

デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用

田 中 伸 也

近年、既設構造物の老朽化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。既存構造物の補修補強工事では、現地での実測を基に部材を製作する必要があるが、狭隘な箇所や既設図面と状況が異なるなど正確な実測が困難な場合が多く、現場では苦労を強いられている。一方、デジタルカメラ計測技術は、簡便な計測手法として、工場製作の出来形管理などで実用化されており、可搬性に優れ作業が簡便であるという特徴を持つ。ここでは、短期間に正確な施工が求められている補修補強工事において、カメラ計測を適用し、計測データと製作情報の連携を図ったのでその効果および施工事例について報告する。

キーワード：補修補強工事、デジタルカメラ計測、三次元計測、現場計測、三次元 CAD

1. はじめに

近年、既存の構造物の経年化・老朽化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。それに伴い、既存の構造物への補修補強工事も今後さらに増加すると考えられる。既存の構造物の補修補強工事では、現地での実測を基に部材を製作する必要があるが、狭隘な箇所や既設図面と状況が異なるなどの想定外の状況があり正確な実測が困難な場合が多く、現場では苦労を強いられている。

一方、デジタルカメラ計測（以下、カメラ計測と称する）技術は、簡便な計測手法として、工場製作の出来形管理等では既に実用化されており実績も多く、可搬性に優れ現場作業が簡便であるという特徴を持つ。

ここでは、短期間に正確な施工が求められている橋梁補修補強工事において、カメラ計測を適用することを目的として、計測データと製作情報の連携を図ったのでその効果および施工事例について報告する¹⁾。

(2) 使用する機材

カメラ計測で使用する機材を写真—1に示す。写真を撮影するデジタルカメラの他に計測位置に貼り付ける計測ターゲット（以下、シールターゲットと称する）と、写真上の大きさを得るための基準バーを使用する。また、写真を繋ぐためにコードターゲットと呼ぶ5×5の配列で1枚毎に孔抜けパターンの異なるターゲットを使用する。



写真—1 使用機材

2. カメラ計測技術の概要

(1) デジタルカメラ計測システムとは

カメラ計測とは、写真測量の原理を応用し、複数の方向から撮影した写真を基に計測位置を三次元座標として求める技術である。また、計測データと同時に計測対象物の写真を得ることができるため、計測対象物と計測位置情報を簡単に対比できる特徴がある。計測精度はレーザを使用した三次元計測器と同等程度である。

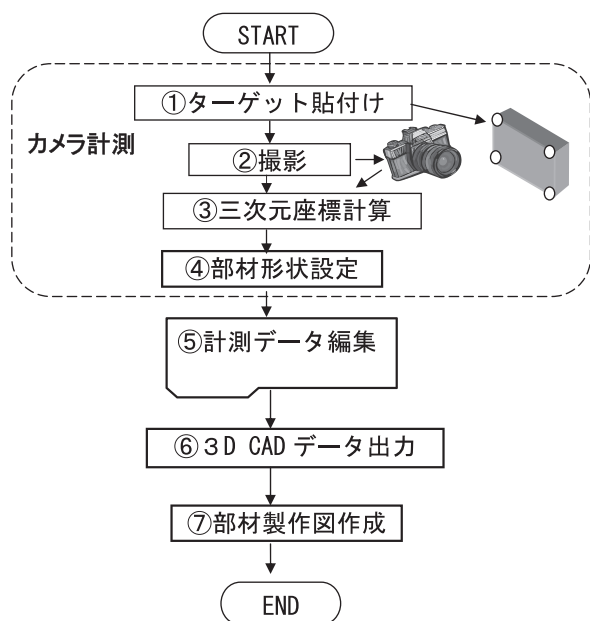
(3) カメラ計測の計測精度

カメラ計測の精度は、被写体平均撮影距離とカメラの解像度によって決まる。被写体に近づくか、カメラの解像度が高くなれば三次元の計測精度もこれに伴って良くなる。例えば1500万画素の高画素カメラでは、3m程度離れて撮影を行うと計測点自体の誤差は±0.2mm程度で安定した精度が得られる。

3. カメラ計測の現場適用

(1) 作業手順

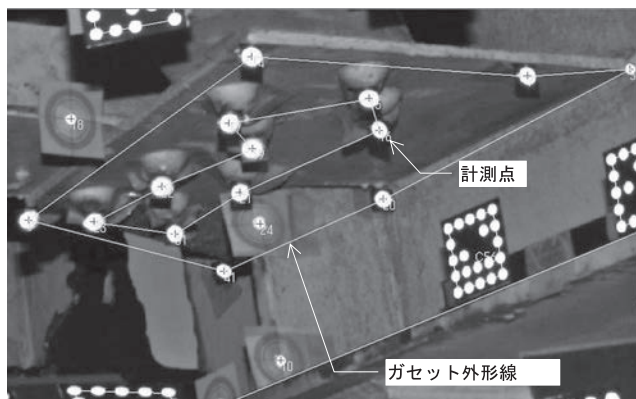
カメラ計測を補修補強工事に適用する場合、カメラ計測を行いその結果から現況の3D CAD データを作成し、この3D CAD データを基に補修部材の形状寸法を決定することが効率的である。カメラ計測を使用した現場計測作業手順を図一1に示す。①計測位置にシールターゲットを貼り付け、②デジタルカメラにて撮影を行い、③撮影画像をパソコンに取り込み三次元座標値を計算する。計測のみであれば、座標値を得ると完了であるが、そのままでは座標群のデータであり、使いにくいので、作業としては、④写真上の計測点を指定して部材形状（オブジェクト）を設定する。



