

# デジタルカメラによる3次元アンカーボルト位置計測について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

竹内 彰<sup>○</sup>

Akira Takeuchi

筒井 隆文

Takafumi Tsutsui

吉嶺 建史

Kenshi Yoshimine

## 1. はじめに

東海旅客鉄道（株）では、開業50年を迎えた東海道新幹線の土木構造物の延命化を図るため、平成25年度より土木構造物の大規模改修工事を行っている。その内容は、トラス橋、開床式下路プレートガーダー橋の床組接合部対策や、支承部取替補強などがあり、全線の工事を10年間で完了させる計画である。

支承部取替補強では、ブラケットで主桁を仮受けし、その間に支承を取り換える。ブラケットの取り付けフローを図-1に示す。ブラケットは、下部工に定着したアンカーボルトで支持されるが、アンカーボルトは、下部工の鉄筋を避けた位置に配置せざるを得ないため、アンカーボルト位置計測後にブラケットを製作する必要がある。また、計測精度によっては、ブラケットが取り付けられず、手戻りが発生してしまうため、位置計測は非常に重要な作業である。これらの課題を解決するため、デジタルカメラによる3次元アンカーボルト位置計測を行った。本稿では、この計測技術について報告する。

### 工事概要

- (1) 工事名：静岡地区新富士保線所ほか3保線所管内土木構造物大規模改修その他工事（鋼橋その2）

- (2) 発注者：東海旅客鉄道株式会社

- (3) 工事場所：静岡県富士市～浜松市

- (4) 工期：平成24年5月～平成27年3月

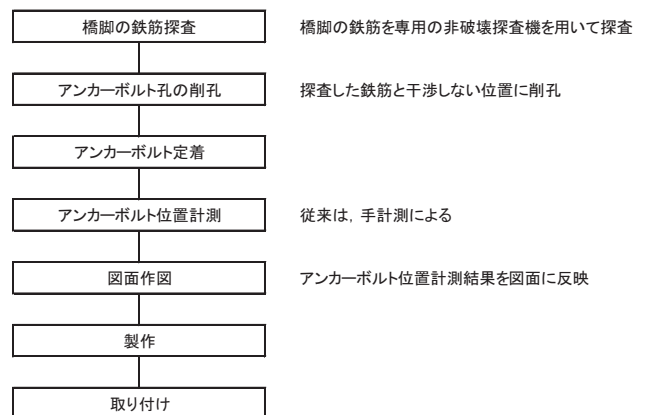


図-1 ブラケット取り付けフロー

## 2. 現場における問題点

本工事の施工に当たって、下記の問題点があった。

- (1) 平成26年度に施工する支承部取替補強に用いるアンカーボルト総数は、約700本と非常に多い。また、次年度以降も同程度の本数のアンカーボルトを施工する必要がある。
- (2) 従来は、アンカーボルト位置計測を差金や巻尺を用いた手計測で行っていたが、ブラケット1基（アンカーボルト18本の場合）の計測で約2時間かかっており、計測時間を短縮する必要がある。

- (3) 手計測による計測では、計測者の技量により精度にバラつきが生じることや、施工本数が非常に多いため、ヒューマンエラーが発生する可能性がある。
- (4) アンカーボルトは、下部工前面に対して直角に施工することが前提であるが、削孔、定着の精度により、下部工前面に対して、傾いてしまう場合がある。

### 3. 対応策と適用結果

先の課題に対し、橋梁製作時の部材計測に用いられているデジタルカメラ計測システムを適用することとした。

#### (1) デジタルカメラ計測システム

使用したデジタルカメラ計測システムの概要を表-1に、ターゲットの設置状況を図-2に示す。

表-1 デジタルカメラ計測システムの仕様

システム名	VFORM(株式会社横河技術情報)
計測精度	1/20000
使用機材	デジタル一眼レフカメラ 専用ターゲット 解析用パソコン

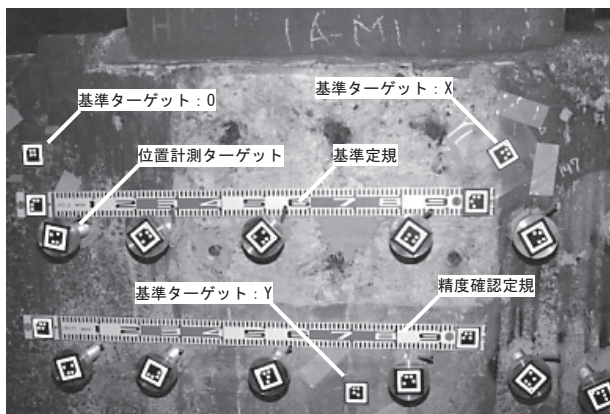


図-2 ターゲット設置状況

位置計測ターゲットは、橋脚より突出したアンカーボルトの先端に設置する。また、基準長さを定義するためのターゲット（基準定規）と、基準平面を定義するためのターゲットをそれぞれ橋脚前面に設置する。設置したターゲット（基準ターゲット：OXY）から1～2m程度離れた位置から複数枚写真を撮影し、画像処理を行うと、ター

