

橋梁の維持管理に活用するCIMの取り組み —朝倉第1高架橋上部工事—

松山河川国道事務所 工務第二課
松山河川国道事務所 建設監督官
道路部道路計画課 計画第二係長

小野川 太心
太田 豊
宗光 太助

今後建設する橋梁は長寿命化を図る必要がある。そのためには、橋梁の構造や防食仕様などのハード面と、維持管理（特に5年に一度の定期点検）を効率良く実施できるようにするソフト面の両面からの取り組みが有効と考える。本稿では、i-construction のひとつのツールであるCIMを、橋梁の維持管理の効率向上に活用しようとした試みについて報告する。

キーワード：CIM、鋼橋、維持管理、点検シミュレーション、PDF

1. はじめに

(1). 背景

建設業界は、生産年齢人口の減少に伴う技術者不足が予想されることから、生産性の向上への取り組みが急務となっている。そのような状況の中、今後新設される構造物は、長寿命化およびそれに伴い回数の増加する定期的な点検の作業効率向上が必要である。

橋梁の長寿命化を図るには、まずは構造形式などのハード面での対策が考えられる。鋼製橋梁の場合では、疲労耐久性の高い床版形式の採用や、塗り替え塗装を不要とする対候性鋼材の採用などである。

一方、ソフト面では、5年に一度の定期点検が義務付けられたことにより、供用後数十回に及ぶ点検をどう効率化できるか、がひとつの課題と考えられる。

そこで、本工事では、国土交通省として全面的に推進している生産性向上の取り組み「i-construction」にお

けるひとつのツールである CIM を活用し、橋梁の維持管理の効率向上を試みた。

工事概要

上部工一般図を図-1 に示す。その他の工事緒元は以下のとおりである。

路線名：一般国道 196 号今治道路

工事名：平成 27-28 年度 朝倉第1 高架橋上部工事

場 所：愛媛県今治市朝倉

工 期：平成 27 年 12 月 15 日～平成 29 年 1 月 31 日

橋梁形式：鋼単純開断面箱桁橋

橋 長：59.5m

幅 員：10.73m

床 版：鋼・コンクリート合成床版

鋼 材：対候性鋼材

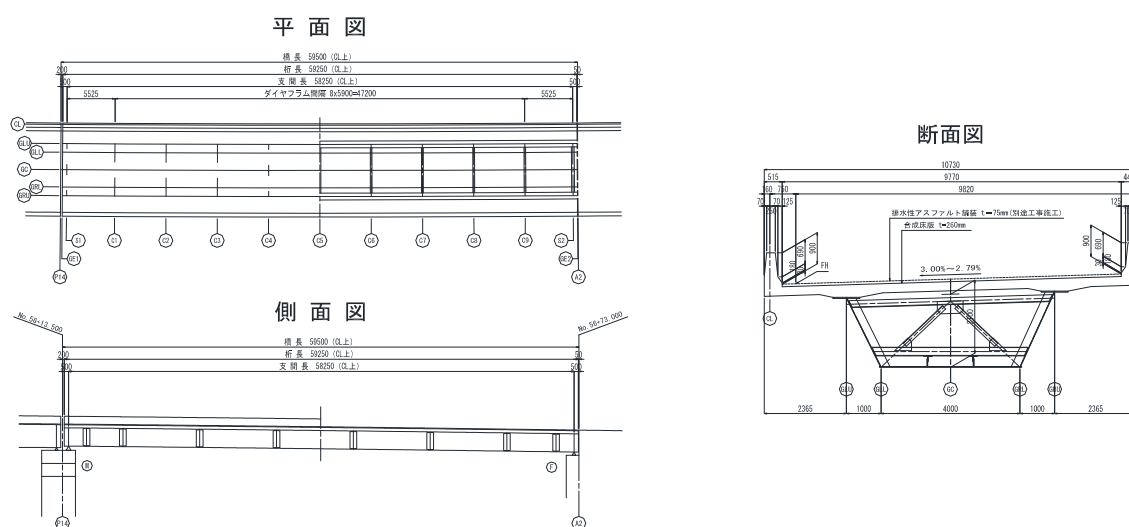


図-1 上部工一般図

2. CIMモデル作成および施工段階における活用

(1). 3次元モデルの作成

