

## 維持管理におけるCIMの利用とモデルのあり方

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
社会資本マネジメント研究センター  
社会資本情報基盤研究室 主任研究官

青山憲明  
AOYAMA Noriaki

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
社会資本マネジメント研究センター  
社会資本情報基盤研究室 交流研究員

山岡大亮  
YAMAOKA Daisuke

### 1 はじめに

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、CIM (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。

国総研では、CIMの導入・普及に向けた検討の一環として、橋梁を対象に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ている。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な各種情報を統合したCIMのプロトタイプモデルを作成した。

本稿では、これまでの研究の成果および今後の展望について述べる。

### 2 維持管理における課題と3次元モデルへのニーズ

平成24年度より国土交通省が実施してきた設計・施工段階でのCIMの利用は、干渉チェック、景観検討、関係者協議、施工手順の確認等、3次元可視化の利用が中心であった。2次元図面だけではイメージし

にくい構造物を3次元可視化することで、複雑な構造物でも立体的にイメージできるといった効果を期待したものである。

一方、維持管理段階に入ると、すでに構造物が構築されており、現場で確認すれば立体的なイメージをつかむことは容易である。このように、維持管理では、設計・施工に比べて3次元モデルのニーズが明確ではないことから、維持管理での3次元モデル利用のニーズについて調査を実施した。調査は、地方整備局の道路管理担当者、点検業務を実施するコンサルタントへヒアリング形式で行った。

ニーズ調査から分かったことは、専門技術者では、2次元図面でも十分に橋梁の構造把握が可能であるが、点検計画を立てる際の周囲環境や地形と橋梁との関係、点検結果を部材や空間位置で整理した上での点検調書作成、点検結果の整理など、専門技術者の判断を支援する利用方法について3次元モデルのニーズがあることが判明した。

また、ヒアリングの中で、点検や補修計画に必要な過去の資料やデータが、一元的に管理されていないことや時系列的な整理が十分に行われておらず、資料の検索に時間がかかっていることが大きな課題であることが分かった。一般的には、成果単位で資料が整理されているが、この場合、ひとつの橋梁でも複数の工事に分割されるケースや、複数の橋梁の点検補修工事がひとつの業務で発注されるケース等においては、橋梁との関連が取りにくくなることが一因として挙げられる。

このような課題に対し、3次元モデルを、3次元構造や空間位置で情報が管理できるプラットフォーム

として活用することにより、解決が図れると考え検討を進めた。

### 3 維持管理における3次元モデルの活用場面

先のヒアリングにおける維持管理担当者のニーズとしては、大きく分けて「3次元による形状の可視化」「属性情報の可視化」「情報の一元管理」の3つに分類できることが判明した。

#### 3.1 3次元モデルによる形状の可視化

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。これらをひとつの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、進入経路の確認や高所作業時の足場の設置確認等で、関係各者との共通理解が容易になる(図-1)。

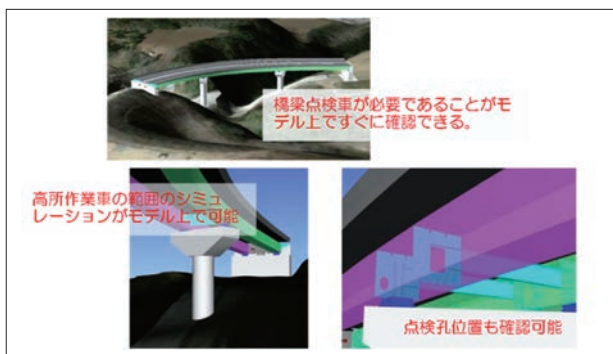


図-1 周辺状況の可視化

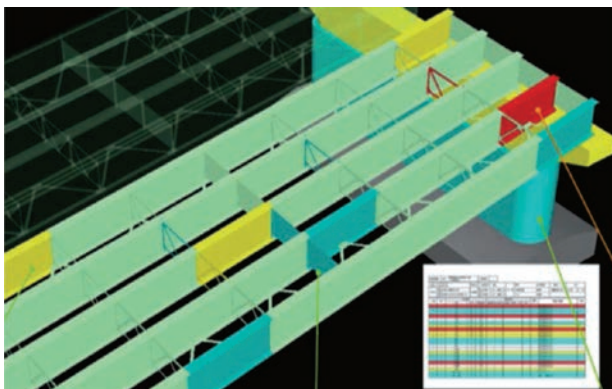


図-2 属性情報による損傷度情報の表示

#### 3.2 属性情報の可視化

維持管理段階でニーズの高い3次元モデルの活用場面のひとつに、点検要素毎に損傷度等の属性情報を紐付け、3次元モデル上で色分けして表示することが挙げられる(図-2)。損傷状況を可視化することで「補修・補強範囲の意思決定の迅速化」や「損傷の原因究明への活用」に繋がることが期待される。

