

(16) 維持管理での利用を想定した 橋梁の 3 次元データモデル標準の策定

青山 憲明¹・藤田 玲²・谷口 寿俊³・山岡 大亮⁴・重高 浩一¹

¹ 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1)

E-mail: jyouhou@nilim.go.jp

² 正会員 元国土交通省 国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室
現 (株) 建設技術研究所 東京本社 道路・交通部
(〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1)

E-mail: r-fujita@ctie.co.jp

³ 非会員 元国土交通省 国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室
現 青山学院大学 青山学院大学附置情報メディアセンター
(〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1)

E-mail: taniguchi@aim.aoyama.ac.jp

⁴ 非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1)

E-mail: jyouhou@nilim.go.jp

国土交通省では、平成 24 年度から CIM モデル事業を実施しており、設計や施工の中で効果が確認されている。社会資本の老朽化に伴い今後増加が見込まれる維持管理においても、CIM の利用が期待されている。著者らは、平成 28 年度に予定している「先導的事業に対する CIM 導入ガイドライン」の策定を目的として、維持管理段階で活用するために必要な 3 次元モデルの作成方法と属性情報について検討を行った。3 次元モデルの詳細度を部材単位や活用場面とセットで定義することで、効率的なモデルの作成方法を提案した。

Key Words : CIM, bridge, maintenance, 3D-model, standardization

1. はじめに

CIM (Construction Information Modeling) は、設計の段階から 3 次元モデルを作成し、施工・維持管理へと流通・利活用することで、建設生産プロセス全体の効率化、高度化を図る取り組みである。現在、国土交通省では、平成 24 年度から CIM モデル事業を実施しており、実際の設計や工事の中で、3 次元モデルを用いた可視化による品質の向上や関係者間の共通認識の強化、意思決定の迅速化、安全管理の向上等の効果を確認してきた¹⁾。維持管理での具体的な活用はこれからであるが、社会資本の老朽化に伴い業務量の増加が想定されており、維持管理についても CIM の利用が期待されている。

そこで、著者らは、国土交通省が平成 28 年度に予定している「先導的事業に対する CIM 導入ガイドライン」の策定を目的として、維持管理段階で活用するために必

要な 3 次元モデルの作成方法と属性情報について検討を行った。

2. 研究の目的、方法

本研究では、維持管理での利用を想定した 3 次元データモデルの標準化を検討するにあたり、その対象を橋梁に定めた。橋梁は他の構造物に比べて構成要素が多いことから維持管理の労力が大きく CIM の効果が得やすいと想定されるためである。

モデル事業の実施状況をみると、詳細な 3 次元モデルを作成した場合に干渉チェックなどで有効性は確認された。しかし、全ての部品、部材で 3 次元モデルを詳細化すると、その分、モデル作成にかかるコストも増大し、費用対効果が発揮されない²⁾。そのため、設計、施工の

フェーズを経るに従ってモデルが詳細化され、維持管理では実際の構造物と違わないモデルが構築されるといったモデルの進化は、現実的ではないと考えられる。そこで、維持管理において必要な3次元モデルの詳細度や属性情報を検討することで、設計・施工段階の3次元モデル作成時に、それを要求していくことが必要であると考えた。また、一口に維持管理と言っても様々な業務内容が存在する。あらゆる場面で利用可能となる詳細なモデルにすると、作成コストの増加をもたらすため、維持管理においては利用場面に応じたモデルを要求する必要がある。

そこで、本研究では維持管理段階を中心とした有効なCIMの活用場面を設定し、その各場面に基づいたCIMモデルの構築方法を以下の手順で検討した。

- ◆ 維持管理段階を中心とした効率的なCIMの活用場面を設定
- ◆ 上記活用場面に必要な、3次元モデルの作成方法を検討
- ◆ 維持管理段階で必要となる属性情報と付与方法を整理

詳細度についてはBIMのLODに関する研究を調査し、これを参考とした³⁾。また、属性情報の付与方法については、CIMモデル事業の事例を参考とした。さらに、橋梁の設計者及び維持管理における受発注担当者へのヒアリングを行い、検討した詳細度や属性情報、3次元モデルへの属性情報の付与方法について、有効性や実現可能性について意見を伺った。

