

# 橋梁の維持管理におけるCIMの利用と3次元モデルの作成

青山憲明・川野浩平・山岡大亮・重高浩一

## 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・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。

国土交通省では平成24年度からCIM試行事業を実施しており、設計や施工段階の現場において、CIM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<sup>1)</sup>。また、平成28年度にCIM導入ガイドラインの策定を掲げており、産学官による体制において、具体的な検討を行っているところである。

CIMはi-Constructionとも密接に関係しており、測量や設計・施工、検査に至る各工程で、3次元データの全面的な活用に向けた取り組みが進んでいる。国総研では、設計から施工へ円滑な3次元設計データの受渡しを目的とし、土工における3次元設計データ交換標準について検討を行っており、これについては別途ご報告をさせていただく。

さらに、設計・施工だけではなく、社会資本の老朽化に伴い業務量の増加が想定されている維持管理においてもCIMによる高度化、効率化が期待されており、具体的な活用について検討が進められている。本報では維持管理を見据えた設計・施工段階でのCIMモデル作成方法に関する研究成果について報告する。

## 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CIMモデル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く、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。

橋梁に対するCIMの具体的な効果として、CIM試行事業では、部材を詳細に作り込んだCIMモデルによる部材間の干渉チェックで有効性が確認されて

いる。一方、全ての部品や部材をCIMモデルで詳細に作成すると、モデル作成にかかるコストが増大する。十分な費用対効果を得るためには、モデルに過剰な性能を実装するのではなく、維持管理での利活用をあらかじめ想定し、必要な部分のみを作り込むことが望ましい。

そこで、本研究では維持管理を中心とした有効なCIMの活用場面を設定し、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、CIM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 (Building Information Modeling) のLOD (Level of Development) に関する研究を調査し、これを参考とした<sup>2)</sup>。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。

## 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のニーズを整理した。これらのニーズを基に、CIMモデルの維持管理での活用場面として、表-1に示す5つの場面を抽出した。これらの活用場面では、詳細なCIM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CIMモデルが必要である。また、維持管理以外の段階においてもニーズの高い活用場面5については、構造や部材に関係

表-1 橋梁における効率的なCIMモデルの活用場面

| 維持管理での活用場面   |  |
|--------------|--|
| 【1】<br>地下埋設物 | 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）            |
| 【2】<br>支承销り  | 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） |
| 【3】<br>点検結果  | 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）     |
| 【4】<br>橋梁全体  | 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）             |
| 【5】<br>資料検索  | 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）      |

する情報とCIM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、簡易なモデルでも十分に機能を果たせる。

#### 4. CIMモデルの詳細度

CIMモデルを作成する上では、利用目的に合わせた適切なモデルを、適切な事業段階で作成する必要がある。そこで、3章で設定した活用場面からモデル化すべき部材とその詳細度（CIMモデルを作り込む際の詳細さの程度）、および作成時期を設定した。なお、今回設定した維持管理での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、過剰な詳細度は費用対効果の低下に繋がるため、ここでは維持管理段階の利用時に過不足のない必要十分なモデル作成の目安として詳細度を設定した。さらにCIMモデルの詳細度は、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。

CIMモデルの詳細度を設定するにあたっては、建築分野におけるBIMを参考とした。BIMでは、3次元モデルの詳細度を示す指標として、LODが用いられている。一般には、LOD100～LOD500までの数字で表され、数字が大きいほど精緻なモデルを表している。このLODは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、本報では土木部材の作りこみレベルをあまり細かく分類せず、詳細度を1～4の4つの指標で表した。考え方を以下に示す。

- ◆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モデル

表-2と表-3にそれぞれ、支承、主桁を対象とした詳細度のサンプルを示す。

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CIM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詳細度で作成されるとは限らない。

そこで、設計や施工といった各段階において、維持管理を見据えた場合に作成しておくべき部材とその詳細度について、維持管理における活用場面と照らし合わせ、表-4に明示した。

表-2 詳細度（支承）

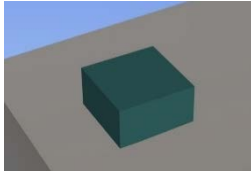
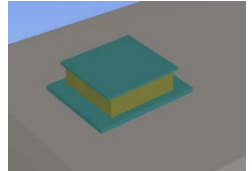
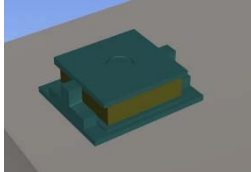
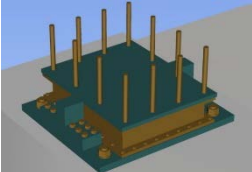
| 詳細度1   | 詳細度2   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・支承の概略形状を表現した直方体モデル</li> <li>・寸法形状は不正確</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・主部材(上杓・下杓・ゴム支承)の外形形状を正確にモデル化</li> <li>・主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化する</li> </ul>  |
| 詳細度3   | 詳細度4   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>                                      |