鋼製橋梁の工場製作では、従来から原寸の製作情報システムを介して3次元モデルを作成し、そのデータを工場内の数値制御機械に連動することで、工場製作の効率化を図っている。しかしながら、原寸作業は設計照査後の工程であるため、従来の作業手法では3次元モデルを設計照査に活用することができない。

加えて、原寸の製作情報を基に作成される3次元データは工場製作用に作成していたため、工場製作に関わりのない下部工や、下部工付の排水装置等の付属物は3次元モデル化されることはなかった。

そこで、本工事では設計照査と原寸作業を同時並行で進め（コンカレントエンジニアリング）、照査前の図面で3次元データを作成し、3次元による各種検討や照査を行った。3次元モデルの製作には「設計図面上に3次元モデルを自動作成するシステム」、Click-3D（NETIS：KT-140116-A）を用いた。Click-3Dは設計図面を基にして3次元モデルを作成するため、下部工などの3次元モデルも容易に作成できる。

これにより、上部工と下部工との位置関係を3次元的に考慮した検討が設計照査時に可能となった。

(2). 維持管理時の点検を模擬したシミュレーション

設計照査段階の3次元データを活用し、維持管理点検シミュレーションを実施した。点検時に桁内の部材の間を点検者が安全に通り返けることが可能か（図-2）、マンホールの出入りには問題がないか（図-3）などを確認した。

この点検シミュレーションにより、以下の改善を行うことができた。

本橋の橋梁形式は開断面箱桁であり、ウェブが傾斜しているのが特徴である。桁端部のウェブにはマンホールが設けられており（図-4）、このマンホールの蓋も同様に傾斜しているため、開く際には斜めに持ち上げる必要があり、点検者にとって負担となり危険である。よって、この重量の重い鋼製の蓋を、軽量のFRP製の蓋（鋼製の1/5の重量）へ変更し、さらに斜め向きのマンホールに入る際に不安定になる体を支えるための取手の追加を、設計照査に反映することで、点検者の安全性に配慮した構造改善を行うことができた（図-5）。

一般的に、鋼橋の部材は水平、鉛直に用いられることが多く、傾斜した部材は比較的少ない。このため、2次元的な図面の状態から、完成後の傾斜したウェブの状態を正確に想定しながらの設計照査は難易度が高く、受注者の担当技術者の熟練度に依存するところが大きい。本工事では3次元モデルを用いて点検時の導