#### 3.3 情報の一元管理

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、膨大な資料をひとつの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となり、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、3次元空間上の位置と構造物を構成する部材等の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)。

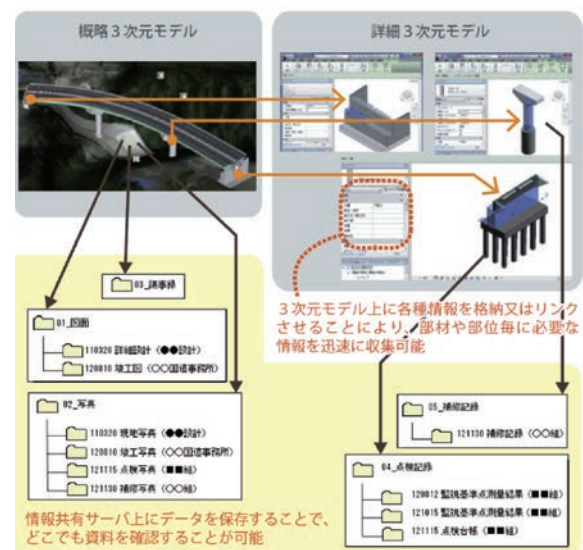


図-3 3次元モデルによる情報の一元管理

表-1 橋梁における効率的な3次元モデルの活用場面

活用場面		活用場面の分類
活用場面1 [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)	3次元可視化
活用場面2 [支承周り]	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次元可視化
活用場面3 [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)	属性情報の可視化
活用場面4 [橋梁全体]	地元説明、協議の円滑化、地形と構造物との位置関係の把握、点検補修計画の作業方法確認	3次元可視化
活用場面5 [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)	情報一元管理

### 3. 4 活用場面の整理

以上の調査結果を踏まえ、3次元モデルに対するニーズの高い具体的な活用場面として、表-1に示す5つの場面を整理した。

これらの活用場面では、詳細な3次元モデルまでは必要とはされておらず、それよりも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。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と考えられる。

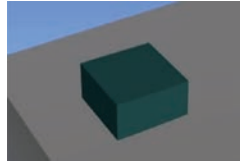
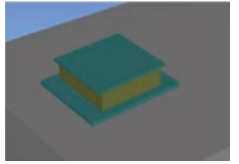
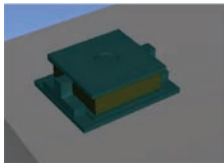
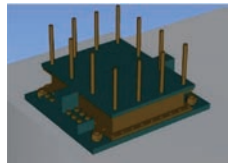
## 4 維持管理で利用する3次元モデル

### 4. 1 3次元モデルの詳細度

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。このため、利用目的に応じた最適な3次元モデルの作成が求められる。そこで、設定した活用場面を実現するために、3次元モデルとしてモデル化すべき部材とその作り込みレベル(詳細度)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。

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、橋台、主桁を対象とした詳細度のサンプルを示す。

表-2 詳細度(支承の例)

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 	・主要部材(上沓・下沓・ゴム支承)の外形形状を正確にモデル化 ・主要部材以外は、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 

- ◆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

なお、詳細度を細部部材を含めて示す指標として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

表-3 詳細度（橋台の例）

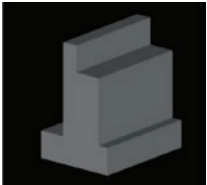
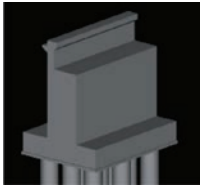

