

ECI契約方式におけるBIM/CIMを活用した詳細設計について

庄司 彰¹

¹国土交通省 岡山国道事務所 工務課.

ECI方式で工事発注が行われる国道2号大樋橋西高架橋を対象事業としてCIMモデルの活用を行い、その効果と課題をとりまとめた。具体的には、関係者（発注者、設計者、施工者）間における情報共有、CIMモデルによる数量・工事費・工期の算出、施工を見据えたCIMモデルの構築、契約図書化に向けたCIMモデルを構築などを実施。特に、詳細設計の受発注者だけではなく、設計時に施工者ともデータのやりとりを頻繁に行うECI方式においてはCIMモデルの活用はフロントローディングとしての効果が高く工事を円滑に進めていくにあたり有効であることが明らかになった。

キーワード：ECI，BIM/CIM，橋梁詳細設計

1.はじめに

(1) 事業の概要

岡山市の市街地南部を通過する国道2号は、大阪市から北九州市に至る我が国の大動脈であり、岡山市域においては1日約10万台もの交通量があり、単路部で上下6車線の断面を有するが、大樋橋西詰交差点を起点として朝ピーク時に国道2号東向きに約3.6km、西向きに約10.0kmという激しい渋滞が慢性的に発生している。

また、大樋橋西詰交差点に接続する国道180号岡山西バイパスにおいても、朝ピーク時には大樋橋西詰交差点を起点として南向きに約0.4kmの渋滞が発生している。

大樋橋西高架橋（工事延長L＝約670m）は、国道2号と岡山市の外環状の一部を構成する国道180号岡山西バイパスおよび現在整備中の国道180号岡山環状南道路が交差する大樋橋西詰交差点の国道2号側を立体化して渋滞の緩和を図ることを目的として整備するものである。

(2) ECI方式を採用した理由

国道2号大樋橋西詰交差点の立体化においては、工事中に国道2号の現況交通（約10万台／日）への影響を最小限にとどめるための交通処理が課題となる。

当該箇所で行うに当たっては、渋滞への影響を最小限とするため、工事中においても現況6車線を最大限に確保する必要があるほか、これだけの交通量を通行させながらの近接施工となるため、安全性についても通常以上の配慮が求められる。

これらのように技術的難易度が高く、通常工法での施工の範疇を超えるアイデアが必要となる現場において、安全かつ円滑に工事を進めていくためには、コンサルタントの知識だけではなく、施工会社が有する施工にかかる高度で専門的なノウハウ等を設計段階より導入することが可能となるECI (Early Contractor Involvement) 方式（技術協力・施工タイプ）を採用することとした。

(3) 本事業でBIM/CIMを活用する目的

大樋橋西高架橋の計画設計においては、道路占用物件（上下水道、電力、ガス、情報施設管等）の移設、交差点内の建築限界確保、既設水路及び架空送電線との離隔確保、施工ヤードの用地制約などの設計と条件が多く複雑なため、問題点を漏れなく抽出・整理して施工段階での設計手戻りを防止することが重要である。



図-1 国道2号大樋橋西詰交差点の渋滞

また、ECI方式においては設計者と優先交渉権者（施工者）が協働して設計を行うこととなるが、設計～施工段階のデータを発注者を含めてシームレスに共有する必要があるため、下記を目的として、BIM/CIMの活用を行うこととした。

- ・発注者、設計者、優先交渉権者の三者において、設計と条件をCIMモデルで可視化し、イメージ・認識の共有を図りながら、課題を抽出・整理することで施工時の手戻りを防止する。

- ・関係機関協議先は、橋梁等の構造物の専門家でない場合も多いため、橋梁構造と支障物件との近接程度などをCIMモデルで可視化し、問題点として明確に提示することで、円滑かつ早期に関係機関との合意形成を図る。

- ・発注者、設計者、優先交渉権者の三者において、施工方法・順序をCIMモデルで可視化し、イメージ・認識の共有を図りながら、施工計画の妥当性を確認・検証する。

- ・3次元モデルを将来的に契約図書とするために必要な要件や課題について、発注者、設計者、優先交渉権者の三者で検討する。

2. BIM/CIM要求事項の検討と効果確認

国土交通省では、平成30年度に発注作業の手引きとなる「CIM活用業務実施要領」が作成されたが、同実施要領においては業務の実施内容として要求事項（リクワイアメント）が示されている。今回の詳細設計業務においては、下記に示す(1)から(5)の項目について検討を行った。

