

i-Constructionの普及・促進について ～効率的な建設生産・管理システム構築に 向けたモデル事務所での取組～

本村 洋介¹・太田 衛司²

¹豊岡河川国道事務所 工務第二課 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町10-3)

²京都国道事務所 (〒600-8234京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808) .

豊岡河川国道事務所は、平成31年3月に決定したi-Constructionの取組をリードするモデル事務所(全国10事務所)であり、集中的かつ継続的に3次元データを活用することで、効率的な建設生産・管理システム構築を目指し、段階モデル確認書(豊岡オリジナル版)の検討、3次元データの契約図書化に向けた検討、i-ConstructionやBIM/CIMの普及、促進を目的とした広報活動などを行った。これらの取組内容や取組を通じて確認できた効果や課題等について、報告する。

キーワード i-Construction, BIM/CIM, 建設生産・管理システム, 3次元モデル

1. はじめに

建設業界は、他産業に比べ、就業者の高齢化が進んでおり、今後、少子高齢化の加速による更なる高齢化が想定され、また、休日や職務内容などの労働環境も他産業に比べ厳しく、若手が入職・定着しづらい状況にある。

このような建設業界の現状を踏まえ、国土交通省では、労働者の減少を上回る生産性向上を目的とした生産性革命を行う『i-Construction』の取組として、ICT施工や施工時期の平準化などの様々な取組を行っている。

豊岡河川国道事務所は、平成31年3月に決定したi-Constructionの取組をリードするi-Constructionモデル事務所(全国10事務所)である。(図-1)



図-1 全国のi-Constructionモデル事務所

i-Constructionモデル事務所は、事業プロセスの改善に取り組み、建設生産・管理システム全体の効率化に向け、調査・設計から維持管理までBIM/CIMを活用し、3次元データの活用やICT等の新技術の導入を加速化させる『3次元情報活用モデル事業』の実施と、集中的かつ継続的に3次元データを活用することで、事業の効率化を目指す。

『3次元情報活用モデル事業』には、豊岡河川国道事務所の「門山川中郷遊水地整備事業」と「北近畿豊岡自動車道豊岡道路」が位置づけられている。

本稿では、i-Constructionモデル事務所である豊岡河川国道事務所での効率的な建設生産・管理システム構築に向けた取組内容や取組を通じて確認できた効果や課題等について、報告する。

2. BIM/CIMの概要と取組の主旨

これまで建設業(土木)では、2次元の紙の図面が主流となっているが、製造業などでは3次元の電子データ(3次元モデル)を活用して生産性を向上させている。同様に建設生産・管理システムでも、対象とする構造物等の形状を3次元で立体的に表現した「3次元モデル」を活用すれば、生産性の向上が期待でき、さらに3次元モデルに「属性情報」(部材等の名称、形状・寸法、物性及び物性値(強度等)、数量、維持管理に必要な情

報など)を結びつけ、生産性の向上のみならず品質の向上も期待されている。

この3次元モデルに各種の情報を結びつけ活用していくことをBIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) という。(図-2)

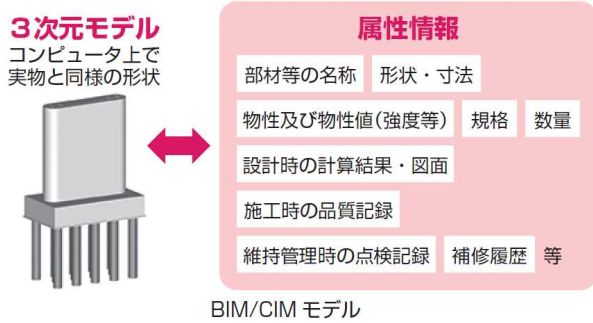


図-2 BIM/CIMモデル概念図

調査・計画・設計段階からBIM/CIMモデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても、情報を充実させながらこれを活用し、事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産・管理システムにおける受発注者双方の業務効率化・高度化を図っていく。

「円山川中郷遊水地整備事業」と「北近畿豊岡自動車道豊岡道路」は、両事業とも、過年度に2次元の詳細設計が完了し、現在、施工段階にある。このことから、当事務所では、施工段階で活用できる3次元データの作成を行い、3次元データの品質確保、業務効率化、その後の維持管理の高度化につなげることを主眼に置き、3次元データの品質確保が期待される「段階モデル確認書の検討」、効率的な3次元データ流通の基礎になると考える「3次元データの契約図書化」を中心に検討を実施し、BIM/CIMモデル構築検討を行った。

