

3601 3Dモデルを用いた橋梁展開図作成・管理システムの開発

正 [土] ○高橋 康将 正 [土] 瀧浪 秀元 正 [土] 御崎 哲一 (JR西日本)
 中山 忠雅 正 [土] 清水 智弘 (ジェイアール西日本コンサルタンツ)
 内田 修 正 [土] 近藤 健一 (アジア航測)

Bridge base map plotting and management system in 3D models

Yasumasa TAKAHASHI, Hideyuki TAKINAMI, Norikazu MISAKI, West Japan Railway Co. 2-4-24, Shibata, Kita-ku, Osaka
 Tadamasa NAKAYAMA, Tomohiro SHIMIZU, JR West Japan Consultants Co.
 Osamu UCHIDA, Ken-ichi KONDO, Asia Air Survey Co.

In order to properly maintain the bridge structure, as well as various types of data to accumulate, there is a need to centrally manage these. However, exploded view of maintenance to record the position and shape of the repair or deformation, there is a challenge because it is a schematic diagram with no dimensions, can not be used in common in the construction and inspection, that the difficult and manages time series. Therefore, the method of creating a developed view simply and the method of managing the shape of strange and restoration were developed the three-dimensional model. As a result of using this system and examining to a series of maintenance management cycles on the spot, the validity of this system was checked.

Keywords : operation and maintenance, expansion figure, chronological order management, stereo photo, cost reduction, and 3D model

1. はじめに

山陽新幹線(新大阪～博多間)は、1972年に新大阪～岡山間(158km)、1975年に岡山～博多間(402km)が開業した。山陽新幹線の橋梁(高架橋を含む)の延長は、全延長(約560km)のうち4割弱(201km)を占めている。(Fig.1)

当社では、山陽新幹線の安全運行を確保するために、構造物について定期的に検査を行い、必要に応じて補修を行っている。(Fig.2)

橋梁構造物の維持管理を適切に行うためには、各種データを蓄積するとともに、これらを一元管理することが必要となる。これらに対して以下の課題がある。

- ① 模式図を展開図として使用することが多く、寸法に曖昧さが残るため、検査と工事で共通に使用していない場合が多い。
- ② 検査、工事は別会社が行っており、それぞれに対して展開図を作成しており、変状箇所に対して補修箇所が特定し難い場合がある。
- ③ 工事の施工箇所の確認、数量の算定は変状リストにより人の手で行っており、労力を必要とする。また、共通に使用できる展開図の様式等が定まっていないため、現状では再度工事会社による変状調査を行っていることがある。

そこで、3Dモデルから寸法を持った展開図を簡易に作成し、撮影写真から変状・補修数量を測定する手法の開発を行った。

また、本システムを用いて実際の現場で試行し、展開図を中心とした検査→計画→工事という一連の維持管理サイクル(Fig.3)に対して、有効性が確認されたので報告する。