線をシミュレーションしたことにより、比較的経験の浅い若手の技術者でもこの問題を認識することが可能であったとのことである。

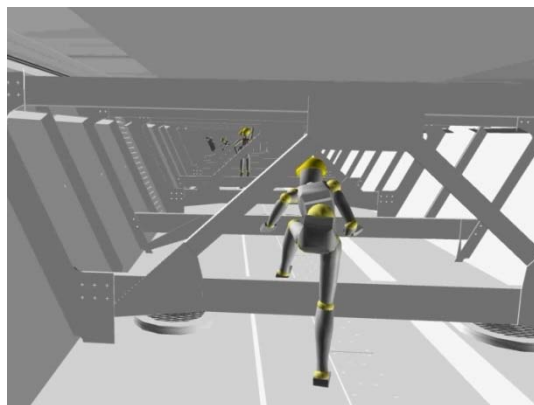


図-2 桁内の点検シミュレーション

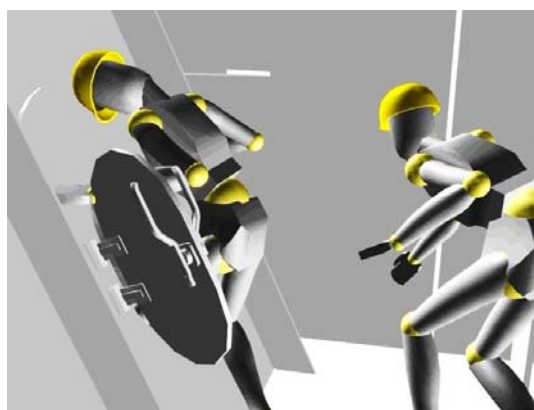


図-3 マンホール利用時の点検シミュレーション

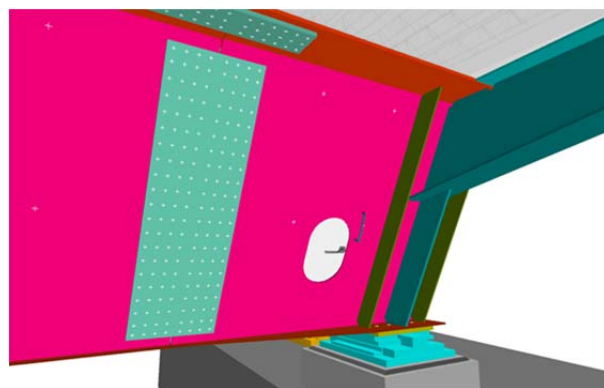


図-4 桁端部のマンホール

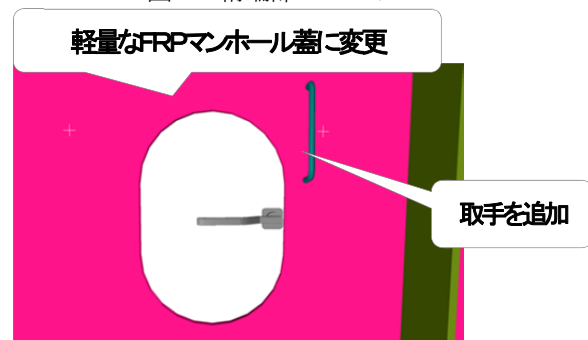


図-5 構造の改善

(3). 干渉の確認

施工の効率化のため、3次元モデルを用いた部材の干渉確認を行った。一般的に主構造の図面と付属物の図面は別々に作成される。このため図面上では部材の干渉を確認しにくい。今回、3次元モデルにすることで、落橋防止ケーブルが他の部材と干渉している事を設計照査段階で確認し、改善を行った。これにより製作の手戻りを防止し、効率化を図ることができた(図-6、図-7)。