表-3 詳細度（主桁）

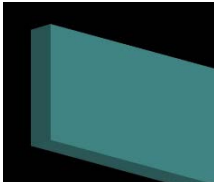
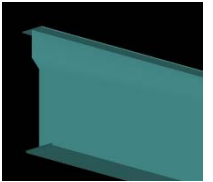
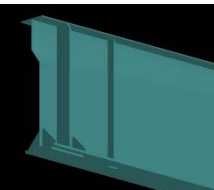
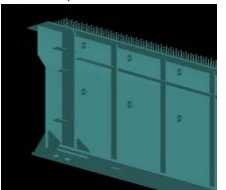
| 詳細度1  | 詳細度2   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・主桁の概略形状を表現した直方体モデル</li> <li>・寸法形状は不正確</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・主部材（フランジ・ウェブ）の外形形状を正確にモデル化</li> <li>・主部材以外は、部材の省略、概略形状で表現する</li> </ul>  |
| 詳細度3  | 詳細度4   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・主要部材以外の一部部材(補剛材など)を詳細にモデル化</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>                              |

表-4 部材毎のCIMモデルの作り込みレベル（詳細度）と作成段階

| 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 |    |     |    |    |     |    |    |    |
|--------|----------|----|----|----|-----|----|----|-------------|----|------|----|----|-------------|------|----|----|---------|------|----|------|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----------|-----|-----|--------|----|-----|----|----|-----|----|----|----|
|        | 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 | 35 | 36  | 37 | 38 | 39 |
| 中項目    | 主桁       | 横桁 | 縦桁 | 床版 | 壁高欄 | 舗石 | 胸壁 | 堅壁          | 翼壁 | フーチン | 枕杭 | 柱  | 梁           | フーチン | 枕杭 | 支承 | 台座      | 変位制限 | 排水 | 伸縮装置 | 高欄 | 遮音壁 | 防塵壁 | 検査路 | 標識 | 照明 | 添加物 | 管人孔       | 共同溝 | 仮設物 | 舗装     | 縁石 | 区画線 | 土工 | 土留 | 仮設物 |    |    |    |
| 設計段階   | [1]地下埋設物 |    |    |    |     |    | 2  | 2           | 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    | 2  | 3    | 3  | 3   | 3   | 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  | 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      | 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    | 1  | 1   | 1   | 1   | 1  | 1  | 1   | 1         | 1   | 1   | 1      | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  |
| 施工段階   | [1]地下埋設物 |    |    |    |     |    |    |             |    |      |    |    |             |      |    |    |         |      |    |      |    |     |     |     |    |    |     |           |     |     |        |    |     |    |    |     |    |    |    |
|        | [2]支承周り  | 2  | 3  | 2  | 2   | 2  |    |             |    | 3    | 3  | 2  | 2           | 2    | 2  | 2  | 2       | 2    | 2  | 3    | 3  | 3   | 3   | 2   | 2  | 2  | 2   | 2         | 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      | 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      | 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      | 2  | 2   | 2  | 2  | 2   | 2  | 2  | 2  |
| 維持管理段階 | [1]地下埋設物 |    |    |    |     |    |    |             |    |      |    |    |             |      |    |    |         |      |    |      |    |     |     |     |    |    |     |           |     |     |        |    |     |    |    |     |    |    |    |
|        | [2]支承周り  |    |    |    |     |    |    |             |    |      |    |    |             |      |    |    |         |      |    |      |    |     |     |     |    |    |     |           |     |     |        |    |     |    |    |     |    |    |    |
|        | [3]点検結果  | 2  |    |    |     |    |    |             |    |      |    |    |             |      |    |    |         |      |    |      | 3  | 3   | 3   | 3   | 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  |    |
|        | [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  |

※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

### 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

維持管理においてCIMモデルを有効に利活用するためには、CIMモデル内の部材毎に属性情報が適切に登録されている必要がある。属性情報としては、橋梁の諸元だけではなく、設計図面や定期点検の記録等も含まれる。例えば、橋梁等、道路構造物については、5年に1度の定期点検が義務付けられたところであり、この定期点検の結果が属性情報として登録されていれば、その情報をCIMモデル上で可視化することで、現在の橋梁の損傷状況等をひと目で確認でき、今後の補修計画を立案する際にも有益な情報となる(図-1)。一方、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、付与すべき橋梁構造の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、それぞれの利用場面に応じて必要となる属性である。このため、属性項目は、その性質によって基本属性情報と利用目

