

# 維持管理段階に適した CIMモデルの情報連携プラットフォームの開発

川野 浩平<sup>1</sup>・青山 憲明<sup>1</sup>・寺口 敏生<sup>2</sup>・関谷 浩孝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 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 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: nil-jyouhou@mlit.go.jp

<sup>2</sup>非会員 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 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: nil-jyouhou@mlit.go.jp

国土交通省では、建設生産プロセス全体を効率化するため、CIMの導入と普及に取り組んでいる。CIMは、建設生産プロセス全体で3次元モデルを連携させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化を図ることを目的としている。CIMの導入効果は、現場試行により、設計・施工段階においてその有効性が確認されているが、維持管理段階の有効性は検証が進んでいない。そこで、本研究では、まず過年度の検討成果である維持管理に適したCIMモデルの作成仕様に基づき、維持管理段階での活用を目的としたCIMモデルの情報連携プラットフォームのプロトタイプを開発した。そして、CIMモデルを点検現場で活用する方策を検討し、プロトタイプを用いた現場試行を通じて、膨大な維持管理資料の検索性を向上させるなどの維持管理における有効性を確認した。

**Key Words:** CIM, 3D-model, construction production process, maintenance

## 1. 研究の背景

国土交通省国土技術政策総合研究所では、建設生産プロセスの効率化を目的に、CIM (Construction Information Modeling / Management) の導入と普及に向けた研究開発に取り組んでいる。CIMでは、構造物の形状を表現した3次元モデルに材料・部材の規格や点検結果等の属性情報を付与して作成したCIMモデル<sup>1)</sup>を建設生産プロセス全体で流通・活用させることを想定している。CIMの最新の導入事例は、インフラ再生委員会技術部会が年度毎に公開する施工CIM事例集<sup>2)</sup>にて数多く紹介されており、CIMを用いた施工管理の導入が加速している状況が確認できる。また、宮武、石田らによるCIMの導入に関する研究成果<sup>3)</sup>が発表されていることから、技術開発が活発化していると言える。しかし、CIMの導入効果は、現場試行により、設計・施工段階における有効性が確認されている<sup>2)</sup>が、維持管理段階の有効性は検証が進んでいない。社会資本情報基盤研究室 (以下、「本研究室」という。)では、維持管理段階でのCIM活用に向けた研究<sup>4)</sup>を行っており、維持管理段階で必要となるCIMモデルの詳細度や付与する属性情報を整

理した「CIMモデル作成仕様【検討案】<sup>5)</sup>」(以下、「CIMモデル作成仕様」という。)を作成した。

本研究では、まず、CIMの導入により解決が期待できる維持管理段階の課題を整理する。次に、CIMモデル作成仕様での検討成果に基づき、維持管理段階の課題を解決する方法を検討する。そして、実際の点検業務での適用を通じて、その有効性を検証する。

## 2. 維持管理段階の課題と既存研究

CIMの導入により解決が期待できる維持管理段階の課題について、現場技術者へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査の整理結果を表-1に示す。

表-1に示す維持管理の課題A~Iは、橋梁、樋門・樋管、河川堤防・護岸および道路の工種についてヒアリングした結果であり、それぞれ対応する工種を○印で示す。表-1を確認すると、4つの工種で共通する課題として、下線付き太字で強調した維持管理の課題B、Eの2つがあることが分かる。維持管理の課題Bは、3次元モデルを可視化して立体的な形状を把握することで、作業ス

表-1 CIMの導入により解決が期待できる課題

維持管理の課題		橋梁	樋門	堤防	道路
A	埋設管など不可視部分の把握漏れが事故の原因となっている	○	○		○
B	現地へ行くまで異常個所の周辺に十分な作業スペースがあるか判断できない	○	○	○	○
C	専門家以外は図面から全体像を把握し辛い	○	○		
D	現在の点検調書は構造物全体の損傷を把握するのに不向き	○	○		
E	維持管理に必要な膨大な資料が氾濫していて資料収集が面倒	○	○	○	○
F	損傷の変化や災害時の構造物の変位・移動量が分からない	○		○	
G	距離標を基準とした管理手法では、点検・変状箇所の記録が曖昧になる。			○	○
H	災害前の立体的な形状が把握できないければ詳細な変状が把握できない。			○	○
I	200m 間隔の河川定期縦横断面では連続的に天端高を管理できない。			○	

