

都市内高架橋施工計画へのBIM/CIM活用と 今後の展望について

こがわゆうや たかはしひろかず わたなべまさこ
古川裕也¹・高橋宏和²・渡辺昌子¹

¹日本工営（株）交通運輸事業本部 道路事業部 道路空間技術室（〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4）

²日本工営（株）交通運輸事業本部 道路事業部 道路橋梁部（〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4）

国交省では、少子高齢化に伴う建設労働者の減少等を背景に、建設事業全体の効率化のためBIM/CIMを推進しており、令和5年度からすべての直轄業務及び工事でBIM/CIMが原則適用となる。

本業務では、住宅や商業施設が隣接し、施工ヤードが狭隘となる都市内高架橋において、BIM/CIM活用を行い、フロントローディング（Front-loading）により架設計画の確実性検証、切廻し道路計画の効率化、施工ステップの検討を実施した。また、施工計画の効率化及び施工時の手戻り防止、BIM/CIMを後工程に引き継ぐことで、この事業全体の効率化と高度化を図った。

Key Words : BIM/CIM, 橋梁設計, 施工計画, 都市内高架橋

1. 背景と目的

(1) BIM/CIM活用の推進状況

国土交通省では、少子高齢化に伴う建設労働人口の減少や、ICT技術の発展等を背景に、建設生産・管理システム全体の課題解決及び業務効率化を図るため、調査、設計、施工等の各段階において、BIM/CIM（Building/ Construction Information Modeling, Management）を活用した検討を実施している¹。設計業務では、後工程への引継ぎ等による事業全体の高度化を見据え、BIM/CIM活用業務を発注しており、令和5年度からは全ての構造物において原則BIM/CIMが適用となる²。民間団体や自治体においても、デジタル技術やICTの普及が急速に進み、今後さらなるBIM/CIMの活用と促進が見込まれている。

(2) 都市内高架橋設計におけるBIM/CIMの活用目的

対象橋梁は、周辺に住宅や商業施設が隣接するほか、新設の側道や交差点が橋梁直下に重なる形で計画された都市内高架橋である。

現道は交通量が多く、工事中においても両側通行を確保した施工計画が求められるため、用地内において適切に切廻し道路計画をする必要がある。また、狭隘な施工ヤードの中、周辺住宅、商業施設、道路への影響を最小限とした施工計画が課題であった。

そのため、設計及び施工計画の高度化と効率化を図る目的で、最新技術の3次元測量やBIM/CIMを導入し、現場施工の実現性や周辺道路や住宅及び商業施設への影響検討を高精度に実施した（図-1）。

