

3次元モデルを利用した樋門・樋管における 維持管理情報の統合管理

谷口寿俊・青山憲明・藤田 玲・重高浩一

1. はじめに

建設事業は、その特殊性（単品受注生産等）から労働生産性が他産業に比べて低い。また、社会資本ストックの高齢化による維持管理費の増大、技術者の高齢化と熟練者不足等の課題が表面化している。

建設事業における人材や予算の確保が難しくなる中で、建設生産の品質を確保し、高齢化する社会資本を適切に管理していくには、ICT技術を活用して計画・設計から施工、維持管理の各情報を共有し、建設生産プロセスにおける業務全体を効率化、高度化することが求められる。

国土交通省では、ICT技術を活用した建設生産システムの高度化、および生産性向上を目指して、CIM¹⁾（Construction Information Modeling）の導入に取り組んでいる。CIMとは、対象物の形状や構造を再現した3次元モデルに設計から施工、維持管理に係る各情報を属性として付与することで一元的に管理し、その利活用によって、建設生産プロセス全体の効率化を図るものである。

本研究では、CIMの導入・普及に向けた検討の一環として、河川構造物を対象にCIMの仕組みを適用し、維持管理業務の効率化について検討を行った。具体的には、維持管理段階における3次元モデルの活用場面を想定した上で、3次元モデルが具備すべき機能を整理し、それらの機能を保持する3次元モデルの作り込みレベルを整理した。その結果を基に、対象構造物の3次元モデルに材質、品質、出来形、点検・補修記録等の維持管理に必要となる各種情報を統合したCIMのプロトタイプモデル²⁾を作成した。

土木系と機械設備系との複合構造物である樋門・樋管は、埋設管や遮水矢板、杭等の不可視領域、および排水機場やポンプ施設等の機械設備が多い。また、土木や機械、電気、通信と維持管理担当者が多岐に渡る³⁾ことから、3次元による可視化、および情報の統合管理による効果が比較的高いと思われ

る。そこで、本検討では、樋門・樋管を対象構造物として、CIMのプロトタイプモデルを作成した。

2. 維持管理段階における活用場面

3次元モデルは、どこまでも精緻に作成することが可能なことから、いたずらに作り込むのではなく、用途に応じた作り込みの程度や作成箇所、作成範囲等を設定した上で作成しなければ、十分な費用対効果を得ることは難しい。そこで、樋門・樋管の3次元モデルについては、維持管理段階における活用場面を明確にした上で、活用場面に応じた作り込みレベルを設定するものとした。

維持管理段階における3次元モデルの利活用によって得られるメリットとしては、「施設関連物の視覚化」と「情報管理のしやすさ」が挙げられる。

2.1 施設関連物の視覚化

従来は、複数の図面から対象施設の構造や周辺状況、設備配置、埋設物等を確認していた。そのため、構造や周辺状況の把握に時間を要する。

これらを1つの3次元モデル上に可視化することで、構造や周辺状況を即座に把握できるとともに、関係各者との共通理解が容易になる（図-1）。

また、構造物の損傷や変状をモデル上に視覚化することで、部材、設備と周辺状況との相関や影響範囲を即座に把握できるため、損傷の原因究明や補修の要否判断、工法選定の迅速化に繋がる（図-2）。



図-1 周辺状況の可視化

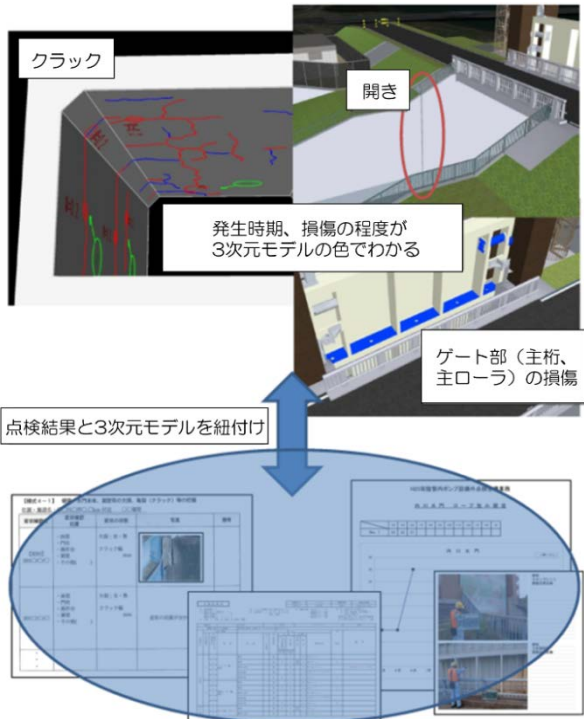


図-2 損傷の可視化

2.2 情報管理のしやすさ

維持管理段階では、台帳や竣工図面、点検記録、補修記録等、参照すべき資料が多く、なおかつ紙媒体や電子データが混在している。また、資料が複数の担当者や保管場所に散在していることから、情報の重複管理や不整合、陳腐化等のリスクが発生している。そのため、必要な情報の収集に多大な手間を要する。また、維持管理業務は、長期に渡って複数の担当者や業者によって実施されることから、更新履歴の管理は非常に負担となっている。

