、出来形、継手・締付値トルク管理システム

1. はじめに

我が国のインフラ施設は、高度成長期に集中して整備されたため、近年一斉に更新時期を迎えており、NEXCO 3社は2015年度より高速道路リニューアルプロジェクトを開始し、各所にて更新工事が進められている。工事実施の課題として、長期にわたる昼夜連続車線規制および昼夜連続対面通行規制が必要であり、社会的影響の軽減のため工期の短縮が求められている。そのため、急速施工、省力化、高品質化、取替性の向上を目的としプレキャスト床版を機械式継手であるコッター式継手で接合するコッター床版工法が開発された。

コッター床版工法は、従来工法で必要であったプレキャスト床版相互の接続部分の場所打ちコンクリートが不要になったことから前述したように大きなメリットを有する。一方、コッター式継手を用いることから使用する部材が増加し、それに伴い品質管理資料も増加するというデメリットがある。これまで品質管理資料は、コッター式継手、プレキャスト床版の製造が完了した段階で、まとめて報告書として紙面とPDFファイルで提出されることから、任意の部材の品質情報を確認するためには膨大な資料の中から抽出する必要があり、施工時や検査時の課題であった。また、円滑な施工を行うためには施工の進捗に合わせた製造が必要となり工場と連携したシステムが求められた。維持管

理の段階においては、施工した構造物に問題が発生した場合どの部材がどこの位置に設置され、その部材の品質情報を迅速に把握できるシステムが必須になると想定された。そのためサプライチェーンマネジメントシステム「コッター床版品質管理システム KIS-C (Kumagaigumi Information System for Cotter Slab)」(以下、本システムという)を開発した。

2. 本システム概要

図-1に示すように本システムは、コッター床版工法に関連する部材製造工場(継手製造工場、PC床版製造工場)と施工現場の間で、製品の流れに合わせてリアルタイムに情報共有することで、施工全体の最適化を図るサプライチェーンマネジメントシステムである。部材製造から出荷納品までの品質管理情報をクラウド上で一元管理することで、部材製造工場をはじめとする工事関係者がリアルタイムに品質管理情報を確認、連携することを可能とした。さらに部材の製造番号と品質管理情報を紐づけることで、維持管理時に製造番号ごとの製造情報、該当する部材の使用箇所等のトレーサビリティ管理が可能であり、部材の製造品質の信頼性向上、品質の向上が期待できるシステムである。また、施工現場での情報については、独自の計測システムを開発することで本システムと自動的に連携できることから、業務の効率化、生産性の向上を図