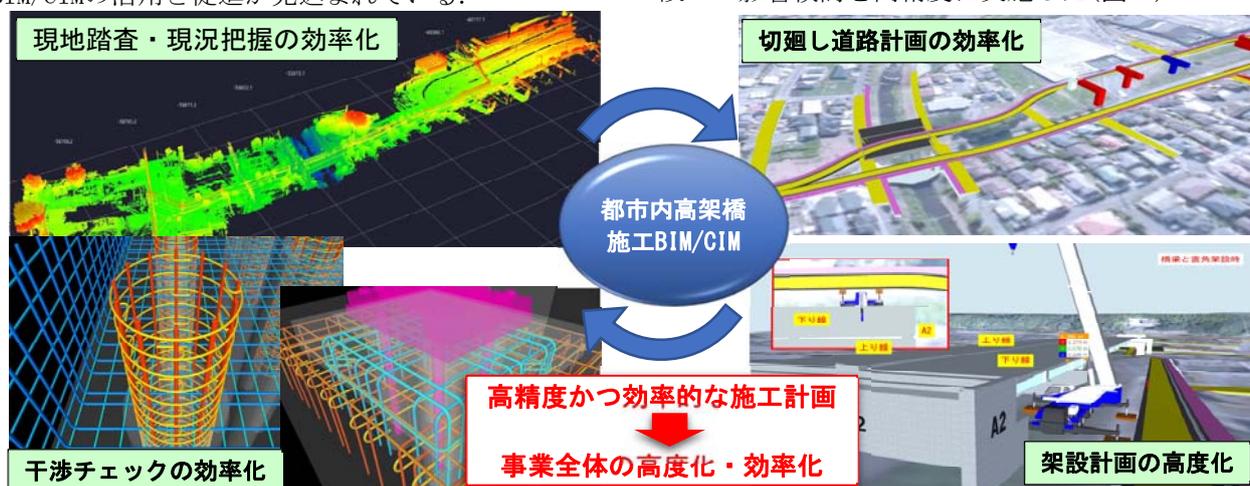


図-1 都市内高架橋施工計画におけるBIM/CIM活用

2. 都市内高架橋施工計画へのBIM/CIM活用

(1) 新技術を活用した現地踏査・現況把握の効率化

架橋地点周辺は、住宅や商業施設が隣接するほか、交差道路や河川、架空線等の占用物件が複数あり、施工計画の立案にあたっては、最初に現況を正確に把握する必要があった。

また、自動車交通量や歩行者が非常に多い地域であり、従来の地形測量作業や固定型レーザースキャナーによる3次元測量作業では、車線規制に伴う交通渋滞が予測された。さらに、都市内の人口集中地区であるため、無人航空機の飛行が制限され、UAV測量は実施できない地域であった。

そこで、最新技術である歩道を移動しながらの測量が可能な地上移動体搭載型レーザースキャナー(図-2)を採用したことで、車線規制を回避し、さらに作業時間を固定型レーザースキャナーの約1/2(1日間に短縮できた。また、地上移動体搭載型レーザースキャナーでは、測量基準点で座標管理が可能であるため、タブレット端末のLiDAR機能による測量と比べて高精度で、BIM/CIMとの連携も容易である。

また、測量成果と橋梁のBIM/CIMモデルを統合することで、錯綜する架空線や樹木との干渉箇所を高精度かつ効率的に把握し、移設対象の設定、関係機関協議の効率化を図った。

本測量の点群データを後工程に引き継ぐことで、施工時の現地踏査や起工測量の省力化、さらに土工数量算出の精度向上による事業効率化も期待できる。

(2) 切廻し道路計画の効率化

工事中は、現道の交通を確保しながらの施工が求められるため、複数回の道路切廻しが必要であった。

そこで、各切廻し道路計画案を、後述する施工ステップと連動した4Dモデル(3次元+時間)と統合し、施工ステップ毎の切廻し道路形態、橋脚柱との側方余裕や視距、建築限界を3次元的に確認することで、高精度かつ効率的な道路計画を行った(図-3)。

作成した道路計画BIM/CIMモデルは、3次元空間上で、地形データ、線形データと縦横断面データが連動しているため、施工段階における切廻し道路のルート設定等の追加検討も容易に行うことができる。

また、車両の走行シミュレーションや、歩行者からの見え方も確認することができるため、住民説明や警察協議での円滑な合意形成に有効である。



図-2 地上移動体搭載型レーザースキャナーによる測量

(3) 上部工架設計画の高度化

切廻し道路と施工済みの上下部工により狭隘空間となる区間の主桁架設や床版架設は、BIM/CIM上に施工重機を配置し、切廻し道路や現道に対する俯角を確認した。また、クレーンブームと架設済みの主桁や下部工、周辺施設との干渉チェック(図-4)を3次元空間上で効率的に実施し、現場の安全性を確保した施工計画を立案した。作成したBIM/CIMモデルには、施工時の申し送り事項等の属性情報を付与し、後工程へ設計意図が確実に伝達できるようにした。

俯角の検証や干渉チェックは、照査位置ごとに作成した断面図で検証を行うが、BIM/CIM活用により、図面作成作業(0.5日×断面数)の省力化及び3次元で確認することで精度向上を図ることができた。

BIM/CIMモデル上では、施工重機の配置変更も容易なため、工事着手前の施工シミュレーション等、施工段階での発注者と設計者間の効率的な合意形成にも有効である。

上部工架設は、施工ステップ毎に施工重機や支保工の配置が複数回変わるため、夜間施工を含む一連の上部工架設の動画を作成し、発注者協議や住民説明会における合意形成の効率化を図った(図-5)。

