

# 床版取替工事における既設構造物の現況把握手法と

## BIM/CIMデータ活用による生産性向上

(株)大林組

正会員

○日暮 一正

正会員

三田村健二

オフィスケイワン (株)

正会員

保田 敬一

### 1. はじめに

これまで、BIM/CIMモデルは、図面間の不整合確認や、関係者間における施工手順の合意形成・地元説明での利活用など、主に全体工期の初期段階での活用を中心に効果を発揮してきた。一方で、新設ではなく、既存の構造物や様々な制約条件がある現場においては、初めに正確に現場の状況を把握することが大切であるが、現場での計測手法や測定位置が曖昧であり、BIM/CIMモデルへの転用が難しいデータも存在する。今後、計測において、正確な構造物の形状を把握することが可能となれば、詳細設計やPCa部材の製作、現場での施工において、大きな手戻りの防止や各部材の正確な据付け等が可能となり、着実に工事を進めることが出来る。本稿では、特に床版取替工事を例として、現況把握のための様々な手法と、設計・施工の工期全体に渡ってBIM/CIMデータ活用による生産性向上の取り組みについて報告する。

### 2. 床版取替工事におけるBIM/CIMを用いたシステム体系

床版取替工事における標準的な作業フローと各工程を支援するBIM/CIMを用いたワークフローについて、図-1に示す。

既設の橋梁がどのような形状で存在しているかを確認するために、3次元レーザースキャナやUAVを用いて3次元計測を行う。大容量の点群データから必要な座標の取得を支援する機能や、CIMモデルと工場で製作したPCa床版の出来形管理を支援する機能がある。

現場施工においては、既設床版撤去後に鋼桁の上フランジ面の標高を確認して高さ調節ボルトの施工寸法を出力し、設置床版の出来形管理支援機能がある。

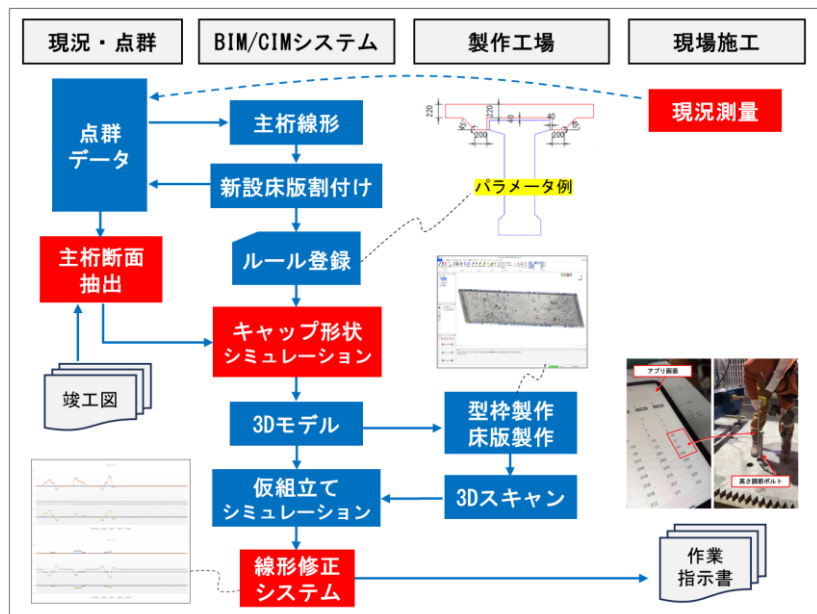


図-1 BIM/CIMを用いたワークフロー図

キーワード リニューアル, 床版取替, BIM/CIM, 生産性向上, DX

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 土木本部大規模更新プロジェクト室 TEL 070-1041-4732

### 3. 既設橋梁における現況測量手法

#### (1) 計測範囲の決定

既設橋梁の形状を正確に再現するために、3DレーザースキャナやUAVを用いて構造物とその周辺の点群データを取得する。実際の既設橋梁における計測においては、「桁の素材」や「桁の形状」を考慮して、桁の上下フランジ部分の計測が可能とする断面部分の範囲を定める(図-2)。



図-2 対象範囲の確定

#### (2) 橋梁下面の計測

次に、橋梁下面の計測手法について図-3に記す。上フランジ部まで計測を可能とするためには、橋梁の歩廊内部まで入り込む必要がある。さらに、歩廊がない桁間の計測については、一部ロボットを用いた計測(図-4)が有効である。現況測量の様子、取得された点群イメージについて図-5,6に示す。