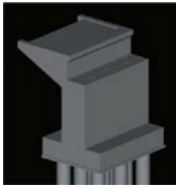

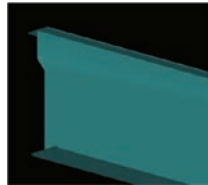
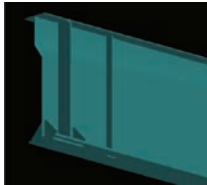
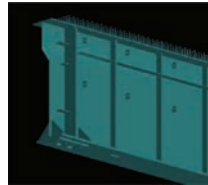
レベル1	レベル2
<ul style="list-style-type: none"> <li>下部工の概略形状を表現した直方体を組み合わせたモデル</li> <li>寸法形状は不正確</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>主部材（基礎、縦壁、胸壁）の外形状を正確にモデル化</li> <li>主部材以外は、部材の省略、概略形状により簡易化</li> </ul> 
レベル3	レベル4
<ul style="list-style-type: none"> <li>主要部材以外の一部部材（翼壁など）を詳細にモデル化</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul> 

表-4 詳細度（主桁の例）

レベル1	レベル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> 
レベル3	レベル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> 

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3次元モデルは、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。このことから、維持管理での活用場面を見据え、3次元モデルをどのレベルで作成、あるいは修正するべきか、適切に選択していくことが重要である。

#### 4.2 3次元モデルの要素分割

橋梁の維持管理では点検要領に定められた要素単位で情報を管理することが望ましく、属性情報の可視化においても要領に沿った形でモデルが作成されていると、より効果的な表現が可能となる。しかしながら、設計・施工段階の3次元モデルは点検要素単位ではなく、製作に必要な単位で部材をまとめた形で作成されている。先に述べた通り、維持管理では設計・施工段階で作成された3次元モデルを引き継ぎ利用することから、3次元モデルを点検要素単位に分割し直す作業が発生する。

そこで、実際に設計段階で作成された3次元モデルを点検要素単位に分割し、作業にかかる時間を検証した。検証に当たり使用したモデルは、産学官CIMの対象橋梁で「大落古利根川側道橋」の設計業務にて作成されたものであり、補剛材や吊り金具、ボルト添接部等までモデル化されている詳細なものであった。このモデルが維持管理段階へ受け渡されたと仮定し、橋梁定期点検要領で示される点検要素単位への分割を行っている。

表-5に、作業の流れおよび、各工程にかかった所要時間を示す。要素分割にかかる作業時間は、対象の3次元モデルの作り込みレベルに依存する部分が多い。今回使用したような詳細モデルの場合、3次元モデルを構成する要素の数が多く、そのまま点検要素単位への分割を行うことは非常に効率が悪い。そこで、分割を行う前に点検要素としては不要な要素（吊り金具、補強リブ等）のレイヤを削除し、その後、分割作業を行った。

結果として、要素分割作業にはそれほど手間はかからず、維持管理段階で一から3次元モデルを作成する

よりも設計・施工段階で作成されたモデルを流用するほうが圧倒的に少ない時間で済むことが分かった。

一方で、作業時間の内訳を見ると、部材削除の時間が大部分を占め、最も時間がかかっている。事業によっては、設計段階において住民説明等での使用を目的とした、より簡易なモデルが作成される場合があり、そのようなモデルはもともと部材が少なく、部材整理の時間を短縮することができる。よって、簡易な3次元モデルが維持管理へ受け渡される場合には、積極的に活用することで更なる効率化に繋がる。

### 4.3 維持管理で必要となる属性情報と付与方法の整理

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ことになり、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。

### 4.4 外部参照ファイルとのリンク方法

3次元モデルと外部ファイルとのリンク方法については、設計段階でのデータ格納の手間がかからな

表-5 3次元モデルの要素分割手順と作業時間

作業手順	作業内容	所要時間
①部材整理	縦横リブ、吊金具、中間ダイアフラム、添接板など不要な部材の削除	12.0時間
②点検要素分割	点検要素単位(横桁~横桁)に主桁を分割	2.0時間
③グルーピング	部材単位から点検単位へレイヤを整理。	1.0時間
合計		15.0時間

