

国道24号寺田拡幅事業におけるCIMを活用した橋梁設計と今後の展望

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○ 迫 田 康 平

論文要旨

本業務は、国道24号の交通混雑の緩和、交通安全の確保を目的に新名神高速道路と一体となって整備する「国道24号寺田拡幅」において、近鉄京都線を跨ぐ箇所での橋梁詳細設計(L=340m)を実施するものである。これら2つの近接・交差物件に対して分かり易い関係機関協議を実施し、条件や施工方法を早期に確定させることが、本業務を円滑に進めるためには不可欠であった。また、跨線橋であるため、桁高制限や架設時の制約、将来的な維持管理性向上にも配慮した計画・設計とする必要があった。本稿では、これら関係機関協議や設計上の制約に対してCIMを活用した事例として、橋梁計画や設計結果を紹介・報告するとともに、今回作成したCIMモデルの今後の活用方法や展望について考察する。

キーワード i-Construction, CIM, 橋梁

まえがき

本業務は、国道24号の交通混雑の緩和、交通安全の確保を目的に新名神高速道路と一体となって整備する「国道24号寺田拡幅」において、近鉄京都線を跨ぐ箇所での橋梁詳細設計(L=340m)を実施するものである。

本橋は、近鉄京都線に並走した城陽市道10号線、2361号線とも交差しているため、跨線部支間長が約60mと長スパンである。近鉄軌道上に存在する架空地線、配電線、き電線のうち、配電線とき電線間に計画されていた。予備設計段階において、架設工法は、配電線とき電線の間を送り出すことで計画されていたが、H28国土交通省事務連絡より、橋桁が橋脚に据え付けられていない状態での桁下交通の開放は不可とな

ったことから、送り出し架設による一週間での架設は不可となった。また、軌道上支間に対する鋼桁橋の標準桁高は3.3m(標準桁高支間比1/18)であるが、軌道上桁下は鉄道建築限界が非常に厳しい状態であり、桁高を絞る必要があった。

本橋北側には、新名神高速道路も並走する計画になっている。NEXCOは、『新名神高速道路の橋梁等に関する景観検討委員会(城陽市域)』を設置し、鋼桁の塗装色や、景観に配慮した支間割の検討を実施していた。また、施工箇所が近接しており、工事による現地作業が輻輳する懸念があった。そのため、橋梁計画において、本橋は新名神高架橋と調整を図る必要があった。

