

# BIM/CIMを活用した橋梁点検における 3次元シミュレーション機能の開発

郭 栄珠・青山憲明・西村 徹

## 1. はじめに

国土交通省では2023年度からの小規模を除くすべての公共工事におけるBIM/CIM (Building / Construction Information Modeling and Management) 原則化に向け、段階的にBIM/CIM適用拡大を図っている。測量・調査、設計、施工、維持管理の建設ライフサイクル全体において、一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を目指している。BIM/CIMの活用効果は、設計ミスや手戻りの防止、単純作業の軽減、施工安全性の向上とともに、フロントローディングと呼ばれる課題解決の前倒しにより、一層の事業効率化及び維持管理コストの削減、よりよいインフラの整備を図ることが期待されている<sup>1)</sup>。

国土技術政策総合研究所では、設計段階での3次元モデルの仕様を検討するとともに、設計段階での3次元モデルを用いた有効な設計照査の検討を行っている。設計照査では、施工計画の妥当性を中心に検討しつつ、インフラ維持管理がしやすくなるBIM/CIMの活用方法についても検討している<sup>2)</sup>。

詳細設計段階で維持管理しやすい橋梁を設計するために、BIM/CIMの3次元モデルを用いた橋梁点検シミュレーション（以下「点検シミュレーション」という。）の機能を開発する設計高度化の研究に取り組んだ<sup>3)</sup>。本研究で検討した点検シミュレーション機能開発の流れは、始めに点検シミュレーションの利用シナリオを検討し、それを実現するための点検シミュレーションに必要な機能を検討した。次に、検討した主要機能の点検シミュレーション機能のプロトタイプを開発した。最後に、開発したプロトタイプを用いたヒアリングによる評価を行い、利用場面の有効性について検討した。本報文ではその概要を報告する。

## 2. 維持管理を考慮したフロントローディング

フロントローディングとは、初期の工程（フロント）において負荷をかけて事前に後工程の作業を前倒しして進める手法である。設計段階において後工程の課題の十分な検討を行えば、建設ライフサイクル全体の生産性向上やコスト低減につながる。フロントローディングの事例として、部材間の干渉や離隔の不足等を詳細設計段階で確認し対策することで、施工時の手戻り防止につながるものも検討が行われている。

設計段階での維持管理を考慮した橋梁設計では、2次元図面（一般図等）を用いて検査路の動線確認や点検作業車等による点検方法の確認を行っているが、立体的で複雑な構造の箇所的设计照査を行うことが難しい。2次元図面による設計照査に限界があることから、立体的で複雑な箇所に点検作業車や点検員を配置した点検シミュレーションは、点検が確実に実施できるかどうかを確認する有効な手法と考えられる。本研究では、橋梁詳細設計における維持管理性の検討に活用可能なツールとして、点検シミュレーション機能の開発を行うこととした。

## 3. 点検シミュレーション機能のプロトタイプ開発

### 3.1 検討手順

点検シミュレーションの機能開発に向けて、以下の手順に従って検討を行った。

- ① 利用場面の検討：点検シミュレーションの効果的な利用場面として、橋梁の設計段階（点検しやすい設計の設計照査）と点検段階（点検計画立案）を特定
- ② 確認すべき項目の整理：従来の2次元図面ベースで確認していた事項を整理し、このうち点検シミュレーションに必要な機能要件を抽出

- ③ 利用シナリオ素案の作成：利用場面として、
  - ア) 確実な近接目視可能な範囲の確認
  - イ) 点検業者の点検作業計画の支援を設定し、点検シミュレーションの利用イメージを具体的な「機能の働き」、「ユーザインタフェースでの表示内容」及び、それらに対する「利用者の振る舞い」の一連の流れの利用シナリオ素案を作成
- ④ プロトタイプ開発：必要な機能を一連の作業に可視化したプロトタイプを開発
- ⑤ 実務レベルのヒアリング実施：点検シミュレーションに必要な機能の働き及び利用場面の有効性を確認のため、開発したプロトタイプを用いた実証及びヒアリングによる評価



図-1 点検作業者がタブレット端末によりシミュレーションを活用しているイメージ

### 3.2 点検シミュレーションの利用場面及び利用シナリオの検討

3次元モデルを用いて一連の橋梁点検作業のプロセスが可視化できる点検シミュレーションは、機能の働き、ユーザインタフェースでの表示内容等を考慮し、以下のように主要機能要件の利用場面（シナリオ）を設定した。