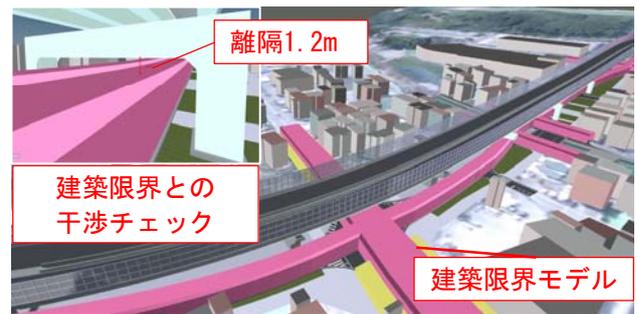


図-3 切廻し道路の建築限界の精査

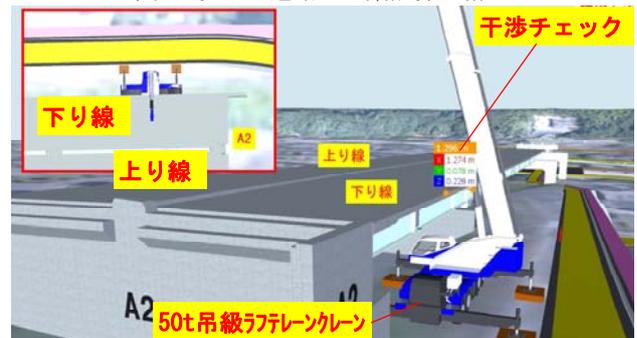


図-4 クレーンブームとの離隔検証



図-5 上部工架設動画

(4) 干渉チェックの効率化

下部工の橋座面 (図-6) や杭頭 (図-7) は鉄筋が過密配筋となるため、鉄筋の干渉チェックを実施した。また、橋座面付近は狭隘空間に付属物が錯綜するため、付属物についてもBIM/CIMモデル上で干渉チェックを実施した。

フロントローディングにより、設計段階から干渉チェックを実施することで、設計成果の品質向上及び施工時の手戻り防止を図ることができ、事業全体の品質向上と現場作業の効率化が可能となる。

