

大阪湾岸道路西伸部事業における CIMの取組状況について

村田 大輔¹・橋 和樹¹

¹近畿地方整備局 浪速国道事務所 大阪湾岸道路整備推進室

(〒651-0082兵庫県神戸市中央区小野浜町7-30)

大阪湾岸道路西伸部事業では、i-Constructionにより計画・調査・設計段階から構造物の属性情報を付与した3次元モデルを導入することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的とし、BIM/CIMに取り組んでいる。本稿では、ポートアイランド地区の橋梁詳細設計業務における活用を例に、BIM/CIM活用の現状、作成モデルの仕様、活用結果の検討箇所の有効性・得られた効果（コスト縮減、品質確保、施工効率性（全体構造、詳細部分））、課題について整理し、今後標準化されるBIM/CIMの設計段階での効果的な活用、想定される後工程での活用効果等について述べる。

キーワード BIM/CIM, i-Construction, 鋼製橋脚, 干渉チェック, 近接施工

1. はじめに（大阪湾岸道路西伸部の概要）

浪速国道事務所、神戸港湾事務所、阪神高速道路株式会社において事業中の一般国道2号大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄）は、神戸淡路鳴門自動車道（垂水JCT）から関西国際空港（りんくうJCT）を結ぶ大阪湾岸道路のうち、神戸市東灘区から長田区に至る延長14.5kmのバイパス道路である。阪神臨海地域の交通負荷を軽減し、交通渋滞や沿道環境などの交通課題の緩和を図るとともに、国際戦略港湾である阪神港の機能強化による物流の効率化、災害や事故などの緊急時の代替機能確保等を目的として、平成28年度に公共事業として事業化し、平成29年度に公共事業と有料道路事業の合併施工方式が導入されている。本路線の陸上部は橋梁構造で計画され、道路や公共交通、企業地等の様々な物件と交差する連続高架橋である。

事業の推進にあたっては、合併施行事業者である阪神高速道路株式会社をはじめ、神戸市等の交差・支障物件管理者、警察、地元住民等の合意形成が必要不可欠であり、大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会の審議も踏まえた橋梁計画への柔軟かつ迅速な対応が求められる。

上記の事業特性から、大阪湾岸道路西伸部事業ではCIM活用による作業や照査の効率化・状況の可視化により事業推進への効果が期待できることから、橋梁詳細設計業務は、全て発注者指定型としており、橋梁予備設計業務や地質調査業務においても、一部、受注者希望型による発注方式を採用している。

本稿では、このうち、ポートアイランド地区第四高架橋詳細設計におけるCIM活用について述べる。



図-1 大阪湾岸道路西伸部路線概要図

2. 設計業務におけるBIM/CIM実施要領・対応状況

本稿では、2020年（令和2年）3月版のガイドライン、実施要領に基づく実施内容について述べる。

橋梁設計業務におけるBIM/CIM活用では、「BIM/CIM導入ガイドライン」、「BIM/CIM活用がガイドライン（案）」の他、「ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針」における「別紙9 BIM/CIM活用業務実施要領」に基づき、表-1の項目を実施し、後工程に必要なBIM/CIMモデルを構築する。

表-1 BIM/CIM活用項目における実施項目

- ① BIM/CIMモデルの作成・更新
- ② BIM/CIMモデルを活用した検討の実施
- ③ BIM/CIMモデルの照査
- ④ BIM・CIMモデルの納品

②については、予備・詳細設計業務では、下表に示す具体的な項目より4項目以上を選択して実施することが基本となる。そのうち、「b) 情報共有システムを活用した関係者間における情報連携」は原則実施が必須である。

表-2 業務におけるBIM/CIM活用項目 (令和2年3月)

