

(52) BIM/CIMでの設計から施工への 情報伝達時の課題と解決策の方向性

中嶋 道雄¹・井波 文明²・石浜 裕幸³・橋本 紗百合⁴

¹正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土基盤事業本部 港湾部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

E-mail: michio.nakajima@tk.pacific.co.jp

²正会員 株式会社 長大 社会基盤事業本部 第1設計保全事業部
(〒305-0812 茨城県つくば市東平塚 730)

E-mail: inami-t@chodai.co.jp

³正会員 株式会社 安藤ハザマ 建設本部 土木技術統括部 土木設計部 CIM 推進グループ
(〒105-7360 東京都港区東新橋 1-9-1)

E-mail: ishihama.hiroyuki@ad-hzm.co.jp

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業本部 構造技術部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

E-mail: sayuri.hashimoto@tk.pacific.co.jp

土木に関する BIM/CIM 適用は、国土交通省を中心として 2012 から適用が始まり、2023 年にはすべての設計業務・工事を適用対象としている。現在での国発注工事は、2 次元図面を正式な契約書類として、3 次元 BIM/CIM データは副次的に位置付けされている。今後 BIM/CIM での正式契約書類となった際の課題と解決策の方向性を以下に示す。

Key Words : BIM/CIM, i-construction, ICT construction, virtual construction

1. 概要及び背景

土木への BIM/CIM 適用は、国土交通省を中心として 2012 年から適用が始まり、2023 年にはすべての設計業務・工事を適用対象としている。現在での国発注工事は、2 次元図面を正式な契約書類として、3 次元 BIM/CIM データは副次的に位置付けされている。今後 BIM/CIM での正式契約書類となった際の課題と解決策を以下に示す。

示す。主に設計で利用する BIM/CIM データは、構造物モデル及び土工モデル、線形モデルである。データ形式は、各種のソフトウェアに依存したオリジナル形式と流通を考慮した共通ファイル形式があり、共通ファイル形式は J-LandXML と IFC2x3 となっている。オリジナルファイル形式は個々のソフトウェアの機能に依存するため、ここでは共通ファイル形式でデータ流通を行った際の情報伝達を前提と考え、構造物をターゲットにして IFC 規格での流通を前提としている。

2. データ流通及び規格

(1) データ流通時の規格

国土交通省 BIM/CIM データ納品規格を、以下の表に

表-1 BIM/CIM 納品データ規格一覧¹⁾

データ種類	フォルダ	データ規格
地形モデル (広域地形)	LANDSCAPING	J-LandXML 及びオリジナルファイル
地質・土質モデル	GEOLOGICAL	オリジナルファイル
土工形状モデル 及び線形モデル	ALIGNMENT_GEOMETRY	J-LandXML L及びオリジナルファイル
構造物モデル	STRUCTURAL_MODEL	IFC 2x3 及びオリジナルファイル

(2) IFC 規格

IFC (Industry Foundation Classes)規格は、BIM 共通フォーマットとして 1995 年から IAI(現 bSI)によって作成され、2022 年現在、国土交通省の BIM/CIM 対象納品規格は、IFC2x3 に加えて土木モデルビュー定義²⁾となっている。この定義で利用可能なオブジェクトは、鉄筋と鉄筋以外(一般構造物)の 2 種類であるが、これは IFC が建築中心のためである。現在では土木構造(道路、鉄道、トンネル、港湾)の追加活動が行われており、2021 年に IFC4.3 としてドラフト版が発表された³⁾。

3. 設計から施工へのデータ流通時の課題

(1) 設計データの流通

施工側に受け渡される設計データは、文字中心の仕様書及び図形中心の図面の2種類のデータが通常である。近年では紙による情報から電子データによる伝達に変化してきており、仕様書においてはpdf形式、図面に関してはSXF(P21)形式またはdwg形式が一般的である。

(2) 規格基準

現状で定まっている BIM/CIM 設計関連規格基準を、以下の表に示す。

(3) BIM/CIM で情報伝達に関するルールが定まっていない事に起因する課題

2次元図面基準類は土木製図基準(2009)(土木学会)や、CAD図に関してはCAD製図基準(平成29年3月)(国土交通省)等があり、紙からCADになった現状でも問題なく施工可能な状態である。BIM/CIMデータによる設計意図の伝達で、構造物形状以外にルールが定まっていないために発生している課題を列挙する。

