

3次元モデルを活用した 点検支援システムの導入

星 一郎¹・上田 功²・羽田野 恒³・丸山 勝⁴

¹非会員 東日本高速道路株式会社 管理事業本部 (〒100-8979 東京都千代田区霞が関3-3-2)
E-mail:i.hoshi.aa@e-nexco.co.jp

²正会員 東日本高速道路株式会社 管理事業本部 (〒100-8979 東京都千代田区霞が関3-3-2)
E-mail:i.ueda.aa@e-nexco.co.jp

³非会員 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 情報システム部 (〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18)
E-mail:h.hatano.sa@e-nexco.co.jp

⁴非会員 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 土木保全計画部 (〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18)
E-mail:m.maruyama.sh@e-nexco.co.jp

橋梁の維持管理点検を行う際、現場では2次元の紙図面に変状状況を手書きしている。その記録をまとめてデータベースシステムに転記登録しているのが二度手間となっている。そこで3次元モデルを導入し、変状の全体把握と点検業務の効率化を図ることを目的としたシステムを開発した。点検時にはモバイルPC上に表示された2次元図面に変状の入力や写真の登録を行うことで、情報が3次元モデルの付加属性データとして自動的に反映されるので、相対的な位置情報がデジタル化される。またデータベースシステムへの入力データも同時に作成されるため、従来の点検業務に比べ4割程度の時間削減が期待できる。本システムは、ネクスコ東日本が管理する高速道路橋の一部で試験運用を行っており、今後当社の高速道路の橋梁全体での適用を目標としている。

Key Words :three-dimentional model, 2D drawing, inspection support system, mobile PC, deformation

1. はじめに

東日本高速道路株式会社(ネクスコ東日本)では、長期的な道路インフラの「安全・安心」の確保に向け、現場の諸課題解決に立脚した検討を推進することを基本に、ICTや機械化を積極的に導入し、これらが技術者と融合した総合的なメンテナンス体制を構築するため、2013年7月に「SMH構想」を公表した。この構想では2020年度をプロジェクトのゴールとして設定し、一連の維持管理業務フローに関連する5つのテーマと各々に関係する11項目の具体的な課題解決に取り組んでいる¹⁾。

SMHプロジェクトの内容は、高速道路の維持管理に関する「点検・調査」から「補修計画策定」までのプロセスを主たる対象としている。とりわけ、点検・調査段階の現場における点検業務を如何に効率的に実施するかという点と、点検業務により得られた高速道路資産の(損傷)状況を踏まえ、如何に補修計画を効率的に策定す

るかという2点が大きな課題となっている。

ネクスコ東日本では、グループ会社一丸となり、各々の課題に即した技術の開発と現地への適用に取り組んでいるところである。本論では、国交省のCIMでも取り組まれている3次元モデルを橋梁点検に活用した「点検支援システム」の取り組みを紹介し、その有効性と意義について述べる。

2. 点検業務の現状調査

取り組みの始めに、現在の橋梁点検のどの作業が非効率となっているかマクロの現状把握を行った。作業は、現場と事務所でやっている。現場では変状の種類や位置・寸法等の変状情報と、デジタルカメラにて撮影した写真の向きや写真の番号等の撮影情報を、前回の点検結果を反映した展開図(紙)に今回の点検結果を手書きで

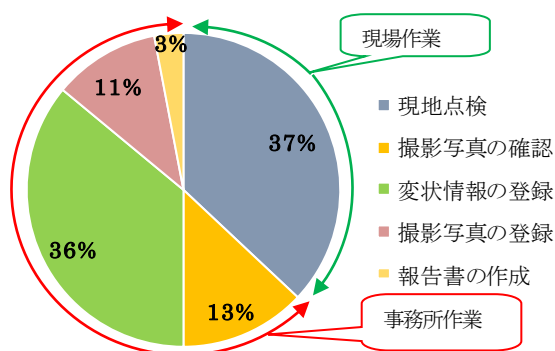


図-1 点検作業時間比率（現状）

追記する。点検後、事務所では撮影写真を確認し、展開図に記録した内容を再整理した変状情報と関連付けてデータベースシステムに登録し、報告書を作成している。

図-1に橋梁点検の各作業にかかる時間の比率を示す。最も比率が大きいのは現場の点検作業であるが、変状及び対象箇所に応じて各種の調査手法を使い分けているため、一様に効率化（標準化）を図ることは出来ない。