ゲットを設置したアンカーボルト先端位置が、図-3のように解析される。



図-3 画像解析結果例

この解析結果は、図-4に示すように、アンカーボルト先端位置を基準平面（橋脚前面）に投影したCADデータとして出力されるため、ブラケット作図に利用することが可能である。

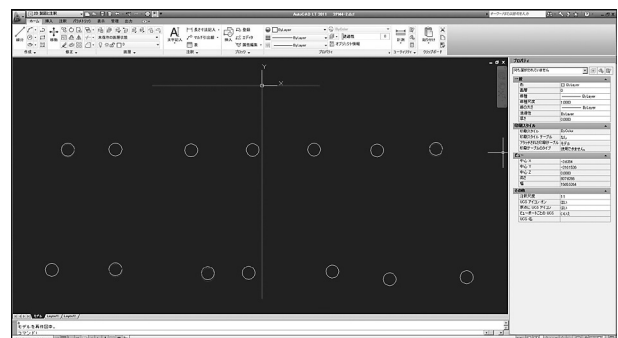


図-4 CAD出力

#### (2) 計測時の工夫

使用したデジタルカメラ計測システムは、市販のものであるが、計測作業の効率化と計測精度向上を図るため、独自の工夫を行った。

##### ①ターゲット設置治具の開発

デジタルカメラ計測システムでは、ターゲットを計測位置にマグネットで設置する方法が一般的であるが、この方法では、作業者の技量によらずにアンカーボルト先端に精度よくターゲットを設置することが難しい。また、設置作業に時間を要することや、強風などでターゲットが落下してしまうなどの問題点がある。そこで、図-5に示すターゲットを設置するための治具を開発した。

アンカーボルト先端には図-5に示すようにねじ切り加工が施されているため、そこにねじ込め

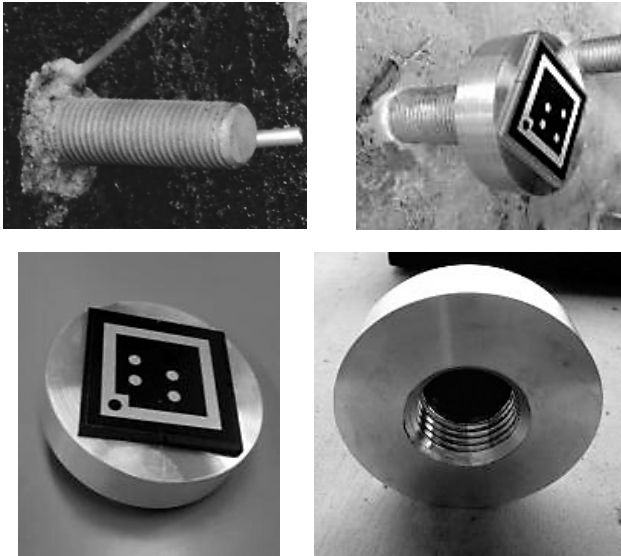


図-5 計測治具及び設置状況

る同径のねじ切り加工を施したアルミ製の治具を製作した。治具中央にあらかじめターゲットを貼付し、治具をアンカーボルトの先端にねじ込むだけでターゲットをアンカーボルト中心に設置することを可能とした。また、治具のねじ切りは、貫通しておらず、一定の深さまでねじ込むと止まるようになっており、ねじ込み過ぎによるターゲットの損傷を防止している。この治具の工夫により、ターゲット設置時間を削減できると共に、作業者による設置誤差を無くすことができた。

②斜めに設置されたアンカーボルトへの対応



図-6 傾斜アンカーの例

アンカーボルトは、種々の理由から図-6に示すように必ずしも橋脚に対して垂直に設置することができない場合がある。アンカーボルトが橋脚に対して斜めに設置された場合（以下、傾斜アン