#### 利用場面 1：

設計者が、点検路・点検口・点検作業車などの組み合わせで構造物の確実な近接目視が可能か照査する。その際に、各方法で近接目視可能な範囲の内訳等を確認する。

#### 利用場面 2：

点検業者が、点検作業計画を立案する。その際に、現場踏査では確認が難しい「点検車両を用いた作業範囲」や「現場持ち込みに必要な電源ケーブルの長さ」等を確認する。

本研究では、上記の利用場面について、設計段階での維持管理への配慮、点検に必要な機能のプロトタイプ開発、点検計画における有効性の評価について段階的な検討を行った。

上記の利用場面の活用イメージとして、図-1に、道路橋の定期点検時に点検作業者がタブレット端末の画面上に表示された点検シミュレーション機能（点検方法）で事前に点検範囲を確認し、高所

作業車のバケットから床版下面までの近接目視が可能かどうか点検範囲を確認しつつ、橋梁構造物の点検作業を確実にを行う様子を示す。

### 3.3 点検シミュレーションの機能要件抽出

橋梁の定期点検要領を元に点検シミュレーションに必要な機能要件を整理した。点検シミュレーションの機能として、設計ミスがないかチェックする照査機能を検討した。例えば、点検しやすい構造になっているか、点検施設の配置が適切か、動線に問題ないか、検査路や点検作業車から近接目視できる距離にあるかなどである。特に、設計時に必要な点検シミュレーションの機能要件として、維持管理への配慮事項を中心に画面上の可視化機能と、点検者から部材間までの距離計算等の内部処理機能に大別して整理を行った。さらに、橋梁定期点検要領に従って、設計業務時から点検業務時まで確認すべき点検項目（検査路及び点検車の位置・アプローチ・点検範囲等）を元に点検シミュレーションの主要な機能要件（リクワイヤメント）を調査・整理した。表-1に橋梁（鋼橋）点検シミュレーションの機能要件を整理した一例を示す。

表-1 橋梁（鋼橋）点検シミュレーションの機能要件の例

検討内容		画面上の機能
配慮事項		維持管理への配慮事項のリストを表示し、確認したい項目を選択することができる。配慮箇所（桁下空間、桁端部の状況等）を色分けし強調表示することができる
検査路を用いた点検方法	検査路の位置	検査路を色付けし強調表示（桁間か全桁間か）
	上部工と下部工での検査路の接続	移動経路を設定
	検査路のアプローチ方法	検査路からマンホールまでの経路を表示
	検査路を用いた点検可能範囲	点検者の視点から近接目視が可能な箇所を確認
点検車等を用いた点検方法	地上点検	基面から橋梁下面までの高さ（2m未満）を区分し、色分けする
	梯子点検	基面から橋梁下面までの高さ（2m以上5m未満程度）を区分し、色分けする
	高所作業車	基面から橋梁下面までの高さ（5m以上15m未満）を区分し、色分けする 高所作業車の設置位置・範囲を設定 高所作業車の点検範囲を表示：既設構造物と高所作業車のブームの干渉チェック
	橋梁点検車	作業半径やブームの移動等を再現 橋梁点検車からの近接目可能な範囲を表示 橋梁点検車の点検範囲：既設構造物と橋梁点検車のブームの干渉チェック
	ロープアクセス	吊り金具の位置を色分けて強調表示
	点検可能範囲	各点検方法による点検可能範囲のリスト（部材単位）を表示

### 3.4 点検シミュレーション機能のプロトタイプ開発

上記3.3の機能要件の整理（表-1）を元に、点検シミュレーションでの機能の動き、その有効性を確認可能な機能について、プロトタイプを開発した。プロトタイプに実装した機能は、市販ソフトウェアに実装されている基本機能（3次元表示、標準データ連携・プラグイン等）と本研究で新たに開発した機能に分けられる。新たに開発したプロトタイプの機能は、橋梁点検への配慮事項（点検時の留意事項、配慮箇所等）の確認、検査路設置計画の確認、点検方法の確認である（図-2）。

検査路設置計画の機能は、検査路の設置位置を事前に確認可能で、橋梁上の移動経路のアプローチや近接目視が可能な箇所を色分けして表示し、上部工・下部工の接続やアプローチ方法等に問題がないか移動経路の要注意箇所と内容をアラートウィンドウで自動的にポップアップ表示できるようにした。