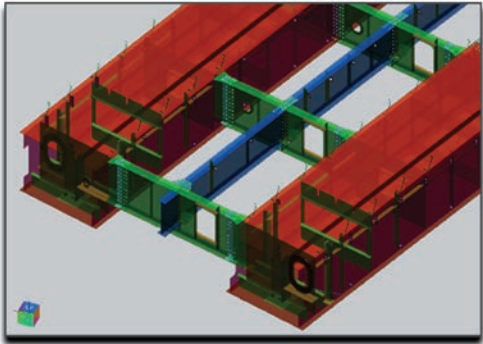
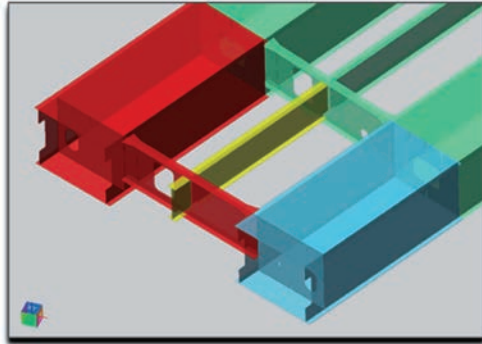
・設計段階で作成された3次元モデル 	・点検要素単位への分割作業後の3次元モデル 
--	---

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(外部参照ファイルの格納先アドレス)	【活用場面5】 設計図面、点検調書、補修記録(外部参照ファイルアドレス)	【活用場面3】 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)

表-7 外部参照ファイルの紐付け方法

	case1	case2	case3
概要	属性情報のリンク先を示したリストを作成し、リストを介して3次元モデルに紐付ける方法	構造体毎に分類したフォルダを設けて関連データを格納し、3次元モデルとフォルダを紐付ける方法	設計、施工段階のデータは電子納品に準じたフォルダに格納し、維持管理階のデータのみをCASE1の方法により3次元モデルに紐付ける方法
概念図			

い方法や、外部参照ファイルの検索が容易な方法という観点から、以下の3つの方法を検討した。

- ・CASE1:3次元モデルとフォルダを繋ぐリストを作成する
- ・CASE2:構造体毎のフォルダを設け、関連データをフォルダに納める
- ・CASE3:成果単位でフォルダを作成し、構造体へのリンクは維持管理段階のデータのみ

いずれもエクセル等の一般的なツールを活用し、実現できることを念頭に置いている。いずれにも共通している点として、3次元モデルの対象要素を選択すると関連するフォルダのリストが開き、リスト内から必要とする情報を選択できるような機能を想定している。各要素に紐付けるデータ(図面、写真、ドキュメント等)は、情報共有サーバ等に保存したリンク先を抽出しリストに表示する事で、情報の一元管理を可能とする。各方法の概念図を表-7に示す。ここで示すいずれの方法においても、外部の情報共有サーバ上に保存されるデータは、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、点検結果などの関連データを追加・更新することが容易である。

## 5 おわりに

今後の展開として、実際の維持管理業務にて3次元モデルの活用効果を検証する。これまでに述べた研究の成果をもとに実存する橋梁の3次元モデルを作成し、

地方整備局等が実施する橋梁の点検業務において3次元モデルを活用した現場試行を実施する予定である。

また、既設橋梁の取り扱いについても検討していかなくてはならない。今後新たに作られる橋梁については、CIMの運用が始まると共に3次元モデルが作成されていくであろうが、既設橋梁については当然のことながら、現時点で3次元モデルは存在しない。しかし、業務効率化の観点からは、既設の橋梁についてもCIMの枠組みの中で維持管理プロセスを運用していくべきであると考え。よって、既設橋梁の3次元モデル化或いはそれに類する形での表現手法についても、合わせて検討を進めていく。

そして、これらの研究成果を国土交通省が策定するCIM導入ガイドラインへ反映することで、現場業務の一層の効率化に繋がるよう取り組んでいきたいと考えている。

平成29年度から現場でのCIM導入が本格的に開始される。当面は、効果の得やすい設計、施工での活用が主流となるであろう。しかし、そのような中においても、今後数十年に渡って、社会インフラを適切に維持するために、しっかりと維持管理までを見据え、取り組むことが重要である。

### 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：CIMモデル作成仕様【検討案】<橋梁編>, 2016.  
[http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/pdf/specification\\_bridge\\_cim\\_H28.pdf](http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/pdf/specification_bridge_cim_H28.pdf)
- 2) 国土技術政策総合研究所：3次元モデルを利用した橋梁の維持管理ガイドブック, 2014  
[http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/pdf/guidebook\\_bridge\\_cim.pdf](http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/pdf/guidebook_bridge_cim.pdf)