3. 段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）の検討

BIM/CIM活用業務・工事において、「段階モデル確認書を活用したBIM/CIMモデルの品質確保」を活用する実施項目として選択した場合に、段階モデル確認書を用いることになる。

1) BIM/CIM活用における「段階モデル確認書」作成手引き【試行版】(案) (以下「手引き」という)において、段階モデル確認書は、業務・工事を実施する際の一連のプロセスにおいて、データ連携のプロセス、確認すべき情報やその要件を示したもので、事業を実施する受発注者間でデータ連携の手順や方法を明らかにするために作成するものとなっており、業務・工事開始前に、発注者が作成し、受注者に提示することとなっている。

(図-3)

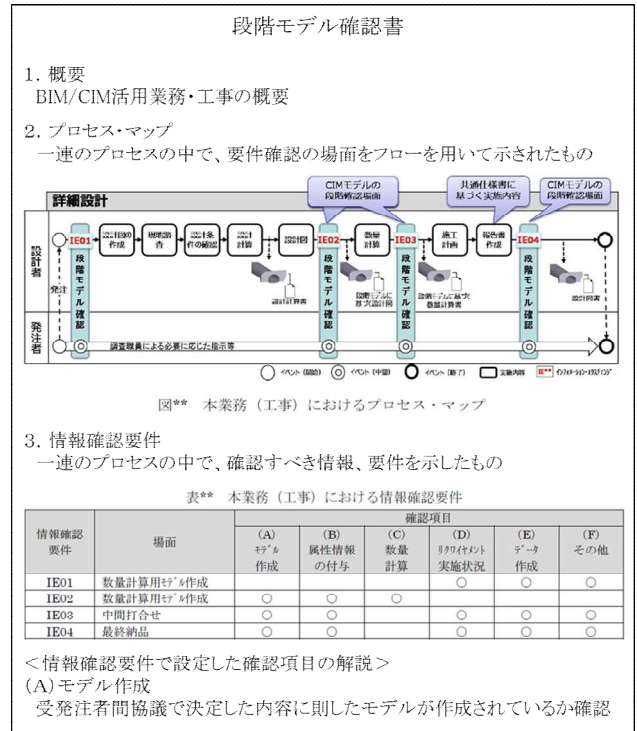


図-3 段階モデル確認書の雛形イメージ

手引きでは、この段階モデル確認書の活用により以下の効果（課題）が上げられている。

- ① 業務・工事における事業の一連の流れで、データ連携のタイミングや連携すべき情報を受発注者間で共有できる。(⇒現状、どのようなプロセスで、どのような情報が作成・引継がれたか把握が困難)
- ② 発注者から受注者への要求事項（以下「リクワイヤメント」という）を具体化でき、受発注者双方が、何を求められており、何を実施すべきか明確に把握することが可能。(⇒現状、発注者から受注者へのリクワイヤメントに対し、具体的な要求内容が不明)

(1) 現状の課題

発注担当者は、事業の各段階で適切な時期に必要な確認を行う必要がある、手引きでも概ねの確認時期や情報確認要件は雛形で例示されているが、具体的に各段階でどのような確認をすればいいのかまでは示されていない。

例えば、(A)モデル作成では、「内容に則したモデルの作成を確認」となっているが、実際の確認において、初回時は与条件確認(地形モデルや設計モデルの有無など)が必要であり、途中段階では不整合箇所の確認が必要と考えられるが、それが明記されていない。また、各情報確認条件はどのような目的で確認が必要なのか明記されていない。

実際に活用しようとした際に、何のために、何を、どのように確認すればいいのかわからずに、活用しづらい

という課題が生じた。

(2) 段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）の作成

段階モデル確認書の活用は、フロントローディング（前工程で負荷をかけ、集中的に検討することで、後工程で生じそうな手戻り等を未然に防ぐ）となり、3次元データの品質確保に資することから、上記の課題を踏まえ、誰もが手戻りを未然に防ぐ確認ができるよう、豊岡河川国道事務所オリジナルの段階モデル確認書（以下「段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）」という）を作成（図4）することとし、段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）では、手引きにある雛形から以下の点の改良を加えることとした。