- a) 段階モデル確認書を活用したBIM/CIMモデルの品質確保
- b) 情報共有システムを活用した関係者間における情報連携
- c) 後工程における活用を前提とする属性情報の付与
- d) 工期設定支援システム等と連携した設計工期の検討
- e) BIM/CIMモデルを活用した工事費等の算出
- f) 設計図書としての機能を具備するBIM/CIMモデルの作成
- g) 異なるソフトウェア間で互換性を有するBIM/CIMモデルの作成
- h) BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査
- i) 施工段階におけるBIM/CIMモデルの効率的な活用方策の検討
- j) その他 (業務特性に応じた項目を設定)

なお、②の項目は2021年(令和3年)3月に下表のとおり更新されている。ただし、「段階モデル確認書」、「情報共有システムを活用した情報連携」は、下表の検討を手戻りなく進めるために必要に応じて実施する項目となっている。

表-3 業務におけるBIM/CIM活用項目 (令和3年3月)

- a) 設計選択肢の調査
- b) リスクに関するシミュレーション(地質、騒音、浸水等)
- c) 対外説明(関係者協議、住民説明、広報等)
- d) 概算工事費の算出
- e) 4Dモデル(3次元モデルに時間情報を付与したモデル)による施工計画等の確認
- f) 複数業務・工事を統合した工程把握及び情報共有
- g) その他(業務特性に応じた項目を設定)

3. ポートアイランド地区第四高架橋の特徴

(1) 橋梁概要・架橋地の条件

ポートアイランド地区第四高架橋は、ポートアイランド島内に位置する橋長L=419.0mの連続高架橋である(図-2)。本橋は、臨港道路、中公園北交差点、神戸大橋オンランプやポートライナー等が入り組む狭隘部に計画される。従って、施工ヤードの確保や臨港道路、ポートライナー、神戸大橋オンランプ等の交差物件上の架設条件が厳しく、特に、ポートライナー上の架設は、き電停止時間帯における夜間施工が必要である。また、周辺は企業地の他、居住区や大学施設があり、施工時の周辺通行車両や歩行者の安全性の確保が求められる。

(2) 上部構造の特徴

前述した条件から、上部構造は最大支間130mの連続鋼床版桁橋を採用している。架設方法は、トラッククレーンベント架設工法を基本とするが、交差物件が輻輳し、桁下のベント設置空間が限定されるPM-20~PM-21径間は、横取り架設を採用している(図-3)。桁下の交通に配慮したベント・横取り架設設備の配置には、架設ステップ等による精度の高い計画を要する。