ペースや検査路等の経路確認を支援できる。維持管理の課題 E は、維持管理に必要な膨大な資料を一元管理して検索性を向上することで、資料検索の効率化を支援できる。

維持管理に CIM を適用する手法に関する既存研究として、石田らは、Web ブラウザで 3次元モデルを表示させるための標準仕様である WebGL を用いた CIM モデルの確認手法<sup>3)</sup>を提案している。WebGL を用いることで、専用のソフトウェアを用意することなく、一般的な Web ブラウザで CIM モデルを確認できる。また、専用のパソコンや高速な通信回線を必要とせず、タブレット端末などを用いて現場で手軽に CIM モデルと現況を比較することができ、点検業務の効率化に資すると考えられる。しかし、石田らの研究では、膨大な維持管理情報の管理方法や連携方法は検討されていない。本研究では、維持管理に適した CIM モデルの在り方と膨大な維持管理情報を一元管理するための情報連携プラットフォームの要件を検討してきた。既存研究では、CIM モデルと属性情報の連携方法を検討し、モデルへの情報登録に必要なコストの観点から、その有効性を評価した。また、点検結果を適切に管理するため、橋梁定期点検要領<sup>4)</sup>で定められた「損傷状況を把握する際に用いる部位、部材の最小評価単位（以下、「点検要素」という。）」に基づいて CIM モデルを分割する手法<sup>5)</sup>を提案している。しかし、これらの研究成果を実際の点検業務にて活用する取り組みは行われていなかった。

そこで、本研究では、表-1 の維持管理の課題 E を解決するため、CIM モデル作成仕様での検討成果に基づ

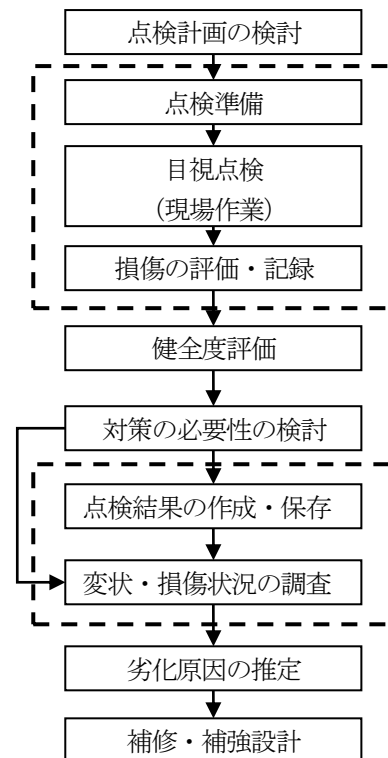


図-1 橋梁定期点検の閲覧・更新の業務フロー

き、膨大な維持管理情報の一元管理を目的とした情報連携プラットフォームのプロトタイプシステムを構築し、実際の点検業務での適用を通じて、その有効性を検証する。

### 3. CIM モデルの情報連携プラットフォームのプロトタイプシステム

#### (1) 利用目的と利用場面

CIM モデルの情報連携プラットフォームのプロトタイプシステム（以下、「本システム」という）は、維持管理における竣工時の CIM モデル及び電子納品成果、継続的に蓄積されていく維持管理情報（点検結果等）を共有し、管理対象の維持管理情報を一元的に管理することを目的とする。そのため、本研究では、「事務所職員（道路管理者、河川管理者）」および「点検作業員（点検委託業者）」を本システムの利用者と想定する。また、管理対象構造物の点検における維持管理情報の閲覧・更新の業務フローにおける本システムの利用対象は、図-1 の破線枠で示す「点検準備」「目視点検」「損傷の評価・記録」および「点検結果の作成・保存」「変状・損傷状況の調査」を想定する。

#### (2) システムの概要

本システムの概要を図-2、機能要件を表-2 に示す。



図-2 情報連携プラットフォームの概要

表-2 システム要件一覧

項目	機能	要件
情報共有	距離標検索	距離標から地図表示位置を移動
	点検結果検索	検索結果から電子納品成果の呼び出し
	3DGIS表示	構造物の位置、点検結果を表示、等
	3DGIS上の地点管理	CIMモデルの位置を登録・編集・削除
	CIMモデルの検索	工種や構造物名から検索し、一覧表示
	CIMモデルの登録・削除	モデルを登録・削除
	電子納品成果検索	検索結果から電子納品成果の呼び出し
モデル確認	CIMモデル表示	属性情報が付与されたCIMモデルを表示
	電子納品成果の登録・削除	CIMモデルのIDと電子納品成果の保存場所を紐付け記録
変状記録		CIMモデル上にひび割れのライン等を追加
属性情報の付与		CIMモデルと電子納品フォルダを関連付ける