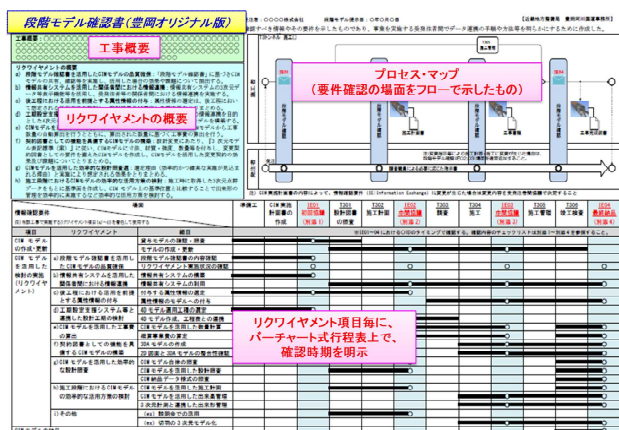


図4 段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）

a)各項目毎に確認する時期を明示

BIM/CIM活用業務・工事では、建設生産・管理システムにおける受発注者双方の業務効率化・高度化を図るために活用するリクワイヤメント項目を設定し、実施することとなっているが、このリクワイヤメント項目毎に、バーチャート式行程表上で、どの段階で確認すればいいのかわかるよう、確認時期を明示した。

b)チェックシート作成

BIM/CIM活用において、後工程での手戻りを未然に防ぐために、受発注者が各段階で（いつ）、どのような確認をしなければならないかを具体化したチェックシートを作成した。（図5）



図5 段階モデル確認書（豊岡オリジナル版） チェックシート

(3) 期待される効果と今後の方針

段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）の作成、活用により、確認時期や確認内容が明確となり、BIM/CIM活用の場面で、受発注者間で円滑かつ確実な情報確認ができ、手戻りを未然に防ぐことで、建設生産・管理システム全体の業務効率化やBIM/CIMモデルの品質確保に繋がることが期待される。

今後は、今回作成した段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）をBIM/CIM活用業務・工事で活用しながら、業務改善効果や課題を整理し、段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）の改善を図っていく。

4. BIM/CIMモデルの構築検討

(1) 3次元モデル詳細度の整理

2) CIM 導入ガイドライン（案）第1編 共通編では、BIM/CIMモデル詳細度の定義は、図6のとおり示されている。

詳細度	共通定義	【参考】工種別の定義例	サンプル
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	構造物（山岳トンネル）のモデル化 対象構造物の位置を示すモデル（トンネル）トンネルの配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル	
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。標準横断で切土・盛土を表現、または各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスイープさせて作成する程度の表現。	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル（トンネル）計画道路の中心線形とトンネル標準横断面モデル化。坑口部はモデル化せず位置を示す。	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形状を正確に表現したモデル。	主構造の形状が正確なモデル（トンネル）避難通路などの拡張部の形状をモデル化する。検討結果を基に適用支保パターン範囲を記号等で、補助工法は対象工法をパターン化し、記号等で必要範囲をモデル化する。坑口部は外形寸法を正確にモデル化する。舗装構成や排水工等の内空設備をモデル化する。箱抜き位置は形状をパターン化し、記号等で設置範囲を示す。	
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度 300 に加えてロックボルトや配筋を含む全てをモデル化（トンネル）トンネル本体や坑口部、箱抜き部の配筋、内装、支保パターン、補助工法の形状の正確なモデル化。	
500	対象の現実の形状を表現したモデル。	設計・施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデル	-

図6 BIM/CIMモデル詳細度の定義

3次元情報活用モデル事業となっている北近畿豊岡自動車道豊岡道路では、過年度の設計業務において、従来の2次元による設計に加え、おおよそ詳細度 200 の3次元モデルを作成していた。

施工段階においても、BIM/CIMモデルの活用を行うていくためには、より詳細なモデル作成が必要と考えられる。モデル詳細度もレベルが上がれば、よりきめ細かなモデルを作成する必要があり、作成コストもかかる。維持管理段階での活用も踏まえ、どの程度のモデルを作成すべきかは総合的に検討する必要があり、検討に時間も要することから、まずは、段階的に詳細度 300 のモデ

ル構築を行うこととした。

(2) 3次元モデルの作成

過年度の2次元設計の線形情報や2次元図面（横断面など）を3次元ソフトウェアに読み込み、3次元空間に2次元図面を配置し、詳細度300の3次元モデルを作成した。（図-7）