a) 時系列情報

2次元図面では、現況図、撤去構造物図、構造物図と時系列的なデータが含まれていることが多い。2次元図面では

図面を分ける事と表題の文字情報によって、その情報がいつの時間であるかを伝達しており、BIM/CIMではこの時系列を混在する際の課題がある。

b) 線種やハッチ

2次元図面では細線・太線等の線の太さによって、目的物の種類等を区分している。また撤去構造物や隠れる構造、中心位置等を破線や一点破線等で表現している。ハッチに関しては現況構造物との取り合いが重要で施工箇所が分かりにくい場合に描画されることが多い。BIM/CIMでは線ではなく面で表される情報が中心であるために、表現方法としての課題がある。

c) 構造物名称やブロック番号等

構造物のブロック割の番号や構造物の名称等は、平面図と断面図等の図面同士をつなげるために必要な情報である。BIM/CIMでは平面図、断面図と言った概念が無いためこれらの情報は不要と考えられる。ただし施工順序の規定等、設計以外での利用頻度は多い。フロントローディングの場合、属性による付与は可能であるが、設計者が意図的に明示したい場合の手法が統一されていない。

d) 設計や計画上の仮想的な情報

土圧作用範囲である主動崩壊角や受動側の荷重を考慮している仮想海底面等、設計や計画上の仮想的な情報を示していることがある。BIM/CIMでは仮想情報表示を前提としていないため、仮想と現実が混在する状況となる。

e) 本体工に比べて薄いシート類や小さいものの表示

シート類は本体工に比べて非常に薄く、その設置範囲や形状を図示するために、本来構造物に密着させるにもかかわらず図面上では隙間を開けて図示する事が多い。また小さい部材は、図面中で認識や寸法表示が難しいので別図面として図示する事が多い。BIM/CIMではスケラブルであるために拡大すればわかる事であるが、見落

表-2 BIM/CIM 関連基準等の一覧

分類	基準名称	発行元	内容
2D	土木製図基準(2009)	土木学会	基本的な図面描画基準
	CAD製図基準(平成29年3月)	国土交通省	土木製図基準を元に、CAD上で表現する際の規定
3D	3次元モデル成果物作成要領(案)R4.3	国土交通省	3DモデルのLOD,オブジェクト階層,属性等
	LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン(案)Ver.1.4	国土交通省大臣官房技術調査課	LandXMLでの道路・河川構造物での設計データの内容規定案
	設計-施工間の情報連携を目的とした4次元モデル活用の手引き(案)	国土交通省	4Dモデル(施工検討)作成手順例,データ交換方法の例
	BIM/CIM活用ガイドライン(第8編港湾編)R4.3	国土交通省	構造形式毎の作成必須物,構造物の単位,活用内容の具定例
	土木モデルビュー定義2018	bSJ(Building Smat Japan)	IFCでの3D形状・属性の確認時のデータ上必須のオブジェクト定義
	国土交通省モデルビュー定義(数量情報の連携)2019	国土交通省大臣官房技術調査課	IFCでの数量情報伝達時のデータ上必須のオブジェクト定義
	土木IFC対応ソフトウェア確認要件(案)R1.5	国土交通省大臣官房技術調査課	IFC対応ソフトウェアの必須要件書

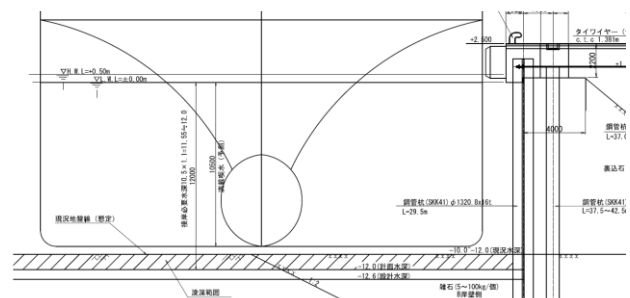


図-1 ハッチ及び仮想的な水深(設計水深)の例

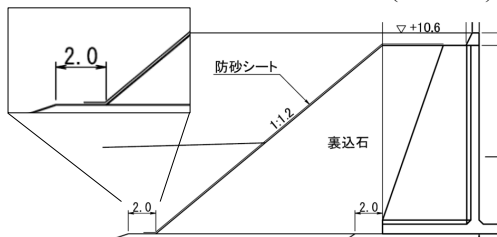


図-2 隙間を開けて描画されたシート類の例

しやすく、意図的に明示できないと言った課題がある。

f) 表現が変わることによる暗黙の了解の表示

杭図面は、支持層への貫入量が明示されていれば、支持層が実際変動しても貫入量を守る施工がなされる。また支持層まで貫入されていなければ摩擦杭であると認識して地盤を乱さない施工を行う。このように暗黙的に設計者と施工者の意思伝達を行っている項目について、表示方法が変わると認識できなくなる恐れがある。