図-2 に示すとおり、本システムでは、3次元の WebGIS を経由して施設管理者や点検業者に CIM モデルを提供するものである。本システムでは、CIM モデルは緯度経度に紐づけて WebGIS 上で表-2 の情報共有の項目に属する機能で管理されている。また、過去から蓄積された



図-3 CIMモデルの関連付け支援ツール

膨大な点検記録や点検写真が格納された維持管理データベースを属性情報として CIM モデルに関連付ける。データベースの情報を CIM モデルから参照する方法として、本研究では、過年度に検討した 3 種類の CIM モデルと属性情報の連携方法から、CIM モデル作成仕様にて検討されている「CIM モデルと外部参照ファイルを連携する中間リストを用いる関連付け手法」の適用を検討した。これは、中間リストを用いる関連付け手法が、CIM モデルから維持管理データベースの属性情報に直接アクセス出来る関連付け手法であり、情報の検索性が高いためである。しかし、専用のソフトウェアを使用しない場合、CIM モデルと既存の維持管理データベースとを連携するには、膨大な手作業が発生することが問題となっていた。そこで、本研究では、CIM モデルと外部参照データの関連付けを支援するためのツールを作成した。CIM モデルの関連付け支援ツールを図-3 に示す。図-3 に示すとおり、本ツールは一般的な表管理ツールのマクロとして開発した。そのため、専用のソフトウェアを必要とせず、CIM モデルと外部参照ファイルとを連携可能である。本ツールでは、CIM モデルの各点検要素と外部参照ファイルとを関連付けることにより、CIM モデルと外部参照ファイルとの関連を保持する方策を採用した。これにより、CIM モデルと本ツールの両方から、外部参照ファイルを呼び出すことが可能となる。



図-4 試行フロー

#### 4. 実証実験

##### (1) 実験の概要と目的

本実験では、実際の点検業務での現場試行を実施して、作成した CIM モデルの情報連携プラットフォームの有用性を検証する。現場試行では、情報の検索性における有効性、点検記録の確認における有効性、損傷記録作業における有効性について検証するため、図-4の試行フローに従って点検業務を実施した事務所職員および点検作業者を対象に以下の内容についてヒアリングを実施する。

- あらかじめ設定した試行で検証したいこと（CIM 活用場面）が、現場の点検フローを想定した CIM 情報基盤の試行において実際に有効であったか否か。
- 現状の維持管理行為の手順や、CIM によって現行の手順を代替できる可能性があるか等、試行シナリオにない事項についての設問。
- 維持管理業務で利用している既存システムの有無やその概要。
- 自由意見

なお、本実験で用いる CIM モデルの情報連携プラットフォームは試行用のプロトタイプであり、システムのインタフェースも簡易的な物である。そのため、情報連携プラットフォームを用いた定量的な有効性の評価は対象外とした。

表-3 情報連携プラットフォームの動作環境

対象	項目	ソフト名	開発元	バージョン
PC	OS	Windows	Microsoft	10
	ソフトウェア	Microsoft Excel	Microsoft	2013
		Navisworks Freedom	Autodesk	2017
		SketchUp	Trimble	17.1.174
	Chrome	Google	56	
タブレット	OS	Windows	Microsoft	10
	ソフトウェア	Microsoft Excel	Microsoft	2013
		Navisworks Freedom	Autodesk	2017
		SketchUp	Trimble	17.1.174
	Chrome	Google	56	