一方、2番目に比率が大きい変状情報の登録は、現場で手書きした内容を事務所で再整理している。同様に、3、4番目に比率が大きい撮影写真の確認と登録も、現場で撮影した写真がどの変状を撮影したものかを事務所で確認している。つまり、現在の作業は紙の展開図を使用して登録時に整理することが前提であるため、「二度手間」になっている。よってこれを解消することが点検業務の効率化に直結すると考えた。

3. ユーザ要求仕様

次のステップとして、点検業務に従事している管理員から意見聴取をおこない、作業改善のポイントとなるミクロの問題点・課題を抽出し「ユーザ要求書」として取りまとめた。当時（2014年10月）の情報技術では全ての要求を満たす事は困難であったが、実現可能なものを選択し、試作品を作りながら改善を重ねていくプロトタイプ手法を採用してシステム構築に着手した。以下に集約されたユーザ要求仕様を示す。

- 現場点検時に端末上に、関係図面（展開図）が表示され、損傷状況等の点検結果を画面上で直接手書き（記入・メモ）・記録できる手法・システム（現場で図面携行不要、事務所でメモ入力などの整理業務軽減）
- 現場点検時に撮影した損傷写真を上記メモと関連付けて記録できる方策・システム（事務所で

の写真整理業務の軽減）

- 過去の点検結果や展開図を検索・参照可能なシステム

4. 要求仕様を実現する仕組み

(1) 位置・形状情報と文字・数値情報

現場での点検記録は、まず展開図と呼ばれる2次元の紙図面に書込まれる。この時点では、位置・形状情報を表現する「図面」と、点検結果の文字・数値情報を表現する「メモ・コメント・旗揚げ」が合体（一体化）したものである。

しかし事務所でのシステム登録時には、それらを集約した文字・数値情報がデータベースに入力され、変状の位置・形状情報は別途「イメージ」として参照されるのみであった。つまり一つ一つの変状データとの紐付けがなされておらず、位置・形状情報と文字・数値情報は分離されて別のデータとして管理されていた。

前出の「二度手間」を解消するには、位置・形状情報と文字・数値情報を一体化したまま管理できる仕組みが必要であった。

(2) 3次元データモデル

そこで着目したのが「データモデル」という考え方である。一般的に「対象となる現実世界をデータとして抽象化し、その関係や構造を特定の表現形式で記述したもの」と説明されているが、ここでは「土木構造物の構成や部位の相互関係を抽象化したもので、3次元の相対的な座標と範囲を有するもの」と対象を限定する。

土木構造物のデータモデルに関しては「JHDM」²⁾が有名であるが、今回はその基本的な考え方を参考として、橋梁の位置・形状情報（座標データ）と、その構造部品の属性情報（文字・数値データ）に特化したデータモデルを使用した。

このような3次元モデルを使用することで、橋梁については、同タイプの上部工・下部工であれば形状寸法を付与するだけで簡単に3次元の形状図が作成できる。またその形状図の上に範囲を持った変状を付加するだけで、3次元の位置座標が容易に取得できるようになる。

(3) 3次元での構造認識のしくみ

3次元CADシステムでは情報のまとまりとして「アセンブリ」という概念が使われる。「アセンブリ」は複数の「コンポーネント」が組み上げられたものである。例えば、1つの施設を複数の構造部材の集合モデルとして考えた場合、構造部材をコンポーネントとして表し、施設をアセンブリとして表すことができる。

CADシステムのアセンブリは、個々のコンポーネント（部品）に「構成情報」を付加し、それらの部品を「グループ化」したものである。グループ化したものに、さらに「構成情報」を加えると「サブアセンブリ」として親アセンブリに組み込むことができる³⁾。つまり2次元の図面では人間が空間認識をしていたが、3次元CADシステムでは部品相互の構成や配置をアプリケーションの中で自動認識させることが可能である。

今回は橋梁の3次元モデルに、アセンブリとコンポーネントの考え方を導入し、構造認識を実現した。実際には、橋梁を構造体・部材・部品・部位の様に部品展開して、それぞれの相互関係・位置関係を定義づけた。