図一1 作業手順

(2) 部材形状設定の方法

従来の現地計測では、計測現場にフィルムなどを持ち込み、既存ボルト孔位置などを写し取り、それを基に部材形状の作図を行っていた。カメラ計測は計測位置の三次元座標を求めるものであるが、写真を扱う特性を生かし、カメラ計測操作画面に表示される写真上で部材形状およびボルト孔位置を指定する。写真一2は、カメラ計測の画面に表示される写真上でガセット形状とボルト孔位置を指定している状況である。カメラ計測画面の写真には座標値を求めた計測点が表示されるため、これを指定することでガセット外形形状を決定することができる。ボルト孔についても同様である。計測点がオフセットされている場合は、オフセット補正も行い計測部材の三次元形状を再現する。



写真一2 画面上での部材形状の設定

(3) 3D CAD 出力および部材の製作

カメラ計測で出力される座標データを基に部材形状を追加することで、現場状況の3D CAD データを得ることができる。補修補強工事においては、実測3D CAD データを利用し、3D CAD から補修箇所の寸法形状を取り出したり、新たな部材を設計していくことで、作業の効率化が行え、製品の品質も向上する。また、工場での加工についても、同一のCAD データより工場のNC 機器にデータを伝達することで、転記ミスや作業者の勘違いなどの人為的なミスを防ぐことができる。

4. 施工事例(コンクリート桁の耐震補強工事)

(1) 工事概要

- (a) 工事名：中国自動車道 揖保川橋他1橋補強工事
- (b) 発注者：西日本高速道路(株) 関西支社
- (c) 工事場所：兵庫県加東市北野
- (d) 工期：自)平成25年6月27日～至)平成26年10月19日
- (e) 工事内容：揖保川橋および加古川橋の補修工事
 揖保川橋：鋼製変位制限装置設置16基、RC変位制限装置設置8箇所、落橋防止装置設置9基、支承取替6基、橋脚RC巻立て8橋脚、鞘管設置4橋脚
 加古川橋：制震ダンパー設置4基、落橋防止装置6基、支承取替8基

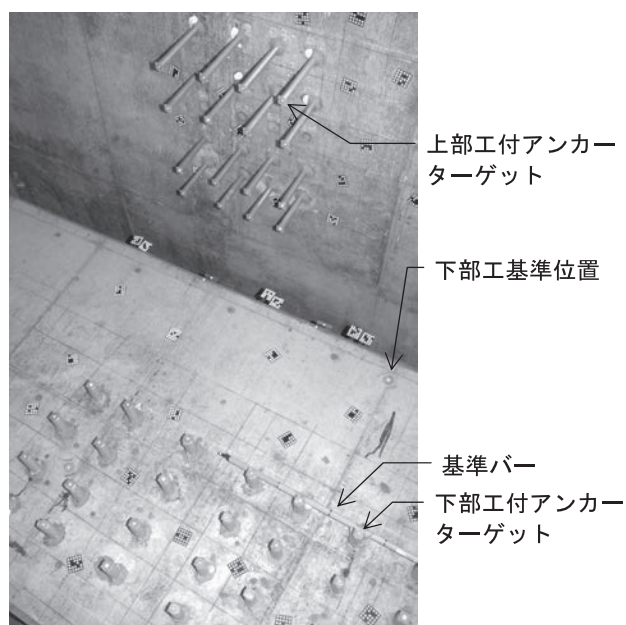
(2) 特徴および課題

既設コンクリート橋の耐震補強工事であり、落橋防止装置および変位制限装置の設置をはじめ、支承取り替え、RC橋脚の巻立てなど工種は多岐にわたる。ここでは、特にカメラ計測が有効であった変位制限装置の設置について述べる。現場は渇水期内施工のため作

業期間が限られており、工程を遵守する必要がある。変位制限装置は、既設のコンクリート桁と下部工それぞれにブラケットを設置し、それらを干渉させることで、橋軸直角方向の変位を制限する構造である。変位制限の遊間は7mmとわずかであるため、上下の位置関係を正しく把握する必要があることから、カメラ計測を行った。