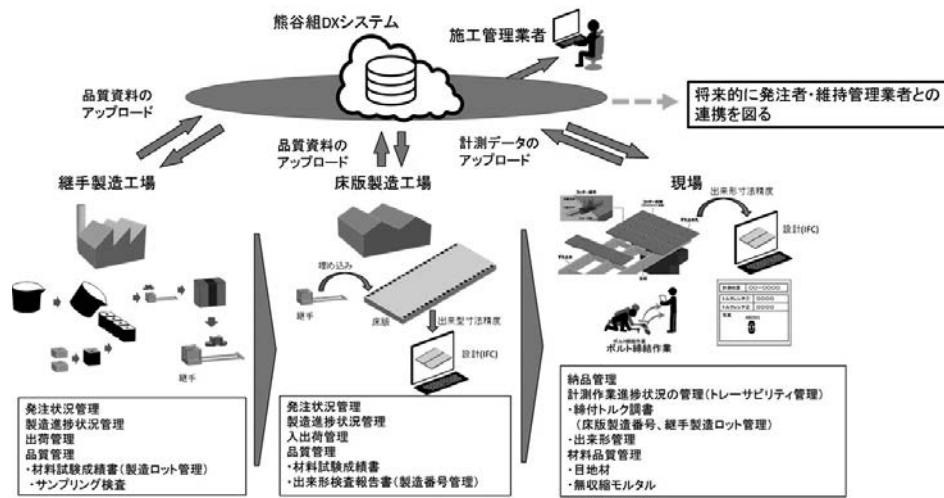


図-1 本システムの概要

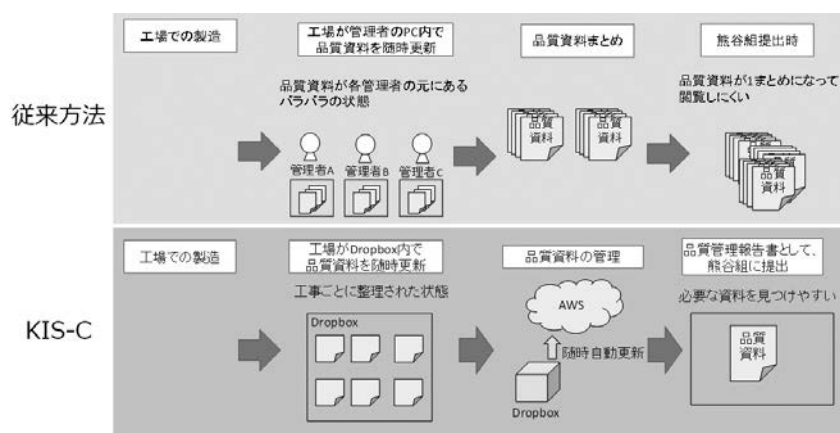


図-2 工場での品質管理

ることができる。

本システムの特徴・効果を下記に示す。

- ① サプライチェーンマネジメントによる連携強化、施工全体の最適化

工場・現場間で製品の製造・出荷納品・施工状況などの動きに併せて情報共有することで、工場現場間の連携強化や施工全体の最適化を図ることができる。
- ② トレーサビリティ管理による製造品質の信頼性向上

部材の製造番号と品質管理情報を紐づけることにより維持管理の際でも、製造番号ごとに製造時・施工時の情報をいつでもたどることができる。
- ③ クラウドを活用した品質情報の一元管理

従来は各社・担当者個人が品質資料を管理していたが、クラウドで一元管理することで、いつでもどこでも最新の品質資料を確認することができる。
- ④ CIM を活用した合意形成の迅速化

モデルで表現したコッター床版・コッター式継手に製造番号毎の品質資料や現場試験データを付与することにより、トレーサビリティの実現と、工事関係者間の迅速な情報共有、合意形成ができる。

3. 本システムの運用

(1) 製造工場との連携

図-2 に示すように従来は製造工場ごとにバラバラに管理し、紙面と PDF ファイルで提出されていた品質管理資料を、本システムではコッター床版を構成する部材の製造工場(継手製造工場, PC 床版製造工場)が所定のフォーマットに従い製造時の品質管理資料をクラウド上に保存することで、リアルタイムに品質管理資料と製造番号と関連付けされたため、製造される品質情報を迅速かつ的確に把握することができる。

(2) 施工現場における連携

(a) 締付ボルトのトルク管理 (締付トルク値の記録)
 施工現場では、コッター式継手の締付ボルトのトルク値、部材の製造番号の記録を行う。システムとしては、図-3 に示すようにトルクレンチでボルトを締め付けると計測したトルク値、計測日時がタブレット端末に送信され、タブレット端末からクラウド上に自動で記録される。そのため、従来の野帳への記録が不



図-3 締付ボルトのトルク管理

要となるとともに、事務所に戻ってのデータ整理が不要となることから業務の効率化を図ることができる。また、帳票についても自動出力機能を有していることから、現場計測、データ整理、帳票作成の作業を1日施工量（床版取替延長15m）あたり、従来工法では231分要していたが、48分で作業でき約79%作業時間を削減し省力化を図ることができる。

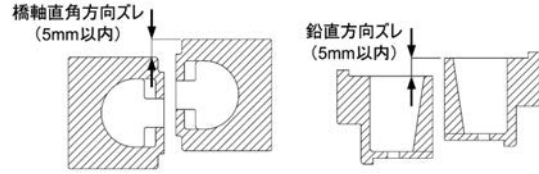
信頼性についても、図-4に示すようにタブレット端末を用いて、C型金物は印字された製造番号をリストから選択し、H型金物はQRコードから製造番号を読み取ることで継手の位置情報とコッター式継手の製造番号を記録することができる。そのため、従来は計測位置と計測結果を野帳に記録し帳票を作成していたことから、人的ミスの恐れがあったが、処理を自動化することで誤りがなくデータとして管理、共有できることから信頼性についても向上を図ることができる。