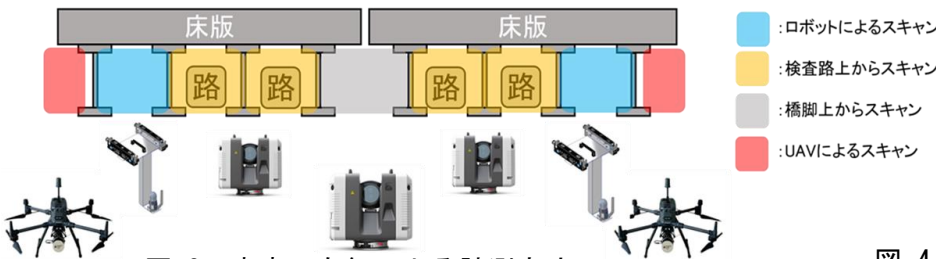


図-3 歩廊の有無による計測方法



図-4 ロボットを用いた計測方法



図-5 現況測量の様子

図-6 取得点群イメージ

#### (3) 橋梁上面の計測

橋梁上面部分の計測については、「①交通規制による橋梁上面直接の計測」「②MMS (Mobile Mapping System) を用いた計測」、「③UAVを用いた空からの計測」に分別出来る。①交通規制による橋梁上部の計測では、利用者による交通渋滞の発生や、渋滞前後での事故の誘導など、様々なリスクが生じる。②MMSによる計測では、規制に伴う交通渋滞は発生しないものの、ある一定速度にて通行することによる、点群データ取得時の揺らぎや取得精度が比較的粗いという欠点がある。また、排水柵など道路付設物についての計測を得意としておらず、点群取得後の詳細設計に影響が出る。

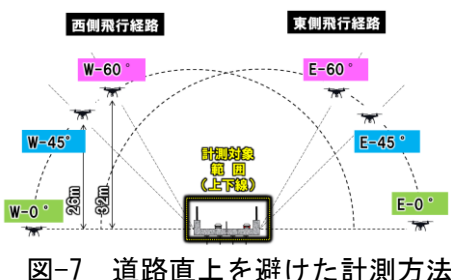


図-7 道路直上を避けた計測方法



図-8 撮影に使用したUAV



図-9 UAVからの撮影画像

③UAVを用いた空からの計測方法では、使用機材のレーザースキャナのスペックにも依存するが、道路直上を避けた位置（約45～60°）から計測が可能であり（図-7）、さらに精度も5mm以内と高精度であるため、実用に沿った点群取得が可能となる。通常の計測にあたっては、約30mの高度から高性能レーザースキャナを用いた計測を行っている（図-8,9）。今回は、③UAVを用いた方法を用いて計測を行った。

#### （４）取得した点群データの合成

橋梁上面、下面それぞれの計測より取得した点群データを統合する。統合にあたっては市販ソフトウェアを利用して点群を表示させ（図-10）、不要な点群データを取り除く作業を行い、構造物主要箇所を確認可能なデータとして作成する（図-11）。上下面データの統合時、UAVからの撮影精度によっては、橋梁下面データと合致しないケースがあり、その場合は近接撮影である橋梁下部のデータを正値として扱い、上面のデータをそれに拡大、縮小させる処理を行い、360度の点群データとして統合している（図-12）。

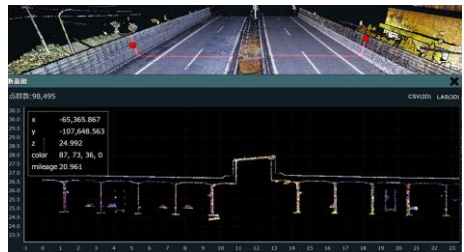
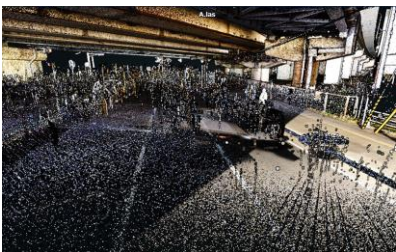