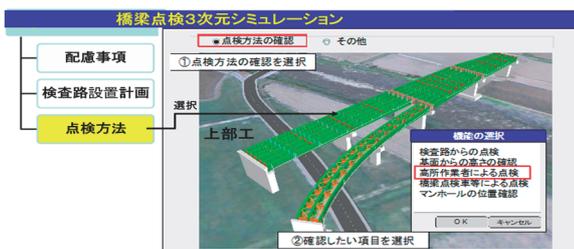


図-2 画面上で点検方法機能を選択するイメージ

点検方法の確認機能は、点検方法（地上点検、梯子点検、高所作業車、橋梁点検車ロープアクセス）別に点検可能範囲が表示されるものである。

具体的には、基面から橋梁下面までの高さ（2m、5m、15m未満等）を区分して色分け、高さによって異なる点検方法（地上、梯子、高所作業車、橋梁点検車、ロープアクセス）を選択することで、近接目視点検が可能かについて判断を支援する機能である（図-3）。



図-3 点検方法（地上点検）の点検可能範囲のイメージ

また、基面からの高さが5m以上15m未満程度の場合、地上点検が不可となり、高所作業車による点検となるが、その際に近接目視可能範囲（バケットから床版下面までの高さと総面積を計算）や、支障物がないか（赤色の点検不可箇所）等を事前に確認できる機能を備えている（図-4）。

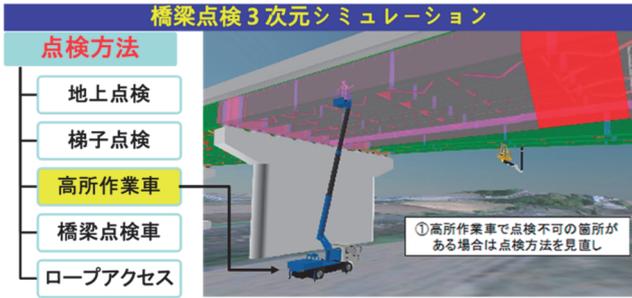


図-4 高所作業車の機能を選択し、近接目視範囲を確認するイメージ

#### 4. 点検シミュレーションの評価

点検シミュレーション機能のプロトタイプの実験を実施し、その機能の有効性を評価した。そのために、橋梁設計技術者、道路管理の経験者、橋梁点検実施者への実務レベルのヒアリングを行い、以下の4項目の条件を満たしているか具体的な利用場面について有用性を確認した。

- ・設計照査時の説明用資料の作成に活用できるか
- ・設計照査時の点検計画検討に活用できるか
- ・橋梁点検時の点検計画検討に活用できるか
- ・橋梁点検時の点検計画の手戻り防止に活用できるか

主な意見は、設計照査及び点検計画において点検シミュレーション機能を活用する事で、近接目視の困難なところが可視化できることや事前に確認できる有効なツールであることが本ヒアリングで明らかになった。しかし、単純な形式の橋梁では2次元図面等の確認で十分である、橋梁点検車等の開発モデルの規格化や周辺環境の影響を考慮する必要があるといった意見があった。

#### 5. おわりに

点検シミュレーションの機能開発の取組みとして、3次元サイバー空間と現実世界の間で共存する空間上での点検計画が可能となる点検シミュレーション機能のプロトタイプを開発を行った。設計照査時及び橋梁点検時に考慮すべき点検作業の可視化、点検記録作業の省力化等の維持管理に関わる現場責任者のニーズに応じて開発したプロトタイプは、フロントローディング効果の可能性が期待できる。

一方、点検シミュレーションの活用効果を定量的に分析していないため、ソフトウェアベンダーによる開発のきっかけとなる効果が不明であり、市販ソフトウェアへの機能実装に至っていないという課題がある。現場実務者向けに、様々な場面でのBIM/CIMの利活用方法を増やしていくことが重要であり、それによってソフトウェア開発の需要にもつながることを期待する。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：CIM導入ガイドライン（案）第1編 共通編、令和3年3月
- 2) 青山憲明、川野浩平、山岡大亮、重高浩一、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、土木技術資料、第58巻、第4号、pp.20～23、2016
- 3) 寺口敏生、関谷浩孝、青山憲明、点検等シミュレータを用いた設計の高度化：国総研レポート p.147、2018

郭 栄珠



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研究官、博士(学術)  
Dr. KWAK Young-Joo

青山憲明



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  
AOYAMA Noriaki

西村 徹



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室長  
NISHIMURA Toru