

道路橋の維持管理における 3 次元 BIM/CIM モデルの活用

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○橋本 紗百合, 大宅 克幸, 樋口 祐治, 副島 飛宙, 高沢 優人
庄野 真凜
首都高速道路(株) 正会員 神田 信也, 天野 寛大

1. はじめに

本稿は、道路橋の維持管理において業務効率化、生産性向上を図るための手段として、維持管理における 3 次元 BIM/CIM の効果的な活用方法（案）と活用効果を整理したものである。また、維持管理における活用を考えたときの 3 次元 BIM/CIM モデルの最適な形状情報の検討を実施したものであり、その一例を示す。

2. 維持管理における改善点、3 次元 BIM/CIM を用いた解決方法（案）、活用効果

現状の維持管理時の改善点や課題を抽出するために、首都高および首都高グループの維持管理業務従事者にヒアリングを実施した。その結果、4つの改善点があることがわかった。抽出された改善点・課題に対して、3次元BIM/CIMを活用することで解決できる方法を検討し、提案した解決方法についてどのような活用効果があるかまとめた。活用効果欄の現状の所要時間は、維持管理従事者にヒアリングした結果である。結果をまとめた一覧表を表-1に示す。

活用方法は、単体での活用でも時間短縮など活用効果はあるが、点検診断→補修補強設計→工事の維持管理サイクルを回す過程において、複数組み合わせ活用することで、業務全体での大幅な業務効率化を図ることができる。

活用方法①は、Lod20～40high 程度の 3 次元モデル内に損傷モデルを作成し、3 次元座標を与えてピンポイント配置する。従来資料からは、損傷位置把握に 15～30 分/箇所、経年情報の把握に数分～30 分/箇所時間を要し、全体に対する損傷位置の把握もしやすいため、短時間での理解度向上や損傷要員の特定精度向上も見込まれる。

活用方法②は、現場損傷確認時のアクセスルートの把握に時間を要している課題を解決するために、Lod20 程度のモデルにアクセスルートを表示し、属性情報として立ち入りに必要な事前準備やアイテム情報を付与することで、誰でもすぐに手段を把握できる効果がある。現状は、30～60 分/箇所＋場合によっては事前現地踏査 1～2 回×数人人工時間を要している。現場確認が必要な場面は多く活用頻度も高いと考えられ、時間削減効果は非常に高い。

表-1 維持管理における 3 次元 BIM/CIM 活用

課題		解決方法		効果	
維持管理時の改善点・課題		活用方法		現状	活用効果 3次元モデルがある場合
課題① 損傷、補修情報の 伝達方法の改善	・点検調書や写真台帳だけでは、損傷位置が把握しにくい（写真が局所的、亀裂などは場所の把握がしにくい）。 ・損傷の経年履歴を瞬時に把握できない。経年情報の把握に時間を要する。 ・一度補修すると現地で損傷個所が把握しにくくなる。	活用方法①-1	・Lod20～40high程度のモデルをプラットフォームとして、損傷劣化損傷位置の情報伝達方法改善	従来資料（点検調書など）からは、損傷位置を把握するのに、15～30分/箇所時間を要している。経年情報を把握に、数分～30分/箇所時間を要している。	数分程度/1箇所あたりで把握できる。損傷位置をマクロで確認することが可能であり、構造物の角度を360°変更し、損傷位置を3次元的に把握することが可能なので、構造物全体に対する位置把握や状況把握が容易である。
		活用方法①-2	・活用方法①-1のモデルに経年情報を登録。※1クリックすると、前回点検情報や補修情報など経年情報をならべてみることができる。		
		活用方法①-3	・活用方法①-1のモデルシステムを協議内で表示して意思疎通する。 ・モデルシステムをプラットフォームとして、バーチャル空間内で損傷の確認、承認、申請など一連のフローを行う。	一連の判定会議に5.5時間×3人工程時間を要する。そのうち、事前資料確認に3時間×3人人工と要する。	3.5時間程度（想定）。モデル内にすべての損傷位置が登録されているので、周りの損傷状況も把握した上で、損傷の要員分析や補修方法を検討することが可能。短時間での理解度向上や、損傷原因の特定精度の向上が見込まれる。
課題② 損傷、補修位置への アクセス方法の把握	・詳細なアクセスルートがすぐに把握できない。 ・桁下、桁内、橋梁下の街路情報や規制範囲が現地を確認せずともある程度分かることよい。	活用方法②	・Lod20high程度のモデル内にアクセスルートを表示させる。アクセスに必要な情報もモデル内に属性情報として付与する（例：鍵の有無、規制有無、桁下管理者、立ち入りにあたって必要な連絡先）。検査路、マンホール、裏面吸音板等をモデル内に表現。街路等の情報は点群データを用いる。	ルート把握や侵入に必要な情報の確認（30～60分程度/箇所）＋事前現地踏査1～2回×数人工が必要である。	視覚的にアクセスルートや必要情報把握が可能なので、所要時間は15分程度/箇所短縮可能である。
課題③ 補修、補強時に、 支点まわりや桁端の 現状把握を計画設計 初期段階から実施 できるとよい	・桁端部については、現地確認の前に、ある程度何が設置されているか、どのような構造になっているか、などがわかるモデルや点群などがあれば、計画、概略設計に生かせるので有効である。	活用方法④	・桁端部の点群モデルを精度高く計測する。既存図面よりLod40lowレベルでモデル化または補修設計時に活用。 ※すべての改修、補修履歴の資料がない場合や、既存資料と現地が一致していない場合も多いため、精度高く確保できるのであれば点群モデルの方が望ましい。 ・添架管など、施設情報はLod20レベルでモデル化し情報を与えることで、存在を事前に把握できる。	複数の2次元図面より桁端まわりの取り合い復元図を作成するのに5日間程度要する＋既設資料の整合等の現地確認時間が必要。	桁端部のLod40レベルのモデル作成時間は4～5日程度。かかる時間はほとんど変わらないが、先にある程度の取り合いがわかることで、既往資料の確認や現地確認等の手間がなくなり、所要時間が大幅に短縮できる。
課題④ 見えないところのモデル や情報を仮想空間に 表現してほしい	例：施設関係、裏面吸音板内の桁、埋設物、箱桁内部、近接点検しにくい構造物	活用方法⑤	・現場で見えにくい裏面吸音板内の桁形状、点検しにくい構造物、箱桁内、埋設物、添架管、河川や鉄道上構造物などをモデル化したり、簡易なモデル＋情報を与えて表現する。	現場確認できる箇所は現場確認。立ち入りが難しい場所もある。	現場確認を省略、または従来方法よりも少ない回数とすることができる。防護や型枠などの作業計画を立てることも可能である。近接目視が難しい箇所も立体的に構造をとらえることができる。