(1) 契約図書化に向けたCIMモデルの構築

ソフトウェアは、AutoCAD 2018、Navisworks Manage 2018、Civil 3D 2018、Adobe Acrobatを使用し、現状の契約図書と同程度の要件を満たすため、アノテーションを付加した3Dモデルを作成するとともに、3DPDF形式で作成し、活用効果として下記の事項を確認した。

(図-2)

- ・3次元モデルから3DA平面図（断面図）を生成することにより、2次元図面と3次元モデルの整合性確認が不要になる。
- ・3次元モデルの流通により誤認排除とともに生産性向上に繋がる。
- ・最終アウトプットを3D PDF にすることで、無償ビューワ（Acrobat Reader 等）により幅広い関係者間において3次元データを活用しやすくなる。

一方で、アノテーションを効率的に作成するソフトウェアが整備されていない現状においては、作成の手間を考慮すればかえって非効率となる。3Dモデルにおけるアノテーション表記方法については、ソフトウェアの開発動向を踏まえて、より詳細なルール化が望ましい。

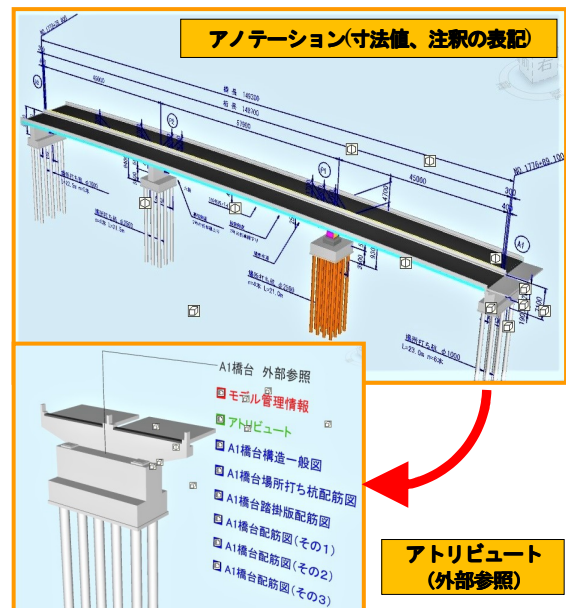


図-2 契約図書化に向けたCIMモデルの構築

(2) 関係者間での情報共有

関係者間で情報共有はWeb情報共有システム（CIM-LINK）を利用し、CIM統合モデル、詳細設計2次元図面、協議記録簿、報告書などのデータをタイムリーに共有することで、活用効果として下記の事項を確認した。

(図-3)

- ・データ管理が一元化され、関係者が各々で管理する作業を排除し、効率的に協調作業ができた。
- ・Web情報共有システムの利用により、PC性能に依存せずに3次元モデル閲覧ができた。（専用ソフト不要）
- ・業務完了時の電子成果品データも共有を行い、オンライン電子納品の技術的実現性を確認した。

特に、今回はECI方式で事業を実施しているため、詳細設計の受発注者間のみならず優先交渉権者とも同システムによりCADデータ等の共有を図り、関係者間でタイムリーに3Dモデルのデータ共有（確認・調整）ができたため、データ共有の効果は、通常の場合よりもさらに高かったものと考えられる。