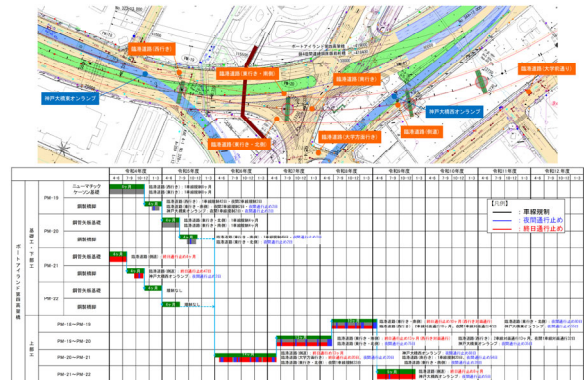


図-3 本橋の施工・架設順序及び工程

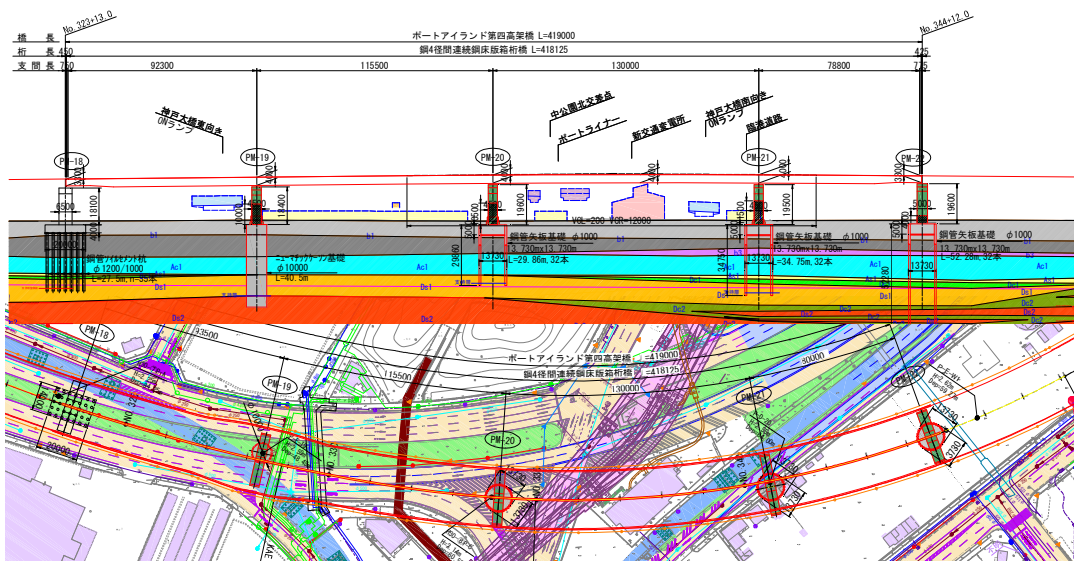


図-2 ポートアイランド地区第四高架橋 概要図

(3) 下部構造の特徴

前述した狭隘な桁下条件から、本橋の橋脚（PM-19～PM-22）は鋼製橋脚を採用している。鋼製橋脚は、内部の部材が煩雑で、維持管理空間や部材の干渉に留意が必要である。さらに、桁下の基礎配置条件が特に厳しいPM-19ではニューマチックケーソン基礎を採用しており、鋼製橋脚と基礎との接合部は部材干渉が生じやすい。

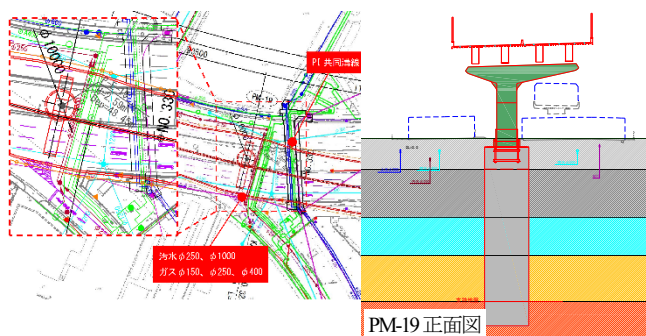


図4 PM-19橋脚概要図

4. BIM/CIM活用の着眼点・モデル仕様・活用項目の選定

前述の架橋地の特徴と基礎資料、BIM/CIM活用ガイドライン・BIM/CIM実施要領を踏まえ、「フロントローディング」と「コンカレントエンジニアリング」の観点から、BIM/CIMモデルの仕様の決定、リクワイアメントに応じた活用項目の選定を行った。

(1) BIM/CIMモデルの仕様

作成したBIM/CIMモデルの種類と構造物モデルの詳細度を下表に示す。

表4 本橋の詳細設計で作成したモデルと詳細度

CIMモデル名	作成	詳細度	備考
線形モデル	○	—	
地形モデル	—	—	過年度の測量成果モデルを使用
地質・土質モデル	—	—	当該地区の地質調査成果のモデルなし
構造物モデル (上部工)	○	300～400	局所的に400
構造物モデル (下部・基礎工)	○	300～400	局所的に400
構造物モデル (付属物)	○	300～400	局所的に400

