

機械設備におけるCIM導入の取り組み

泰松 宏平 たいまつ こうへい

国土交通省 総合政策局
公共事業企画調整課 施工安全企画室

田中 義光 たなか よしみつ

国土交通省 国土技術政策総合研究所
社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室

1. はじめに

CIM (Construction Information Modeling/Management) とは、計画・調査・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても、必要な情報を充実させながらこれを活用し、併せて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、一連の建設生産システムにおける受発注者双方の業務の効率化・高度化を図るものである。

国土交通省では、平成24年度からCIMの試行を開始し、平成30年度末までに600件を超える工事・業務で実施されている。機械設備分野においては平成29年度より取り組んでおり、ゲート設備、揚排水ポンプ設備、トンネル機械設備等について18件の試行実績(H30年度末)という段階である。機械設備分野では、この試行工事・業務の検証によって要領等の整備・改訂を適切に実施し、CIMの活用を着実に拡大させる取り組みを進めている。

機械設備分野の公共事業に携わる関係者(発注者、受注者)に対し、円滑にCIMを導入できることを目的として、平成30年3月に基本的な事項を暫定的に定めた「CIM導入ガイドライン(案 機械設備編(素案))」を策定した。これまでの試行の結果、期待される活用効果が得られた反面、解決すべき課題も明らかになってきたため、現在その解決策を立案し、ガイドラインの改訂に向けた検討を進めている。

本稿では、試行工事・業務における活用効果と普及に向けての課題、今後の取り組みについて報告する。

2. 機械設備における活用事例

2.1 試行状況

試行工事・業務の内訳は以下のとおりである。

表一 機械設備試行状況

工種	設計業務	工事
ゲート設備	1	10
揚排水ポンプ設備	1	2
トンネル換気設備		1
トンネル非常用設備	1	2
計	3	15

【全18件】

ゲート設備には、ダム用ゲート設備が含まれている。ゲート設備工事が10件と全体の半数を超えており圧倒的に多いが、令和元年度以降では、揚排水ポンプ設備を対象とした試行案件も増える予定である。

2.2 活用効果の傾向

試行工事・業務では、自由に検証項目を設けられるようにした上で、検証項目毎に、**経済性、工程、品質、出来形管理、安全性、施工性、環境への配慮、その他** という各視点により受

発注者双方で評価した。

CIM導入ガイドライン(案)共通編において例示されている、CIMの導入効果は「コンカレントエンジニアリング」(設計・施工関係各者がプロジェクトに参画し効果的に推進すること)「フロントローディング」(設計段階からシミュレーション等により前倒しで問題点を解決すること)であり、具体的には次のような効果が期待されている。

- ①情報の利活用(設計の可視化)
- ②設計の最適化(整合性の確保)
- ③施工の高度化、判断の迅速化
- ④維持管理の効率化、高度化
- ⑤構造物情報の一元化、統合化
- ⑥環境性能評価、構造解析等

機械設備関係の試行においては、設計の可視化(3次元化)によって、会議や打ち合わせにおける関係者の理解度が向上し、意思決定(判断)の迅速化も図られた事例が複数あった。具体的には、ソフトウェアの機能を用いて施工方法をビデオ化したもの、さらにVR(virtual reality: 仮想現実)技術を用いて関係者に施工方法を周知した事例も見られた。

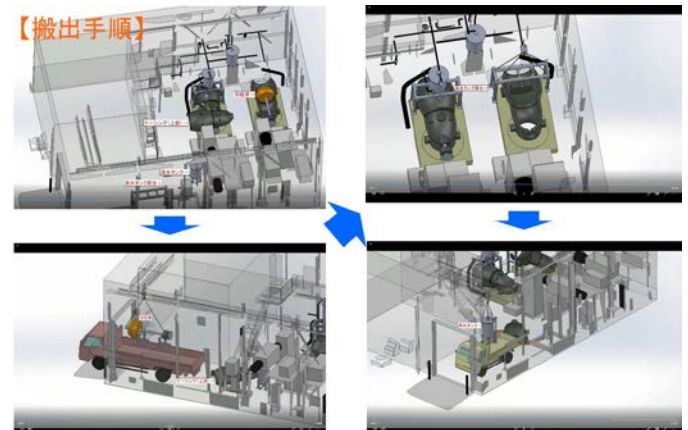
また、ゲート設備の施工前の設計照査において、維持管理作業の安全確保に資する手すりやマンホール位置、点検作業の容易性を確保する計器位置の検討などを実施した事例もある。