キーワード BIM/CIM, 3 次元, 維持管理, 点検, 形状情報, 詳細度, 属性情報
連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL03-6777-4710

3. 損傷位置の把握（活用方法①-1）に必要なとなる形状情報の一例

維持管理活用において、詳細なモデルを用いれば多くの情報が得られる一方、モデルが詳細になる程モデル化時間と費用を要する。本稿では損傷位置の把握に着目し、3次元モデル活用に必要なとなる最適な形状情報を検討した。

(1). 検討条件

対象損傷は維持管理従事者へのヒアリング等を踏まえ、最も損傷位置が把握しにくく、且つ発生頻度が高い疲労き裂に着目した。対象橋梁はRC床版鈑桁橋、鋼床版箱桁橋とし、首都高 CIM ガイドライン¹⁾に於いて Lod20low～40high をモデル化した。本稿では Lod30～40low について代表で述べる。疲労き裂位置は円錐モデルで表現し、属性情報は損傷写真等を外部参照で付与した。このモデルを維持管理従事者にヒアリングし、把握性を点数化した。

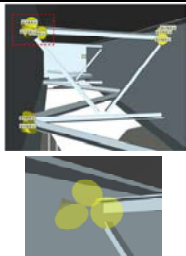
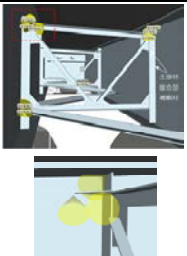
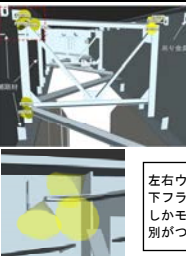
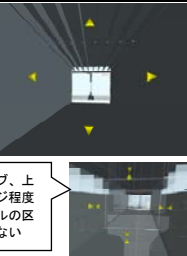
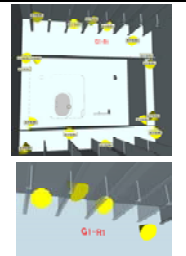
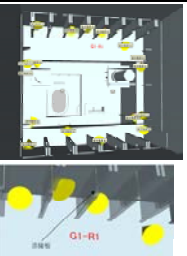
(2). RC 床版鈑桁橋と鋼床版箱桁橋の必要形状情報