カー）、アンカーボルトの先端位置と、ブラケットを固定する橋脚前面における位置とでは、ずれが生じるため、アンカーボルトの先端位置をアンカーボルト位置として計測しただけでは、ブラケットを現地で取り付けられない可能性がある。従来は、製作工程の段階でブラケットの原寸大フィルムを作成し、そのフィルムを現地のアンカーボルトに重ねることで、ブラケットが取り付けられるかを確認していた。しかし、この方法では、傾斜アンカーを発見した時点で、ある程度、製作が進んでいるため、手戻りが発生してしまう。そこで、アンカーボルトの先端位置だけでなく、橋脚前面における位置もデジタルカメラ計測で取得できるシステムを構築した。

図-7に示すように、アンカーボルトの先端位置は、先に述べたように、ターゲットから基準平面（橋脚前面）におろした垂線と基準平面（橋脚前面）との交点（a点）として算出される。一方、アンカーボルトの橋脚前面における位置は、ターゲット面から法線方向、すなわち、アンカーボルトの軸方向におろした線と基準平面（橋脚前面）との交点（b点）として算出される。

これらa点とb点のずれ量eを算出すること

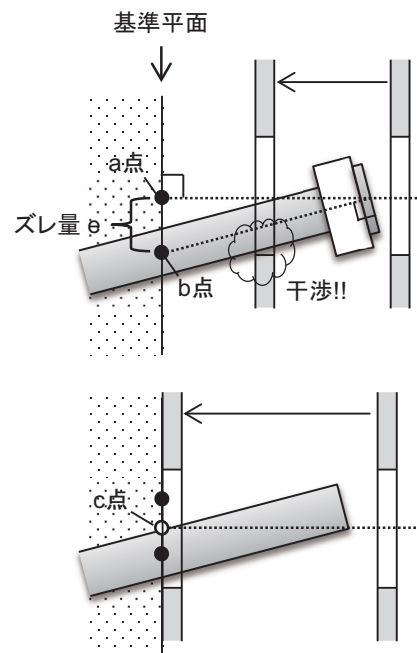


図-7 傾斜アンカー計測の概念図

で、傾斜アンカーのずれ量を計測することが可能となる。このずれ量  $e$  が、任意に設定した閾値を超えた場合、アンカーボルトの先端位置と橋脚前面における位置の計測結果を CAD データに出力することとした。

このようなシステムを構築することで、デジタルカメラ計測時に傾斜アンカーの存在を把握することが可能となった。平成26年上期では、計測した700本中3本が傾斜アンカーであったが、a点とb点の midpoint c にブラケットのアンカーボルト孔を配置することで、すべてのブラケットで手戻りなく設置することができた。

### (3) 成果

アンカーボルト位置計測時間の従来方法との比較を表-2に示す。デジタルカメラ計測を利用することで、計測時間は1箇所あたり1.5時間短縮することが可能であった。図-8にブラケットの設置状況を示す。ヒューマンエラーは発生せず、すべてのブラケットで手戻りなく、予定していた工程を遵守することができた。

今回は、アンカーボルト位置計測にデジタルカメラ計測を用いたが、本技術は、作業の効率化や施工精度が求められる補修工事の様々な場面での

活用が期待できる。

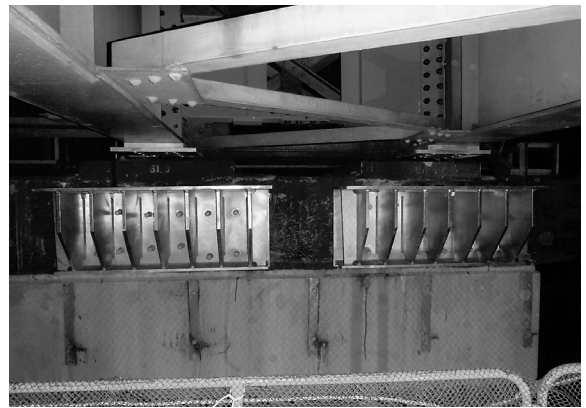


図-8 ブラケット設置状況

## 4. おわりに

本工事は、東海道新幹線の徐行、運休をすることなく施工している。大規模改修が始まり、約2年となるが、その間、様々な問題に直面し、その都度、発注者である東海旅客鉄道（株）殿と施工業者で協議しながら工事を進めてきた。今後も、安全を第一に大規模改修を進めていく所存である。

最後になりますが、本工事の施工に当りご指導いただいた発注者の方々及び工事関係各位に厚くお礼を申し上げます。

表-2 アンカーボルト位置計測時間の比較

手計測		デジタルカメラ計測	
作業内容	所要時間(分)	作業内容	所要時間(分)
準備工	10	ターゲット設置	10
計測(確認含む)	75	写真撮影	5
片づけ	5	データ解析(CAD出力含む)	10
データ整理(CAD出力)	30	片づけ	5
合計	120	合計	30