(2) BIM/CIM活用項目の選定

a) 情報共有システムを活用した関係者間における情報連携

設計段階において、建設生産プロセス全体を見据えた関係者間での現場条件の再確認等に活用するため、情報共有システムの「3次元データ等表示機能」を活用し、

関係者間による情報連携を図った。

b) 後工程における活用を前提とする属性情報の付与

工事工程における数量算出の効率化に資することを目的として、設計成果における部材寸法、材質等の属性情報を3次元モデルに付与することとした。

c) BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査

本橋の詳細設計において3次元モデルの活用により効率的かつ確実な照査が期待できる項目を抽出し、3次元モデルによる照査を実施することとした。

d) 施工段階におけるBIM/CIMモデルによる効率的な活用方策の検討

複雑な施工条件に対し、確実性の高い施工計画を立案することを目的として、施工ヤードや資機材の配置を反映したBIM/CIMモデルを作成し、施工ステップにより施工時の周辺既存構造物や交通への影響の可視化を図った。

e) 合意形成の円滑化に必要なBIM/CIMモデルの作成

関係機関協議において、本橋の複雑な施工計画について早期の合意形成を図るため、関係機関協議での利用を想定した3次元統合モデルを作成することとした。

5. BIM/CIM活用の効果と今後の課題

(1) 情報共有システムを活用した関係者間における情報連携

情報共有システムにより、各段階のBIM/CIMモデルを活用した資料等を迅速に共有し、情報共有・連携を円滑に行うことができた。

一方で、システム上でモデルを閲覧可能な3次元モデルビューワーは使用可能なファイル形式が限られるためCIMモデルを活用した資料等のPDFの他、2次元データのやり取りに留まった。また、3DPDFに出力することで3次元モデルデータのファイル形式によらず3次元モデルの確認が可能であるが、データ容量が大きく、システム上では動かさないことが多いため、結果としてダウンロードしなければ中身を確認できないのが実情である。今後、フォーマットの平準化、3次元モデルデータの軽量化が望まれる。

(2) 後工程における活用を前提とする属性情報の付与

BIM/CIMガイドラインの記載項目を参考として、当該分野において必要な属性情報を、対象ごとに「工程」「属性種別」「属性名称」「申し送り事項」「付与時の用途」「最終更新日時」等を付与属性項目一覧表としてとりまとめた上で、CIMモデルに付与した。属性情報の付与対象は、上部構造（鋼橋）及び下部構造（鋼製橋脚）とし、CIMモデルとリンクする別ファイルに付与する外部参照方式とした。

鋼部材の属性付与により、各部材の情報をモデルをクリックすることにより簡便に参照することができ、数量算出の効率化に一定程度寄与したと考えられる。

ただし、設計計算結果から自動算出により付与できる情報は限られており、かつ、属性情報の外部参照等のリンク設定は手動で実施するため、詳細設計成果における付属物等も含めたすべての部材に属性情報を付与するには至っていないのが実情である。今後、設計成果からモデル化、属性情報付与までの自動化が可能な構造物を拡大していくことが望まれる。

表-5 付与属性項目一覧 (上部構造：鋼構造物抜粋)

工程	属性種別	属性名称	付与時の用途	最終更新日時	必須	選択
設計時	部材情報	ID	属性管理	2021/03/24	○	
		構造物名称	属性管理	2021/03/24	○	
		部材名称	属性管理	2021/03/24	○	
		材質				○
		部材形状				○
		部材寸法				○

(3) BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査

本橋では、3次元モデルの活用により効率的かつ確実な照査が期待できる項目として、下表の3項を抽出し、照査を行った。

表-6 本橋における照査項目・確認事項一覧

項目	照査内容
a) 近接する既設構造物との離隔状況のチェック	近接する神戸大橋西ランプ線の建築限界との離隔状況の照査
b) 基礎接合部の干渉チェック	ケーソン基礎の配筋とアンカーフレームとの干渉について照査
c) 鋼製橋脚内の維持管理動線及び部材干渉のチェック	上部工検査路から下部工への導線、箱桁内の導線を照査

a) 近接する既設構造物との離隔状況のチェック

PM-19橋脚に対しては、近接する神戸大橋東オンランプの建築限界をモデル化し、橋脚との離隔を確認した。同様に、PM-21に対しては、神戸大橋西オンランプの建築限界との位置関係を確認し、橋脚との干渉がないことを確認した。