(b) コッター式継手出来形管理

コッター床版の出来形管理は、床版の位置、高さ等の一般的な管理項目以外に、継手位置およびボルト締付けトルクに目標基準値を設定している。表-1に、コッター床版特有の目標基準値を示す。これらの目標基準値は、H型金物を確実に締付けられる限界値から設定されるもので、床版同士が確実に連結されている

表-1 コッター床版の目標基準値

計測項目		目標基準値
継手位置のズレ ※下図参照	橋軸直角方向	5mm以内
	鉛直方向	5mm以内
目地幅		19±2mm
ボルト締付トルク		150(200)N・m以上



ことを確認するためのものである。目標基準値を満足することを正確かつ確実に計測するためコッター式継手の出来形管理システムを開発した。

これまでコッター式継手の出来形管理は、手計測による計測を行っていたため、手間と時間がかかっていた。そこで、3次元カメラを用いた画像処理による自動計測を行うことで、個人的誤差の排除を行うとともに計測業務の効率化、高精度化を図った。

システムとしては、3次元カメラが搭載された機器を用いて、格子パターン投影法による3次元計測を行っている。格子パターン投影法とは、プロジェクタにより測定対象の物体にパターン光を投影し、物体に照射されて変形したパターン光をプロジェクタと異なる軸からカメラで撮影することで、図-5に示すような対象の3次元形状を取得する方法である。取得された計測結果は計測機器から自動でクラウドに保存され、個々のコッター式継手に関連付けされる。

施工現場での計測方法としてはコッター式継手の上部に移動し、3次元カメラにより、前述のコッター床版目標基準値（表-1参照）に示した、橋軸に対して直角方向及び鉛直方向の継手位置のズレ、目地幅の3項目を計測する。

開発したシステムを用いることで、従来の手計測で



図-4 タブレット端末の操作画面

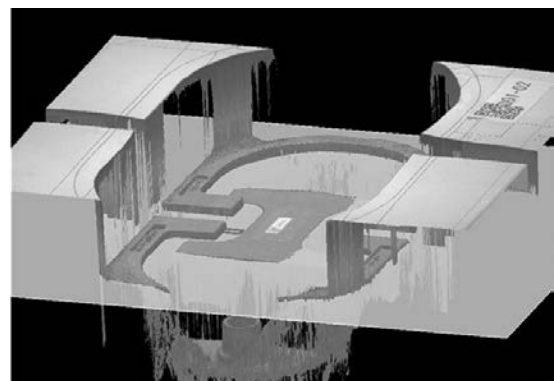
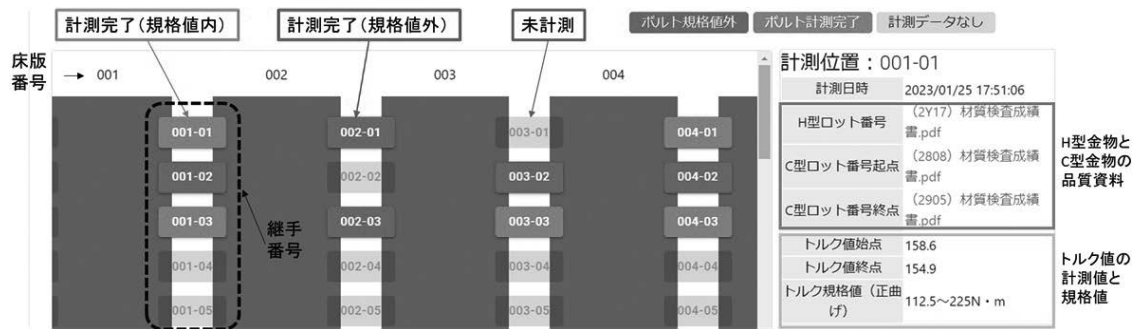