図-10 除去前の点群データ 図-11 除去後の点群データ 図-12 点群からの断面データ取得

#### （５）線形座標の生成

次に、大容量の点群データから既設主桁の線形座標を求める作業を行う。過去においては多大な時間を要しており、座標値の精度確認も困難であった。今回、専用の点群解析ソフトウェアを用いて点群データから主桁と対傾構・横桁の交点座標（＝格点座標）を高精度に抽出し、既設鋼桁と床版外形ラインの線形座標データを作成するシステムを開発した。3次元の点群データから平面図・断面図を交互に切り替えながら、主桁ウェブの上下縁と床版上面をマウスクリックで必要な座標を特定できるワークフローを構築した（図-13）。

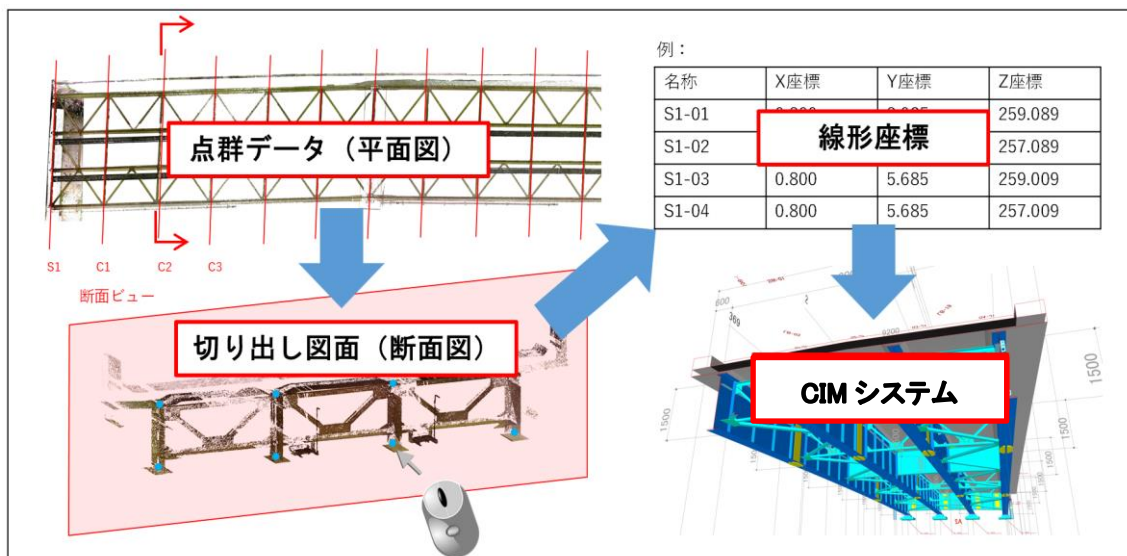


図-13 点群データからの線形座標抽出フロー

## (6) 点群データからCIMモデルの作成

算出した線形座標を開発したCIMシステムに読み込み、主桁の3次元モデルを出力し、点群解析ソフトウェアに点群と3次元モデルを重ね合わせてコンター表示することで座標値の抽出精度を確認することも可能である(図-14)。

またCIMシステムは、竣工図面のデータに点群から抽出した線形座標値を入れ替えて実行することで、フランジ幅や板厚の照査も同時に可能となり、現況の既設桁に一致したソリッドな現況3次元モデルを作成することが可能となり(図-15)、設計作業の効率化が実現した。

## (7) 主桁断面抽出

新設床版を設計するための点群活用について述べる。取得した点群データから主桁の中心線と主桁表面の抽出可能な外形を作成する。

図-16はPC桁のモデルである。

建設時の場所打ち床版に後打ちされた上フランジは、竣工図面より主桁高と上フランジ寸法をトレースして主桁の断面図を完成させる。この要領で、2m程度の間隔で橋軸方向にすべての主桁で作業を行い、橋軸方向に繋げると既設主桁モデルの完成となる。