g) 設計されている（確定部分）と現地合わせの部分

図面上では施工者が設計意図を考慮して自由に施工して良い部分と、制限を設けている部分が混在している。地下埋設構造物の様に現地調査の上、確定してから施工者が施工する部分等の表現方法がBIM/CIMには無いものとする。また表現する事で逆に施工制約が発生する懸念もある。

h) 溶接記号や鉄筋継ぎ手などの記号

溶接記号や鉄筋機械式接手等の記号は、2次元での表現を前提としているために、3次元での表現に課題がある。

i) 製品依存に繋がる形状の表示

高欄等の一般的な製品は、製品依存が発生しないように相当品としての記載をしている。3次元モデルは、リアリティが高い事と、干渉が解消されている状態である場合、製品依存に繋がりがかねない課題がある。

(4) プロダクトモデルの課題

IFC規格は杭オブジェクトとしてモデル化すると、形状を球に変更しても属性に石材など杭以外の値を入力しても杭として認識されるプロダクトモデルを考慮した規格である。現状のIFC2x3は建築規格であるため、土木オブジェクトが規定されておらず、3次元モデル成果物作成要領（案）R4.3では属性で各種のオブジェクトを区分しようとしている。ただし、例えば杭を"杭","PILE","鋼管杭φ1500mm"では人が見る意味は杭であるがソフトウェア上では違うものとして認識すると言った課題がある。

4. 施工側に必要なデータ

(1) 現場で使うときの見え方

現状のCAD製図基準では色の指定もあり、黄色は紙が白であるため印刷後に日光下で非常に見えにくい。このように現場で利用されるメディアや状況を考慮して利用しやすい基準・規格が必要である。

(2) 人による施工時に必要なデータと機械施工や自動施工時に必要なデータ

現在では、機械施工比率が大きいのが人力施工もいまだ

残る状態である。また、3次元データを元に施工するICT施工等の自動化施工も多くなっている⁴⁾。人力施工の場合は、人の認識能力から従来の2次元図面のような必要な情報に絞り込まれた状態である必要がある。ただし近年は現場でもタブレットやVR等による機器によるサポートも増えてきている⁵⁾⁶⁾。また@250mm等の鉄筋位置は、人間が施工しやすい煩雑な寸法値を避ける工夫が盛り込まれている。一方ICT施工などの自動化施工ではBIM/CIMデータをそのまま活用して施工するため、寸法値は不要であり、機械識別可能な状態であれば問題は無い。そのためmm単位や不規変化形状なども許容される。BIM/CIMでは人力・機械・自動施工区分意図が違おうと大きな問題となる。

(3) 施工検査時に必要な寸法値

施工検査は図面上の寸法値が、現場で合致しているかを確認する。そのためBIM/CIMモデルにも検査の観点からの検査箇所である寸法記入は必要である。ただし近年採用されている自動機械の軌跡を検査値として利用した検査⁷⁾や、点群を利用した検査等の場合は寸法が必要ではなく、形状すべてが検査対象と言ったことになる。

5. 課題解決の方向性

(1) 方向性

BIM/CIMにより構造物を建設する際には、2次元図面で使えていた情報はすべて伝達する必要があり、更に動きや時系列等BIM/CIMの特性で伝達可能になった事項を含めるべきである。伝達方法は、従来の2次元図面時の方法が良いのか、BIM/CIMの新しい機能を使って伝達したほうが良いのかを考えて決定する必要性がある。

(2) 基準類の新設・拡充

BIM/CIMモデルを想定した設計思想や意図等を伝達するための基準が定まっていない事項が多い。以下に基準類を新設または拡充したほうが良いと考えられるものを列挙する。

a) 時系列情報

IFC規格で扱える時系列情報は、IfcTimeSeriesSchedule等の時間を扱うエンティティと各オブジェクトを関連づける事で表現は可能である。ただし、Relから始まる関連付けの方法や時間に関するエンティティが複数あるため、表現方法が複数存在する。そのため、MVD等の表現方法の規定が必要である。

b) 線種やハッチ

BIM/CIMモデルは主に面で構成され2次元を前提と

した線種のルールをそのまま適用するには無理がある。そのため、隠れる部分は透明度(Transparent)を利用する等、BIM/CIM が得意とする方法でかつ現場で見やすい等のデータ利用状況を加味して決定する必要がある。