各橋梁の検証結果を表-2 に示す。RC 床版鈑桁では、Lod30 は新設設計施工時の活用を目的とし外形形状を表現するものであるため、主部材は表現されるものの補剛材等が表現されずき裂発生頻度が高い補剛材の情報が少ない。一方 Lod40low では位置把握は優位だが、補剛材までモデル化が必要でありモデル作成に多大な手間がかかる。これを踏まえ、損傷位置把握に必要なかつ重要な部材のみをモデル化する Lod30(改変)を提案した(表-3)。主部材取り合い部の補剛材は荷重伝達部材で大きな応力が発生しやすく、き裂発生頻度及び重要度が高い点に着目し、これまでの Lod30 に対し主部材取り合い部のみ補剛材やガセット PL もモデル化するものとした。

鋼床版箱桁橋では、Lod30 までは箱桁内部材が表現されないため、き裂発生部材や位置が特定できない結果となった。鋼床版箱桁におけるき裂の特定は Lod40low 以上が必要となるが、Lod40low では多大なモデル作成時間を要する。鋼床版箱桁ではリブやダイヤフラムからのき裂発生頻度が多く、これらの部材は横桁からの荷重伝達等重要度も高い。よってそれらをモデル化した Lod30(改変)モデルを新たに提案した(表-3)。

鈑桁、箱桁ともに、Lod30(改変)モデルでは損傷を把握できるほか、モデル化時間も必要最小限に抑えられる。また、スカラップ等は表現されないが、属性情報として損傷写真を付与することで、詳細なき裂位置が特定できる。

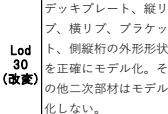
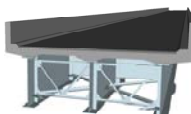
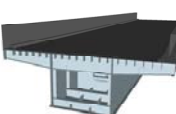
表-2 鈑桁及び箱桁の損傷位置把握モデル比較表

	RC床版鈑桁橋			鋼床版箱桁橋		
詳細度	Lod30	Lod30(改変)	Lod40low	Lod30	Lod30(改変)	Lod40low
モデル図						
モデル概要	主桁等の主部材の外形形状が正確なモデル。	Lod30に加え、主部材に接合する補剛材もモデル化。	ボルトやスカラップ等の任意部材以外は全てモデル化。	外形形状が正確なモデル。箱桁内部はモデル化しない。	箱桁内部のダイヤフラム、横リブもモデル化。	ボルトやスカラップ等の任意部材以外は全てモデル化。
必要属性情報	損傷写真	損傷写真	損傷写真	損傷写真/平面図/しゅん功図書(詳細図)	・損傷写真	・損傷写真
損傷位置の把握性	主部材があるためある程度の位置は分かるが、補剛材がないため詳細な損傷位置の把握は困難。	き裂の位置が容易に特定できる。主部材以外の接合部はモデル化されないが、重要かつ頻度の高い発生箇所である主部材の損傷位置の特定が可能。	補剛材含めき裂の位置が容易に特定できる。スカラップ部は把握しにくいので、写真を付与することで確認が可能。	大まかな位置の把握のみで、部材のどの部分にき裂が発生しているか把握できない。	ダイヤフラム・横リブ部までき裂の位置が容易に特定できる。スカラップ部は把握しにくいので、写真を付与することで確認が可能。	補剛材含めき裂の位置が容易に特定できる。スカラップ部は把握しにくいので、写真を付与することで確認が可能。
	6/10点	8/10点	9/10点	2/10点	8/10点	9/10点
モデル作成時間	6/10点	5/10点	2/10点	7/10点	5/10点	2/10点
評価 (/20点)	12点	13点	11点	9点	13点	11点

4. まとめ

道路橋の維持管理における3次元 BIM/CIM モデルの効果的な活用方法(案)と活用効果、その際

表-3 き裂損傷位置把握に必要な Lod30(改変)モデルの概要

Lod 30(改変)	鋼床版	桁		RC床版鈑桁橋	鋼床版箱桁橋
		鈑桁	箱桁		
	デッキプレート、縦リブ、横リブ、ブラケット、側縦桁の外形形状を正確にモデル化。その他二次部材はモデル化しない。	○主構造(主桁、横桁、横構、対鎖構等):外形を正確にモデル化。 ○二次部材等:主部材と接続する補剛材は正確にモデル化。板厚の正確性は問わない。その他の補剛材や二次部材はモデル化不要。	○主構造(主桁・縦桁・横桁等):外形を正確にモデル化。 ○二次部材等:ダイヤフラム、縦リブを正確にモデル化。板厚の正確性は問わない。その他の補剛材や二次部材はモデル化不要。		

のモデルの最適な形状情報の一例を示した。3次元 BIM/CIM モデルは形状情報の他に属性情報もあり、活用方法によって最適な組み合わせを設定する必要がある。効果的な活用のために最適な組合せ検討を今後深度化させていく。

参考文献

1) 首都高速道路における BIM/CIM 導入ガイドライン(土木編), 2022 年 10 月, 首都高速道路株式会社