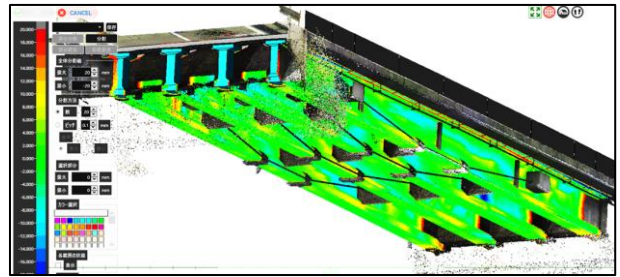


図-14 モデルと点群重ねせによるコンター表示

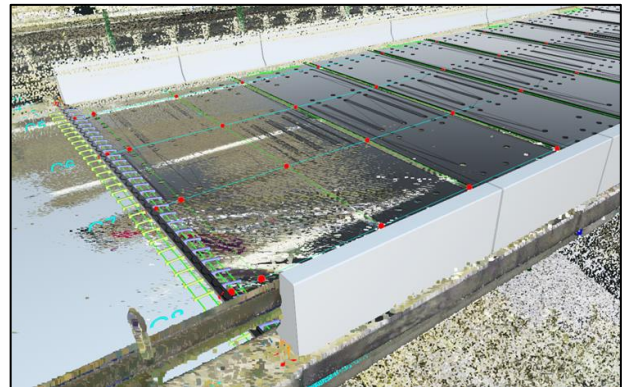


図-15 現況3次元モデルと点群の重ねせ

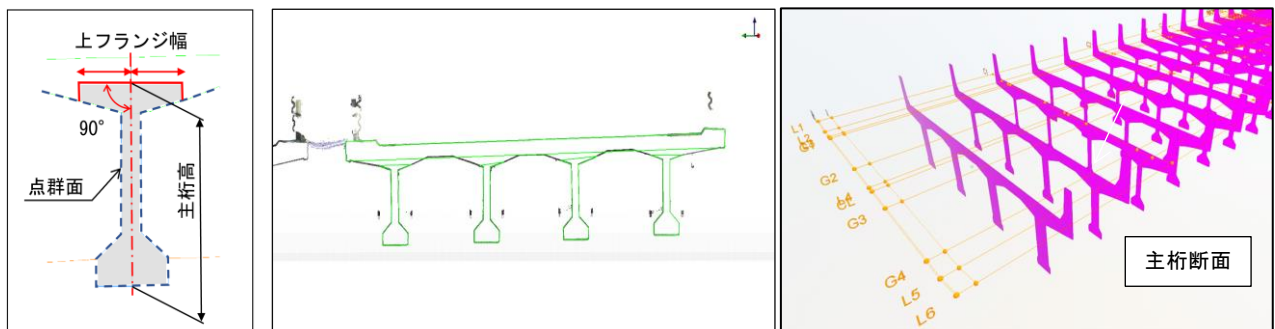


図-16 点群データから主桁の断面抽出要領(PC桁の抽出例)

PC桁においては、これまでの計測対象橋梁において、主桁の上下端で最大50mm傾いている現場もあった(図-17)。これは施工当時の問題か竣工後に地震の影響を受けたことと推測される。このような橋梁においても確実な施工を行うためには点群データを活用した事前のフロントローディングが重要となる。

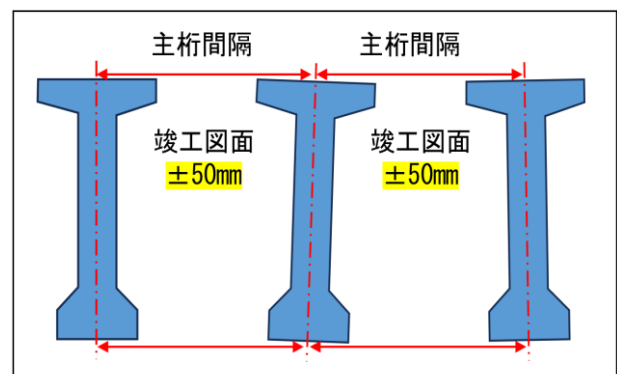


図-17 既設主桁の傾き事例

### (8) 新設床版断面形状シミュレーション

新設床版における形状は主桁間隔と高低差、主桁の傾きや許容するモルタル厚の条件から決定される。事前に作成した主桁の3次元モデルよりそれらのパラメータを床版目地位置ごとに自動抽出して標準モルタル厚 (t=40mm) にて寸法を設定する (図-18)。

次に、許容する最小モルタル厚 (t=20mm) と最大モルタル厚 (t=80mm) に収まるように新設床版断面形状のシミュレーションを行い、外桁間の新設床版形状案を複数作成する (図-19)。