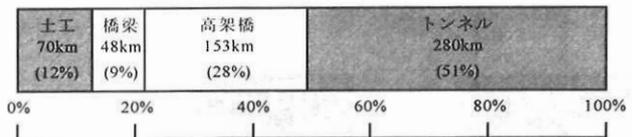


Fig.1 新幹線の構造物延長

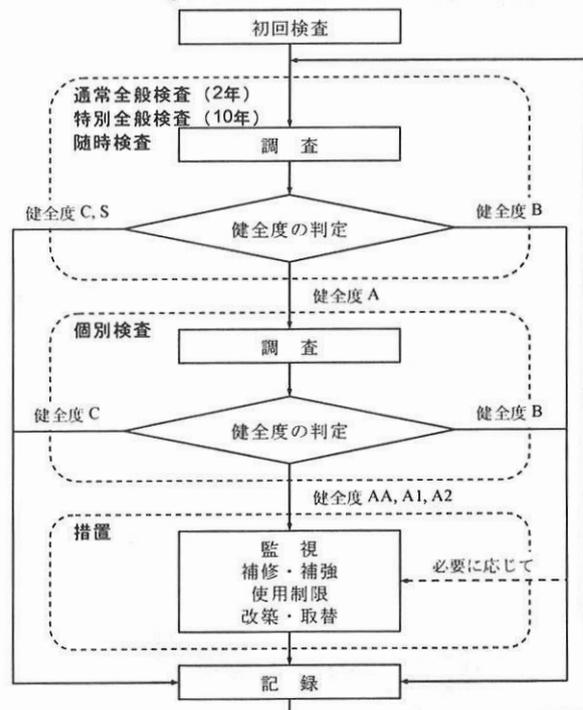


Fig.2 構造物における維持管理の流れ

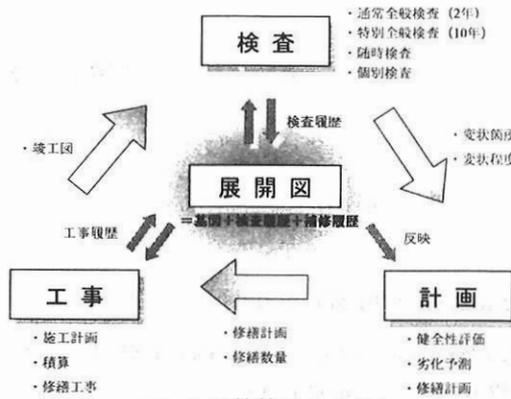


Fig.3 維持管理サイクル

2. 橋梁展開図作成・管理システム¹⁾の概要

2.1 橋梁展開図作成システム

本システムは、構造別の標準形橋梁 3D モデルを作成した後、既設設計図面、もしくは、後述するステレオ撮影装置により、部材寸法を修正することにより、簡易に寸法を持った維持管理用の展開図を作成できるものである。作業フローを Fig.4 に示す。

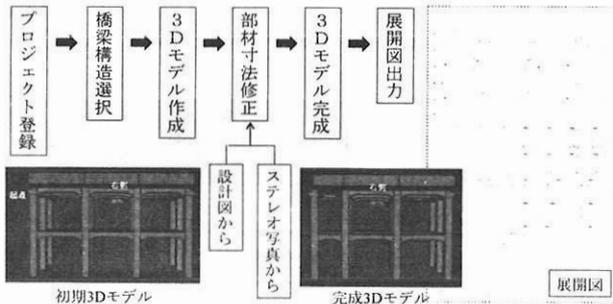


Fig.4 橋梁展開図作成システムの作業フロー

2.2 ステレオ撮影装置

コンクリート橋梁の柱や梁などの寸法をターゲット不要で、簡易かつ精度良く計測を行うことを目的に、ステレオ計測を活用した撮影装置 (Fig.5) の開発を行った。

本装置は、現場での携帯性、操作性、かつ対象橋梁の測定精度確保という相反する条件を満足させるため、基線長、撮影距離、撮影角度、及び測定部材寸法をパラメータとして、寸法測定の測定誤差に関してシミュレーションを実施し、カメラ性能、基線長などを決定した。

本装置の測定精度は、白図の展開図作成を目的とすることから、mm 単位の高精度ではなく、部材寸法の 5% 以内という測定精度を目標とし、装置の携帯性を重視した。

本ステレオ撮影装置を用いて、精度検証を行った結果を Fig.6 に示す。Fig.6 のプロットは測定寸法 L / 実寸法 L_0 の値を示している。標準偏差は 2.3% であり、目標精

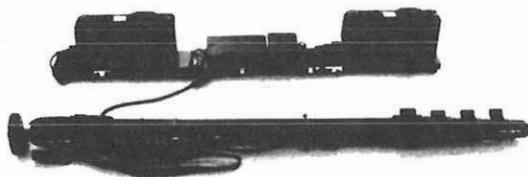


Fig.5 ステレオ撮影装置

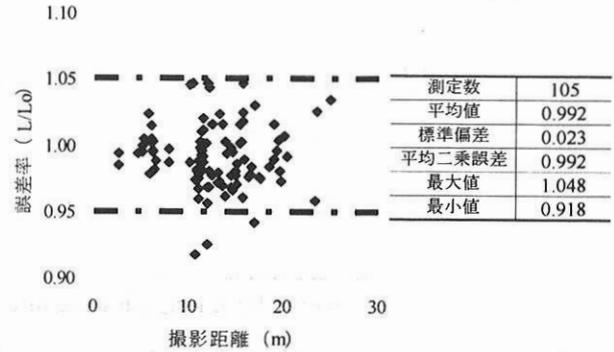


Fig.6 ステレオ撮影装置の計測結果

度 5% を確保できる事が確認できた。

本ステレオ撮影装置は、固定基線方式を採用しているため、測定対象物に一切のターゲット貼付が必要ではなく、現地での作業は撮影のみである。また、装置全体の重量は 1.5kg 以下であるため、作業者の撮影作業の負担も小さい。