既設構造をモデル化することで、離隔状況が視覚化されるとともに、システム上で干渉範囲のチェックが可能となり離隔条件設定における効率化が期待できる。

ただし、既設構造物のモデル化にあたっては、既設構造物の平面、側面の形状・位置情報が明らかであることが前提である。竣工図等の図面が十分でない構造物に対しては、調査段階で3次元測量を実施することで、設計段階において精度の高いチェックが可能となる。

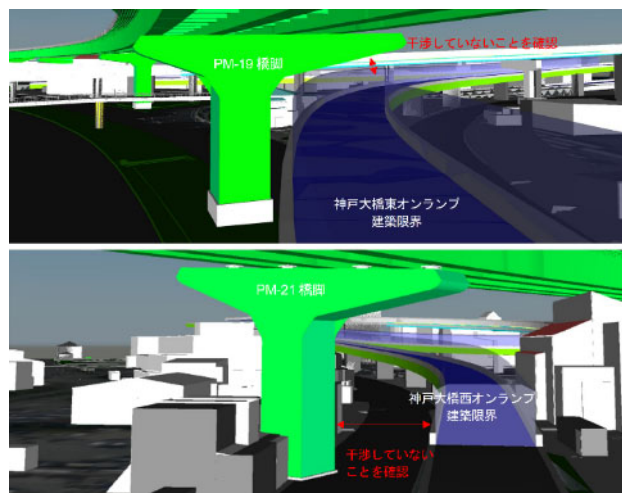


図-5 橋脚と神戸大橋東西オンランプ橋との離隔状況

b) 基礎接合部の干渉チェック

PM-19橋脚を対象に、橋脚アンカーフレームとニューマチックケーソン基礎頂版部の配筋構造について、干渉の有無をチェックした。干渉チェックの概要を下図に示す。干渉チェックの結果、アンカーフレームのボルト部とケーソン頂版の配筋の干渉が確認されたため、設計に反映し、頂版の配筋を変更した。配筋変更後、再度干渉チェックを実施し、いずれの部材にも干渉がないことを確認した。