作成した複数案より、型枠種類数やモルタル厚などを評価して新設床版形状寸法を最終決定する。決定寸法にて新設床版の3次元モデルを作成し、主桁との干渉チェック (図-20) を実施して問題がないことを確認する。これら一連のシミュレーションを自動化することにより、新設床版形状の決定作業を効率化した。

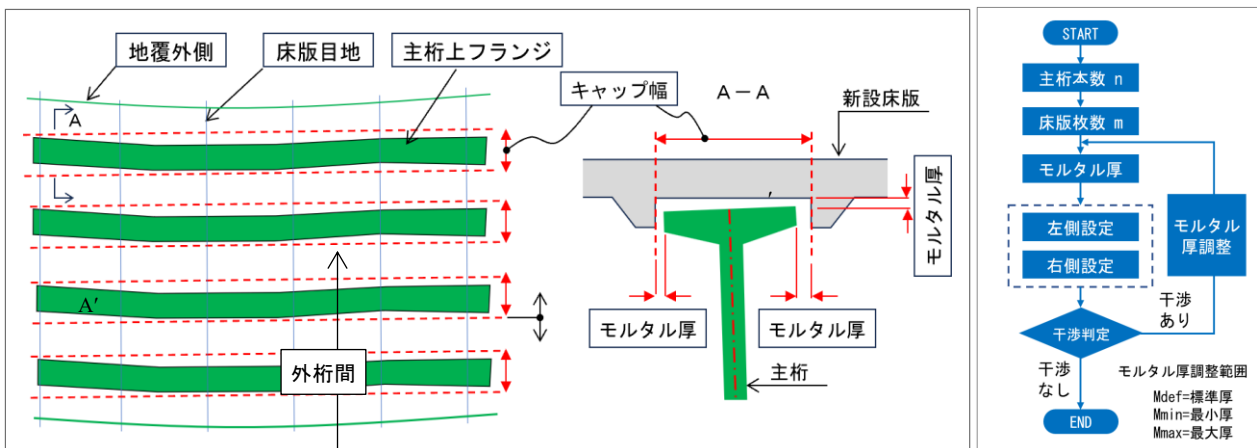


図-18 新設床版形状決定パラメータとフロー (キャップ形状床版の場合)

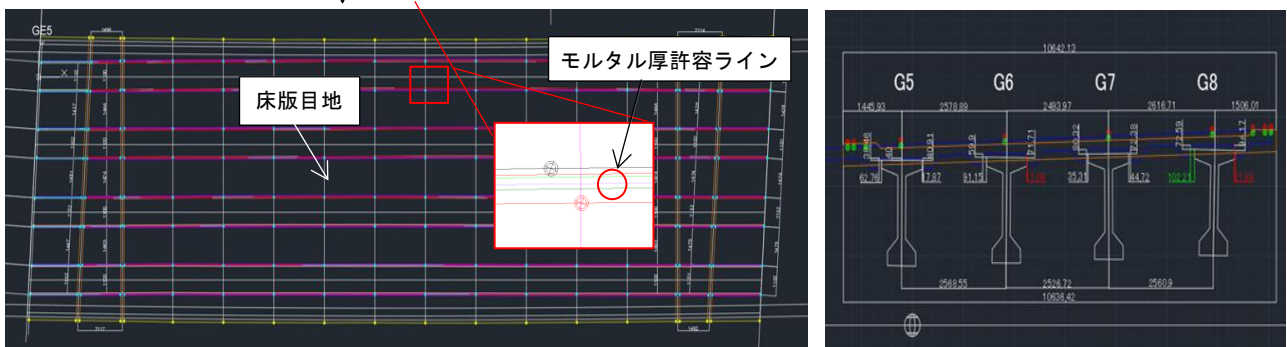


図-19 主桁形状のシミュレーション例 (平面図と断面図)