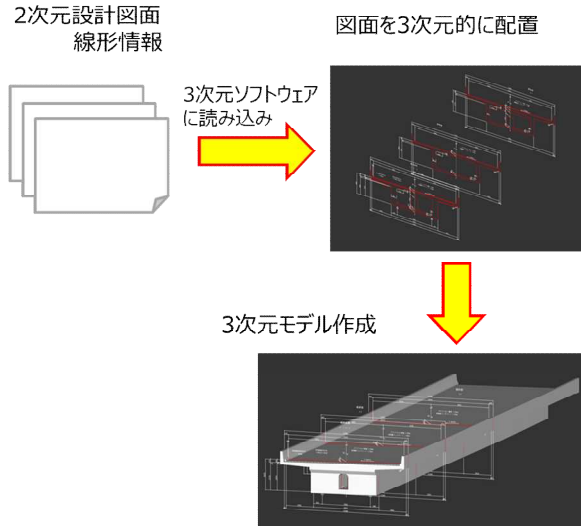


図-7 3次元モデル作成の手順

作成した3次元モデルにより設計の検証を実施したところ、橋台背面と土工部の間で隙間が生じている箇所や、橋梁検査路と土工の干渉などいくつかの不整合が確認された。（図-8）2次元図面と正確に一致する3次元モデルを作成したことで、2次元図面間（土工部と橋梁）の不整合が見つかり、施工段階で発覚する手戻りを未然に防ぐ効果も確認できた。

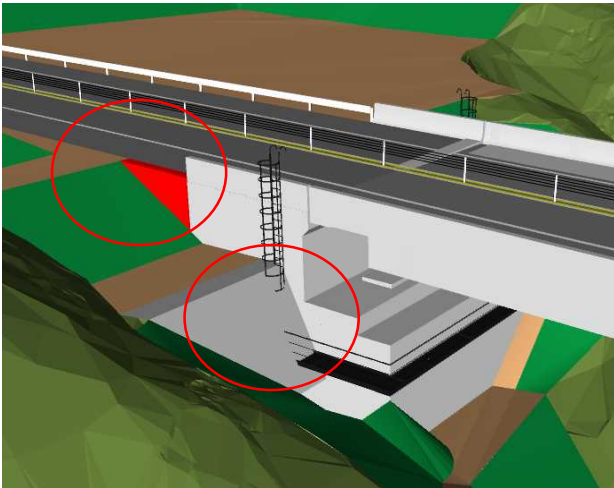


図-8 2次元図面と3次元モデルの不整合の例

(3) 属性情報の付与

形状・寸法、施工時の品質記録、維持管理に必要な情報などの属性情報を3次元モデルに結びつけ、一連の建設生産・管理システムにおける業務効率化・高度化を図

る。

② CIM導入ガイドライン（案）第1編 共通編では、構造物の部材の諸元や数量等のデータを定型化し、ソフトウェアの機能により「3次元モデルに直接付与する」方法と、文書や図面のように非定型な情報を外部参照のファイルとして参照（リンク）し「3次元モデルから外部参照する」2つの方法が示されている。（図-9）

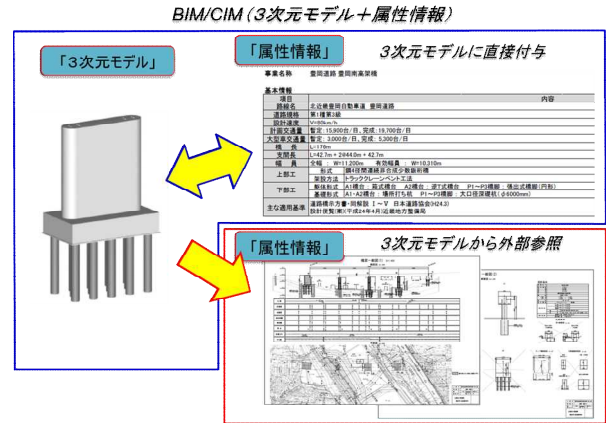


図-9 属性情報の付与方法のイメージ

「3次元モデルに直接付与」した場合、属性情報も3次元モデル上で一元的に管理できる利点があるが、BIM/CIMモデル自体のデータが大きくなることや、現状の3次元ソフトウェアは属性を直接付与する機能が充実していないため、文章や図面のような非定型な情報を直接付与することが難しいと考えられたため、「3次元モデルから外部参照する」方法で、属性情報の付与を行い、BIM/CIMモデルの構築を行った。