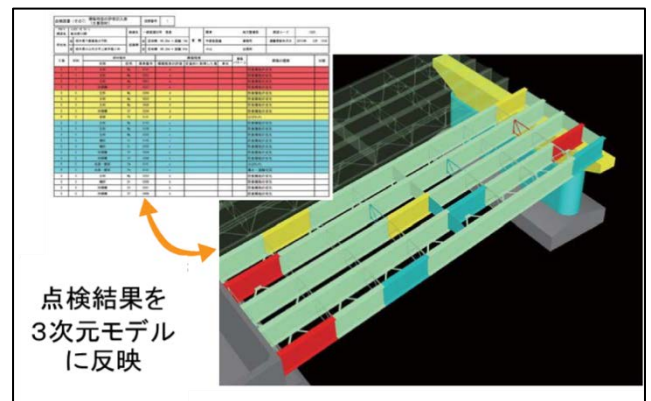


図-1 点検結果の可視化例

的別属性情報に分類した。表-5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CIM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属性情報の付与については、現状の主要な3次元モデル作成ソフトウェアではクラスを階層構造として表現できるソフトウェアが存在しない。また、維持管理では、前工程でモデル作成に用いたソフトを全て準備することは現実的ではない。このため、3次元モデル統合ソフトのリンク機能を用いることとする。

具体的には、上部工やP1橋脚などクラスを表す

表-5 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、下部工、支承等                             | 主桁、横桁・横構、縦桁、床版(上部工の場合)                    |
| 属性項目   | 基本属性情報<br>(橋梁点検要領に基づく情報) | 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 下部工躯体番号    | 要素名、規格、部材種別、材料 or 材料等の呼び名、要素番号 or 部材番号    |
|        | 利用目的別属性情報                | 【活用場面5】<br>設計情報、施工情報(外部参照ファイルの格納先アドレス) | 【活用場面5】<br>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】<br>橋梁定期点検の記録情報(点検日、損傷の種類・程度、判定区分) |

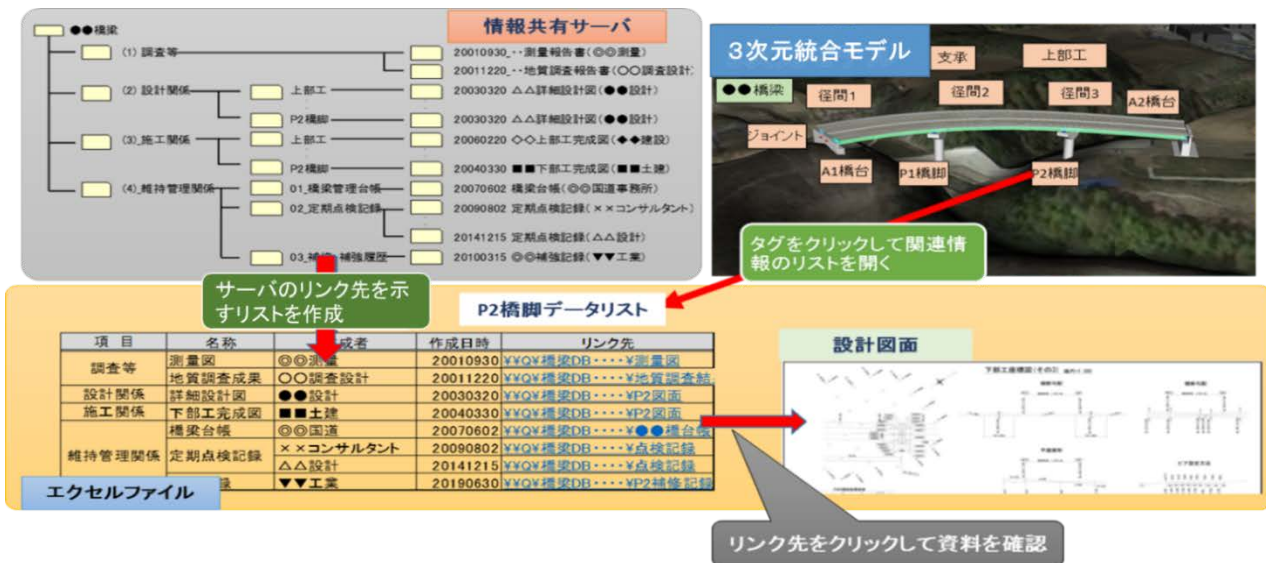


図-2 属性情報の付与方法例

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(図-2)。

## 6. まとめ

本研究では、設計や維持管理の受発注担当者との意見交換を通じ、維持管理で活用する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CIMモデルの作成方法と属性情報を設定した。

今後の課題としては、今回の検討結果を基に、維持管理現場での実証実験を行い、設計から維持管理

までを通した一連の流れの中でCIM活用の効果を検証すると共に、i-Constructionの取り組みとも連携を図っていきたいと考えている。また、本研究の成果は、国土交通省が平成28年度に策定するCIM導入ガイドラインへ反映することを予定している。

## 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) BIMForum：Level of Development specification, <https://bimforum.org/lod>, 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

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

川野浩平



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  
Kohei KAWANO

山岡大亮



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 交流研究員  
Daisuke YAMAOKA

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 室長  
Koichi SHIGETAKA