3. CIMモデルの活用場面の設定

維持管理担当者へのヒアリングにより、維持管理段階におけるCIMのニーズは「3次元による可視化」「情報

表-1 橋梁における効率的なCIMモデルの活用場面

活用場面	
活用場面1	地下埋設物に関する諸課題への対応（地下構造の見えない部分の可視化）
活用場面2	桁端部、支承部に関する諸課題への対応（輻輳箇所、衝突、作業スペース、経路や検査路の確認）
活用場面3	点検結果の視覚化による維持管理の効率化（応力状態、損傷種別、判定区分等の可視化）
活用場面4	地元説明、協議の円滑化（説明資料として3次元可視化モデルの利用）
活用場面5	資料検索の効率化（3次元可視化モデルをプラットフォームとした情報の集約、統合）
活用場面6	装置や部品等の交換（取替えが必要な装置や部品とその関連情報の把握）

の一元管理、検索性向上」「属性情報の可視化」に集約されることが確認できた。維持管理に限らず、設計、施工段階でもこれらのニーズは高いと考えられ、各段階で効率化が図れるよう、CIMモデルの具体的な活用場面として、表-1に示す6つの場面を抽出した。

これらの活用場面は、詳細な3次元モデルまでは必要ないが、全体の構造や部材が把握できる3次元モデルが必要である。また、各段階でニーズの高い活用場面5については、構造や部材に関する情報と3次元モデルを関連付けてデータを統合管理するプラットフォームとして、簡易な3次元モデルでも十分に機能を果たせる。

4. 3次元モデルの詳細度

3次元モデルの作成方法の検討では、設定した活用場面を実現するために、モデル化すべき部材とその作り込みレベル（詳細度）、および作成時期を設定した。なお、今回設定した活用場面の他にも設計・施工段階では、精緻なモデル作成による高度な活用が想定される。しかし、ここでは維持管理段階で利用する際に過不足のない必要十分なモデル作成の目安として設定した。

さらに3次元モデルの作り込みレベルについては、活用場面に応じて、部材毎に必要な詳細度が異なる。そのため、対象施設全体で一律の詳細度を設定するよりも、部材毎に詳細度を設定する方が効率的であると判断した。3次元モデルの詳細度は以下に示す考え方に基づき、4段階とした。表-2～4に支承、主桁、橋台を対象とした詳細度のサンプルを示す。

表-2 作り込みレベル（支承）

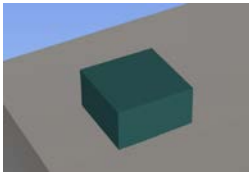
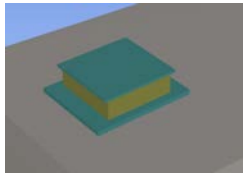
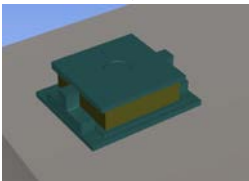
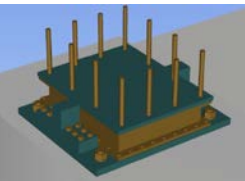
レベル1	レベル2
・支承の概略形状を表現した直方体モデル ・寸法形状は不正確 	・主部材(上査・下査・ゴム支承)の外形状を正確にモデル化 ・主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化する 
レベル3	レベル4
・主要部材以外の一部部材（サイドブロックなど）を詳細にモデル化 	・ボルトなど細部部材を含めて、全ての部材を詳細にモデル化 

