

機械設備におけるCIM普及の取組み

田中義光・畑迫勇太・山下 尚

1. はじめに

国土交通省では、令和5年度より小規模なものを除く全工事に原則としてBIM/CIMを適用すべく準備を進めている。機械設備に関する工事・業務においては平成29年度より試行を開始し、現在約30件のCIMの活用実績がある。

機械設備工事は、多くの場合「工場製作」と現場での「据付」という2つの工程に分けることができる。このタイプの工事の受注者は、契約図書や現場調査により必要な情報を把握し工場製作を行うが、据付工程に入ってから土木構造の情報に差異が確認されると大きな手戻りを強いられる。従って、CIMの活用目的である「フロントローディング」「コンクリートエンジニアリング※」が実現すると機械設備工事におけるメリットは大きい。試行工事・業務においては、土木構造との取り合い、箱抜き部等の干涉確認、設計照査、施工計画の立案などで従来の2次元設計・施工に比べ高い有用性が確認されている。

しかし、機械設備関係固有の課題も多いことが判明し、これらの解決が普及推進に不可欠である。本稿では、機械設備におけるCIM導入の課題とその対応策について報告する。

2. 機械設備におけるCIM導入の課題

2.1 モデルの作成労力

CIM試行工事・業務のアンケート結果（図-1）では、受発注者とも最も大きな課題として「経済性」を指摘しており、その要因が作成労力である。

試行時のモデルは、「CIM導入ガイドライン（案）共通編及び機械設備編（素案）（平成30年3月）」において定義される詳細度を基に作成されていたが、全般的に細部までモデル化された事例が多く、同じ詳細度でも作成者によって作り込みのレベルが異なるケースも見られた。

また、土木系とは異なるソフトウェアを用いた事

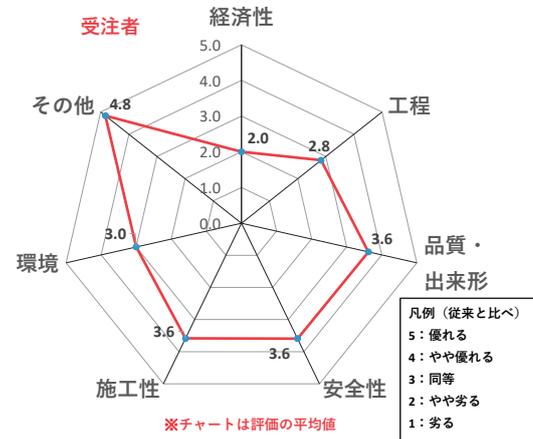


図-1 CIM試行工事・業務アンケート（受注者）

例が多かったが、これは土木系モデルとの統合が容易でないため、土木建築系ソフトを使用した事例もあった。これらが、労力が増大する要素となっている。

2.2 知的財産の保護

3Dモデルは、源流が航空機の設計にあると言われており、機械系企業のインハウスエンジニアにおいて、2次元設計では実現できない緻密な機器内部構造の設計に使われ普及してきた。企業にとって、自社製品の3Dモデルは知的財産保護の観点で外部に提供できない。これに対しCIMの概念は、設計から維持管理まで、関係者でモデルを共有することにある。よって、知的財産を保護しながら関係者で共有できるモデル作りが求められる。

3. 対応策の概要

前項に示した課題への対応策として、令和元年度に「CIM導入ガイドライン（案）第7編機械設備編」（以下「機械設備編」という。）を改訂するとともに、令和2年度には「機械設備CIMモデル作成の留意点」（以下「作成の留意点」という。）を作成し、国土技術政策総合研究所のホームページに公表した。その概要を以下に示す。

3.1 詳細度定義の明確化

CIMにおける詳細度の共通定義が、CIM導入ガ

イドライン（案）に以下のとおり定められている。
（ただし、主要箇所の抜粋である）

詳細度：定義

- 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
- 200：対象の構造形式が分かる程度のモデル
- 300：対象の外形形状を正確に表現したモデル
- 400：細部構造及び配筋も含め正確にモデル化
- 500：対象の現実の形状を表現したモデル

また、工種別の定義及びモデルのサンプル図がCIM導入ガイドライン（案）第2章以降に示されており、ユーザによる作り込みの程度を示している。

これに対し機械設備の詳細度は、事業の進捗段階とし以下のとおり設定した。

詳細度：採用事業段階

- 100：計画段階
- 200：概略設計、予備設計段階
- 300：実施（詳細）設計段階
- 400：施工完了段階（完成図書レベル）
- 500：特に詳細な技術検討用