(3) 計測

上下部工のあと施工アンカーボルト設置完了後に計測を行う。アンカーボルト位置、基準位置にシールターゲットを取り付け、基準バー、コードターゲットを設置し、写真撮影を行う。写真—3にターゲット類の設置状況、写真—4にカメラ計測の撮影状況を示す。撮影枚数は、100～130枚であり、作業時間は、ターゲット類の設置、撮影、撤去までで1箇所当たり70分程度である。



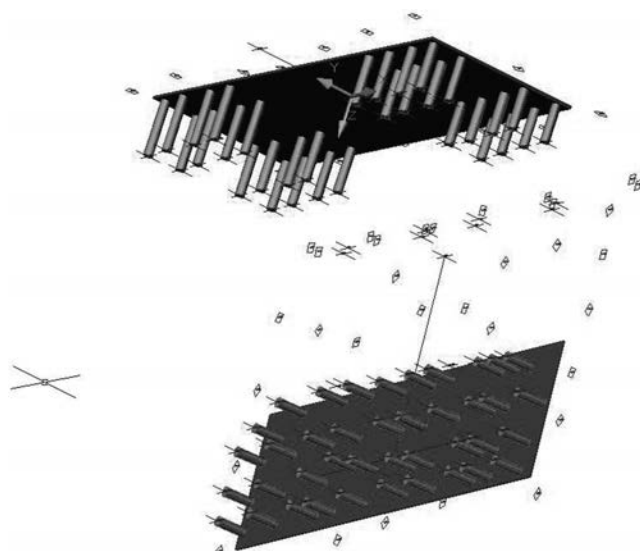
写真—3 ターゲット設置状況



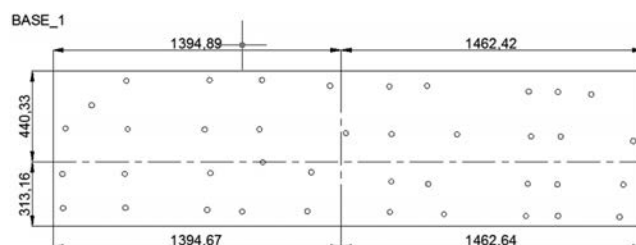
写真—4 カメラ計測状況

(4) 計測結果の処理

図—2に計測結果より出力された3D CAD データを示す。この3D データより変位制限ブラケットの製作情報を取り出し、工場での加工を行った。具体的にはベースプレートの外形、孔位置の情報を工場 NC 機器の情報へと変換し、部材の切断、孔明けを行った。3D データより取り出した二次元加工図を図—3に示す。



図—2 計測結果の3D モデル



図—3 二次元加工図

(5) 部材の製作・施工

ベースプレートの寸法は、約1m×3mと非常に大型のものであり、板厚も50mm～75mmと非常に厚い。さらにアンカーの孔径はM48のボルトに対してφ53mmの孔であり、±2.5mmの余裕しかなく、精度を求められる製作である。工場で製作した下部工付ブラケットを写真—5に示す。

現地での取り付け状況を写真—6に示す。部材の取り付け箇所は、上部工付ブラケットと下部工付ブラケットの隙間が7mmであり、非常に精度が要求されたが、問題なく施工することができた。完成状況を写真—7に示す。



写真—5 下部工付ブラケット



写真—6 ブラケット施工状況



写真—7 完成状況

(6) 結果

計測に要した時間や手間については、従来のテープやフィルム型を用いた計測と同程度であったが、現地の状況を三次元で一度に捉えられ、直ちにCAD化できるなど、次工程も含めて考えると全体としての作業効率は良い。計測作業は、ターゲット設置と写真撮影であり、簡便で、転機ミスや記入漏れなどもなく、安心して作業が行えた。また、写真が記録として残ることは、後で作業の再確認が行えるだけでなく、現場作業者と設計者との意思疎通を図る上でも効果的であった。計測精度は、十分であり変位制限装置16台の施工全てにおいて問題なく現場施工が行えた。

5. おわりに

カメラ計測を補修補強工事に適用することにより、従来正確な計測が困難であった狭隘部での現況計測を迅速かつ正確に行うことができた。また、施工期間の短縮と誤作の防止が図れ、高品質な施工を行うことができた。計測データと同時に写真で現状を確認できるため、現場計測作業者と工場製作加工データ作成者との間の情報伝達の面からも、カメラ計測の有効性が実証できた。

謝 辞

本稿執筆に当たり、西日本高速道路(株)関西支社をはじめ、関係各位の皆様から多大な情報提供、助言をいただきました。深く感謝し、お礼を申し上げます。

JCM/A

《参考文献》

- 1) 田中伸也・高口昇・森直樹：デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用，橋梁と基礎，第48巻 第1号，pp.25-29，2014年1月1日

〔筆者紹介〕

田中 伸也（たなか のぶや）

片山ストラテック(株)

大阪工場 橋梁設計部 生産情報課 システム係
係長