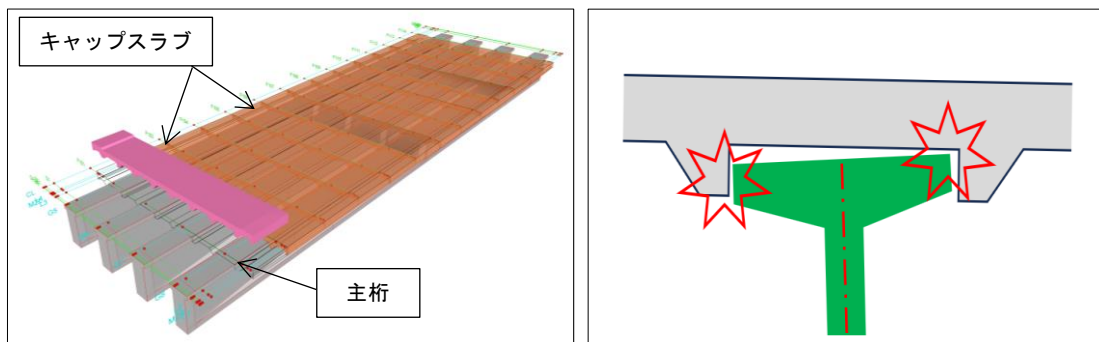


図-20 主桁形状モデルと新設床版との3D干渉チェック

(9) 出来形計測・線形シミュレーション

工場にて製作した床版をレーザー  
 スキャナによって点群データ化 (図  
 -21) して設計モデルと照合し合否  
 判定を行う。

また、スキャンした後、点群デー  
 タから3Dモデルに変換して、主桁  
 3Dモデル上に新設床版の仮組シ  
 ムュレーションを施工直前の確認のた  
 めに行う (図-22)。

シミュレーションでは、すべての  
 C I Mモデルに配筋モデルを加え、  
 間詰部の突出鉄筋の干渉を確認して  
 いる。また、正面からの断面検討、  
 端部版特殊配筋との取合い検討も行  
 い、設計時点での各部材の干渉を確認している。干渉が見つかった場合は、対象となる部材を色分け  
 表示して、速やかに詳細設計に反映する。

さらに、現場で架設した床版はTS測量器にて出来形を取得し、管理用システムに入力することで、  
 施工誤差を次の床版の設置にどのように反映するか誤差グラフ (図-23) より決定し、作業指示書に  
 反映する機能を実装した。この線形修正システム (図-24) により、現場の施工管理を大幅に効率化  
 した。

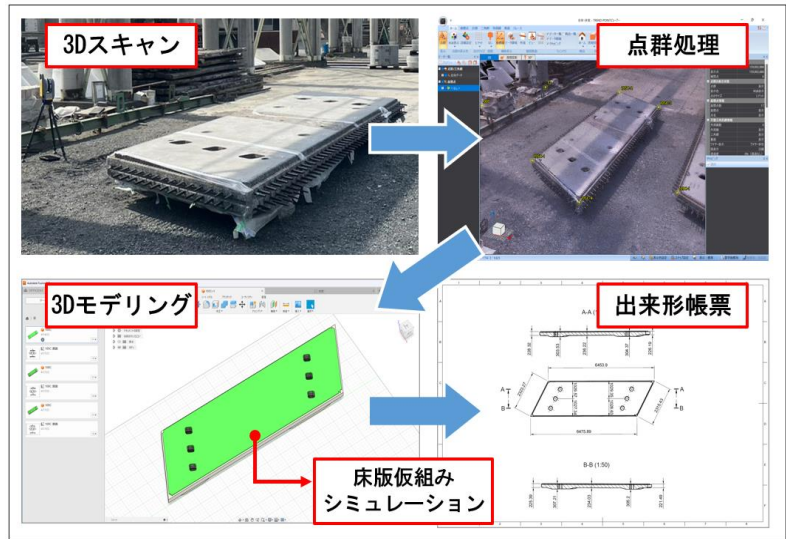


図 - 21 製作床版の出来形管理システムフロー

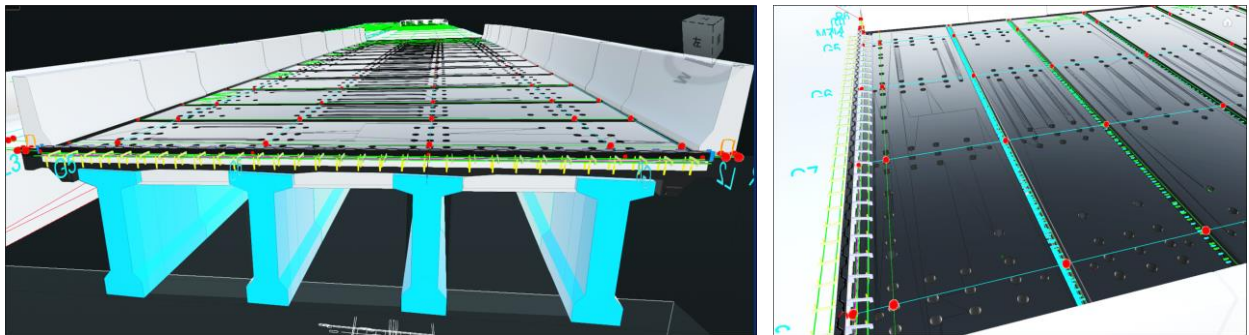


図 - 22 3DCIMモデルを用いた仮組シミュレーション (正面, 端部版検討)