このような現状において、膨大で煩雑な資料を1つの3次元モデルに属性情報として統合できれば、各種データの一元管理が可能になり、重複管理や不整合の防止に繋がるとともに、履歴の管理が容易になる。さらに、部材や施設等の構造物を構成する各要素の3次元空間上の位置と各情報を紐付けることで、必要な情報を視覚的かつ直感的に検索・参照できる(図-3)。

2.3 活用場面の抽出

3次元モデルの利点を念頭に置いて、3次元モデルの活用場面として期待される効果を整理した。また、常陸河川国道事務所の河川構造物維持管理担当者、および点検業務実施者から、整理した結果について意見を聴取し、ニーズを確認した。代表的な意見を表-1に示す。



図-3 3次元モデルによる情報の一元管理

維持管理担当者からの意見では、土木構造物、機械設備系ともに、「情報管理のしやすさ」に対するニーズは高く一元管理の仕組みの必要性を確認できた。また、機械設備系の維持管理においては、寸法形状を精緻に作り込んだ3次元モデルのニーズはそれ程高くないことがわかった。一方、土木構造物においては、損傷状況を3次元モデル上に表現し、一目で確認できることに対するニーズが比較的高く、ある程度精緻な3次元モデルが必要なことがわかった。

3. 3次元モデルが具備すべき機能

維持管理段階における活用場面の抽出結果から、3次元モデルが具備すべき機能を整理した。「情報管理のしやすさ」に対するニーズは、土木構造物、機械設備系ともに高かったことから、3次元モデルの各部材や位置に写真や台帳等の属性情報を外部から紐付ける機能を3次元モデルに具備するものとした。

「施設関連物の視覚化」は、土木構造物と機械設備系で必要となる3次元モデルの精度が異なる。

表-1 3次元モデルに期待される効果と現場担当者の意見

3次元の利点	期待される効果	維持管理担当者の意見
「施設関連物の視覚化」		
対象施設の構造や配置、周辺状況を一目で理解できる。	引き継ぎ時や技術指導等の活用や、協議資料や説明資料として利用できる。	説明資料として使うだけであれば、精緻な3次元モデルの必要性は低い。引き継ぎや新人教育には有効だが、現場で活用できる頻度は少ない。
モデル上に損傷等、各種事象を表現し、一目で確認できる。	周辺状況と損傷状態の位置関係等を俯瞰できることで、原因の究明等に役立つ。	全体の損傷状況を一目で確認できることから、補修計画や工法の選定に役立つ。
「情報管理のしやすさ」		
3次元モデル内の要素や位置に各種情報を紐付けて管理できる。	関連資料を一元的かつ構造的に管理しやすくなることと、各要素から必要な資料や情報へ、素早く感覚的に辿り着ける。 3次元モデルの空間的な位置情報は、センサーで自己位置を標定できるICT機器(タブレット等)と連携させやすく、点検作業の高度化、自動化に繋がる。	3次元モデルに紐付けることで、特に意識せずともデータを構造的に整理・管理できるので、各種データの一元管理が容易になるとともに検索性も向上し、業務の効率化に繋がる。 現在の点検手法を変えることなく、ICTツールと組み合わせることで点検の効率化に繋がるのであれば、普及が見込められると思われる。

土木構造物の3次元モデルについては、損傷位置等を3次元モデル上へ正確に反映できるよう、精緻な寸法形状を持つものとした。一方、機械設備系の3次元モデルについては、「設備関係の維持管理では、パーツの3次元形状を正確に再現する必要はない」、「視覚化による効率化としては、施設内のどこに何の設備があるか位置関係を把握できる程度の視覚化で十分である」等の維持管理担当者からの意見を踏まえて、寸法形状や各部品を全て正確に再現するのではなく、空間的な位置関係と設備の名称、種類が判別できる範囲で、簡易かつ作成コストのかからない方法で表現するものとした。