工種別の定義及びモデルのサンプル図は、機械設備の主たる工種である水門設備、揚排水ポンプ設備、トンネル換気設備について示した。事業の進捗段階を考慮すると、機械設備のモデルでニーズの高い詳細度は300及び400である。詳細度300は、工事着手前に作成できるレベルであることを考慮して主要装置・機器・主要配管の配置及び大きさを表すまでとし、工事実施段階で決まる細部形状はモデルに含めていない。また詳細度400においては、維持管理段階に移行した場合に必要な最小限度のモデル化を想定した。図-2及び図-3に水門設備扉体の詳細度300及び400のサンプルモデルを示す。

詳細度300では、主桁、補助桁、縦桁、主ローラなどゲート形式が明確になる範囲をモデル化した。詳細度400では、点検用の梯子や主桁の水抜き穴の配置、主ローラ周りの構造を具体化した。

しかし、機械設備編で示したサンプルだけでは、システムを構成する主要機器毎にどの程度までモデル化するのか把握しにくい。このため、水門設備と揚排水ポンプ設備については、作成の留意点により主要機器・部品に対するモデル化の考え方を補足することとした。

3.2 主要機器・部品のサンプル公表

作成の留意点では、水門設備と揚排水ポンプ設備

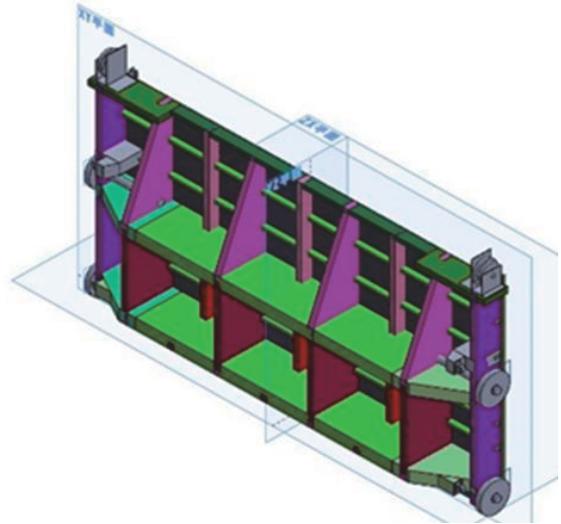


図-2 水門設備扉体（詳細度300）

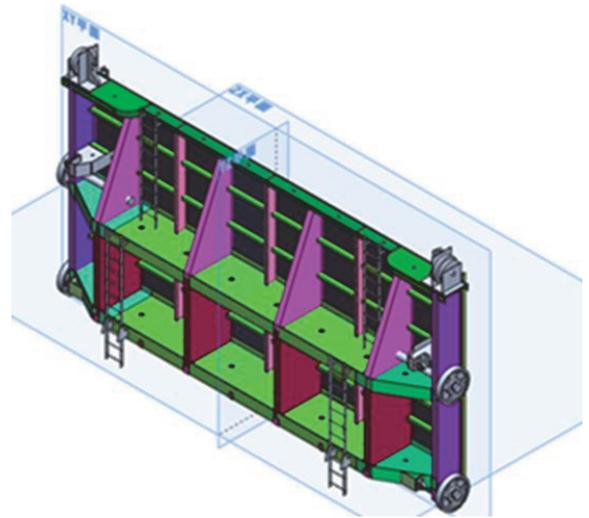


図-3 水門設備扉体（詳細度400）

の主要機器及び部品について、詳細度別のサンプルモデルを掲載し作り込みの尺度を示した。特に、機械設備工事において受注者が調達する減速機、原動機等は形状が非常に複雑なため、各詳細度においてモデル化する範囲を示すことが労力軽減に繋がる。

事例として、図-4及び図-5に揚排水ポンプ設備主原動機のサンプルモデルを示す。詳細度300では、単純な直方体と円筒の組み合わせで原動機の概略形状と大きさを示すとともに、設計上重要となる冷却水・燃料・排気などの配管類の取り合いを示すのみとした。主原動機の実機の様子を写真-1に示す。図-5の詳細度400では、気筒数が明確になるようにシリンダヘッドを作り、冷却水ポンプ、燃料噴射ポンプ、潤滑油ポンプ、過給器及び点検台等を付加しているが、写真-1に見られるボルトや配線類、複雑な内部構造はモデル化しないものとした。

