

河川構造物（排水樋管）設計業務における CIMの活用について

須田 真也

関東地方整備局 高崎河川国道事務所 工務第一課 (〒370-0841 群馬県高崎市栄町6-41)

烏川上流築堤事業で計画されている薬師沢樋管において、ICTの全面活用を推進するため、建設プロセス全体でのCIMモデルの活用による課題解決及び業務効率化を図ることを目的に、「CIM導入ガイドライン（案）H30.3」（以下、ガイドライン）に基づきCIMを活用した詳細設計を実施した。実施内容は、樋管設計においてCIMモデルを用いて「干渉チェック（配筋）」、「構造取り合い確認」及び「3次元モデルを用いた設計協議」を行った。本報告は、CIM活用により詳細設計を行い業務の効率化を図った結果を述べるとともに、今後のCIM活用を行う上での課題を報告する。

キーワード CIMモデル、詳細設計、業務の効率化

1. はじめに

烏川上流築堤事業区間の寺尾・根小屋地区は無堤部のため治水安全度が低く、平成10年、11年及び12年には一部家屋が浸水したほか、田畑等の農作物に大きな被害が発生した。また、近年においては高崎駅にも近いことから、郊外の宅地化が急速に進んでおり、浸水対策は急務となっている。

このようなことから、浸水被害の早期解消と治水安全度の向上を図るため、平成21年度から本事業に着手し、堤防や樋管等の整備を鋭意進めている。（図-1）

2. CIM設計の概要

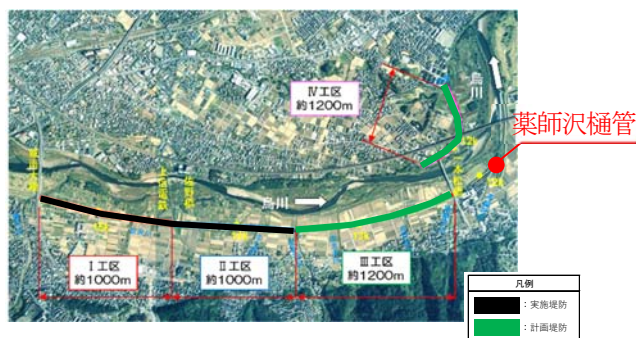
(1) 設計概要

本設計は、烏川上流築堤事業区間に新築する樋管のうち、薬師沢樋管の詳細設計を実施するものである。

今回の詳細設計を行う対象が樋管であることから、過密配筋となりがちな門柱部周辺の整合性を確認するための「干渉チェック（配筋）」、箱抜きと周辺鉄筋の整合性を確認するための「構造取り合い確認」及び設計協議の見える化を図るための「3次元モデルを用いた設計協議」について実施した。

また、本設計は現地測量を3D測量にて実施していないことから、「受注者希望型」でCIM活用設計を実施した。

図-1 烏川上流築堤



(2) モデルの概要

今回のCIMモデルは1)構造物モデル、2)土工モデル、3)統合モデルの3モデルを作成した。

また、今回の土工モデル作成にあたって必要な地形モデルについては、現地測量を3D測量で実施していないことから、過年度に実施した航空レーザー測量の成果を使用し作成した。

概要は表-1に示し、作成したモデルは図-2、図-3、図-4に示す。

表-1 CIMモデルの概要

モデル	詳細度	概要
構造物モデル(堤防)・地形モデル	300	現況地形、堤防モデル等をサーフェスで作成
構造物モデル(樋門・樋管本体)	400	コンクリート、鉄筋等をソリッドで作成
構造物モデル(ゲート設備)	300	扉体、開閉装置等をソリッドで作成
構造物モデル(付帯施設)	300	管理橋、上屋、転落防止柵等をソリッドで作成
構造物モデル(電気設備)	300	操作盤、配線等をソリッドで作成
土工モデル(オープン掘削形状)	200	施工ステップに沿った形状をサーフェスで作成
統合モデル	-	上記のCIMモデルを統合して作成