これらより、次の課題を解決する必要があった。

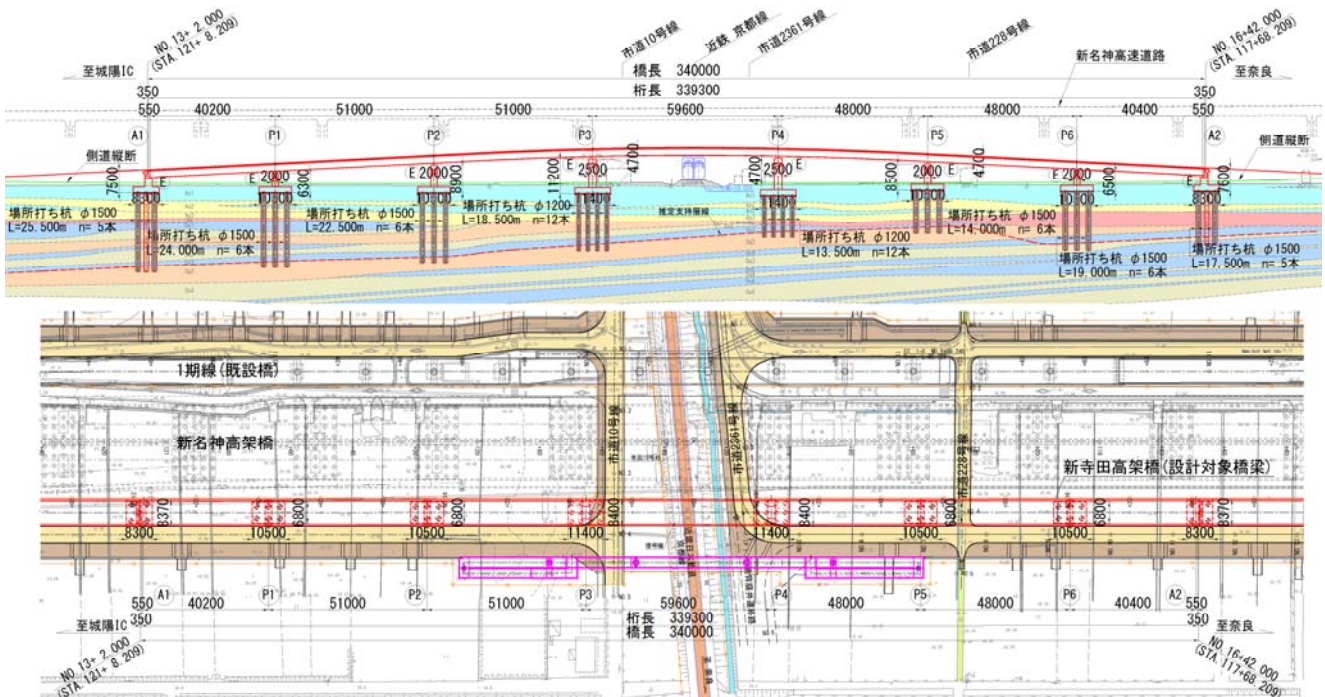


図-1 新寺田高架橋橋梁一般図

- ・ き電停止時間内(=1夜間)での近鉄上上部工の架設
 - ・ 軌道上で桁高制約を受ける上部工の計画と設計
 - ・ 並走する新名神高架橋との橋脚位置や施工時期等の調整
- 本業務では、これら課題に対して、関係機関との意思決定の促進を図るため、CIM(Constrution Information Modeling / Management)を活用することを試みた。

1. 設計概要

本業務における橋梁計画方針を以下に示す。

a) 橋台位置

躯体形状および上部工費差、橋台背面擁壁延長差から最も経済性に優れる位置として、現地盤に対し桁下余裕2.5m程度を確保できる位置。

b) 橋脚位置

市道をコントロールとしたモーメントバランスに優れる位置。

c) 上部工形式

予備設計案である非合成連続鋼桁橋に加え、合理化橋梁である少数鋼桁橋、開断面箱桁橋の3橋に対し、LCCを含む経済性の他、構造的、施工性、維持管理性、環境性を総合的に評価し、最適な形式を選定。

d) 支承構造

多点固定構造、免震構造、ラーメン構造の3種から橋全体の経済性向上に最も寄与する支承構造の選定。

e) 基礎形式

地盤条件から適用可能な杭種を抽出し、用地境界を考慮した経済的で適切な杭径の選定。

f) 維持管理方針

将来的な軌道上の上部工の維持管理に配慮した構造の採用や定期点検時、異常時点検時の維持管理計画の実施。

本橋の橋梁諸元を表-1に示す。

表-1 橋梁諸元

項目	諸元
道路等級	第4種第1級
設計速度	V=60km/h
幅員	8.37m
橋長	340m
支間長	40.2m+2@51.0m+59.6m+2@48.0m+40.4m
平面線形	R=∞
縦断線形	i=5.0% ↗ ~5.0% ↘ (VCL=140m)
横断勾配	i=2.0%
上部工形式	鋼7径間連続非合成鋼桁橋
桁高	2.1m
床版形式	RC床版
下部工形式	橋台：逆T式橋台 橋脚：張出式I型橋脚
基礎形式	場所打ち杭 φ1200、φ1500
支承構造	全方向免震支承
架設工法	トラッククレーンバント架設工法
維持管理方針	上部工：検査路、常設足場(軌道上)、高所作業車 下部工：検査路、梯子・脚立