3次元モデルのシステムを用いた自動チェックにより、複雑な接合部における部材干渉を効率的に確認し、設計に反映することができた。

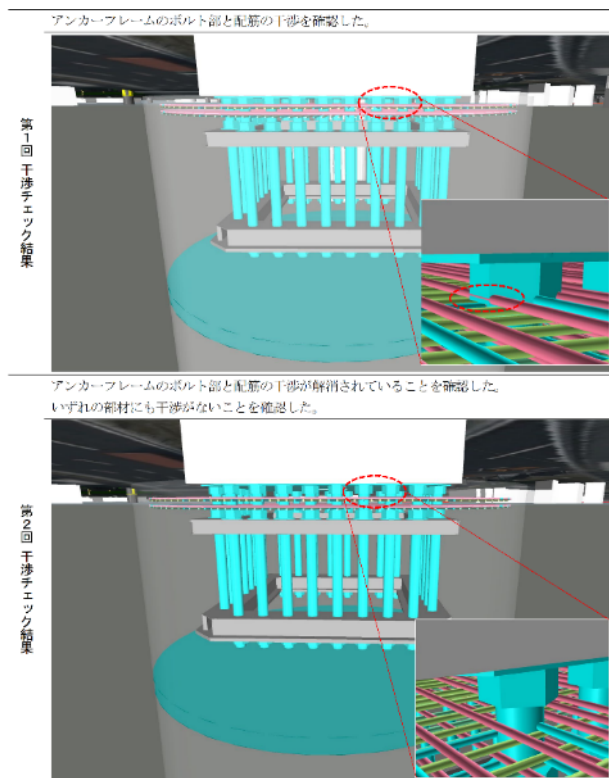


図-6 PM-19橋脚干渉チェック結果

c) 鋼製橋脚の維持管理動線及び部材干渉の確認

PM-19橋脚のCIMモデル(詳細度400)により、鋼製橋脚内部の維持管理動線を確認し、維持管理に必要なマンホール等と脚内部材との干渉についてチェックした。

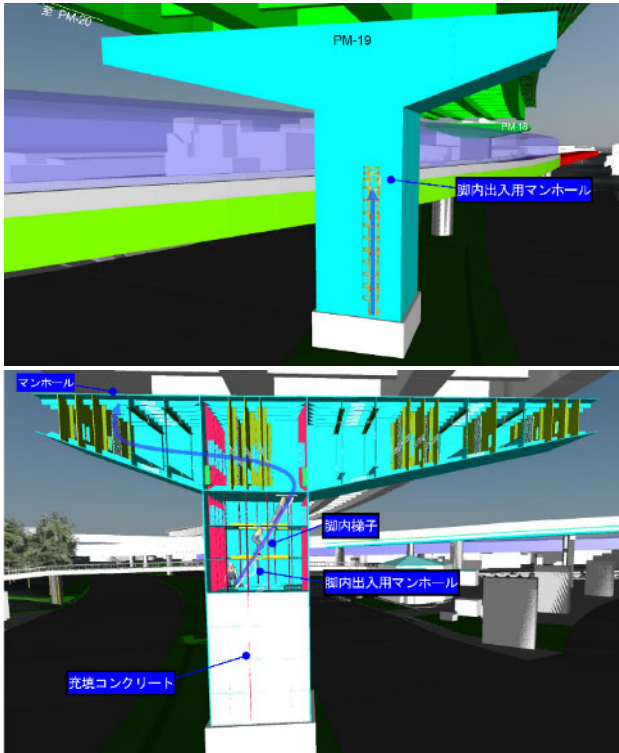


図-7 鋼製橋脚内の状況と維持管理ルート概要

上記の維持管理ルートを踏まえた鋼製橋脚内部の干渉チェック結果を下図に示す。橋脚内部に部材干渉はなく、移動の際にはかがむ等の配慮を要するものの、移動困難となる極端に狭隘な箇所はないことが確認できた。