2.3 変状・補修管理システム

橋梁展開図作成システムで作成した 3D モデルと撮影写真を用い、部材端部など特徴的な点を指示する事で、撮影したカメラ情報をもとに撮影位置と方向を算出し、3D 空間上に配置する事ができる (Fig.7)。

レンズひずみなどを除去することにより、3D モデルと撮影画像を一致させることができる (Fig.8)。

これを利用することで、変状・補修箇所を単写真で撮影し、写真上の変状・補修箇所を図形でなぞることにより、変状や補修数量を算出できる (Fig.9)。

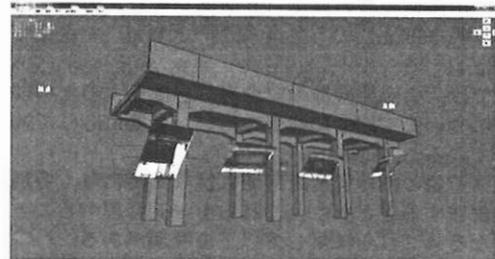


Fig.7 撮影写真管理

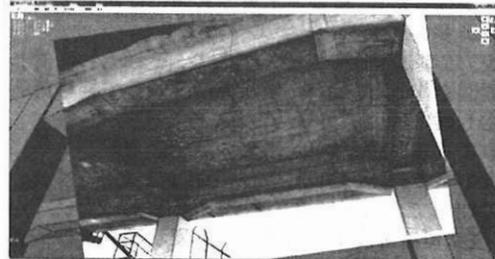


Fig.8 撮影写真管理

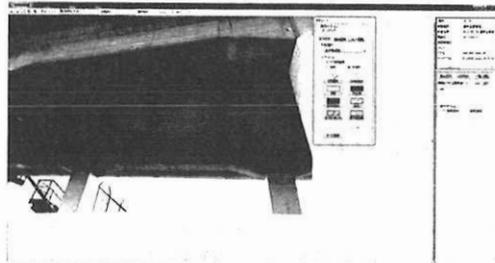


Fig.9 変状・補修図形入力

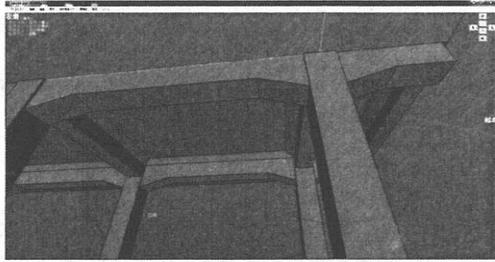


Fig.10 3D モデル上での図形表示

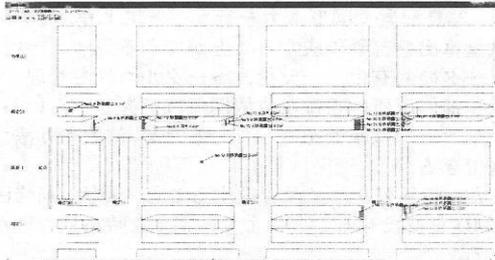


Fig.11 展開図上での図形表示

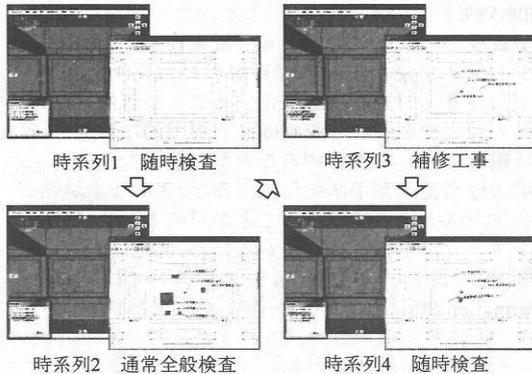


Fig.12 時系列管理

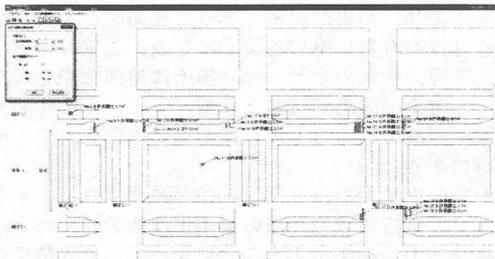


Fig.13 修繕補助機能 (はつり範囲)