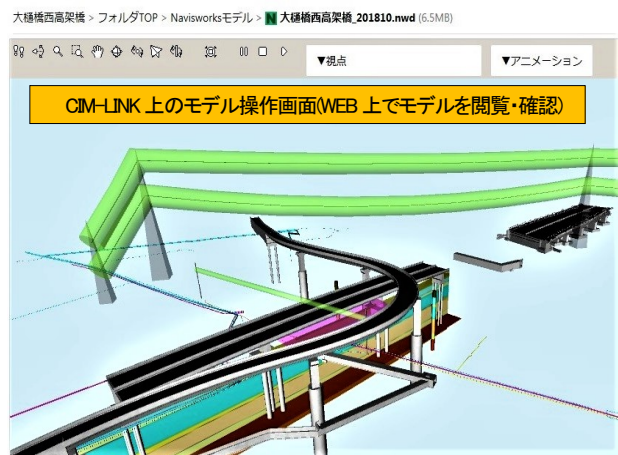


図-3 Web情報共有システム（CIM-LINK）の利用

(3) CIMモデルにおける属性情報の付与

AutoCAD 2018, Navisworks Manage 2018, Civil3D 2018, Adobe Acrobat, Microsoft Excelを利用し, CIM導入ガイドライン(案)に沿って属性情報を外部参照により付与し, 活用効果として下記の事項を確認した。

- ・今回はEXCELデータの外部参照による属性情報付与としているが, 設計～工事～維持管理段階で一つの属性情報シートにより引継ぎ, 連携を図ることができる。
- ・設計段階で発生する後工程に引き継ぐ必要のある属性情報を効率的に整理することができる。
- ・設計段階において後工程で必要となる属性情報項目を予め用意することができるため施工段階では発生する属性情報項目を容易に入力することが可能となる。

以上のように一定の効果を得ることができたが, 後工程における一層の効率化や人的エラーの防止を考慮すれば, 部材毎に直接的に属性情報を付与することが望ましい。今後, 一定の属性情報の付与手順など登録ルールの明確化と, それに応じたソフトウェアの開発が望まれる。

(4) CIMモデルによる数量, 工事費, 工期の算出

V-nas Clairを利用し, 作成したCIMモデルから部材別数量集計表のExcelに出力し, 単価を入力することで工事費を算出し, 活用効果として下記の事項を確認した。

- ・CIMモデル内の数量集計表はモデル形状の変更と連動するため, 設計変更時の数量修正の手間の削減と, 修正ミスの防止が期待できる。(数量計算の省力化)
- ・施工現場における施工業者によるロット別コンクリート発注量などの把握には, 十分な精度を得ることができる。
- ・施工段階で施工手順等の変更が生じた際は, CIMモデルを変更することで数量集計が行われ, 数量計算書再作成作業が不要となり効率化を図ることができる。

以上のようなことが確認されたが, 現状では数量集計結果の照査手法が無いため, 従来設計による結果を元に照査を行わざるを得なく今後実用化するうえでは, ツールの精度を踏まえた照査ルールの明確化が望まれる。

工期算出については, 数量と連動して自動算出できるソフトウェアが無いため, 手動で工期算出することとなったため, ソフトウェアの開発が望まれる。

(5) 施工を見据えたCIMモデルの構築

今回はNavisworks Manage 2018, Navisworks Freedom 2018を利用し, 施工ステップモデルを一連で確認できる動画データを作成し, 活用効果として下記の事項を確認した。(図-4)

- ・CIMモデルは, 上部工のブロック割も考慮して作成したモデルとなっており施工段階においての活用が容易である。

・施工シミュレーションにより, 施工手順が明確に表現されるため, これまで気づかなかった, 動きによる矛盾, 安全性の観点からも確認を行うことができる。

・施工段階での施工計画, 施工関係者による合意形成, 安全管理上の認識共有などのプロセスにおいて効率化が図られる。

以上のことが明らかになり, 一部のデータについては既に警察協議におけるプレゼンテーションなどにおいても活用され, 関係者の理解が容易になることを確認している。

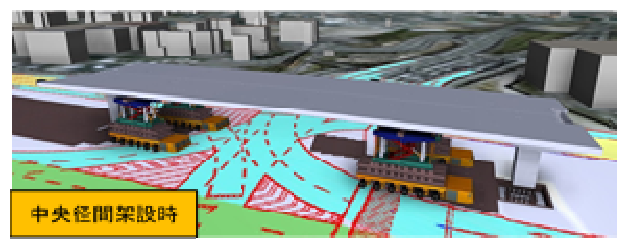
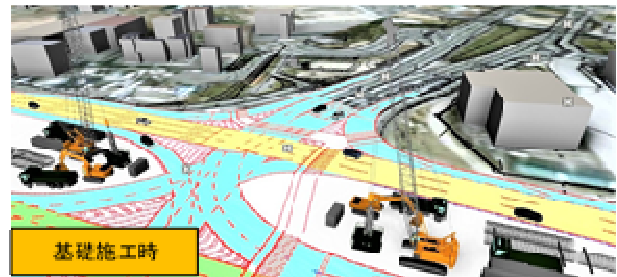