4. 3次元モデルの作り込みレベルの設定

3次元モデルが具備すべき機能の整理結果を踏まえて、3次元モデルの作り込みレベルを具体的に設定した。土木構造物は、正確な3次元形状を保持した詳細なモデルとして設定した。一方、機械設備系は、対象施設の名称と空間的な位置関係を示す機能を保持する簡易モデルとし、設備の維持管理手法と規模により2ケースに分けて設定した。各モデルの作り込みレベルの概要を表-2に示す。

表-2 3次元モデルの作り込みレベルの概要

対象	土木構造物	機械設備系	
		継続的にメンテナンスしながら管理する施設	定期的もしくは異常時に交換する施設
必要機能	・情報の紐付けが可能 ・損傷位置が明示できる様に、3次元形状を正確に表現	・情報の紐付けが可能 ・対象施設の外觀や向き、配置が確認できる	・情報の紐付けが可能 ・対象施設の空間的な配置がわかる
モデル名称	詳細モデル	ブロックモデル	ボタンモデル
モデル概要	正確な形状を有した3次元モデル	作りやすい3次元形状(立方体等)に形状をデフォルメし、テクスチャを貼りつけたモデル	3次元形状は表現せず、対象施設の位置にボタン形状のオブジェクトを配置
対象例	本体部、翼壁、門柱、矢板、基礎等	扉体、開閉装置、発電装置等	計器類、計装盤、水位計等

土木構造物は、3次元の形状寸法を正確に再現した3次元モデル(図-4)を作成するものとした。機械設備系のうち、継続的にメンテナンスしながら管理する扉体、開閉装置、充電施設等については、規模が大きいため、対象設備の外觀や向きを確認できるよう、大きさを概ね合わせた直方体の3次元モデルに、図面や写真をテクスチャ(壁紙画像)として貼り付けて対象位置に配置したブロックモデル(図-5)として作成するものとした。定期的、もしくは異常が確認された際に交換する計器類、計装盤、水位計等の小規模施設については、3次元モデル内の空間的な配置を示す機能を保持するボタンモデル(図-6)として作成するものとした。