今後は、リンク切れの検証や効率的な維持管理が出来るよう、必要となるデータ（設計・施工時の情報、点検記録等）の整理、情報の取り出し方などの検討を行っていく。

5. 3次元データの契約図書化に向けた検討

建設生産・管理システム全体での3次元データの活用を促進させ、BIM/CIM活用業務・工事での3次元データの契約図書化の実運用による更なる効率化に資することを目的に、3次元データの契約図書化に向けた検討を行った。

現状は、寸法、注記情報等が記載された2次元図面が契約図書として位置づけられており、受発注者間で2次元図面（契約図書）と3次元モデル（参考資料）の両方のデータの流通を強いられている。この結果、3次元モデルとは別に2次元図面を作成する必要が生じており、さらには、2次元図面と3次元モデル間の整合性確認といった作業が発生し、生産性向上を阻害する一因となって

いる。また、将来的には、建設生産プロセスで一貫して3次元モデルのみを流通・利活用できることが望ましいが、現在は3次元データ利活用の過渡期であり、現行形式の2次元契約図書に対応した方法も検討の必要があると考えた。

以上の現状を踏まえ、以下の3点での検討を行った。

- ① 3次元モデルから3次元データの契約図書を作成する方法（将来形）
- ② 2次元図面から3次元データの契約図書を作成する方法（従来の設計から将来形を作成）
- ③ 3次元モデルから2次元図面の契約図書を作成する方法（現行の契約形式）

(1) 3次元モデルから3次元データの契約図書を作成する方法

作成した3次元設計モデル上に直接、寸法線などを配置する方法で行った。

この方法は、2次元図面の作成が不要となる。また一方で、3次元ソフトウェアを用い、作業者が直接寸法線等を表記する作業が必要で、2次元CADによる寸法線入力作業よりも煩雑であるため、その作業に多大な労力を要することや、2次元設計がある場合には2次元図面との整合性の確認が必要となること、変更契約時にも、同様の作業が必要となるといった課題が確認できた。

(2) 2次元図面から3次元データの契約図書を作成する方法

2次元設計の線形情報や2次元図面（横断図など）を3次元ソフトウェアに読み込み、3次元空間に2次元図面を配置し、3次元モデルを作成し、3次元モデル上に2次元図面を重ねて表示する方法で行った（前4章で作成したBIM/CIMモデル）。寸法線等は、読み込んだ2次元図面の寸法線がそのまま表示されるため、寸法線等の表記作業は不要となる。

この方法は、多くの3次元ソフトウェアで実施可能で、前4章でも述べている2次元図面と3次元モデルとの整合性の確認にも利用でき、従来の2次元図面をベースとするため、契約変更時にも必要となる修正作業も対応しやすいという利点を確認できた。また一方で、従来の2次元図面を必要とし、2次元図面と3次元モデルの2重で図面作成しなければならないという課題は残った。

(3) 3次元モデルから2次元図面の契約図書を作成する方法

3次元モデルから2次元図面を電子データで出力し、出力した2次元図面に、従来と同様な方法で、2次元CADを用いて、契約図書として必要となる寸法線等の表記する方法で行った。

この方法では、契約図書として必要となる箇所を選定を行った上で2次元図面の出力や寸法線等の表記に要す

る作業手間や、出力した2次元図面と元の3次元モデルが整合性の確認など必要であることと、2次元図面と3次元モデルの2重で図面作成しなければならないという課題が確認できた。

(4) 3次元データの設計図書化の各作成手法の検討まとめ

今回は、3次元データ利活用の過渡期であり、現行制度の2次元契約図書に対応しておくことも踏まえ、③3次元モデルから2次元図面の契約図書を作成する方法も検討したが、2次元図面の出力や寸法線等の表記に要する作業手間、2次元図面と3次元モデルの2重で図面作成しなければならないという課題はあり、建設生産・管理システム全体で一貫して3次元データの活用を目指すという目的から逸れてしまうことになる。

①②の3次元データの契約図書を作成する2つの方法においても、3次元データに、直接寸法線等を表記する作業が生じ、その作業量が多大であることが生産性向上という面でも大きな課題である。

今後は、今回検討の課題からも、容易に寸法線等の表記ができる機能などの3次元ソフトウェアの機能向上や実務者の習熟が望まれる。また、3次元データが契約図書となることを前提とした契約図書の在り方や契約図書として必要な3次元モデル詳細度、3次元データの照査方法などの検討も必要となってくる。