図4 施工を見据えたCIMモデルの構築

3. ECI方式によるBIM/CIMの活用効果

(1) ECI方式でのBIM/CIM活用の流れ

本事業は, ECI方式においてBIM/CIMを活用したものであるが, 優先交渉権者の選定以前から, その手続きも念頭において, 詳細設計が開始された。前半においては詳細設計の発注者と設計者, 後半においては優先交渉権者(施工者)を含めた業務フローは以下のとおりである。(図-5)

(2) 施工段階での活用を踏まえたCIMモデルの作成

CIMモデルを施工段階で活用する場合, 施工ステップを念頭に置きつつ, ある程度モデルを分割して作成する方が施工段階での利用が図りやすい。

鋼橋上部工本体の設計においては, 架設や輸送を考慮したブロック毎の分割を行い, 付属物に関しては, 特に干渉が問題となることが多い排水装置, 検査路等について, 要求されるCIMモデル作成仕様(詳細度300)とは別に干渉確認という観点からモデル化を行った。

また, 下部工においても杭頭鉄筋とフーチング鉄筋の干渉確認といったフロントローディングも行った。

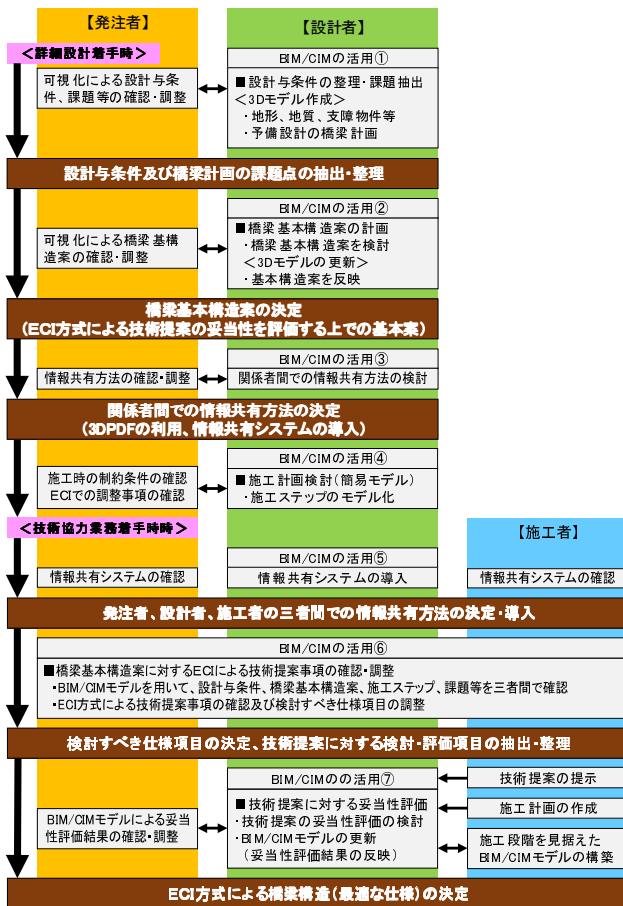


図5 ECI方式によるBIM/CIM活用の流れ

(3) ECI方式によるBIM/CIM活用効果

ECI方式においてBIM/CIM活用の活用を試行した結果、以下の活用効果を確認した。

- ・詳細設計着手時において、設計と条件や問題点の抽出・整理を目的としたCIMモデル(詳細度200程度)の作成・活用を行った結果、発注者と設計者間の共通認識のもとで構造計画の検討項目や問題点等の確認・調整が図られるとともに、設計手戻りも防止できたことからフロントローディングとしての活用効果が大きいことが明らかになった。

- ・ECI着手時において、CIMモデル(詳細度200程度)による橋梁基本構造案や施工ステップの内容の確認を行った結果、発注者・設計者・優先交渉権者(施工者)の三者が共通認識のもとで決定すべき設計仕様の項目の確認・整理が行われたため、無駄な検討作業の削減を図ることができたことからECI方式においても、フロントローディングとしての活用効果が高いことが確認できた。