施工対象範囲などのハッチは、3次元では色の違いや施工範囲ボタン等で表示・非表示が切り替わるなどの手法が考えられるが、設計者と施工側が同じように見える＝思想が伝達する事を念頭に基準作成が必要である。

c) 仮想的な情報

仮想的な情報は、その構造物を建設する際に副次的に必要な情報であり、必要に応じて確認可能な状態にするべきである。そのためには、どのように付与するかを基準策定が必要であると同時に、ボタンを押すと表示・非表示が切り替わる等のように、ソフトウェア側表現も統一すると設計者がそれに応じた仮想的な情報を付与する事が出来る。

(3) ソフトウェア等の拡充

IFC は、ISO を適用した国際ルールである。IFC は多岐の項目とコネクション等の手続きを含み、それゆえに難解な規格である。また同じことを表現する方法が複数存在する。そのため国ではbSJ等と協力を行い、MVD等のデータ交換のシナリオに応じどの機能を使って表現するかを規定している。ゆえに、IFC規格が定まり、MVD等の交換規格を定め、ソフトウェアに反映させて初めてユーザーが利用できることになるため、早期にユーザーがデータ交換で利用できる状況が望まれる。

(4) 施工時の閲覧性や検索性

BIM/CIM モデルの状態では、全体が俯瞰可能な状態であるが情報が多すぎて個別の施工にそのまま適用するには向かない。特に人が判断して施工する場合には、従来の図面程度の情報量となるように検索及び絞り込みが可能な機能がソフトウェア側に必要である。また、現場での閲覧性を考慮すると2次元図面も利用される。この事を念頭に目的と利用シーンに応じた2次元、3次元のハイブリッド利用を考慮してゆく必要がある。

(5) 人力施工・機械化施工・自動機械施工での利用シーンに関して

今後、機械による自動施工が標準的に適用される状態を想定し、モデル化時のルールが必要となる。ただしこの場合、工法の拘束が大きくなると考えられ、自動施工機械毎の能力に依存する部分が大きくなる。これらを解消するための1例として設計時に施工者が関与するECIや、設計施工一括発注等の設計と施工を融合させた設計を進める事が考えられる。

(6) 施工検査のための寸法表示

現行の施工検査では、土木工事施工管理基準及び規格値(国土交通省)の様に基準で定められた測定位置及び誤差の他に、設計者が定めた基準値を示しており、この部分の検査を行う。現状では3次元モデル表記標準(案)(国土交通省)や、3次元モデル表記標準(案)に基づく3DAモデル作成の手引き(案)(国土交通省)によって、3次元投影図や3DA図面などが示されており、従来の検査は可能な様になっている。ただし、近年発達している点群での検査に対しては、実際の検査方法や機種による誤差、点群の場合の許容誤差などに関する基準類が必要である。

6. 今後の方向性

以上までから、今後に必要な解決策を以下に示す

- 製図基準のBIM/CIM版のような設計者(モデル作成者)と施工者等が利用するモデル作成基準の作成
- IFCのようなデータ共通規格の普及
- MVDのようなデータ流通時に提供側と受け手が同じデータと表現を担保できる規格の作成
- 上記規格のソフトウェアへの早期適用

このように、現実的にBIM/CIMで工事を発注して施工するには各種の基準の新設・改定を早期に進める必要があると考えられる。また同時にBIM/CIMならではの機能で、活用可能な項目や方法などの機能開発を進めてゆく必要がある。

謝辞

この論文は、土木学会の三次元モデルを活用した建設生産性向上研究小委員会での情報を元に執筆を行った。ここに情報提供いただいた方々への感謝を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：BIM/CIMモデル等電子納品要領(案)及び同解説、<<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001472866.pdf>>,(入手2022/6/1).
- 2) 一般社団法人 Building Smart Japan：土木モデルビュー定義2018,<https://www.building-smart.or.jp/old/download/files/20170331_civil_mvd.pdf>,(入手2022/6/1).
- 3) Building Smart International: IFC4.3 Development、<<http://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/> ,Introduction>,(入手2022/6/1).
- 4) 中嶋道雄, 前田庫利：建設会社でのBIM/CIM利用方向性に関する検討, 海洋開発論文集, 77巻2号,pp.I_541-I_546,2021.
- 5) 中嶋道雄：港湾工事でのCIMの活用, 土木施工(株)オフィススペース, 2019年1月号, pp.99-102, 2019.
- 6) 中嶋道雄, 前田庫利：港湾工事におけるBIM/CIMのVRへの活用方法の開発, 海洋開発論文集, 76巻2号,pp.I_534-I_539,2020.