5. 実現した機能の概要

(1) 簡易3D作成機能

鋼橋およびコンクリート橋で一般的に使われる橋梁型式については、あらかじめ3次元モデルを作成しておき、選択された橋梁種別や構造体に応じた外形寸法を入力するだけで簡易な3D図を即座に生成できるツールを作成した(図-2、図-3)。ただしこの3D図は、位置・形状の確認とデータ管理を行う為に使用されるだけで、実際に現場で使われるのは、3D図を投影した2次元図（展開図）である。図-4の様な展開図は、3D図と同時に生成され、現場で使うモバイルPCには、これを表示させる。

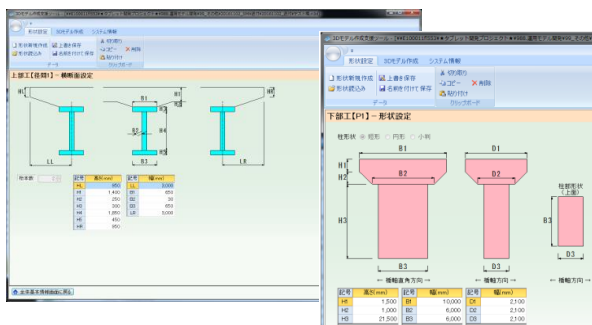


図-2 構造型式・外形寸法を入力

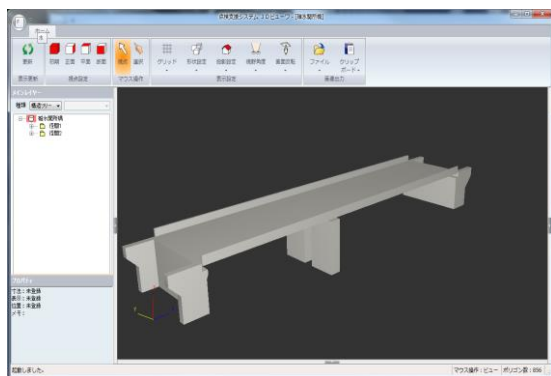


図-3 生成された3D図

(2) 変状情報の記録機能

点検員が現場でモバイルPCに表示された展開図(図-4)に変状を直接スケッチし、状況を記録する機能を設けた。更に、3次元モデルで定義された橋梁の構造・部位情報を2次元展開図に付与することで、スケッチした場所の部位を自動認識し(図-5)、詳細情報登録時に発生頻度の高い変状種別等を自動で表示させる等、データ入力時の負担を軽減するようにした。(図-6)。

(3) 写真関連付け機能

デジタルカメラで撮影した写真をWi-Fi機能付きSDカードを使ってモバイルPCに転送し、展開図上にスケッチした変状と写真を即座に関連付けて登録する機能を設けた(図-6)。

