

橋梁解析モデルの活用による長大橋の効率的な維持管理を見据えた BIM/CIM モデルの構築

本州四国連絡高速道路（株） 正会員 杉山 剛史， 平松 直人
大日本コンサルタント（株） 正会員 ○宮田 秀太， 徳橋 亮治， 非会員 人見 淳

1. はじめに

本稿は、本州四国連絡高速道路株式会社（以下、本四高速）が管理する長大橋のうち、西瀬戸自動車道の大島大橋¹⁾を対象に BIM/CIM²⁾モデルの構築を行った。この BIM/CIM モデルは、構造解析モデルを 3 次元 CAD データにコンバート、不足情報をアップデートしたうえで、属性情報付きモデルを構築した。

本検討は、昨今の BIM/CIM 技術の活用、既設橋梁に対する効率的な維持管理手法の検討を見据え、試行段階ではあるが、その検討事例の一部を報告する。

2. 対象橋梁及び利用した解析モデルの概要

大島大橋¹⁾は、橋長 840m、単径間 2 ヒンジ補剛桁吊橋である。側径間は、3 径間の RC 鉸桁橋を有している。大島大橋は、竣工後の耐震基準の改定に伴い、耐震照査・補強工事が行われている。図-1 に耐震検討に用いられたファイバー要素解析モデルを示す。解析モデルは、断面変化位置等の主要点に節点を設け、それらを要素で接続している。要素は、断面情報の形状入力が可能なファイバー要素、あらかじめ計算した断面定数（断面積 A、断面 2 次モーメント I、ねじりモーメント J）を入力する梁要素等が用いられている。

ファイバー要素は、中央径間の補剛桁及び主塔並びに側径間の下部構造に用いており、断面の小座標系に中央径間補剛桁 [鋼床版鉸桁]

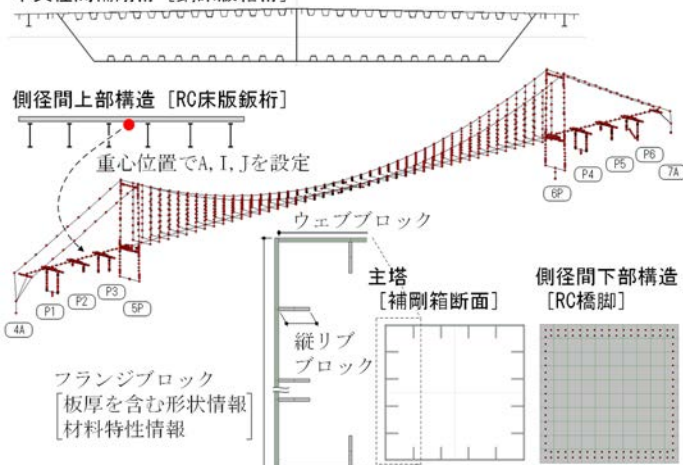


図-1 ファイバー要素を用いた 3 次元解析モデルの概要

板組等をブロック情報で入力し、断面形状を構成している。補剛桁及び主塔は、ウェブ、フランジ、縦リブを独立した複数のブロックで、RC 橋脚は、矩形断面を 1 ブロックで定義している。

3. BIM/CIM モデルの構築概要

BIM/CIM モデルの構築は、以下の手順で行った。

1) 解析モデルのコンバート：解析のブロック情報（小座標系）及び節点情報（全体座標系）を活用し、3 次元空間上で立体的な面を生成した。コンバートに際して、CAD 情報量の低減を目的に、3D 面要素で作図し、3D ソリッド要素は用いていない。このため、RC 橋脚は、1 ブロックが面に潰れている（詳細は後述）。

2) 不足データのアップデート：RC 橋脚等、コンバートの過程で立体的な面の情報を保持できない部材、維持管理上 BIM/CIM モデルとして追加が必要な部材（基礎構造、側径間上部構造、ケーブル等）は、別途、手作業で 3 次元 CAD 情報を作成した。