鋼製橋脚のような複雑な部材構成の維持管理計画にあたっては、3次元モデルを用いた照査により、効率的な計画が可能となる。

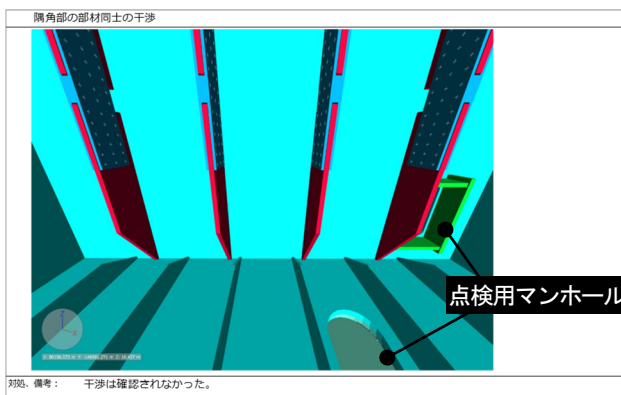


図-8 鋼製橋脚内部の部材干渉チェック結果

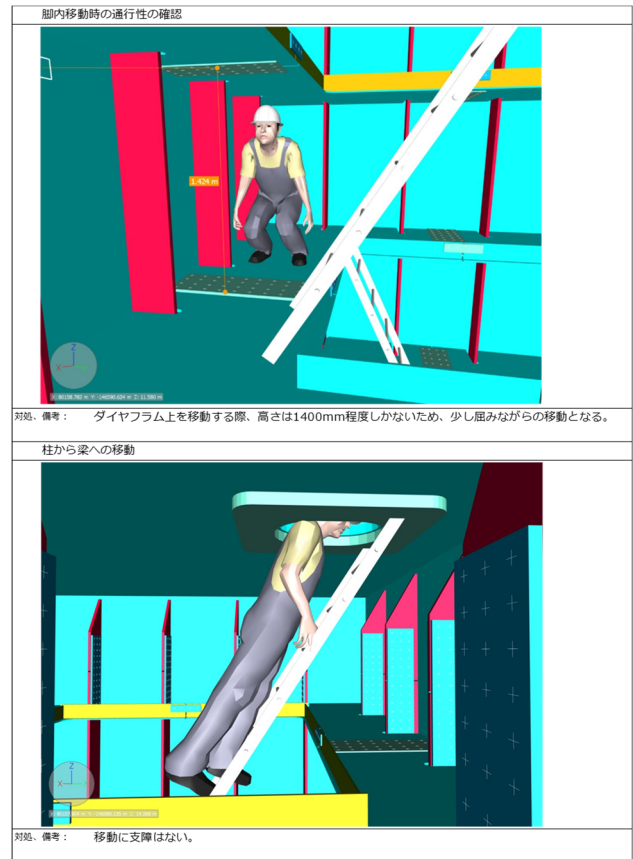


図-9 鋼製橋脚内部の狭隘部照査結果

構造物内の部材同士の干渉はシステムによる自動化が進められており、効率化に寄与している。一方で、維持管理空間におけるルート確認等照査はモデル空間での人物モデルの設置や手動での寸法チェックによるところが大きく、自動判定等を利用したさらなる省力化が望まれる。また、3次元モデルを活用した効率的な点検順序の提案等、維持管理段階での具体的な活用を見据えた検討も、今後望まれる。

(4) 施工段階におけるBIM/CIMによる効果的な活用方策の検討

施工ステップの各段階をモデル化し、全体工程を可視化することで「施工方法および工程等の実現性」について確認した。なお、施工ステップの作成にあたっては、本体構造物と仮設構造物や支障物との干渉や搬入出路的確保、資機材等の搬入出等の計画について考慮した。さらに、現場条件等により施工計画に変更が生じた場合を想定して、現場での判断が必要な箇所について申し送り事項を付与する等の配慮をするとともに、修正可能なCIMモデルを構築した。(図-10)

フロー毎の3次元モデルの作成により、仮設構造物の配置による既設構造物の干渉状況や現道交通への影響が可視化され、精度の高い施工計画の立案に寄与するとともに、受発注者間の課題共有・関係機関協議における合意形成の迅速化を実現できた。

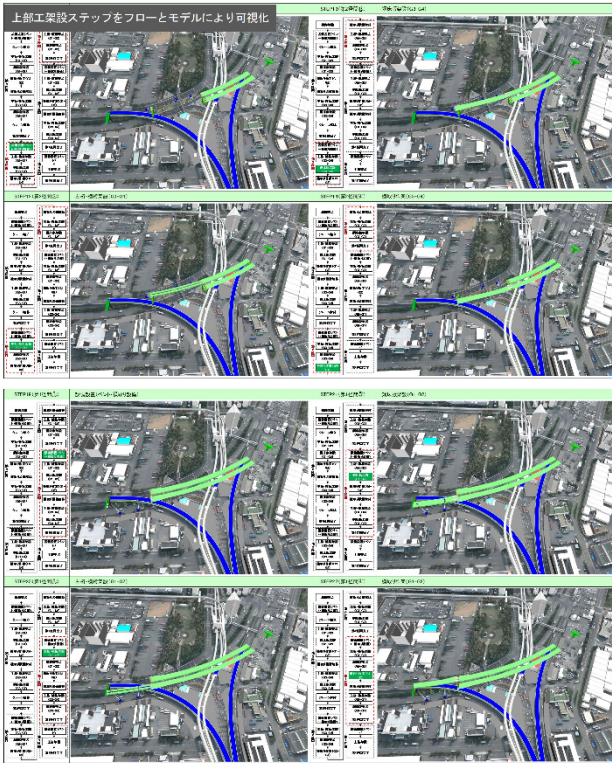


図-10 フロー図と3Dモデルを併用した上部工架設ステップ

今後、設計段階で作成した施工ステップを工事段階で効果的に活用するには、モデルの分割単位等、施工段階での要求事項を考慮した事前のモデル設定等を考慮していくことも必要である。