また、詳細度500の共通定義が「現実の形状を表現したモデル」であることから、機械設備編では用途を詳細な技術検討用に限定した。

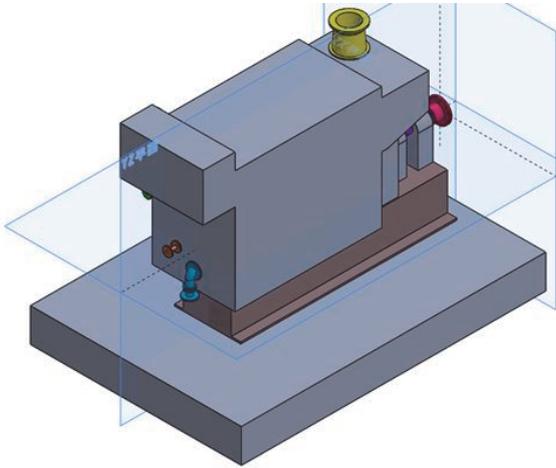


図-4 主原動機（詳細度300）

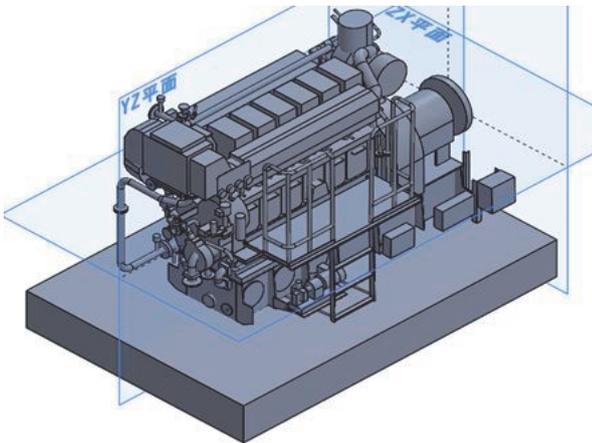


図-5 主原動機（詳細度400）



写真-1 主原動機（実機）

3.3 ソフトウェアと互換性

機械設備工事のCIM試行事例におけるソフトウェアの使用実績では、機械系ソフトウェアが多く用いられていたが、土木構造を含めてモデル化する場合には、土木建築系ソフトウェアが採用されたケースも認められた。ソフトウェアと作成労力の関係は、作成者の技量に負うところが大きいですが、部品点数が多く作成後の修正作業が見込まれる場合は、

作成履歴がモデルに残る機械系ソフトウェアが有利であると言われている。

そこで、異なるソフトウェア間でモデル変換を行える中間ファイルに着目し、CIMで使用実績のあった4種類のソフトウェア間でモデル形状の互換性を確認した。

【対象ソフト】

○機械系ソフトウェア

- ・ Solidworks
- ・ INVENTOR

○土木建築系ソフトウェア

- ・ Revit
- ・ Civil 3D

【中間ファイル】

- ・ IFC (2×3) 及びIFC4
- ・ DWG
- ・ SAT (ACIS)

その結果、ソフトウェア間で差異はあるがIFCよりもSATやDWG形式を介したときに形状が保持され易いことがわかった。ただし、平成31年3月現在で機械系ソフトウェアのSolidworksで変換したSATは土木建築系ソフトウェアで読み込むことができなかった。また、属性情報の引継ぎは、いずれの中間ファイルでも担保できなかった。以上より、機械設備CIMが中間ファイルの土木構造を取り込み、その後必要な属性情報を付与する手順が効果的であると言える。

この互換性については、機械設備編の参考資料に添付した。これにより土木構造モデルは、試行錯誤することなく機械設備モデルに取り入れられると思料する。

3.4 属性情報の取り扱い

機械設備の階層構造は、システム全体、装置、機器、部品等で構成されるため、それぞれに属性情報を適切に付与することでモデルの利便性は向上する。しかし、属性情報が設計段階の基本仕様から施工段階の出来形・品質管理データまでになると、取り扱う情報が多すぎるため現実的でない。そこで、水門設備と揚排水ポンプ設備を対象に、装置、機器、部品に対する属性情報案を作成し、業団体との意見交換を経て属性情報の標準案をとりまとめた。基本的な考え方として、i-Construction施策で構築を進めている機械設備データベース等と重複する詳細な機器仕様、出来形・品質管理データ及び完工後の維持