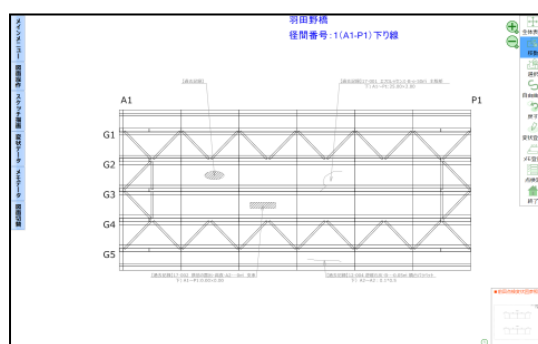


図-4 3D図を投影した展開図

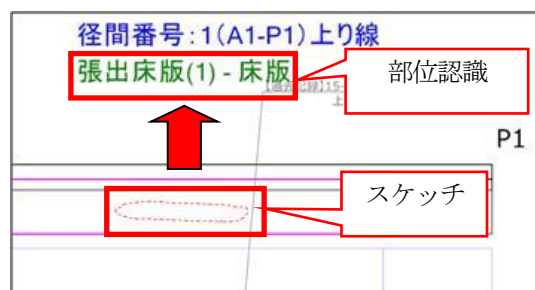


図-5 展開図での部位認識



図-6 入力負担を軽減する登録画面

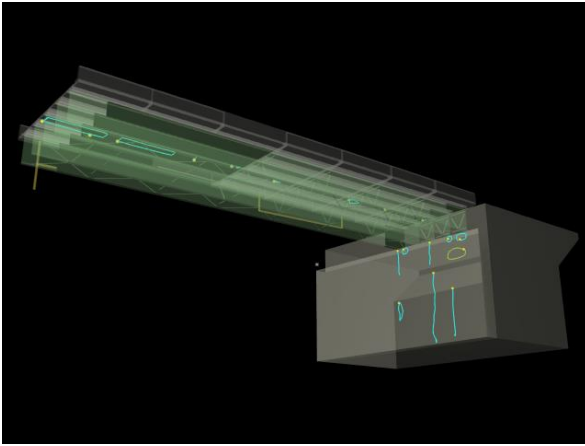


図-7 3D図で変状を確認

(4) 損傷の形状や相互位置関係の確認機能

現場でモバイルPCに入力したデータを事務所のPCシステムに移し、3D図を使用して変状同士の関係や当該橋梁での相対的位置関係を図-7のように可視化できるようにした。位置関係だけではなく、変状の詳細情報や写真ともリンク付けしているため、3D図を介して全ての情報を一元的に管理できるようになった。

6. システムの特長と効果

(1) 特長

- 点検現場での作業記録とデータベースシステムへの情報登録を同時に実施でき、データ登録の「二度手間」を解消した。
- 3次元モデルの介在により、文字数値データと図形・写真データの一体的管理を実現した。
- 3次元の構造を自動認識することにより、2次元展開図でのデータ入力の手間を減らした。

(2) 作業時間の短縮

図-8に示す通り、モバイルPCの操作を行うため、現場での作業比率は2割増加した。しかし、事務所での変状情報や撮影写真の登録の作業は9割減少し、従来の作業時間の全体の4割程度の削減が期待できる。

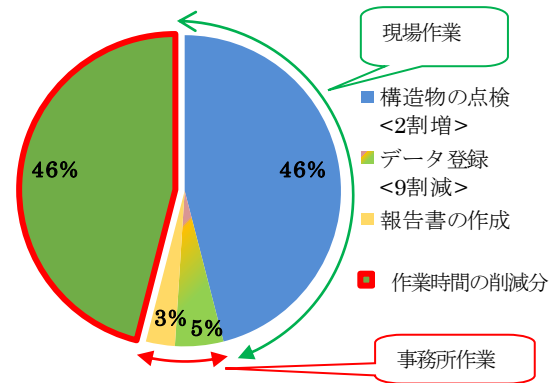


図-8 事務所で作業時間の短縮

7. おわりに

本システムは、ネクスコ東日本が管理する高速道路橋の一部で2017年度から試行運用を行っており、今後当社の高速道路の橋梁全体での適用を目標としている。また本システムをベースに高速道路跨道橋、法面、トンネルの点検にも活用が可能な支援システムの開発を進めている。

これら現地の点検業務を効率化する技術と、そこで得られた情報を補修計画策定の段階まで共有し、正確な情報に基づく意思決定を迅速かつ適切に行うことのできる情報基盤の整備と併せ、維持管理業務の生産性向上を目指してまいりたい。

参考文献

- 1) 東日本高速道路（株）：「スマートメンテナンスハイウェイ（SMH）」の取組み状況について、定例記者会見資料，<<https://www.enexco.co.jp/effort/aging/smh/pdfs/01.pdf>>，（入手2018.10.4）
- 2) 山崎元也，本郷延悦，千葉洋一郎：Japan Highway Data Model 構築の基礎研究，土木情報システム論文集，Vol.10,pp.33-42，2001.10.
- 3) 株式会社エムシースクウェア：研究室，4．位相データの変換，<<http://www.mc-squared.co.jp/study/4/>>，（入手2016.2.1）

（2018.10.11 受付）

INTRODUCTION OF 3D MODEL FOR INSPECTION SUPPORT SYSTEM

Ichirou HOSHI, Isao UEDA, Hisashi HATANO and Masaru MARUYAMA

Inspection results of road bridges are currently recorded on two-dimensional paper drawings on site by freehand. We developed the Inspection Support System aiming at grasping the entire deformation and improving the efficiency of inspection work with the three-dimensional model. We have been testing this system at some expressway bridges in Japan since 2017.