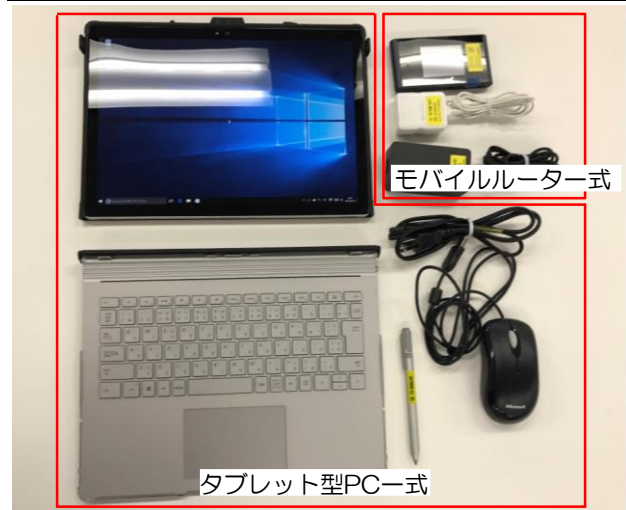


図-5 現場試行用の機器

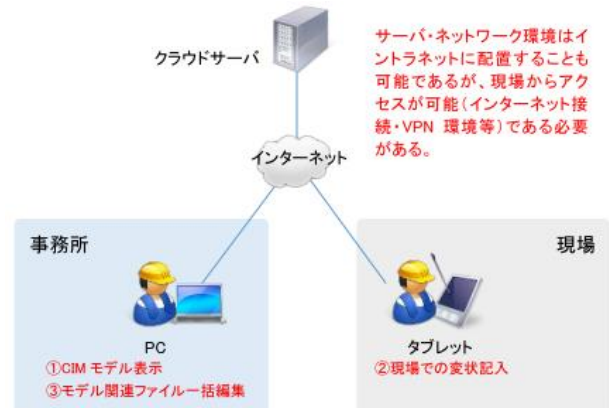


図-6 システム構成

##### (2) 実験条件

本研究で開発した情報連携プラットフォームの動作環境を表-3、現場試行用の機器とシステム構成を図-5、図-6 に示す。表-3 に示すとおり、本研究で開発した情報連携プラットフォームは、3次元モデルの閲覧と損傷図の描画に専門的なソフトウェアを活用することを想定しているが、それ以外は一般的なソフトウェアにより構築されている。

##### (3) 試行手順と検証項目

現場試行では、河川堤防・護岸、樋門・樋管と橋梁の



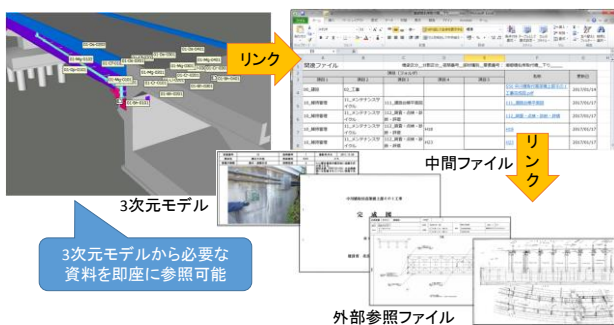


図-7 3次元モデルを用いた資料の検索

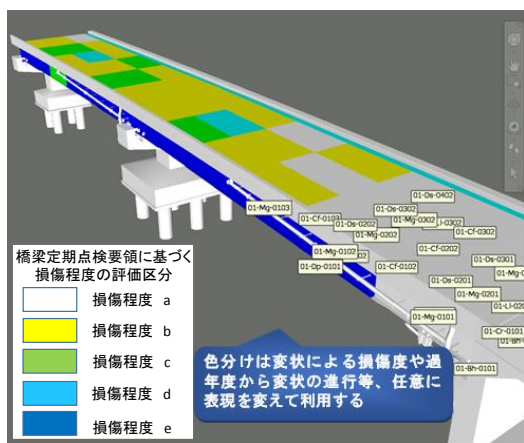


図-8 変状箇所や損傷箇所の俯瞰的な表現

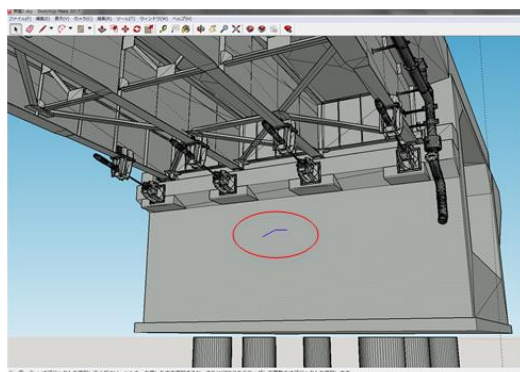


図-9 3次元的な損傷位置の記録

3現場において施設管理者と点検業務の作業員、計7名にタブレット端末を介して情報連携プラットフォームを利用してもらい、ヒアリングを通じて、下記の3つの検証項目に関する意見を抽出する。

a) 情報の検索性における有効性の検証

本検証項目では、図-7に示すとおり、過去の点検記録や点検写真など、必要な資料を情報連携プラットフォーム経由でモデルから即座に参照可能とすることで、資料の検索性を改善可能かどうかを確認する。

b) 点検記録の確認における有効性の検証

本検証項目では、図-8に示すとおり、点検要素ごとに登録された過去の点検結果に基づき3次元モデルを色付けすることで、変状や損傷が激しい箇所を俯瞰的に把握し、点検計画の策定を支援することが可能かどうかを確認する。