(5) 合意形成の円滑化に必要なCIMモデルの作成

関係機関協議での合意形成に資するため、地形、構造等を統合した全体モデルを作成した。

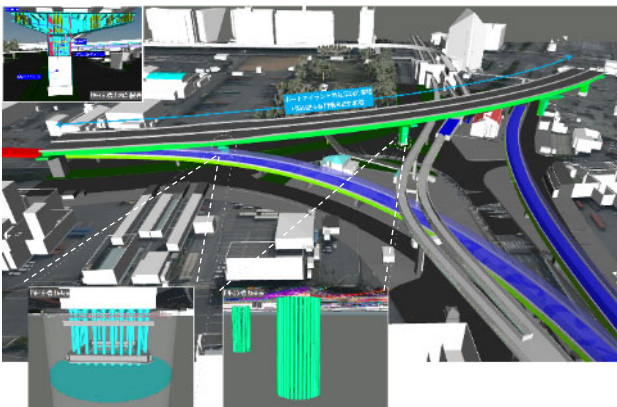


図-11 周辺既設構造物を含めた全体モデル

さらに、近接する既設構造物の形状をモデルに反映し、近接程度の視覚化を行った。また、ポータルライナー利用者からの施工状況の見え方を確認することで、近接施工時のポータルライナー利用者を与える圧迫感等の印象を検

証し、関係機関協議での協議に活用することで、課題共有の迅速化、合意形成に寄与した。

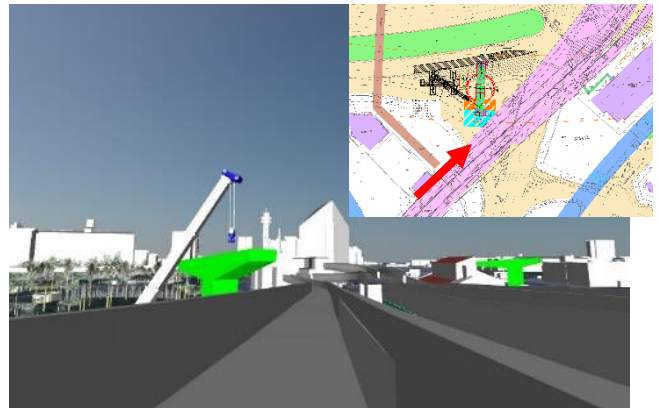


図-12 ポータルライナー下り線からの視点 (PM-20橋脚架設時)

6. おわりに

諸外国に比較して生産性が低いといわれる我が国の建設業において、人口減少や高齢化が進む中であっても生産性向上を推し進めるため、データやデジタル技術を活用したサービス・働き方の変革 (DX: デジタルトランスフォーメーション) が求められている。中でも、生産プロセス向上の大きな役割を担うことを期待されている「BIM/CIM」は、建築分野では様々な活用が進んでいるものの、土木分野では未だ過渡期にある。

本稿では、大阪湾岸道路西伸部事業におけるBIM/CIM活用の事例として、ポートアイランド地区第四高架橋の詳細設計段階における活用結果及び現状の課題について述べたが、一般的な橋梁詳細設計業務において共通する事項も多いと考える。

大阪湾岸道路西伸部事業においては、先行する六甲アイランド地区の基礎工事等において、設計段階で作成したBIM/CIMモデルを引継ぎ、活用し始めているが、後工程 (施工、維持管理、更新) で積極的に活用することも視野に入れ、業務発注前にリクワイアメントを適切に選定していくことが望まれる。

事業推進者、設計実務者がともに求められる効果や課題を共有し、新時代に求められるシステムを構築することで、BIM/CIMを活用した建設生産・管理システム全体の効率化が図られることに期待する。

参考文献

- 1) 国土交通省: CIM 導入ガイドライン (案) 令和2年3月
- 2) 国土交通省: BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 令和2年3月
- 3) 国土交通省: BIM/CIM 活用業務実施要領 (令和2年3月)
- 4) 国土交通省: BIM/CIM 活用業務実施要領 (令和3年3月)