なぞった変状・補修箇所は、業務別にレイヤ分けされた 3D モデルや展開図に正確に位置が反映される (Fig.10, 11)。

個別の変状に対して ID を持たせることにより、経時的な変状の進行や補修時の変状解消も把握することができる (Fig.12)。

また、計画補助機能として変状図形範囲からはつり範囲の算出も行いうこともできる (Fig.13)。

3. 検証

3.1 作業人数と作業時間

検査→計画→工事の一連のサイクルのうち、検査と工事の工程に対して、現地作業を試行し、本システムを用いた新作業方法で 3 径間ラーメン高架橋 1 セット当りの平均作業時間の評価を行った。なお、検証の中で各工程に要した作業内容と作業人数は次に述べる。

従来法の検査は、外業では写真撮影、変状箇所寸法計測、変状メモ作成等で 3 人/組、内業では白図展開図作成、写真整理、検査記録簿作成、変状展開図作成、変状数量算出等で 3 人/組である。

従来法の補修工事は、外業では写真撮影 (はつり・補修箇所)、はつり深さ・補修箇所寸法計測、補修メモ作成等で 3 人/組、内業では白図展開図作成、写真整理、はつり管理図作成、補修展開図作成、補修数量算出等で 1 人/組である。

本システムは、検査・工事とも共通で、外業では写真撮影のみで 2 人/組、内業では準備 (3D モデル作成)、写真取込・変換、写真貼付、変状補修図形入力、展開図・数量出力で 1 人/組である。

従来法と本システムの作業時間を比較した結果については、Table.1~2, Fig.14 に示す。

Table.1 検査作業時間比較

| | | 従来法 | 本システム | |
|--------------|------|-------|-------|-------|
| 外業 | 作業人数 | 3 人 | 2 人 | |
| | R1 | 作業時間 | 41 分 | 9 分 |
| | | 人・時間 | 123 分 | 18 分 |
| | R2 | 作業時間 | 30 分 | 14 分 |
| | | 人・時間 | 90 分 | 28 分 |
| | 平均 | 人・時間 | 107 分 | 23 分 |
| 内業 | 作業人数 | 3 人 | 1 人 | |
| | R1 | 作業時間 | 210 分 | 109 分 |
| | | 人・時間 | 630 分 | 109 分 |
| | R2 | 作業時間 | 150 分 | 123 分 |
| | | 人・時間 | 450 分 | 123 分 |
| | 平均 | 人・時間 | 540 分 | 116 分 |
| 平均総時間 (人・時間) | | 647 分 | 139 分 | |

Table.2 工事作業時間比較

| | | 従来法 | 本システム | |
|--------------|------|--------|--------|-------|
| 外業 | 作業人数 | 3 人 | 2 人 | |
| | R3 | 作業時間 | 360 分 | 12 分 |
| | | 人・時間 | 1080 分 | 24 分 |
| | R4 | 作業時間 | — ※1 | 16 分 |
| | | 人・時間 | — ※1 | 32 分 |
| | 平均 | 人・時間 | 1080 分 | 28 分 |
| 内業 | 作業人数 | 1 人 | 1 人 | |
| | R3 | 作業時間 | 360 分 | 98 分 |
| | | 人・時間 | 360 分 | 98 分 |
| | R4 | 作業時間 | — ※1 | 126 分 |
| | | 人・時間 | — ※1 | 126 分 |
| | 平均 | 人・時間 | 360 分 | 112 分 |
| 平均総時間 (人・時間) | | 1440 分 | 140 分 | |

※1: 従来法はヒアリングによる

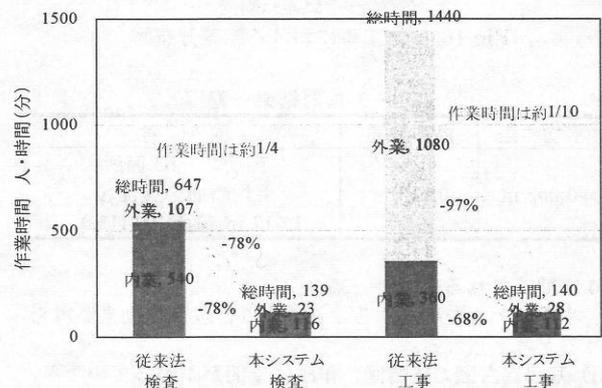


Fig.14 従来法と本システムの作業時間比較

本システムを用いた外業と内業に要する作業時間は、作業者のシステム熟練度や処理 PC 性能等と多少の違いはあるが、検査工程では約 1/2 程度、補修工事工程では約 1/10 程度の時間短縮と作業人数の削減が可能であることが分かった。