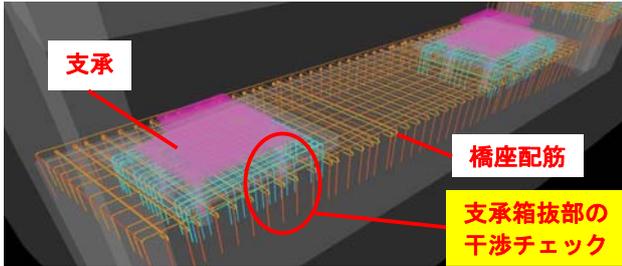


図-6 橋座配筋干渉チェック

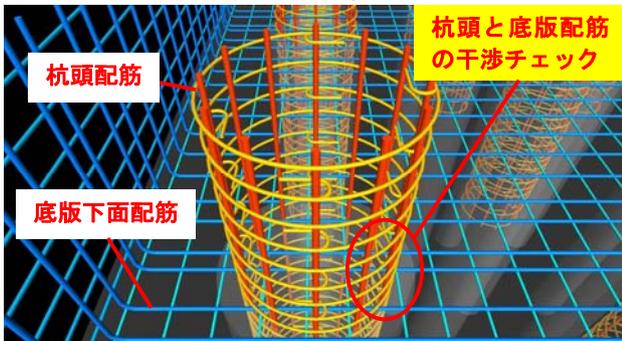


図-7 杭頭配筋干渉チェック

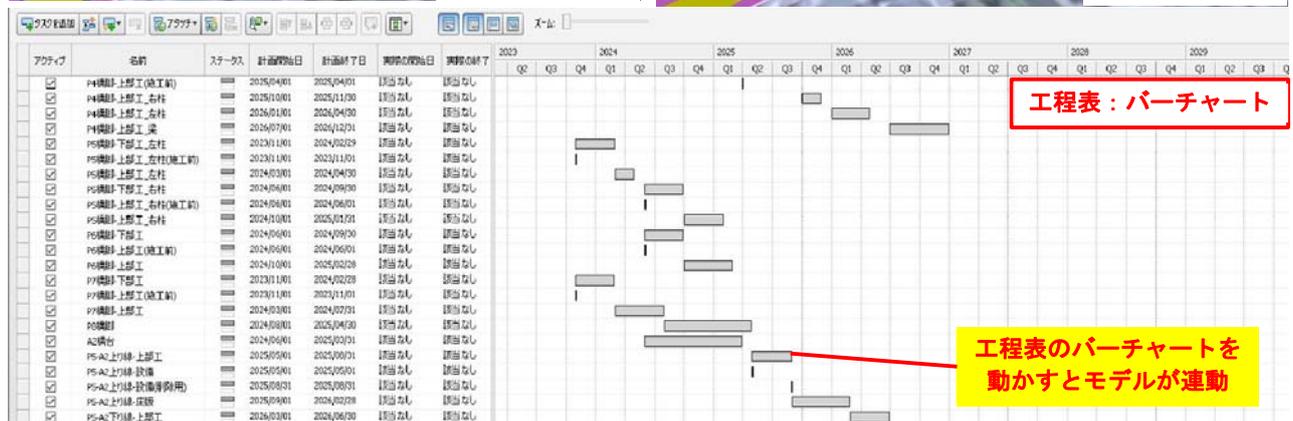
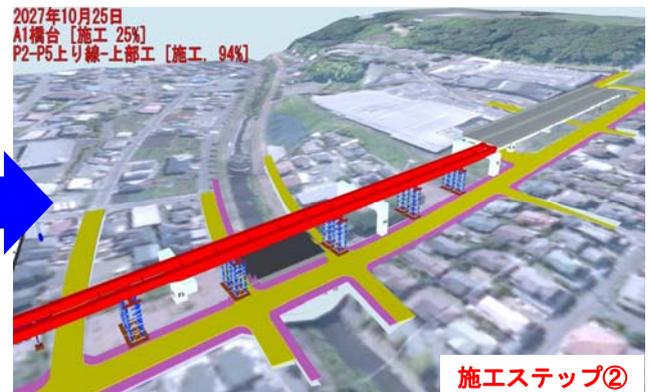


図-8 4 D (3次元+時間) シミュレーションモデル

(5) 4 D (3次元+時間) モデルによる施工計画

施工ステップ毎の施工重機配置、支保工配置、切廻し道路計画等を反映した施工ステップモデルを作成し、工事工程表と連動した4 D (3次元+時間) モデルを作成した (図-8)。

これにより、高架橋工事に伴う交差点や切廻し道路計画が複数回切替わる煩雑な施工ステップを可視化し、分かりやすい関係機関協議資料で、施工ステップに関する合意形成の効率化を図った。

各施工ステップでは、切廻し道路の視距、俯角の影響確認等の安全性検証を実施した。

既設橋と近接して仮設土留が必要となる施工ステップでは、仮設土留引抜作業による地盤緩みの影響範囲を3次元でモデル化し、高精度に離隔や影響範囲の把握及び、残置範囲の設定を行うことで施工計画の精度向上を図った。

4 Dモデルは、ソフトウェア上で、施工モデルと工程表を連動させているため、打合せ協議において、切廻し道路のルートや切廻しのタイミングをソフトウェア上で変更しながら、複数案を同時に提示することができ、最適な施工計画の立案を可能とした。

さらに、事業費を属性として4 Dモデルに付与した5 D (3次元+時間+費用) モデルを作成することもできる。今回は5 Dモデルを構築しなかったが、5 Dモデルでは、施工の進捗に応じた概算事業費の確認をソフトウェア上で行うことが可能であり、現場の適切なコスト管理への活用を期待できる。また、予算や事業計画に応じた施工の進捗など、管理者の事業監理ツールとしても有益である。