2.3 活用事例

試行工事・業務のうち、特徴的な事例を紹介する。

1)横軸ポンプ設備整備工事の例

既設横軸ポンプ設備の整備工事にあたり、現場の限られたスペースを使って効率的に主ポンプを搬出・搬入する方法を3Dモデルでビデオ化しシミュレーションした。施工前に当該ビデオを関係者が観ることによって、作業全体の流れを把握することができ、各作業関係者に対しても点順の理解と危険箇所の把握を容易に行うことができた。



図一 横軸ポンプ整備工事における搬出シミュレーション

2)小形ゲート設備設計業務の例

開閉装置付フラップゲート設計業務で、操作室内の機器配置や据付の施工方法に関して3次元モデル及びVRを用いた打ち合わせを行い、受発注者間の意思決定の迅速化を図った。また、VRは工事の安全確保や維持管理の面でも活用できることがわかった。



樋門操作室から施工現場を望む

VR装置を用いて
仮想空間内に
没入が可能

図-2 ゲート設計業務におけるVR活用状況

3)ゲート施工時における付帯設備の検討例

プレートガーダ式ゲート扉体に設ける点検用の人孔や手摺りについて、3次元モデルにおいて点検作業を想定したうえで安全に配慮し、人孔の開閉方向と手摺り位置を最適化した。

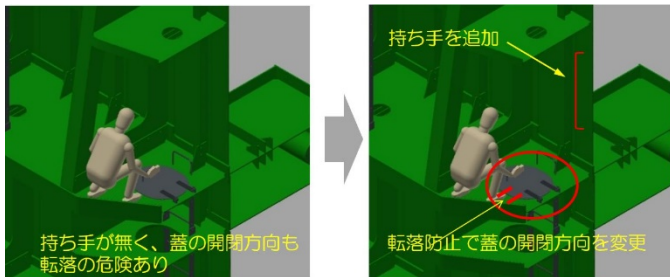


図-3 ゲート扉体の人孔と手摺り配置を検討した例

2.4 その他の活用法

国土技術政策総合研究所社会資本施工高度化研究室では、CIMの効果的な活用法、課題解決に関する研究を行っている。ここでは効果的な活用法について紹介する。

1)機械・土木・建築モデルの統合

機械設備と土木構造、建築構造を統合したモデルを構築することで、複雑な構造・形状の把握や相互の干渉確認が容易になる。

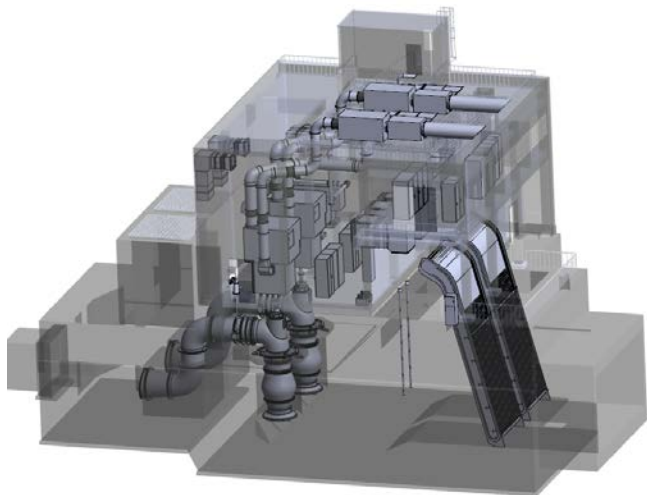
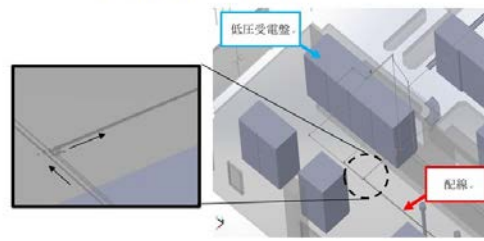