※詳細度200：対象の構造形式が分かる程度のモデル
 詳細度300：対象の外形形状を正確に表現したモデル
 (付帯工、細部構造を除く)
 詳細度400：詳細度300に加えて、付帯工、細部構造、
 配筋も含めて表現したモデル

図-2 構造物モデル

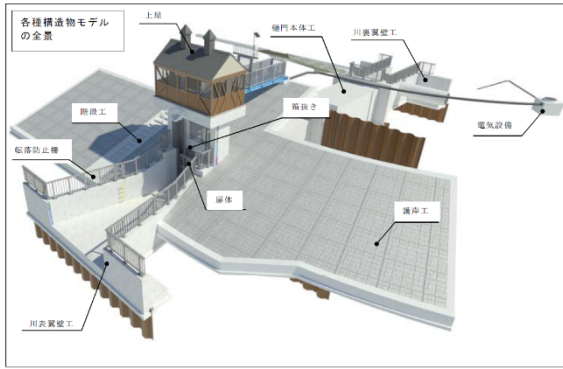


図-3 土工モデル

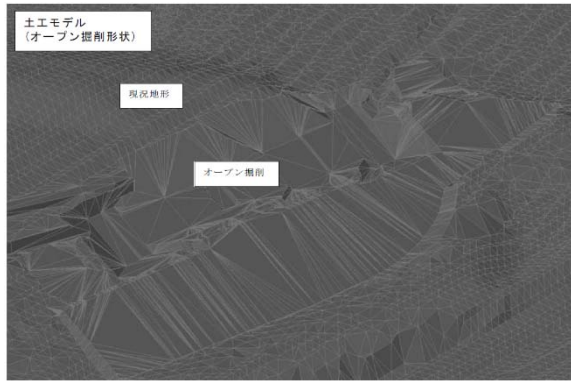


図-4 統合モデル



(3) CIM活用の項目

CIM活用は、1)CIMモデルによる属性の付与、2)CIMモデルを用いた数量、工事費、工期の算出、3)施工段階を見据えたCIMモデルの構築、4)CIMモデルによる照査の4項目について行った。
 概要は表-2に示す。

表-2 CIM活用の項目概要

CIM活用の項目	概要
CIMモデルによる属性情報の付与 属性情報は、コンクリート、鉄筋について付与する。なお、現時点でのソフトの対応状況に応じて外部参照で付与することとする。	
CIMモデルを用いた数量、工事費、工期の算出 数量は、「土構造物」と「コンクリート構造物」について算出する。 また、算出された数量に基づき、工事費及び工期を算出する。	
施工段階を見据えたCIMモデルの構築 施工ステップの各段階における時間軸を付与した3次元モデルを作成し、一連のフローを確認できるようにCIMモデルを作成する。	
CIMモデルによる照査の実施 実施方針にある照査項目のうち、干渉チェックや数量計算の照査等を実施する。	

3. CIM活用の成果

(1) CIMモデルにおける属性情報の付与

樋管構造物の属性情報の付与は、【ガイドライン】に記載されている属性項目(例)を参考に、コンクリート及び鉄筋について設定した。

また、属性項目の工種には、設計時、施工時、維持管理時と分類されているため、設計時に該当する工種を対象に属性情報の付与を行った。

コンクリートの属性項目を表-3に示す。

表-3 コンクリートの属性項目 (設計時)

工程	属性種別	属性名称	値	備考(入力/内蔵/付加照査等)
設計時	部材情報	ID		
		構造物名称	薬師沢樋管	平成31年3月
		部材名称1	川表スパン	平成31年3月
設計時	品質管理情報	部材名称2	川裏スパン	平成31年3月
		規格(設計基準強度)	$\sigma_{ck}=24[\text{N}/\text{mm}^2]$	平成31年3月
		コンクリート体積	151.4[m ³]	平成31年3月