表-3 作り込みレベル（主桁）

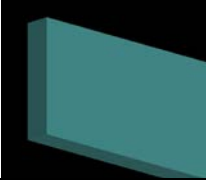
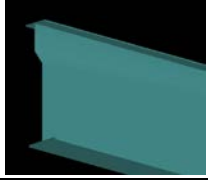
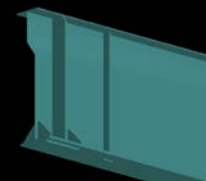
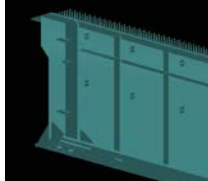
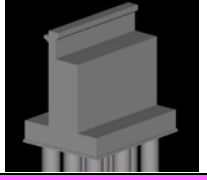
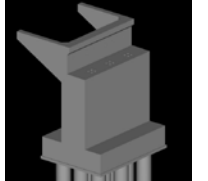
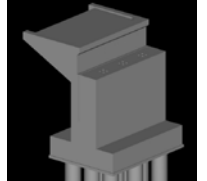
レベル1	レベル2
- 主桁の概略形状を表現した直方体モデル - 寸法形状は不正確 	- 主部材（フランジ・ウェブ）の外形形状を正確にモデル化 - 主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化する 
レベル3	レベル4
主要部材以外の一部部材（補剛材など）を詳細にモデル化 	スタッドジベルなど細部部材を含めて、全ての部材を詳細にモデル化 

表-4 作り込みレベル（橋台）

レベル1	レベル2
- 下部工の概略形状を表現した直方体を組み合わせたモデル - 寸法形状は不正確 	- 主部材（基礎、堅壁、胸壁）の外形形状を正確にモデル化 - 主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化 
レベル3	レベル4
主要部材以外の一部部材（翼壁など）を詳細にモデル化 	踏掛け板など細部部材を含めて、全ての部材を詳細にモデル化 

- ◆ レベル 1：直方体や円柱で部材の形状の特徴を示したモデル
- ◆ レベル 2：主要部材の外形形状を正確に再現したモデル
- ◆ レベル 3：レベル 2 に加え主要部材以外の一部部材の外形形状を正確に再現したモデル
- ◆ レベル 4：全ての部材が正確

なお、詳細度を示す指標として LOD が用いられるが、土木構造物では十分に確立した指標となっていないことから、本報では上記のレベル 1～4 の 4 つの作り込みレベルで表した。

CIM は事業の上流側で作成したモデルを、様々な事業段階で共有・活用することで効率化を図るものである。よって、維持管理で利用する CIM モデルは、設計段階で可能な限り作成し、必要に応じて施工段階で構造物の修正、追加を行った 3 次元モデルを引き継ぎ、利用することを基本とする。ただし設計、施工段階で利用する CIM モデルが、必ずしも維持管理に必要な部材のモデル化や必要な作り込みレベルで作成されるとは限らない。そこで、維持管理での活用が阻害されないよう、活用場面毎に作成すべき部材とその作り込みレベルを、どの段階で作成、修正すべきかを表-5 に明示した。

5. 維持管理で必要となる属性情報の整理と付与方法の整理

属性情報を必要以上に多く取り扱うことは費用対効果の観点から好ましくないため、属性情報についても活用場面とセットで定義を行った。また、属性情報を部材のみに付与した場合、部材の上位のクラスで保持すべき情報も部材属性として保持するために、同じ属性情報を重複して入力することが想定される。これを回避するために、付与すべき属性情報をクラス毎に設定した。クラス分けは構造全体・構造体・構成要素の 3 段階とした。

一方で、名称や種類、形式、材料、部材番号などの基本的な性質を表す情報は、様々な利用場面において共通に利用される属性情報である。また、点検結果や修繕記録、品質管理資料や図面、写真などの外部参照ファイルのアドレス等は、利用場面に応じて必要となる属性である。このため、その性質によって基本属性情報と利用目的別属性情報に分類した。表-6 に属性情報のクラスと属性情報の項目例を示す。

次に、属性情報の 3 次元モデルへの付与の方法を示す。属性情報を付与する方法としては大きく分けて以下の 2 種類が存在し、クラスによって付与方法を分けるものとした。

- ・ 3 次元モデル作成ソフトウェアにより直接保存する方法
- ・ 3 次元モデルを統合して可視化できるソフトウェア（以下、3 次元モデル統合ソフト）のリンク機能を利用して付与する方法