3) 属性情報の付与：3 次元 CAD 情報に部材名称や、解析モデルの要素 ID、板厚・板幅等のブロック情報、材料特性等の紐づけを行った。属性付与には、Civil3D (Autodesk (株)) のアドインソフト ARKCIVIL ((株) コンピュータシステム研究所) を用いた。

4. BIM/CIM モデルの構築結果

図-2 に作成した 3 次元 CAD 情報を示す。構築した BIM/CIM モデルは、変換過程（コンバート or 手作業）も属性として記録している。同図には、変換過程の異なる 2 つを重ねて作図している。解析モデルのコンバートでは、補剛桁等のファイバー要素の情報が立体的な

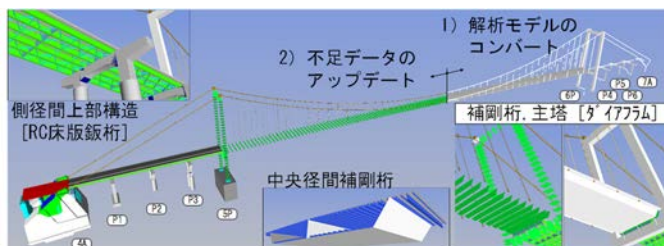


図-2 作成した 3 次元 CAD 情報

キーワード BIM/CIM, 長大吊橋, 維持管理, ファイバー要素解析, データコンバート

連絡先 〒102-0075 東京都千代田区三番町 6-3 三番町 UF ビル TEL 03-6850-0066

図形表現として再現できており、補剛桁の縦リブも図化できている。一方、RC 橋脚は、前述のように、ブロック形状が面に潰れて表示されている。側径間の上部構造を含む梁要素は、3D 線要素にコンバートしており、線情報のみの変換となっている。

コンバートした 3 次元 CAD 情報に対して、図-2 に示すように、不足する情報を作図した。作図レベルは、文献²⁾に定義される詳細度 200 を目標とした。そのうえで、側径間の上部構造の横桁・対傾構等、アンカレイジ・RC 橋脚、補剛桁及び主塔のダイアフラム、ケーブル断面の入力等、維持管理上必要な部材は、適宜、追加又は作図の詳細度を向上した。

図-3 に属性付与の概念図を示す。構築した BIM/CIM モデルに対して、属性を付与することで、同図に示す 3 次元モデル上で属性情報を確認することが可能である。本 BIM/CIM モデルでは、解析モデルの要素 ID と紐づけており、耐震照査の結果も BIM/CIM モデルに付与することが可能である。

図-4 に付与した属性情報を可視化した結果を示す。同図は、補剛桁及び主塔の板厚情報に対して、カラーコンター表示を行った。補剛桁は 12mm 程度、主塔は塔柱が 25mm から 34mm、水平材が 16mm から 28mm の板厚構成であることが視覚的に確認できる。

BIM/CIM モデルで構築した属性情報に対して、ポスト処理を行い可視化できることを確認した。現段階では、試行段階であり検討の一部であるが、今後は、橋梁点検結果等の情報を紐づけていくことで、立体的な図形表現の上に、効率的・視覚的に維持管理情報を管理していくことを考えている。

図-5 に本検討における作業の効率化の結果を示す。手作業での作業工数を想定し、最も作業工数の多い、側径間を 1.0 として正規化した作業工数の積み上げ比率として整理した。

アンカレイジ又は側径間の上下部構造は、100%手作業で作成しており、本検討での効率化の効果はない。一方で、線形情報及び吊橋部の入力は、解析モデルをコンバートすることで、約 20%の効率化となる。よって、総合的に 1 橋全体としては、約 60%の効率化となった。