(2) CIMモデルを用いた数量、工事費、工期の算出

a) 数量算出

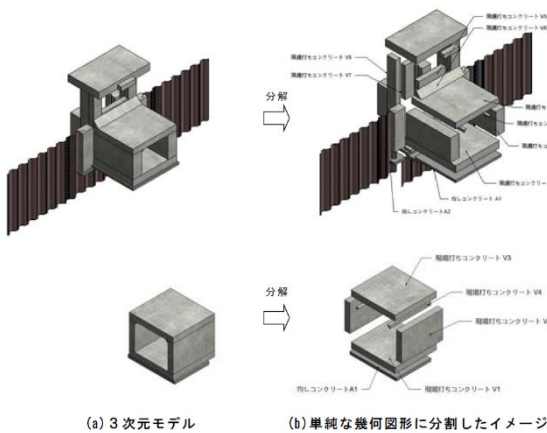
数量算出にあたっては、【ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針(以下、実施方針)】及び【土木工事数量算出要領(案)(以下、数量算出要領)】に規定されている土構造物及びコンクリート構造物につ

いて、3次元モデルにより数量算出を行った。

また、コンクリート構造物は「コンクリート工」の他、「足場工」、「支保工」、「型枠工」についても3次元モデルにより数量算出を行った。

3次元モデルを単純な幾何図形に分解した数量算出イメージを図-5に示す。

図-5 3次元モデルの数量算出イメージ



【実施方針】には、「コンクリート構造物は、従来の2次元図面より算出した工事数量との差異は生じない。」と記述されており、今回の当設計において2次元モデルとCIM活用モデルを比較した結果、表-4に示すとおり、数量に差異が無い事が確認できた。

表-4コンクリート数量の比較表

項目	2D図面(A)	CIMモデル(B)	比率(B/A)
底版	13.99	13.99	100.0
躯体部側壁	13.45	13.45	100.0
躯体部頂版	8.51	8.51	100.0
土留壁	0.60	0.60	100.0
ハンチ	0.51	0.51	100.0
柱	3.39	3.39	100.0
柱	1.79	1.79	100.0
操作台	8.57	8.57	100.0
操作台	0.06	0.06	100.0
戸当り	3.81	3.81	100.0
カットオフ	0.49	0.49	100.0
合計	ΣV	55.17	100.0

b) 工事費算出、工期算出

工事数量算出に用いたCIMモデルを元に、工事費と施工箇所や区割り等を含めた施工手順を踏えた工期を算出した。

(3)施工段階を見据えたCIMモデルの構築

施工ステップの各段階において、時間軸を付与した3次元モデルを作成し、一連の工事フローを確認できるようにCIMモデルを作成し、「施工方法及び工程等の実現性」について確認した。

3次元モデルにて作成した施工ステップにおいては、特に施工時の留意事項も同時に表示した3次元モデルを作成したことにより、今後の工事施工に際してもわかり

やすい形となった。(図-6)

図-6 施工上の留意事項を表示した施工ステップ図



(4)CIMモデルによる照査

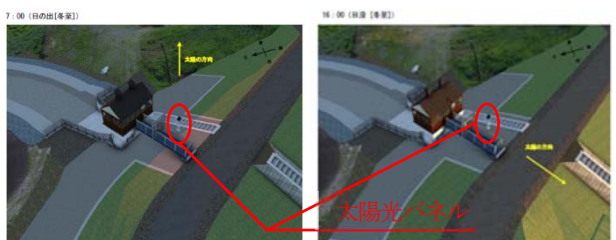
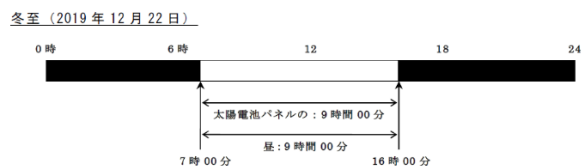
CIMモデルによる照査は、【実施方針】に記載されている照査項目(例)を参考に、今回の設計では表-5の7項目について照査を実施した。