管理データは省いた。そして、詳細度300では基本的な仕様のみ、詳細度400では詳細度300に構成機器の製造者名や製品型番など機器を特定できる情報を付加するものとした。この標準案は、機械設備編の参考資料として添付している。

3.5 知的財産権の保護

機械設備の設計・施工・維持管理においてCIMを共有するためには、企業の知的財産を保護できるモデル作りの考え方を浸透させる必要がある。

現在の「3次元データを契約図書とする試行ガイドライン(案)」(令和2年3月)は、試行の際の留意点の1つとして「原則としてBIM/CIM活用

業務・工事の成果物に関する知的財産権については、発注者に帰属する」ことを明記している。従って、機械設備編では、企業が保有する特許や技術的ノウハウなど知的財産に抵触する部分は、モデル化しないことを明記した。さらに、作成の留意点では、減速機や原動機など工事受注者による調達品について、内部機構をモデル化しないサーフェスモデルとして説明した。

揚排水ポンプ設備の主ポンプも、内部部品である羽根車や主軸などは原則モデル化しないが、既存設備の分解整備等の施工手順検討にCIMを活用する場合、これらのモデル化が必要になることも考えられる。このニーズに対応するため作成の留意点では、主ポンプの詳細度300と400において、羽根車を模

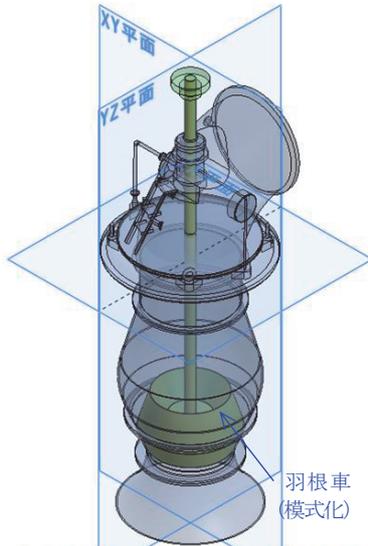


図-6 主ポンプ(内部構造)
(詳細度400)

式化したサンプルも掲載した(図-6参照)。

4. おわりに

近年、レーザースキャナーの技術進歩により、高精度な点群データ取得が容易になってきた。CIMを有していない既存の機械設備では、取得した点群データをそのまま維持管理に利用できれば、CIM作成が不要となる。点群データは、機器形状や配置などより実態に近い情報を有しているため、点検や運転時などに活用しやすい。これに対しCIMは、構成した部品の分解等の編集が可能であるため、整備・更新時の施工計画、施工手順の技術検討に有利である。よって、CIMと点群データの使い分けが重要である。

現在、点群データに主要機器の領域を指定し、ここに属性情報を付与し活用する手法を研究しており、今後効果的な活用方法を発信していく予定である。

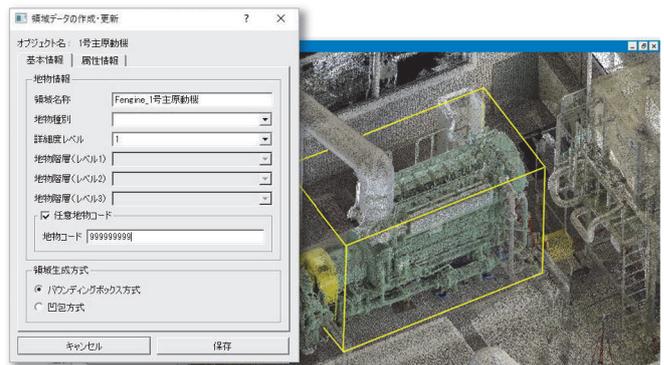


図-7 機械設備の点群データ(揚排水機場)

なお、CIM導入ガイドライン(案)を再編した「BIM/CIM活用ガイドライン(案)」(令和3年3月)も、本報告のとおりであることを申し添える。

参考文献

- 1) 国土交通省：CIM活用ガイドライン(案)、2021
- 2) 国土交通省：3次元データを契約図書とする試行ガイドライン(案)、2020

田中 義光



前 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 主任研究官
TANAKA Yoshimitsu

畑迫 勇太



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 研究員
HATASAKO Yuta

山下 尚



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 室長
YAMASHITA Hisashi