図-5 コッター式継手の3次元形状



図—6 情報管理画面

計測を実施した際は、1継手あたり1分40秒程度（写真—1）かかるのに対して、計測時間が40秒程度であることから1継手あたりの計測時間を60%短縮することができ締付ボルトのトルク管理と同様に業務の効率化、計測作業の省力化、信頼性の向上を図ることができる（写真—2）。

(3) 製造・施工情報の一元管理, 共有

製造工場, 施工現場から取得される情報を管理できる情報管理画面を図—6に示す。コッター式継手と

床版が模擬的に表示され、任意の各部材を選択すると必要な品質管理情報を閲覧、出力でき製造から施工までの情報を把握できる。コッター式継手については、計測が終わると画面上で部材の色がグレーから水色に変化するため計測漏れを防ぎ、規格値外となったコッター式継手は赤色で表示されることから視覚的にも不具合箇所を特定することができ、目地材の施工前に修正を行うことで品質の確保を行う。また、クラウドを活用したWebアプリケーションであることから、発注者を含めた工事関係者とリアルタイムでの情報共有を可能とし、円滑な合意形成、効率的な検査を実施することができる。

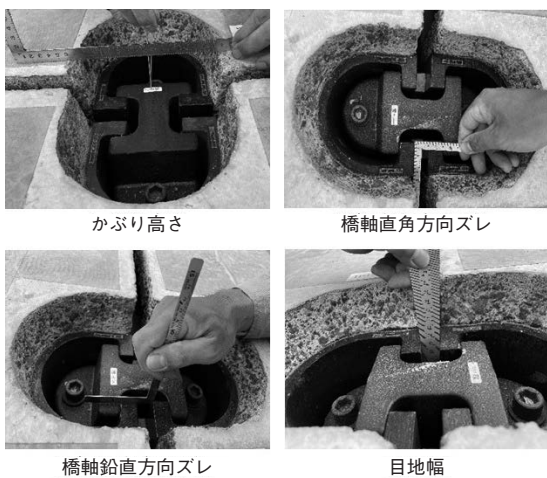
維持管理の段階においては、不具合が発生した際にコッター式継手、床版の個々の製造・施工情報を瞬時に把握することができ、不具合原因の特定や不具合のある製造番号と関連する部材の抽出をすることができ迅速な対応を可能とする。

4. おわりに

サプライチェーンマネジメントシステム、コッター式継手の締付ボルトのトルク管理・出来形管理システムを開発することで、コッター床版工法における施工管理業務の効率化、計測作業の省人化、信頼性の向上を図ることができた。また、維持管理の段階においても適用できるシステムとすることで、効率的なメンテナンス業務を実現するとともに、100年後に集中することが予測される更新工事の計画に活用することができる。

現在は、コッター床版工法に特化したシステムであるが、今後については様々な2次製品や部材にも適用範囲を広げていくことで、建設業就業者が減少していく中でも効率的な施工を実現できると考える。

JICMA



写真—1 計測状況 (手計測)



写真—2 計測状況 (出来形検査システム)

《参考文献》

- 1) 鬘谷亮太、渡邊輝康：コッター式継手を用いた橋梁用プレキャストPC床版の開発，建設機械施工 Vol.70 No.9, pp.47～53, 2018.9
- 2) 鬘谷亮太、竹下嘉人：橋梁床版の急速取替と継手検査システムの開発，建設機械施工 Vol.73 No.4, pp.74～79, 2021.4
- 3) 北原 剛：「提言：現場打ちコンクリート工場の新しい夜明け」ーサプライチェーンマネジメントによる品質向上・生産性向上ー，土木施工，2018.1

【筆者紹介】



天下井 哲生（あまがい てつお）
 (株)熊谷組
 土木事業本部 DX推進部
 課長



竹下 嘉人（たけした よしと）
 (株)熊谷組
 九州支店 土木部 大切畑ダム作業所



加来 千恵子（かく ちえこ）
 (株)熊谷組
 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部



久保田 恭行（くぼた やすゆき）
 (株)熊谷組
 技術本部 技術企画部