認する。

c) 損傷記録作業における有効性の検証

本検証項目では、検証にはタブレット端末を用いて、図-9に示すとおり、点検現場でCIMモデル上で損傷位置を記録することで、情報連携プラットフォームを点検現場で活用する場合の有効性を確認する。

(4) 現場試行による有効性の評価

現場試行によるヒアリングの回答を「維持管理行為の改善(業務改善)」および「作業性」の観点で分類した。回答の分類項目を表-4、ヒアリング結果の主な内容の抜粋を表-5に示す。ヒアリングにより得られた各検証項目に関する検証結果を以下に示す。

a) 情報の検索性における有効性の検証

表-4 回答の分類項目

分類	説明
業務改善	施設の点検及び対策に関する維持管理行為の改善に関する指摘。維持管理行為の効率化や高度化などに寄与する効果が見込めるか否かなど。
作業性	施設の点検・対策フローでCIM情報基盤を利用する際の、執務室及び現地における作業性に関する指摘。CIM情報基盤の機能性、操作性など。

表-5 ヒアリング結果の主な内容の抜粋

■CIM活用場面	
3次元可視化モデルをプラットフォームとした設計・施工・維持管理情報へのアクセスにより、検索の容易性を向上する。	
■試行での指摘事項	
業務改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>●長い橋では点検結果が複数の冊子で記録される。このような場合は、構造物毎や連続桁毎に情報が検索できるとよい。</li> <li>●現地で前回点検時の写真を参照し、同一アングルで写真が取れることは有効である。</li> <li>●現地での資料の紛失を防ぐ効果はある。</li> <li>●目視点検中に図面を確認する場面はそれほど多くない。</li> <li>●点検にあたっては、維持工事で対応した補修の情報が情報基盤から取得できるとよいが、そもそも橋梁カルテから漏れていることが多い。</li> <li>●補修工事は複数橋を同一工事で発注している。完成図書を橋梁別に分けることも難しいのではないかと。</li> </ul>
作業性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●タブレットのバッテリー量、重量、防水性、防塵性、堅牢性、カメラ性能等、現地での作業性に課題が多い。</li> <li>●データ登録作業を事務所・出張所が行うことは、システムに詳しくない担当者もいるため、難しい。</li> </ul>

関連付けた過去の点検記録から、構造体ごとの図面や写真等をすぐに参照できるため、紙資料に比べ検索性が高く有効性が高いことを確認した。また、過去の点検記録を CIM モデルと関連付ける際に、CIM モデルの関連付け支援ツールを用いることで、手間を軽減できることを確認した。以上より、情報連携プラットフォームは、情報の検索性において有効であることが分かった。

#### b) 点検記録の確認における有効性の検証

点検計画を立案する際、過去の点検調書の内容を正確に把握するには慣れが必要である。情報連携プラットフォームでは、点検要素ごとに分割した CIM モデルに対し、過去の点検記録に基づき算出した損傷度で彩色することで、点検結果の概略をひとめで把握可能である。以上より、情報連携プラットフォームは、過去の点検記録の内容把握の支援に有効であることが分かった。

#### c) 点検記録作業時における有効性の検証

タブレット端末を用いることで、点検現場で3次元的に損傷箇所を確認・記録できるため、後の点検時に位置関係の把握が容易となる。また、撮影した点検写真を並べて表示することで、損傷の経時的な変化の把握を支援できることを確認した。以上より、情報連携プラットフォームは、点検現場における点検記録作業時に有効であることが分かった。

### (5) 考察と今後の展開

検証結果から、情報連携プラットフォームは膨大な維持管理資料の検索性を向上させる等、試行した維持管理の現場において有効であることが確認できた。一方で、現場に導入する際には、以下の導入障壁を解決する必要があるとの指摘があった。

#### ● 既存構造物のモデル化

既存の構造物を対象に本技術を導入するためには、維持管理用の CIM モデルを作成する必要がある。しかし、設計図面や計測データは点検要素ごとに分割されておらず、その属性情報を適切に登録するには、膨大な手間が発生する。