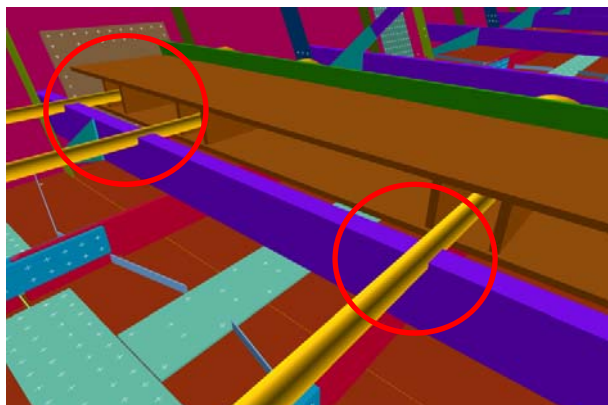


図-6 落橋防止ケーブルと部材の干渉状

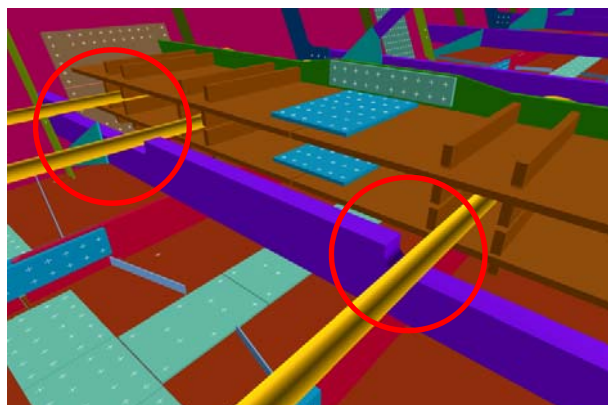


図-7 落橋防止ケーブルと部材の干渉改善状況

(4). 架設検討

地形や下部工を含めた3次元の架設図を初回の打合せ時に用いることで、架設のイメージを瞬時に受発注者間で共有できた(図-8)。

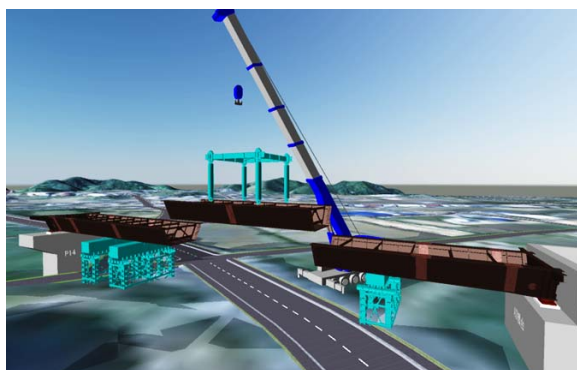


図-8 施工計画

(5). 部材名称、材質、板厚など

供用後の定期点検で何らかの損傷が見つかった場合、従来であれば完成図書の該当図面を探して材質や板厚を調べる必要があった。そこで、CIMモデルでは即時にその部材名称や材質、板厚などを確認できるように、部材の名称、材質、板厚の情報を属性データとして3次元モデル内の個々の部材ごとに付与し、画面上で確認することを可能とした(図-9)。また、これら部材名称、材質などの属性で検索し、特定の材質、板厚などが橋梁のどの部位に使われているかを、ハイライト表示で確認できるようにした(図-10)。

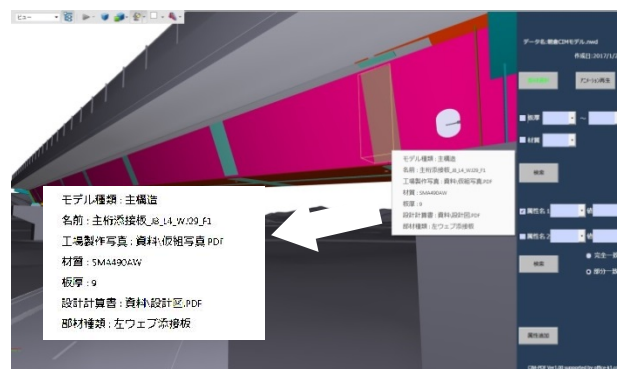


図-9 材質、板厚など属性の確認

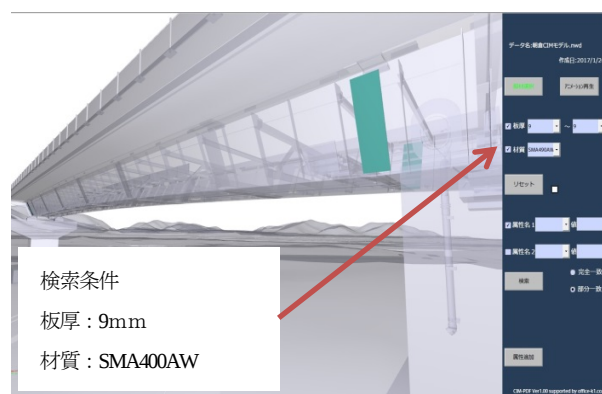


図-10 属性による検索、ハイライト表示

(6). 施工記録(初期値と不可視部分)