3. 創意工夫点

(1) 日照影響検討の実施

本橋は、住宅や商業施設に隣接する高架橋であるため、橋梁の完成後において、隣接する住宅及び商業施設に対する日照阻害が懸念された。

そこで、完成系のBIM/CIMモデルを用いて、日照影響を検討し、その影響が少ないことを確認した。BIM/CIMモデルは大座標で管理されるため、完成モデルに対する太陽の位置、高さから、より高精度に日照影響を検討でき、従来の手法より高精度かつ効率的に検証することができた（図-9）。

(2) 景観性への配慮

周辺に住宅が隣接した橋梁であるため、市の景観計画を基に、作成したBIM/CIMを用いて様々な塗装色のパース図を作成した（図-10）。



図-9 日照影響検討

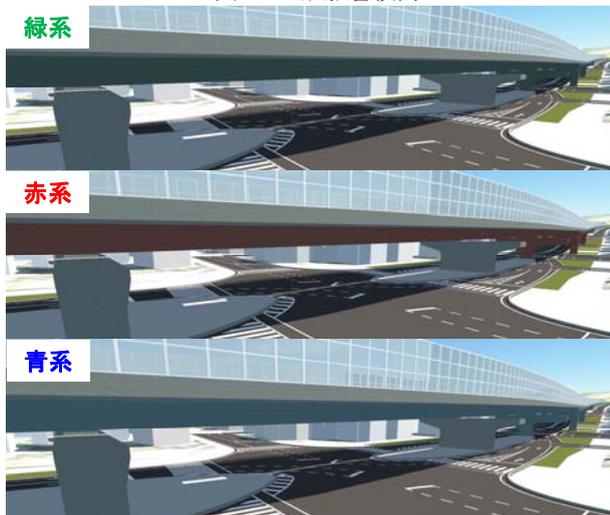


図-10 各塗装色モデル



図-11 情報共有システム

BIM/CIMモデルを用いることで、色見本板で確認するより全体の色合いがわかりやすく、日影等の影響を考慮した色合いを表現でき、視点場を容易に変更することで自由な方向からの可視化が可能である。

また、ゲームエンジンの映像技術を融合させることで、より現実に近い景観を3次元空間上で表現することも可能になる。

(3) 情報共有システムの開設

発注者側のPCでは、BIM/CIMを閲覧するための専用ソフトウェアが無い場合、クラウド上でBIM/CIMモデルの閲覧が可能となる情報共有システムを開設した。

情報共有システム上では、モデルの回転や寸法計測に加え、修正箇所など発注者指示の情報伝達も可能であるため、業務途中段階での合意形成の効率化と高度化が図れた（図-11）。

また、打合せ協議資料や議事録の承認、電子データの納品等にも活用でき、BIM/CIMのみならず、業務遂行における発注者と設計者間の情報共有や電子納品の効率化を図ることができた。

4. 今後の展望

都市内高架橋等の狭隘空間での施工計画検討においてBIM/CIMを活用することは、検討作業の効率化が図れ、施工計画の高度化、後工程での手戻り防止に有効であることが確認できた。

次に、技術者の高齢化が進む中、視覚的に構造物を理解することができ、若手技術者の教育や、周辺住民、関係機関協議等に説明する際の合意形成ツールとしても有用であることが確認できた。

一方、現段階のBIM/CIMは設計計算ソフトウェアとの連動が十分でなく、モデル作成に相当数の人工を要しているため、設計計算ソフトウェアや数量計算等と連動が求められる。

また、これらのBIM/CIMデータがデジタルツイン（仮想空間）上で情報共有できるようになれば、建設事業全体の更なる生産性向上、品質向上に大きく寄与するものと考えられる。

さらに、調査から設計や施工段階のみならず、維持管理段階においても、コンクリートや鋼部材の品質管理記録や供用後の点検結果を蓄積し、3次元モデル上で損傷位置や損傷の経過等を確認することで、損傷の原因究明や対策立案の効率化が期待される。

謝辞：本論文の投稿に際し、快諾頂きました関東地方整備局相武国道事務所計画課の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針 別紙-9 BIM/CIM活用業務実施要領, 2022
- 2) 国土交通省：第7回 BIM/CIM推進委員会（令和4年2月21日）資料3-1 令和5年度以降のBIM/CIM活用に向けた進め方, 2022.