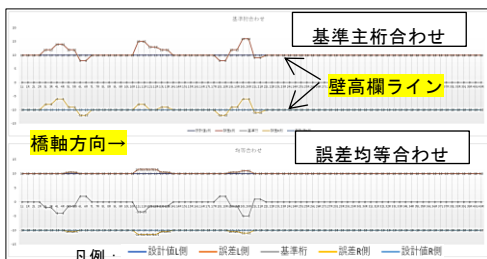


図-23 誤差グラフの例

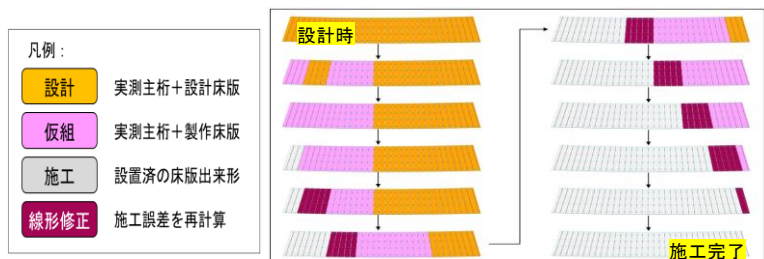


図-24 線形修正システムイメージ

#### 4. 期待される効果

橋長270mの5径間連続PC桁橋において、従来作業と開発したBIM/CIMシステムを用いた場合の設計から架設までの作業時間を比較検証した（表 - 1）。

平均で40%の生産性向上を見込んでいる。今回の取り組みにより、生産性向上だけでなく、詳細設計や現場での架設において、事前に仮組シミュレーションが行えたことで、従来作業で想定される手戻りなど工程リスクが削減され、現場での干渉発覚に伴う応急処置的な対応や、床版設置調整時間の大幅な短縮が可能となったなど、現場施工に対して本取組みの効果が出ており、現在は他現場にも随時適用を行っている。

表-1 今回フローにより期待される効果

作業項目	従来作業	今回フロー
現況計測	100	20
線形座標復元	100	10
断面形状詳細検討	100	30
出来形修正検討	100	90
施工直前干渉確認	100	90
架設後位置修正検討	100	90
調査設計～架設まで 全体合計	100	60

#### 5. おわりに

今回は床版取替工事を例として、現況把握のための様々な手法と、設計・施工の工期全体に渡ってBIM/CIMデータ活用による生産性向上の取り組みについて述べた。

対象となる橋梁は鋼桁、PC桁、中空床版など様々な形状の床版更新が多く計画されている。橋梁形式に関わらず、正確な構造物の形状把握と、その形状に基づいた詳細設計、仮組シミュレーションによるPC上での検証が有効である。

今回開発した橋梁リニューアル統合管理システムの一連の業務フローについて、引き続き機能拡張を進めて、現況の主桁形状に最適な床版形状寸法の決定を、熟練技術者でなくても確実にプランニング可能なシステムとしていく計画である。また、現況の点群計測からの既設モデル作成、割付け計画、床版形状決定、工場製作、製作モデルによる仮組シミュレーション、現場施工、出来形管理までをデジタルデータで一気通貫させることで、ベテラン職員の経験値だけでなく、データドリブンで意思決定していくワークフローの確立を目指している。今後もさらなる機能向上を進めて高速道路リニューアル工事に貢献していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 日暮一正, 三田村健二, 保田敬一: 橋梁リニューアル統合管理システムの開発, 第31回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 121-124, 2022. 10
- 2) 保田敬一, 久才星哉, 日暮一正, 三田村健二: 床版取替工事の生産性向上を支援するBIM/CIMシステムの開発, 第31回プレ ストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 309-312, 2022. 10