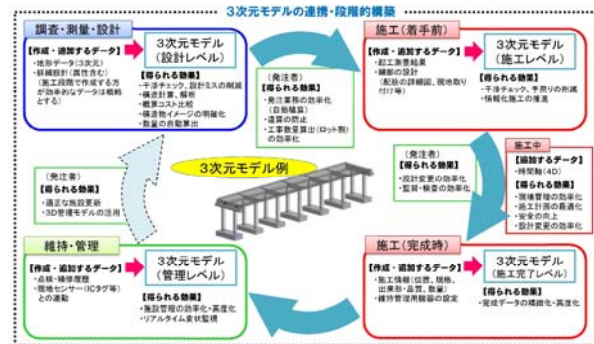


図-2 CIMモデルの連携概念図¹⁾

2. CIMの概要

国土交通省は、建設現場の生産性向上に向けて、測量・設計から施工、維持管理に至る全プロセスにおいて、情報化を前提とした新技術「i-Construction」を2016年度より導入した。CIMとは、i-Constructionの基本思想のうち、設計・施工計画に関わる構造物の形状・材料・コスト等の属性情報をコンピュータ上に作成した3次元モデルに組み込んだ情報モデルである。設計、計画段階から導入することで、以後の施工、維持管理の効率化やコスト削減、生産性の向上、高度化に寄与するものとして期待されている。図-2に示すCIMモデルの連携概念図のように、発注者側にとっては、調査設計時の違算の防止や、数量算出等の効率化が利点として挙げられ、以後の施工段階においても、現場管理の効率化が図れる利点がある。

3. CIMモデルの作成

本業務におけるCIMモデルは、Autodesk Civil 3Dで作成した構造物モデルをInfravorksに落とし込み、3次元地形データと

合成し作成する。作成に当たって、新名神高架橋橋梁一般図、近鉄架空線配置図、歩道橋一般図、1期線図面を受領し、本橋の橋梁一般図及び3次元地形データと合成した。

今回作成したCIMモデルは、「詳細度200」²⁾(対象橋梁の位置や形式がわかるレベルの外形モデル)であり、作成に要した時間は、約10日であった。これを「詳細度400」²⁾(下部工配筋や上部工板厚、ボルト形状等詳細部までモデル化)とした場合は、「詳細度200」の10倍以上の時間を要することが想定される。

4. CIMを活用した関係機関協議

課題解決のため、NEXCOおよび近鉄と協議を実施した。協議結果およびCIM活用による効果を以下に示す。

(1) NEXCO協議

新名神高架橋と新寺田橋の橋脚位置を揃えるか否かについて協議するため、図-3に示す完成形CIMモデルを作成した。

a) 協議結果

新名神高架橋は、本橋と比べ縦断が高く、幅員が広い構造である。北側には国道24号線の既設橋があり、南側に歩道橋も計画されている。そのため、架橋地周辺は、橋脚が乱立した状況で、規模の異なる構造物が並走する状態となる。また、既設橋の支間長は22m程度であるため、橋脚位置は景観性の向上に寄与しないものとし、揃えないことで決定した。

b) CIMを活用した効果と課題

①活用効果

CIM化により、視覚的に多方面から橋梁全体を把握することができたため、橋梁規模の差を理解し易く、早期に合意できた。

②課題

景観検討ツールとして活用する場合、橋梁形式や下部工形状が具体化した段階で、最低でも「詳細度200」のレベルでCIM化する必要があるが、橋梁計画の進捗状況によっては、協議開始時期が遅延する可能性がある。

(2) 近鉄協議

架設工法の決定のため、予備設計段階で計画されている送り出し架設工法とトラッククレーン架設工法のCIMモデル(図-4)を作成した。協議結果およびCIM活用による効果について以下に示す。

a) 協議結果

送り出し架設工法は、送り出しヤードと手延べ機解体ヤードを設置するための構台を設置する必要があり、施工規模が大きい上、降下作業に時間がかかるため、軌道上作業日数が長くなる(表-2)。