3.2 測定精度

補修工事において、補修寸法は工事費に直結する。そこで、個別の補修箇所に関して、断面修復を抜粋し、①従来法面積（工事写真からの定規読取值）と②本システム面積の誤差（①-②）をもとめ、測定精度の評価を行った。（Fig.15）

比較結果を Fig.16, Table.3 に示す。

補修工事の測定精度は、本システム測定値の誤差がほんのわずかに大きい値（誤差平均値-0.002 m²）となる。

これは従来法的面積算出方法が長方形、あるいは台形の 2 つの図形として簡易に面積を算出しているのに対して、本システムでは、正確な矩形の頂点座標より面積を算出しているためである。

であるが、誤差の平均値が 0 中心にあること、誤差分布が正規分布に近い分布にあることから本システムの測定値自体信頼性の高い測定値であると考えられるため、現場作業に十分適用できると言える。



Fig.15 測定精度の評価方法

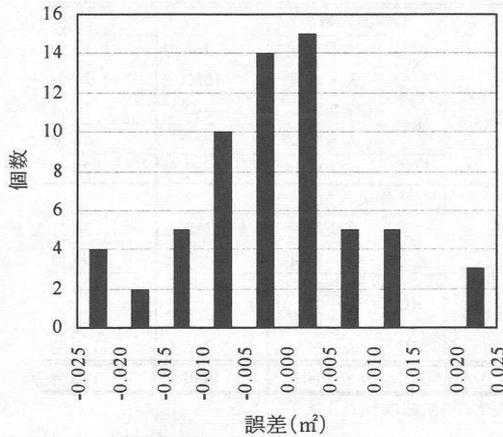


Fig.16 補修工事における誤差分布図

Table.3 検討結果一覧

| 平均誤差 | 標準偏差 | 備 考 |
|-----------------------|----------------------|---|
| -0.002 m ² | 0.010 m ² | 箇所数 63 箇所 平均断面修復面積 1.612 m ² /箇所 (0.11%) |

4. 期待される効果

本システムを導入することにより、以下の効果が得られると考えられる。

- ① 基図（白図の展開図）作成に手間がかかっていたが、本システムで構造寸法を入力することにより簡易に

作成できる。一度入力すれば、今後新規に作成する必要はない。

また、変状・補修展開図作成、写真整理、数量算出などのデータ管理作業に多大な労力を要しているが、本システムを使用することにより時間の短縮が図れる。

⇒業務の効率化・高度化

- ② 展開図は検査・工事で異なるフォーマットで作成しており、データの相互利用ができていないが、本システムをプラットフォームとすることにより、共通に利用でき、写真配置や図形入力を行うことにより、展開図や数量算出を自動作成することができる。

⇒データの共有化・一元化、トータルコスト管理

- ③ 変状・補修箇所の正確な位置関係は把握しづらいが、本システムでは座標を有しているため、位置や寸法が把握できる。

また、時系列をレイヤ管理すること、変状・補修図形に ID を持たせることにより、完全な時系列管理ができる。

⇒正確な時系列管理

（付加的効果）

- ・ 遠望目視で行う通常全般検査の現場作業においては、本システムを使用すると写真撮影が主要作業となるため、外業と内業とで分業化することが可能となる。損傷の判定や要因などを判断する専門的な作業は、室内目視検査として代替することが可能となる。
- ・ 橋梁の健全度予測手法を付加すると、アセットマネジメントシステムを構築することが可能となる。
- ・ 本システムは座標を有しているため、測地座標を与えることにより、地理情報システム（Geographical Information System : GIS）と連携することが可能となる。

5. 終わりに

本開発により、従来は困難であった展開図と写真、数量の関連付けが容易に出来るようになり、正確なトータルコスト管理、個別の変状・補修箇所に追従機能を持たせた完全な時系列管理が可能となる。また、作業時間や作業人数が削減できることから、業務効率化やコスト縮減も期待できる。

これからの少子化社会で人材確保が難しくなることを考慮すると、維持管理の一層の効率化は社会的使命といえる。本システムを使用することによって、少人数で多くの構造物を維持管理できる環境が構築でき、検査・計画・工事に必要な展開図、写真、数量を一つのシステムで一元管理できる新しい橋梁維持管理への活用が期待できる。

参考文献

- 1) 高橋康将, 坂本保彦, 御崎哲一, 中山忠雅, 清水智弘, 内田修, 近藤健一: 3D モデルを用いた橋梁維持管理手法の提案・試作・検証, 土木学会第 67 回年次学術講演会, VI-131, 2012.9