- ・施工者がCIMモデルを活用して施工計画の作成を行うにあたっては、詳細度は200程度で十分であるが、その後の施工および管理にデータ引き継ぐ場合は、上部工のブロック割、柱・底版・基礎等の部位分割および付属物(検査路、排水装置等)の外形表示(本体部材との干渉チェック用)等をCIMモデルに反映・作成する必要がある。

るため、詳細度は300程度で作成しておいた方がよい。詳細度300のデータを詳細度400にすることはできるが、詳細度200のデータを詳細度300にすることはできない。

- ・関係機関協議において、可視化したCIMモデルを活用することで支障となる構造物との近接程度をイメージしやすくなるとともに、問題点を明確に示すことができることから合意形成が図りやすくなる。(図-6)

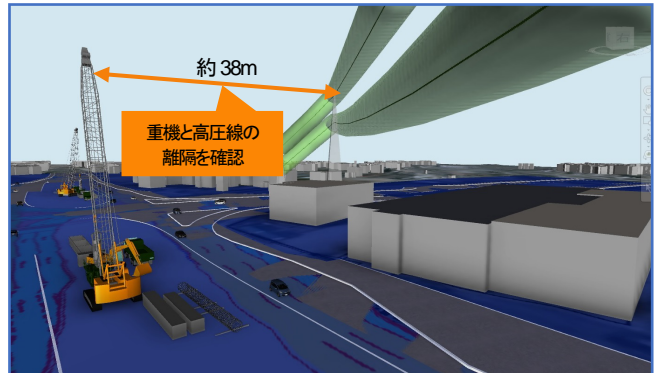


図-6 高圧送電線との近接程度の確認

- ・今回は優先交渉権者(施工者)との技術協力業務の契約後に、設計者が契約した情報共有システム(CIM-LINK)を導入したが、詳細設計着手時(発注者と設計者のみの時期)から、情報共有システムを導入するほうが更なる情報共有の円滑化が可能になると考えられる。

4. 今後のBIM/CIM活用計画(案)

(1) 工事でのBIM/CIM活用内容

今後、施工段階において国道本線の切回し工事が完了した時点で、3Dレーザースキャナーによる周辺地形および既設構造物の情報を3次元点群データとして取り込み、施工計画で利用したCIMモデルへの反映を行う予定であり以下のような活用を想定している。

- ・現場ミーティングにおいて意思疎通・計画の理解度向上を図るためのツールとして活用。
- ・危険個所の可視化、必要設備・機材および人員配置などの安全管理の検討に活用。
- ・施工方法のウォークスルー動画、3D模型、VR画像などの作成し、合意形成のツールとして活用。

(2) 維持管理におけるBIM/CIM活用方針の検討

維持管理段階が対象とする施設や期間は、設計から施工までの段階と大きく異なるため、管理段階においても組織的・継続的にCIMモデルを活用するにあたっては、橋梁点検データベースとの連携など、具体的な活用フェーズをイメージして検討を行う必要がある。

5. おわりに

今回の事業は、比較的大規模な構造物を複雑な施工ステップで工事を進めていく必要があり、現場条件を三次元で可視化することができるCIMモデルの活用は設計の

段階で見落としがちとなる現場の問題点を予め確認できるなど、設計のフロントローディングに非常に有効であることが明らかになった。

また、優先交渉権者（施工者）が詳細設計のタイミングで検討に加わるECI方式においては、工事のステップを立体的に確認しながら施工計画の検討を行うことができるため、通常の場合よりも一層の活用効果があることが明らかになった。

今後は工事の施工段階に移行するが、将来の維持管理段階におけるデータ活用も念頭に置き、引き続きBIM/CIMの積極的な活用方策の検討を行って参りたい。

謝辞

ご協力を頂いた大日本コンサルタント（株）、日本ファブテック(株)、鴻池組(株)に深く感謝申し上げます。

参考文献

- ・国土交通省：国土交通省直轄工事における技術提案・交渉方式の運用ガイドライン，pp.31-33，2017.
- ・国土交通省CIM導入推進委員会：CIM導入ガイドライン（案），2017.