将来、橋梁に何らかの損傷等が発生し、補修や補強等の対策を講じることになった場合、その損傷の発生原因が究明できないと適切な対策を講じることが困難である。そこで、当該部分の初期の状態はどうだったのか(初期値)、あるいは完成してしまうと後からは目視不可能な部分の状態はどうだったのか(不可視部分)を記録しておくことが、前述の原因究明に寄与すると考えた。本工事では、耐候性鋼材の表面状態(図-11)、箱桁内面の塗装状態(図-12)などの初期値や、コンクリート打設前の鉄筋状態(図-13)などの不可視部分の情報を3次元モデルに関連付け、CIMモデルか

ら手軽に呼び出せるようにした。



図-11 耐候性鋼材の表面の状態

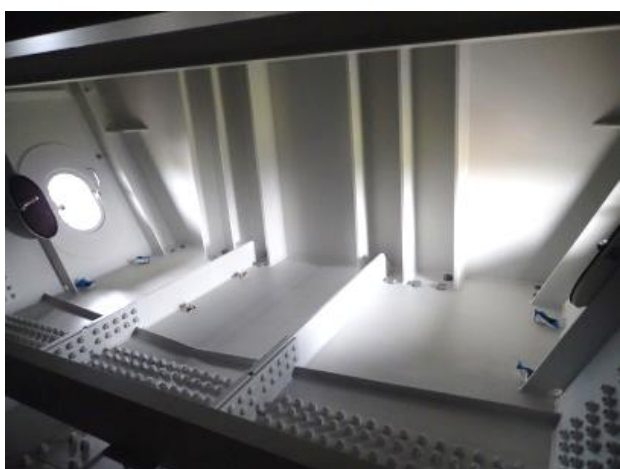


図-12 桁内面の塗装状況



図-13 コンクリート打設前の鉄筋状況

(7). 点検記録

以上のような材質の属性や、施工記録に加え、点検記録を追加することもできるようにした。これにより定期点検の都度、点検結果を随時更新し、変状の経過確認など次回の点検に役立てることができる。

3. 3D-PDF の活用

CIM モデルのファイル形式は CIM-PDF（本工事終了後の平成 29 年 4 月に NETIS 登録：KK-170001-A）を活用した。CIM-PDF とは橋梁CIMモデル（3次元形状+属性）を 3D-PDF に変換したデータであり、無償の Acrobat Reader を使用することで誰でも手軽に閲覧、属性検索、施工記録の呼び出しなど、CIM モデルの操作が可能である（ただし、点検結果を付与する際には製品版 Acrobat が必要である）。

4. まとめ

このような CIM モデルを入れたタブレットやモバイルPCなどの携帯端末を、橋梁点検の現場で使用することにより、現場で図面、属性、初期状態の確認が可能となる。また毎回の定期点検の結果を追加、更新することで、点検・維持管理の効率化につながると考えている。

また、設計照査の段階で3次元モデルを活用し、点検を模擬したシミュレーションを行ったことにより、FRP製マンホールの採用や、マンホール付近の取っ手の追加など、点検時の安全に配慮した構造に改善することができた。さらに、3次元モデルによる部材干渉確認などにより施工の効率化を図ることもできた。

5. 今後の課題

全国73万橋の道路橋のうち、86%の63万橋が地方自治体の管理する橋梁である。しかし、地方自治体では橋梁の維持管理に従事する技術者が少ないなどの問題を抱えている。今回提案した維持管理の CIM 活用は、橋梁点検における効率化の観点から、経験の浅い技術者への有効な手助けになると考えられる。したがって、上記のような問題を抱える地方自治体向けに、維持管理の CIM 活用の展開を図っていくことが今後の課題のひとつと言える。

また、CIM の普及のために、維持管理の計画から実行までの一連の流れの中に、本稿のような取り組みをどのように位置づけるかを詳細に検討していくことも今後の課題のひとつと考えている。

【謝辞】

本稿の作成にあたり、多大なるご協力およびご助言をいただきました、施工業者、関係者の皆様に心より感謝申し上げます。