一方、トラッククレーンによる一括架設工法は、送り出し架設に比べ施工規模が小さく、一夜間での架設が可能であるため、軌道上作業日数を短縮できることから、トラッククレーンベント工法による一括架設工法を採用し、架空線を移設することで合意を得た。

また、軌道上の維持管理性向上のため常設足場を設置し、それに対して移設した架空線の離隔を確実に確保するようCIMモデルを作成した(図-5)。

b) CIMを活用した効果と課題

①活用効果

架設工法をCIM化することで、関係機関の理解が容易となり早期に合意できた。

また、移設する架空線計画図をCIM化することで、上部工との離隔状況を確認することができ、早期の移設計画決定に寄与することができた。

②課題

CIMは架空線と上部工の離隔状況を視覚的に確保できるが、どの程度の離隔があるか確認ができないため精度に欠ける。

5. その他の CIM の活用例とその考察

(1) 付属物の取り合い確認

図-6のように、橋脚には、支承や下部工検査路、排水管が設置される。これらをCIM化することで、干渉や点検経路を確認した。これは、設計段階での品質確保を確実にするため

表-2 軌道上概略架設日数

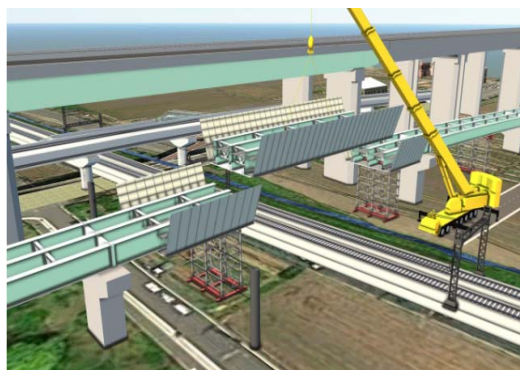
架設日数内訳	TCベント工法	送り出し架設工法
	地組 : 4日	手延べ引出し : 1夜間
架設 : 1夜間	手延べ機解体(昼) : 3日	
内訳	盛り替え(夜) : 3日	
	ボルト本添接 : 1日	桁降下 : 7夜間
日数計	6日	11日



図-3 完成形CIMモデル



(a) 送り出し架設



(b) トラッククレーン架設

図-4 架設工法CIM

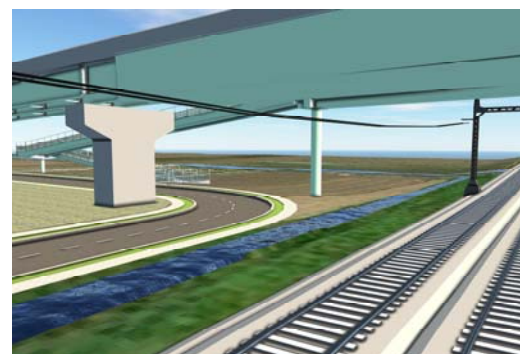


図-5 架空線と常設足場との離隔確認

あるが、施工、維持管理へと引き継いでいく場合、付属物のCIM化は必要となるため、設計段階におけるCIMの詳細度を発注者側で決定する必要がある。

また、P3橋脚から常設足場への点検経路を、より分かりやすく伝えるため、図-7のように3Dプリンタによるモデルも作成し、CIMと併用して活用した。3Dプリンタモデルは、出力に手間を要するが、手に取って即座に確認できることが利点として挙げられる。

(2) 下部工施工ステップ図の作成

新名神高架橋橋脚が完成しているものと想定し、図-8のようにCIMにより下部工施工ステップ図を作成した。

本業務では、本橋工事が、新名神高架橋工事との錯綜工事となると予想されていたが、新名神高架橋の施工計画図や工程が不明であったため、新名神工事を踏まえた施工ステップ図は作成していない。しかし、CIMソフトを用いて、施工アニメーションを作成することが可能であり、これにより、錯綜工事での問題点等を視覚的に捉えることができる。