表-5 照査項目一覧

項目	照査内容	選定理由
構造物の干渉チェック	既存構造物と CIM モデルとの干渉を照査。	作成した3次元形状より、既存構造物との干渉を確認できるため。
施工計画の照査	施工時のシミュレーション等により、施工計画の妥当性を照査。	作成した3次元形状より、施工ステップごとの支障物やヤードの状況を確認できるため。
周辺環境の照査	竣工後の周辺環境(日照、景観等)について照査。	構門完成後の景観、太陽電池パネルへの日照状況を確認できるため。
部材の干渉チェック	鉄筋と部材等の干渉について照査。	作成した3次元形状を用いて、部材同士の干渉チェックが可能のため。
数量計算の照査	CIMモデルと2次元図面との整合について照査。	作成した3次元形状を用いて、数量の自動算出が可能のため。
構造計算結果の照査	構造計算結果(鉄筋量等)と CIM モデルとの整合について照査。	作成した3D配筋を用いて、鉄筋量の自動算出が可能のため。
図面との整合	CIMモデルと2次元図面との整合について照査。	作成した3次元形状と、従来の2次元図面を重ね合わせることで照査が可能のため。

また、CIMモデルによる照査項目のうち「周辺環境の照査」を行ったことにより、維持管理時に問題となる太陽光パネルの日照状況を夏至と冬至において確認し、日照時間の厳しい冬至でも約9時間の日照時間を確保できることがわかった。(図-7)

図-7 冬至における日照時間

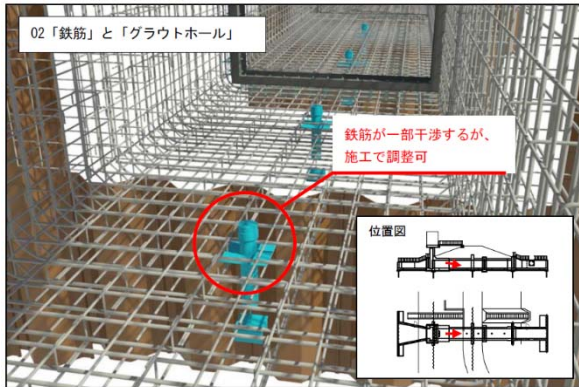


4. まとめ

(1) メリット

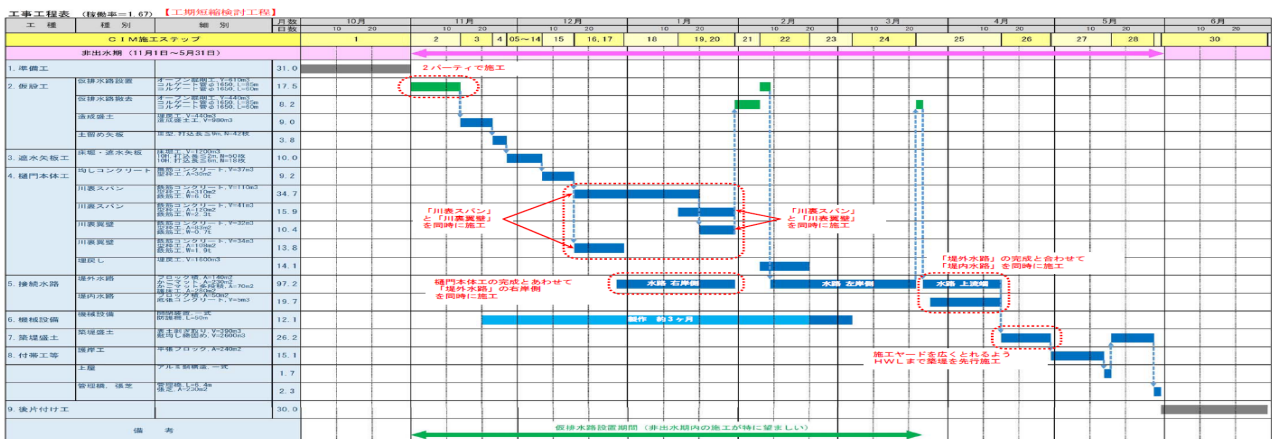
CIMモデルを活用した詳細設計を行ったことにより、協議段階から3次元モデルによる各段階の施工ステップを確認することができた。通常の2次元モデルによる詳細設計では、表現できない施工箇所をパソコンの画面を通して確認できるため、修正指示等を的確に行えた。(図-8)