構造全体および構造体への付与については、現状の 3 次元モデル作成ソフトウェアではクラス化したモデルを構

表-5 部材毎の3次元モデルの作り込みレベルと作成時期

大項目		(1) 上部工							(2) 下部工(橋台)				(3) 下部工(橋脚)				(4) 付属物													(5) 地下埋設物				(6) 地形							
中項目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	42	43	44	45	46	
活用場面		主桁	横桁・横構	縦桁	床板	壁高欄	舗装	緑石	胸壁	縦壁	翼壁	フーチング	杭	柱・壁	梁	フーチング	杭	支承	脊座・台座	変位制限	落橋防止	排水	伸縮装置	高欄	遮音壁	防護柵	検査路	標識	照明	添架物	管路	人孔	共同溝	仮設物	舗装	緑石	区画線	土工	建物	仮設物	
設計時	【1】地下埋設物								2	2	2	2	2	2	2	2	2														2	2	2		2				2	1	
	【2】支承周り	2	3	2	2	2			3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2				2			2											
	【3】点検結果	2	3	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2				2	1	2	
	【4】橋梁全体	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2				2	1	2	
	【5】資料検索	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					2				2	1	2
施工時	【1】地下埋設物																																	2						2	
	【2】支承周り	2	3	2	2	2			3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										
	【3】点検結果	2	3	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
	【4】橋梁全体	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
	【5】資料検索	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
維持管理時	【1】地下埋設物																																								
	【2】支承周り																	3	3	3	3	2	2					2													
	【3】点検結果	2				2												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
	【4】橋梁全体																	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											
	【5】資料検索																	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											

維持管理段階で付属品の取り替えや撤去・拡張した場合に修正

・設計から大きく変更した場合は修正

点検時の要素単位に分割

※数値(1、2、3、4)は、作り込みレベルを示す。

※施工、維持管理の各段階で大きな構造変更が行われた場合は、各段階でモデルを修正

表-6 属性情報のクラスと項目例

クラス		構造全体	構造体	構成要素
付与する単位		橋梁全体	上部工、橋脚、支承等	梁、柱、支承本体等
属性項目	基本属性情報	橋梁名称、管理者、位置情報、橋梁管理番号、管理事務所、出張所	工種、管理番号、構造形式区分、構造体名称、径間番号 or 下部工部材番号	要素名、規格、部材種別、材料 or 材料等の呼び名、径間番号 or 下部工部材番号
	利用目的別属性情報	【活用場面5】 設計情報、施工情報（外部参照ファイルアドレス）	【活用場面5】 設計図面、点検調査、補修記録（外部参照ファイルアドレス）	【活用場面3】 点検日、損傷の種類・程度、判定区分 【活用場面6】 型式、設置日、メーカー

築できるソフトウェアが存在しない。その場合、3次元モデル統合ソフトのリンク機能を用いる。具体的には、上部工や P1 橋脚などクラスを表す名称を入力したタグを3次元ビュー上に配置し、そこからハイパーリンクにより外部保存したファイルを参照することとした。構成要素に対しては、上記の方法ではリンク機能を有したタグが非常に多く、煩雑になることが懸念されるため、3次元モデルの各構成要素に直接属性情報を付与することとした。

6. まとめ

本研究では、設計および維持管理における受発注担当者との意見交換を通じて、維持管理段階で活用する CIM モデルの構築方法を検討した。さらに、効果的な活用場面を設定し、これを実現するために必要な3次元モデル

の作成方法と属性情報を設定した。

今後は今回の検討結果を具現化した CIM モデルを構築し、維持管理現場での実証実験を行い、効率化を図る必要がある。また、CIM モデルの構築方法以外でも制度上の課題や、関連するツールの開発によってさらに効率化が図られるものとする。これらの課題や要求性能を明確にし、関係団体へ発信していくことが CIM を推進する上で必要と考える。

参考文献

- 1) (財) 経済調査会：CIM 技術検討会平成 24 年度報告，2013.
- 2) (財) 経済調査会：CIM 技術検討会平成 25 年度報告，2014.
- 3) 国土交通省・大臣官房官庁営繕部：官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン，2014.