図-4 機械・土木・建築統合モデル（排水機場）

図-4はその事例であるが、例えば天井クレーンがないこの機場において主原動機をどのように搬出するか、図-1のケー

スと同じように検討できるとともに、配管や配線をモデル化することで数量の自動算出も可能になる。特に、配管・配線ルートや接続機器設置位置の調整時に数量の見直しが容易になる。

3D-CADでの配線描画



配線数量一覧（抜粋）

名前	ケーブル規格	ルート長さ [mm]	同一ケーブル規格の ルート長さ合計[m]
P-003_1号発電機_低圧受電盤	600V CVT 32sq-3C	28681.07	-
P-004_2号発電機_低圧受電盤	600V CVT 32sq-3C	27386.42	56.067
P-011_低圧受電盤_自家発電系共通機軸機	600V CVT 38sq-3C	5275.28	5.275
P-008_低圧受電盤_除塵機操作盤	600V CVT 22sq-3C	12344.55	12.345
P-007_低圧受電盤_商用・自家発電系共通機軸機	600V CVT 14sq-3C	4393.64	-
P-005_低圧受電盤_1号主ポンプ動力制御盤	600V CV 8sq-3C	3770.75	-
P-006_低圧受電盤_2号主ポンプ動力制御盤	600V CV 8sq-3C	3782.79	7.554
P-017_低圧受電盤_無停電電源装置	600V CV 8sq-2C	8775.61	8.776
P-012_低圧受電盤_制御用直流電源盤	600V CV 5.5sq-3C	5717.52	-
P-013_低圧受電盤_入出力制御盤	600V CV 5.5sq-3C	9122.39	14.840
P-063_1号ガスタービン駆動用直流電源盤_1号プライミング 燃料フィードポンプ	600V CV 5.5sq-2C	6498.67	-
P-069_2号ガスタービン駆動用直流電源盤_2号プライミング 燃料フィードポンプ	600V CV 5.5sq-2C	7086.97	-
P-034_無停電電源装置_入出力制御盤	600V CV 5.5sq-2C	4242.74	17.898

図-5 配線数量の算出例

図-5は、図-4に示す排水機場の配線数量を自動算出した事例である。

2)パラメトリック機能

パラメトリック機能とは、3Dモデルに予め設定したルール（寸法等の関係を数式化したもの）に基づき、1カ所変更すればそのルールに基づいて関係する箇所が自動的に調整される機能である。図-6に小形ゲートの扉体幅・扉高を調整できるモデルの事例を示す。

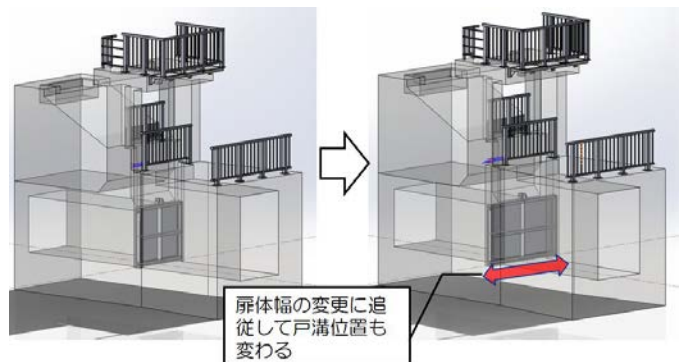


図-6 小形ゲート設備のパラメトリック機能例

扉体幅や扉高について大幅な変更を行えば当然のことながら強度の再計算も必要となるが、戸当たり周りの軽微な調整であれば作業が容易になり、2次元図面でありがちな関係図面（特に施工に関する図面）の修正忘れなどを防止できる。

3. 普及に向けての課題

3.1 試行により明らかになった課題

平成29~30年度におけるCIM試行事例のうち特徴的な事例を抽出し、受発注関係者に対して活用効果や課題に関するヒアリングを実施した。

3次元モデルにより「効果あり」と評価された事例を前項において紹介したが、試行が始まった現段階における全体傾向としては、品質・出来形管理、安全性、施工性に関して設定された評価項目については「効果有り」「やや効果あり」と評価され

る場合がある一方で2次元レベルと「同等」という意見も多く、さらに「経済性」と「工程」では「やや劣る」「劣る」とする声が多かった。この評価に影響する要素を集約すると以下の5点である。