#### ● 点検結果の記録作業の効率化

点検業者が損傷記録を作成する際、現場でのスケッチを CAD 図面にするという手順を踏む場合が多い。タブレット端末経由で情報連携プラットフォームを利用しても、スケッチを CAD 図面にする作業の手間は解決されないため、点検業務の効率化への寄与が十分ではないと想定される。

以上2点の課題に対応するため、当研究室では、属性情報の登録を支援する仕組みやツールの要件及び点検業務にて写真やレーザスキャナで得られた点群データから計測記録を自動生成する技術等を検討しているところである。

## 5. まとめ

本研究では、現場での試行と事務所職員並びに点検業者へのヒアリングを通じ、維持管理段階での活用に適した CIM モデルの作成と要素分割及び情報連携プラットフォームによる属性情報の関連付けの有効性を検証した。検証結果から、過去の点検記録の把握を支援する仕組みとして、CIM モデルを用いた点検情報の可視化の有効性が実証された。また、情報連携プラットフォームにより情報が一元管理されることで検索性が高まり、WebGIS 経由でシステムを提供することで、現場での作業効率化に繋がることを確認できた。

今後は、情報連携プラットフォームの導入による時間短縮や精度向上などの定量的な評価を進めると共に、情報共有プラットフォームを社会実装する上で解決すべき課題（運用上のセキュリティやシステムの管理方法等）を整理していく予定である。その他にも、情報の自動登録を支援する仕組み等の点検記録作業の省力化技術やレーザスキャナ等を用いた計測データとの関連付けに関する技術の開発と試行を通じ、維持管理段階における CIM モデルと情報連携プラットフォームの有効性向上に努める予定である。

### 参考文献

- 1) 岩崎福久：国土交通省における CIM のこれまでと今後の取り組み、JACIC 情報、JACIC, Vol.114, pp.21-25, 2016.
- 2) インフラ再生委員会技術部会：2017 施工 CIM 事例集～施工 CIM の解説～、日本建設業連合会、2017、<<http://www.nikkenren.com/publication/detail.html?ci=260>> (2017 年 12 月入手)。
- 3) 石田仁、矢吹信喜：WebGL の土木構造物の維持管理への適用、土木学会論文誌 F3 (土木情報学)、土木学会、Vol.71, No.2, pp.II\_58-II\_65, 2015.
- 4) 宮武一郎、田村利晶、盛伸行、岡井春樹、高岸智絢：築堤事業の施工における CIM の運用についての一考察、土木学会論文誌 F3 (土木情報学)、土木学会、Vol.71, No.2, pp.II\_12-II\_27, 2015.
- 5) 山岡大亮、青山憲明、谷口寿俊、藤田玲、重高浩一：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、土木学会論文集 F3 (土木情報学)、土木学会、Vol.71, No.2, pp.I\_204-I\_211, 2016.
- 6) 山岡大亮、青山憲明、川野浩平、重高浩一、関谷浩孝：維持管理での活用を目的とした橋梁の CIM モデル作成コストの検証、土木学会論文集 F3 (土木情報学)、土木学会、Vol.72, No.2, pp.I\_21-I\_28, 2017.
- 7) 国土技術政策総合研究所：CIM モデル作成仕様【検討案】、国土交通省、2016、<<http://www.nlim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/cim.html>> (2017 年 12 月入手)。
- 8) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領、2016、[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3\\_1\\_6.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3_1_6.pdf)> (2017 年 12 月入手)。

(2017. 10. 26 受付)

## RESEARCH ON CIM INFORMATION MANAGEMENT PLATFORM FOR MAINTENANCE

Kohei KAWANO, Noriaki AOYAMA, Toshio TERAGUCHI and Hiroataka SEKIYA

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport is working to introduce and disseminate CIM (Construction Information Modeling / Management) in order to make the construction production process more efficient. CIM is aiming to achieve cooperation between the construction production process and 3D models. This cooperation will facilitate information sharing among participants, improving productivity. The effectiveness of CIM is confirmed at the Design and Construction from the results of field trials. However, maintenance stage on-site trials are still not done. Therefore, through this research, the effectiveness of CIM at the maintenance stage was confirmed by 4 procedures. First, we developed a prototype of a CIM information management platform system intended for use at the maintenance stage. Secondly, we examined a method of utilizing the prototype system at the maintenance site. Thirdly, we conducted a trial of the prototype system at the maintenance site. Finally, we evaluated the effectiveness of a CIM information management platform for maintenance.