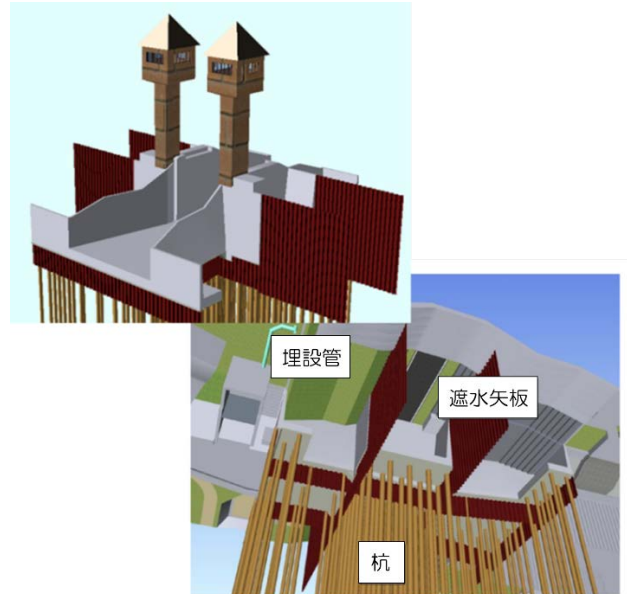


図-4 土木構造物の精緻な3次元モデル

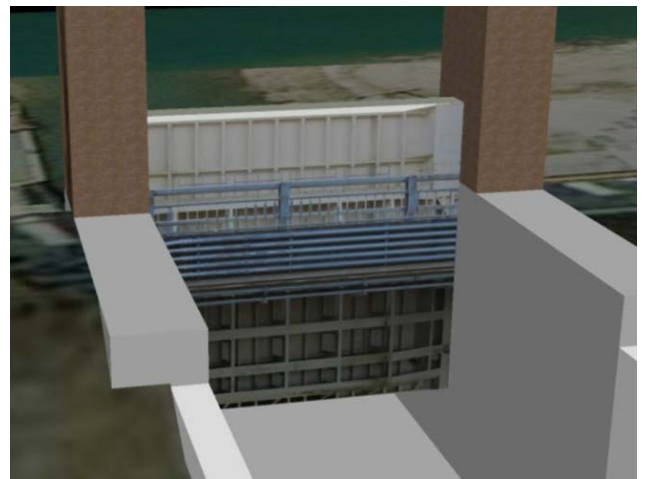


図-5 扉体のブロックモデル

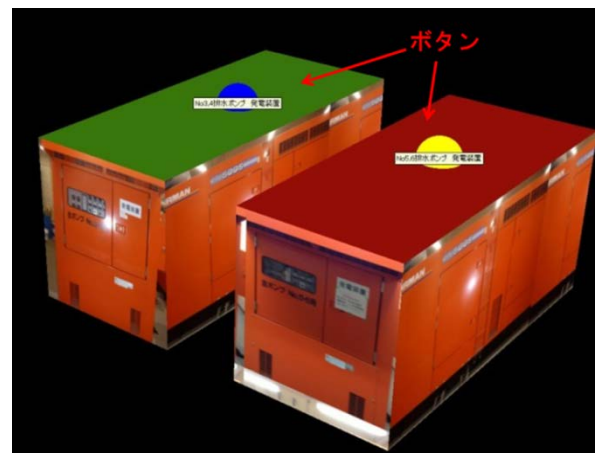


図-6 発電装置のボタンモデル

5. CIMプロトタイプモデルの提案

維持管理で利用する各種属性情報と3次元モデルの各要素を関連付けることで一元的な情報管理と優れた検索性、およびトレーサビリティを持つCIMのプロトタイプモデルを図-7に示す。

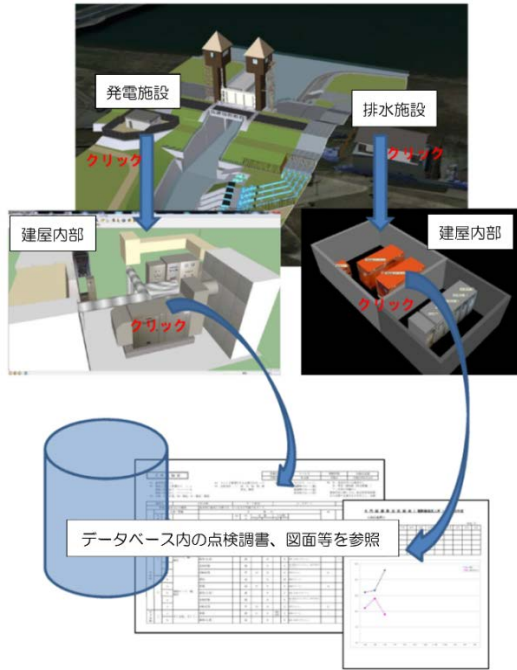


図-7 樋門・樋管のCIMプロトタイプモデル

本プロトタイプモデルは、3次元モデルと各種情報を格納するデータベース（情報共有サーバ）で構築される。維持管理で利用する属性情報には図面や写真、点検調書など、3次元モデル内に直接保持できないデータは、3次元モデルに直接保存するのではなく、外部のデータベース（情報共有サーバ）内に保存し、3次元モデルの各要素と紐付ける。維持管理担当者は、3次元モデルから各要素をクリックすることで容易かつ直感的に目的の情報を参照することが可能である。3次元モデルの対象要素を選択すると関連する属性情報のリストが開き、リスト内

から必要とする情報を選択できる。また、外部のデータベース（情報共有サーバ）上におけるデータは、フォルダ構成やファイルの命名規則等は固定化されているものの、通常のWindowsエクスプローラと同様の仕組みで操作できることから、3次元モデルの操作に習熟していない維持管理担当者でも点検結果など属性情報の追加・更新が可能である。

6. おわりに

本研究では、樋門・樋管の維持管理段階での活用を想定した標準的な3次元モデルの作り込みレベルを設定し、CIMのプロトタイプモデルを作成した。維持管理担当者からは、情報管理のしやすさと検索性の向上、および点検の効率化、損傷原因究明での活用に対して一定の評価を得られた。

今後、本モデルを活用した現場試行を実施し、効果の確認、および活用場面の追加やモデルの改善による維持管理の更なる効率化を検討する予定である。

また、CIMの円滑な導入・普及にあたって、「現在の維持管理手法のやり方、考え方を大きく変えない」、「新しいツールを導入することで、現場職員の手間を増やさない」ことが重要であると考え。これらを念頭に置いて、今後検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) (財) 経済調査会：CIM技術検討会平成24年度報告書、2013.
- 2) Taniguchi, H., Aoyama, N., Shigetaka, K. et al., "Integrated Information Management System using 3D Model for Maintenance of Bridge Construction", JSCE, ICCBEI 2013, pp.419-424, 2013.
- 3) (財) 河川環境管理財団：久慈川下流出張所管内維持管理実務マニュアル、2013.

谷口寿俊



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研
究室 研究官、情博
Dr. Hisatoshi TANIGUCHI

青山憲明



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研
究室 主任研究官
Noriaki AOYAMA

藤田 玲



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研
究室 部外研究員
Rei FUJITA

重高浩一



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研
究室長
Koichi SHIGETAKA