図-8 施工時の配慮事項



また、3次元モデルによる施工ステップでは、施工時の建設重機の配置等が確認できるため、無理のない施工パーティーや同時施工の可否を検討でき、最適な施工工程を検討することができた。(図-9)

図-9 最適な施工工程



(2) 課題

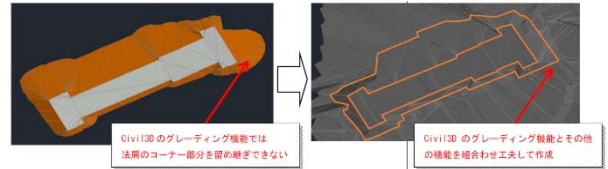
CIMモデルを活用した設計について、当設計を行ったコンサルタントにヒアリングし、今後の改善点等の課題を抽出した。結果を下記に示す。

a) CIMモデルの作成

土工モデルを作成する際に使用したソフト

(civil3D) のグレーディングの標準機能ではオープン掘削の法肩のコーナー部分を留め継ぐことができないことから、グレーディング以外の他の機能を用いながら作成したが、土工モデルの作成に時間を要したため、ソフト機能の改良が望まれる。(図-10)

図-10 土工モデル作成の課題



b) 属性情報の付与

【ガイドライン】による属性情報の付与の方法には、外部参照と直接付与の2つの手法があるが、現時点では直接付与を行えるソフトウェアがないため、外部参照しか行えなかった。今後、施工時や維持管理の属性情報を付与する必要があるため、ソフト開発が望まれる。

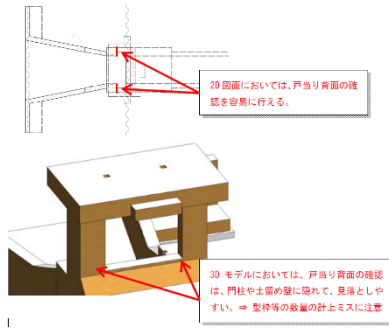
c) CIMモデルによる数量算出

今回の設計では、CIMモデルによる数量算出において、【数量算出要領】に規定されている工種が「コンクリート工」「型枠工」「鉄筋工」「土工」「足場工」「支保工」のみであることや、3次元モデルから算出した数量と、2次元モデルで算出した数量を比較したため、数量算出に多大な時間を要する。

また、3次元モデルにより作成した構造物モデルでは、2次元モデルと比較し、構造物の背面等に死角が発生しやすいため、数量算出を行う際には、2次元モデルを確認しながら、数量算出を行うことにより数量

算出の計上ミスを防止することが必要である。(図-11)

図-11 3次元モデルの死角箇所



d) CIMモデルによる照査の実施

今回の設計では、CIMモデルによる照査の実施において、構造物の部材の干渉チェックを行う際に、全ての配筋図を3次元モデルで作成したため、2次元モデルによる配筋図の作成よりも作業量が増え多大な時間を

要するため、今後は、2次元モデルより部材の干渉の恐れのある箇所のみを選定し作成するなど、効率的な作業が望まれる。

(3)おわりに

今後、当設計成果に基づき、CIM活用の工事発注を行うとともに、工事受注者へは、通常的设计成果に基づく工事施工との違い等についてヒアリングを実施し、施工段階での課題等を把握していく。

参考文献

- 1) 国土交通省：CIM導入ガイドライン（案）H30.3
- 2) 国土交通省：ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針
- 3) 国土技術政策総合研究所：土木工事数量算出要領（案）