6. CIMの効果と課題

今回、NEXCOや近鉄に対し、CIMを用いて説明したことで、以下の効果と課題が得られた

(1) 得られた効果

- ① 全体モデルや施工計画図のCIMモデル化は、2次元図面に比べ、視覚的で多角的に橋梁全体を把握する上で理解しやすく、早期の合意形成に非常に有効である上、景観検討ツールとしても活用可能である。
- ② 工事車両が錯綜するような大規模工事の場合は、それ自体の工事の実現性が、設計段階では不透明であるが、アニメーションを作成することで、計画の施工ステップや工程を明確化でき、課題の見える化に繋がる。
- ③ 交差物件の桁下状況のチェックをビジュアルで確認できるため、見落とし防止にもつながる。
- ④ 橋梁付属物のCIMモデル化は、付属物同士の干渉確認や、点検ルートの確認などが可能なため、設計品質の向上につながる。3Dプリンタも併用することも望ましい。

(2) 課題

- ① 詳細設計段階におけるCIMは、測量段階から導入することで、検討作業の効率化に繋がるが、導入されていない場合も考えられる。CIMの活用には、CIMモデル作成のための資料等を受発注者間で共有する必要がある。適切な時期に資料の受け渡しを行い、スムーズに業務運営を実施するためにも発注者は契約当初時等にCIMデータを貸与するようルール化して取り組むべきである。
- ② CIMは与条件が多様多様であるため、導入が有効な工種、規模、属性情報の程度の明確化が必要である。
- ③ CIM導入のためのハード・ソフトへのコスト負担及び、モデル運用する人材育成が求められる。

7. 今後の展望

本業務で作成したCIMモデルは、関係機関協議の円滑な進行



図-6 付属物の取り合い確認モデル

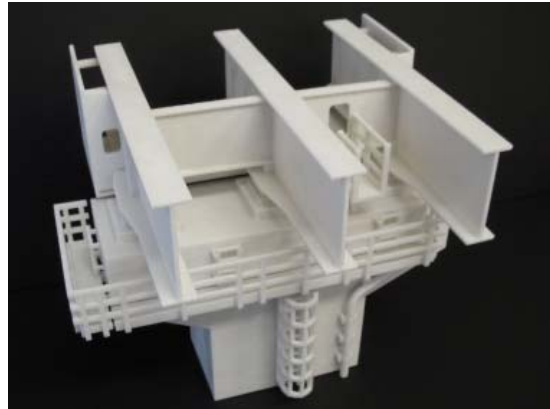


図-7 P3橋脚3Dプリンタモデル



(a) 杭施工時



(b) 下部工躯体施工時

図-8 下部工施工ステップ図(P2、P3橋脚付近)

が目的であったため、本橋周辺構造物に留めて作成している。CIMは、計画、設計段階から施工、維持管理に至るまで、連携して3次元モデルを活用することで従来作業を効率化、高度化できるシステムであるため、本事業の今後の展望として以下について期待する。

- ① 本業務で作成したCIMモデルの詳細度向上や属性情報の付与
- ② ICT建設機械との連携による施工の高度化
- ③ 将来の包括的な維持管理システムとして、CIMのプラットフォームとしての活用

また、今回CIMを業務で実施した上で、CIMに対する要求事項としてCIMのシステムに簡易的な設計機能を搭載して頂きたい。ここでの“簡易的な設計”とは従来設計を短縮して実施するイメージであり、環境状況や施工延長をインプットすることで想定した構造物（概算工費、工期等

含む）がアウトプットされるものを指す。この機能が実現されることで発注者側においても設計作業ができる上に、行政事務の効率化に大いに寄与されるものと思われる。

あ と が き

本稿を作成するに当たり、協力頂いた国土交通省職員の方々に謝辞を述べるとともに、今後の更なる CIM の性能の出現にも期待する。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン(案)、H30.3, 第1編 p.4
- 2) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン(案)、H30.3, 第5編 p.11