- ①モデルの作成労力が大きい
- ②モデル作成のノウハウがない
- ③詳細度の定義がわかりにくい
- ④詳細度に関連し、企業の知財保護を担保する必要がある
- ⑤土木・建築系ソフトにより作成したモデルとの統合が難しい

これらの課題は、相互に関連しており、効果的な対応策が必要となっている。

3.2 各課題の背景

一般的に、メーカーの土木機械設備部門には、設備設計と3D-CADソフトウェアの双方を熟知した技術者が非常に少なく、当該技術者がいない企業もある。従って、発注者がCIMを用いた工事を発注すると、受注者はCIMに関する多くの作業を外注することが多く、その委託先に対する発注段取り、モデル作成・修正等の調整に係る労力がコストと工程に大きく影響している。

また、3D-CADソフトウェアは、土木・建築系と機械系では異なる製品が使われている。機械系ソフトウェアは、1970年代より航空機等の機械設計や製造分野に導入され、現在に至るまで様々な機能や「部品」などを有するものが開発されており、大量生産品やあるいは複雑で多数の部品を有する機械の設計・製作に活用されてきた。土木・建築分野においても1980年代後半より建築分野で導入され始め、BIM（Building Information Modeling）として活用されるソフトウェアとして発展し、続いて土木系ソフトウェアについても土木構造特有の線形を表すことを得意とするソフト、地形を設計に取り入れることが得意なソフトなどが開発されてきている。

土木機械設備は、土木・建築構造と一体で機能を発揮することから、コンカレントエンジニアリング及びフロントローディングを実現するためには、土木・建築のモデルと統合できることが重要になるが、機械の構造部分を土木・建築系ソフトウェアで扱うと、多くの部品やアセンブリを自ら作成する必要があるなど機能面で非効率である。

機械系モデルと建築系・土木系モデルの統合ではIFC（Industry Foundation Classes：3D-CADソフトウェア間のデータ共有化と相互運用を可能にするために共通の特性を定義したもの）に変換し、いずれかのソフトウェアのモデルに統合する方法が考えられるが、現状のIFC2×3及びIFC4等の定義では、機械系と土木・建築系のモデルを完全には統合・共有できないケースが多い。国総研において、機械系ソフトで作成（土木構造も含めて描画）した樋管モデルをIFC2×3に変換し、建築系ソフトで表示した事例を図-7に示す。

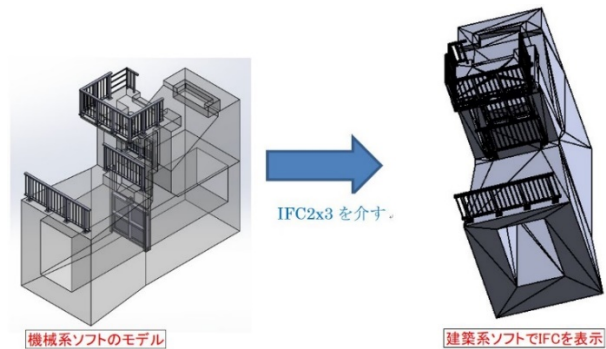


図-7 機械系ソフトウェアモデルのIFCによる変換

機械系ソフトウェアのモデルをIFCに変換した段階で、面が三角形に分割されてしまっていることがわかった。IFC2×3は、多くの建築系ソフトウェアでは適正に読み込めるので、この事例においては建築系ソフトによる読み込みに問題はなく、機械系ソフトウェアがIFC2×3に変換することが難しいことを示している。また、機械系ソフトウェアのなかには、IFCの読み込みができないものもある。

CIM導入ガイドライン機械設備編（素案）には、ゲート設備扉体を対象として、詳細度（100から500まで5段階）の定義例が示されているが、ポンプ設備やトンネル換気設備など多様な機械設備に対しても、各関係者が同じレベルで詳細度を理解できるように拡充が必要である。前述のように、機械設備の3D-CADソフトウェアは、製品の設計・製造分野において普及・発展してきた。土木機械設備では、工場製作と据付工程があり、完工後は維持管理において設備管理者側が3Dモデルを活用することになる。従って、計画・設計・施工・維持管理の各場面でどのようなモデルの使い方をしていくのかは、試行工事・業務を通じて考察し、具体的な内容をブラッシュアップしていかなければならない。詳細な機械の3次元モデルは設計や製造ノウハウが網羅されていることから、発注者は維持管理段階を見通し、どのような情報が必要であるか熟慮する必要があり、詳細度の取り扱いにおいて、必要以上の詳細度を発注者が求め、不要なモデル作りに労力が割かれることがないように配慮する必要がある。