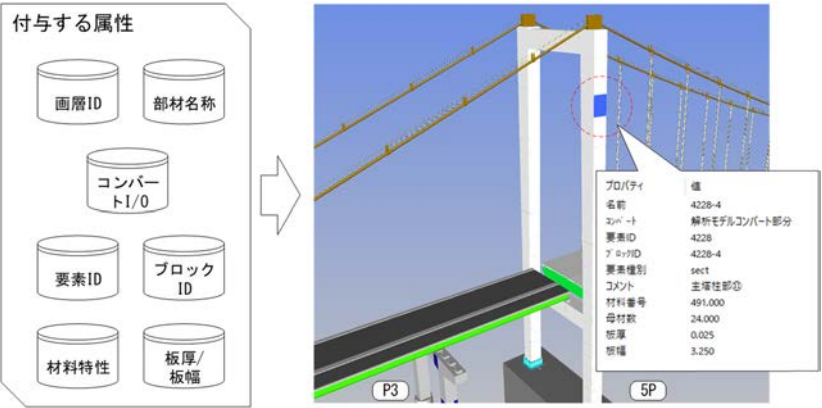


図-3 3次元モデル上での属性情報の確認イメージ

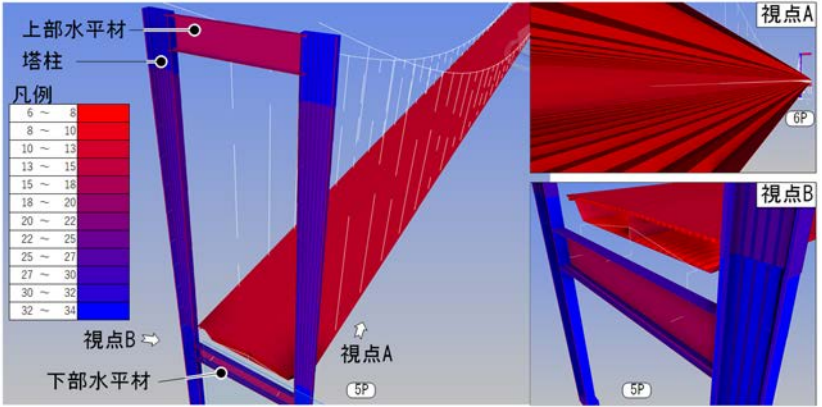


図-4 鋼部材の板厚の違いに応じた色分け表示

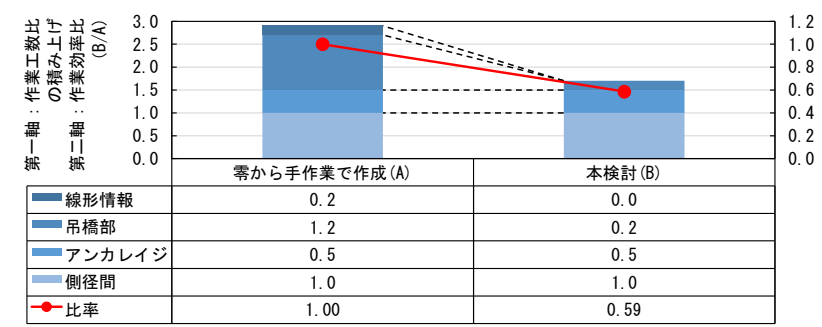


図-5 作業の効率化に関する整理結果

5. まとめ

本稿では、耐震検討で作成された解析モデルを用いて、BIM/CIM の構築を行った。解析モデルをコンバートすることにより、既存データを有効に活用し、作業に大幅な効率化が図れることが分かった。また、この BIM/CIM モデルは、立体的な図形表現と属性情報を併せ持ち、異なるソフトウェア間での適切なデータ連携を目的とした国際標準規格である IFC 形式で出力することも可能である。今後も、特殊橋・長大橋を効率的に維持管理していくための BIM/CIM モデルの開発を継続していく予定である。

参考文献 1) 本四高速：伯方・大島大橋, https://www.jb-honshi.co.jp/corp_index/technology/introduction/introduction_hakataoshima.html [2023.03.31 閲覧] 2) 国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン（案），令和 4 年 3 月