6. 広報活動

豊岡河川国道事務所は、i-Constructionの取組をリードするモデル事務所の目的を果たすため、i-ConstructionやBIM/CIMの普及、促進を目的に、勉強会や事務所主催イベントを実施した。

(1) 勉強会の実施

当事務所や近隣事務所の職員、工事・業務受注者、当事務所管内にある地元建設業者、地方公共団体を対象に、H31(R1)年度に2回の勉強会を実施した。

参加者のアンケートからは、「定期的に行ってほしい」、「難しそうというイメージがあったが、少し前向きな気持ちになり、小さなところからチャレンジしてみたい」など前向きな感想が多く見受けられた。

一方、参加者の年代別分布（図-10）から、参加者は40代～50代の中核やベテランとなる技術者が多く、次世代を担う20代の若手技術者が少ないことがわかった。今後も、勉強会を継続し、若手技術者にも参加いただける取組となるよう、改善を図っていく。

勉強会参加者(94名)
年代別分布

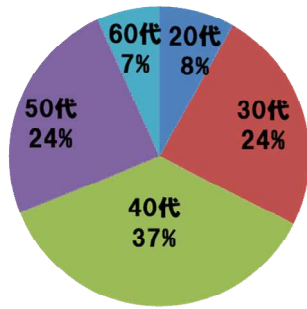


図-10 BIM/CIM勉強会参加者の年代別分布グラフ

(2) 広報イベントの実施

これからの将来を担う子どもたちや地元の方々をターゲットに、円山川中郷遊水地整備事業地で、広報イベントを実施した。

このイベントは、将来を担う子どもたちへ向け、建設業界の仕事に興味を持ってもらいたいとのコンセプトで、豊岡河川国道事務所の若手職員が主体となって企画・調整し、イベント名を「あたらしいどぼくのせかい」と名付けた。イベント内容は、円山川中郷遊水地整備事業に関連する施工受注者の協力も得ながら、実際の施工現場で使われているICT建設機械やUAV（ドローン）のデモ、災害対策車両等の展示、3次元モデルの操作体験、コンクリートクラフトなどのブースを設置した。（図-11）

全体で約150名の参加があり、参加者からのアンケートから、「子どもが喜んでいて」や「3Dモデル体験は、実際に運転している感覚でおもしろかった」など少なからずの興味を引くことができたと感じている。

今後も、広報活動イベントを実施し、より多くの方から参加いただけるよう戦略的な広報を考えていく。



図-11 「あたらしいどぼくのせかい」 イベント会場マップ

7. その他の取組

本稿では詳述しないが、他にも維持管理段階も見据え必要な属性情報の整理や3次元ソフトウェア間の互換性の整理、情報共有システムの活用検討なども行った。

その中でも、情報共有システムの活用検討において、実際に複数のWeb会議システムを使い、使用比較を行った。この取組は、打合せに伴う移動時間の削減や遠隔での打合せが可能で、生産性向上に加え、新型コロナウイルスのような感染症対策としても有効であったことが確認できている。

8. まとめと今後の取組方針

効率的な建設生産・管理システム構築を目指す取組の中で、2次元図面と3次元モデルの2重で図面作成しなければならないことや3次元データの契約図書化にあたり、3次元データへの寸法線等の表記作業に多大な労力を要している課題などがあり、ソフトウェアベンダーも含めた業界全体での課題解決への取組が必要である。

今後は、引き続き、段階モデル確認書（豊岡オリジナル版）の改善検討、3次元データの契約図書化の検討・試行、将来の維持管理を踏まえた3次元モデルの必要詳細度の検討、i-ConstructionやBIM/CIMの普及、促進を目的とした広報活動を行う。また、4Kカメラを使ったAIによる岩判定の基礎データ収集及びトンネル切羽3Dモデルを維持管理へ引き継ぐ検討も予定している。

i-Constructionモデル事務所として、建設業界の生産性向上、効率的な建設生産・管理システム構築に向け、積極的に不断の改善に取り組んでいき、明るい建設業界の未来への一助になればと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房技術調査課「BIM/CIM 活用における「段階モデル確認書」作成手引き【試行版】（案）」、令和元年5月
- 2) CIM 導入ガイドライン（案）第1編 共通編、令和元年5月

太田 衛司

（現所属： 近畿地方整備局 京都国道事務所）

本稿は従前の所属である豊岡河川国道事務所における所掌内容をもとに執筆したものである。