4. 今後の取り組み

4.1 詳細度定義例の拡充

CIM導入ガイドライン機械設備編（素案）における詳細度定義例を、計画・設計・施工の各段階で「どの程度まで書くべきか」という視点でより分かりやすく表現するとともに、揚排水ポンプ設備に関する記述を充実させる予定である。また、実際の揚排水ポンプ設備及び河川用ゲート設備の3Dモデルに必要となる主要構成機器・部品例を詳細度毎に作成し、発注者側が必要とする詳細度のレベルをより分かりやすく示すことによって、他工種におけるモデル化における標準的な指標となるよう工夫していきたい。

詳細度の定義及びその運用方法によって、効率的なモデル作成に資するとともに、BIMにおけるエレベータや空気調和設備などの事例を参考としながら、企業知財・ノウハウに関する構成機器の内部構造をモデル化しない等の方策を明確にしていきたい。

4.2 3Dモデル構築方法の提案

平成30年度は、小形ゲート設備におけるパラメトリックモデルを試作した。今後は、ワイヤーロープウインチ式ローラーゲート設備及び一般的な立軸ポンプ設備（ディーゼル機関駆動）のパラメトリックモデルを試作する予定であり、設計段階から施工に至るまでに現実的に調整が想定される項目をいくつか設定し、パラメトリック機能による変形が可能な3Dモデル構築方法を立案していく。

4.3 ビューソフトの利活用

土木・建築系ソフトにより構築したモデルと機械系モデルとの統合に関しては、引き続きIFCその他の中間ファイル形式の利活用を検討するとともに、可及的速やかに現場における運用負担の軽減を図るため、これらのモデルの統合や干渉部の確認などの機能を有したビューソフトウェアに着目する。

ビューソフトは複数のベンダーが開発しており、そのうちの1種類を用いて小形樋管の土木と機械モデルを統合し、干渉確認した事例を図-8に示す。

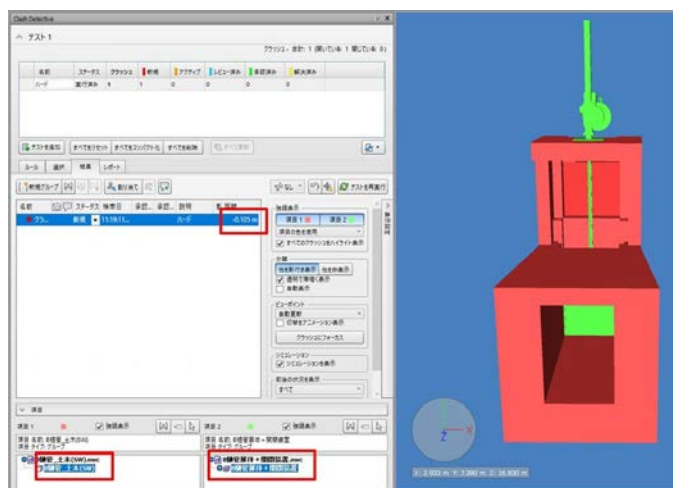


図-8 ビューソフト活用例

図においては、敢えて扉体がコンクリート躯体と干渉するよう設計した。土木構造が赤く表示されているのは干渉していることを示しており、ソフトウェア上で干渉量も確認できるが、機械設備の設計面における利便性については改善の余地がある。今後は、複数あるビューソフトについて、読み込めるファイル形式を確認した上で、コンカレントエンジニアリングに必要な機能をリクワイヤメントとしてまとめ、関係者間で実現可能性を議論するとともに、モデル構築方法においてもビューワ機能を有効に活用できる工夫ができないか検討していく。

5. まとめ

平成29年度より具体的に取り組みが始まった土木機械設備関係のCIMの試行において、具体的な活用効果が見えてきた反面、解決すべき課題も多いことが分かった。試行工事は令和2年度まで継続する予定であり、試行結果を評価しながら必要な課題解決を図っていきたい。

