

## ステレオ撮影技術を用いた床版横締めPC鋼材配置計測システムの開発

三井住友建設(株)	正会員	○大野 寛太
三井住友建設(株)		工修 掛橋 孝夫
三井住友建設(株)		三上 博
三井住友建設(株)	正会員	細野 宏巳

## 1. はじめに

PC構造物の施工においては、PC鋼材を設計図面に示された位置に正確に配置し、緊張によりコンクリート部材に所定の圧縮応力を導入することが、耐荷性能、耐久性の観点から重要となる。特に部材厚の小さい上床版に配置される床版横締めPC鋼材は、配置高さの精度が悪いと設計で決められた所定の圧縮応力が導入されず、輪荷重の載荷などによってひび割れが発生することが懸念される。したがって、実施工においては、精度の高いPC鋼材配置の管理が求められる。一般的にPC鋼材の配置高さは、鋼材形状の変化点または1m間隔に設置する棚筋位置において、型枠やコンクリート天端からの高さをスケール等を用いて計測し、設計値±5mm以内で管理している。この場合、目視によるスケール読み値の人的誤差があるだけでなく、鋼材本数が多いと測点数も多くなり、現場職員の労力も多大になる。

そこで筆者らは、測定精度向上と省力化を目的として、床版横締めPC鋼材の配置寸法をデジタルカメラによるステレオ撮影技術により計測するシステムを開発した。本稿では、本システムの概要および精度確認試験の結果と実現場での適用事例について報告する。

## 2. システムの概要

## 2.1 概要

システムの概要図を図-1に示す。本システムでは、床版横締めPC鋼材の配置状況について、PC鋼材と専用基準点フレームをデジタル一眼レフカメラにて2方向から撮影し、撮影した画像データをパソコンに取り込み、専用プログラムにより解析処理を行う。専用プログラムは、PC鋼材の配置位置をステレオマッチング技術の画像解析<sup>1)</sup>によって3次元座標として出力し、あらかじめ準備しておいた設計図面CADデータと重ねることにより、鋼材全長に渡る鋼材高さの誤差判定を行い、提出用の検測帳票を自動作成する。なお、実現場においては、棚筋の高さを調整しながら、鋼材高さの計測値が全長に渡って

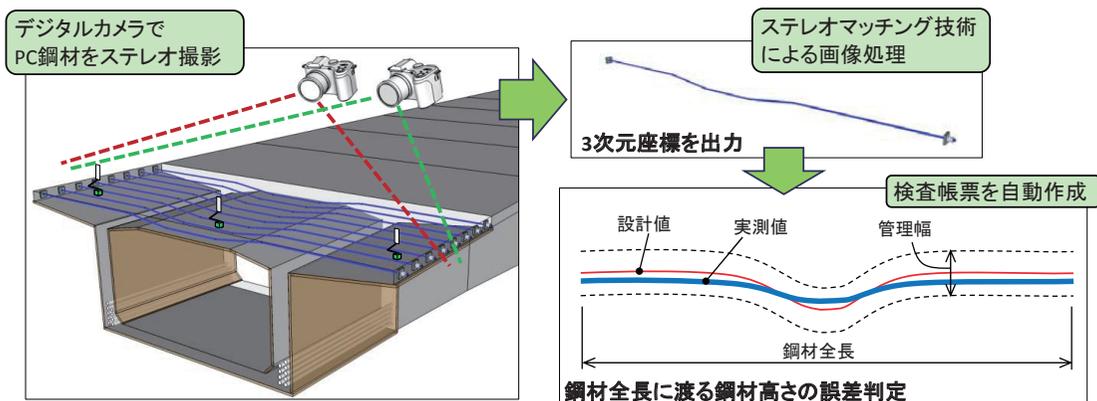


図-1 システムの概要

管理値以内に収まるまで、撮影と解析処理を繰り返し行って管理することにより、配置精度を向上させることができる。

## 2.2 ステレオ撮影

### (1) 使用機材

現場での撮影時に使用する主な機材は、デジタル一眼レフカメラ、専用基準点フレームおよびノートパソコンである。カメラは有効画素数が約2420万画素、レンズは標準的な焦点距離18-55mmの製品を使用し、広角での撮影が必要な場合にはレンズに0.7倍ワイドコンバーターを装着する(写真-1)。カメラおよびその装備品は、いずれも家電量販店などで比較的安価に購入できる。

専用基準点フレームは2種類あり、用途により使い分けている(写真-2)。TYPE-Aは、3方向に結合した等辺山形鋼に一定間隔で基準点マーカーを付けており、現場では任意の位置・方向に設置できる。一方TYPE-Bは、鉛直方向に2箇所の基準点マーカーを付けた固定治具であり、現場ではあらかじめ設定した座標点と一致するように設置する。TYPE-Bの方が、基準点フレームを設置する手間がかかるが、基準点に既知の座標を与えることにより、設計図面の形状データと比較する際の計算精度が向上する。したがって、計測本数が多く、計測作業の時間に制約がある場合を除いてTYPE-Bを標準仕様としている。

### (2) 撮影方法

床版横締めPC鋼材配置後に、撮影対象とするPC鋼材の両端付近に専用基準点フレームを設置し、三脚にセットしたカメラでPC鋼材と専用基準点フレーム2個以上が写るように撮影する(図-2)。次に、カメラを横にずらして再度撮影し、これらをステレオ撮影した1組の画像データとする。カメラの間隔は、より広い方が計測精度が上がるが、マッチング処理の相関性を確保するために50cm程度が適当であることを確認している。また、一度に撮影が可能な鋼材長は、計測精度確保の観点から10m程度以内が目安となる。広幅員で鋼材長が長い場合や、移動作業車のトラス部材が邪魔になり鋼材全長を撮影できない場合は、分割して撮影を行い、解析時に合成処理する。なお、日照の影響で鋼材表面が白く飛んで見える場合や日なたと日影が混在している場合などは、鋼材が鮮明に見えるようにカメラの絞り値やシャッター速度を調整して撮影する。雨天時は、水滴が反射して正確な位置を計測できないことがあるため、屋根の設置が必要になる。

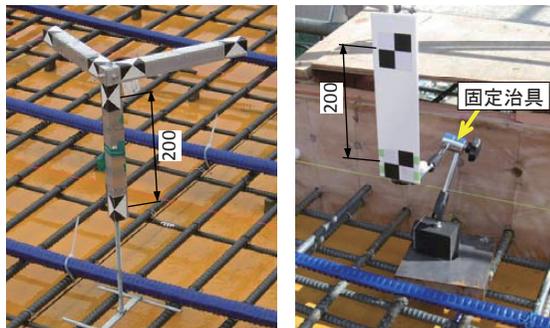
## 2.3 解析処理

### (1) システムフロー

解析処理を含めたシステム全体のフローを図-3に示す。計測対象のPC鋼材を撮影した後、ノートパソコンに取り込んだ画像データは、その場で即座に解析処理を行い、鋼材形状の座標値を出力し、設計形状データとの誤差を判定することができる。



写真-1 使用機材(カメラ)



a) TYPE-A  
b) TYPE-B  
写真-2 専用基準点フレーム

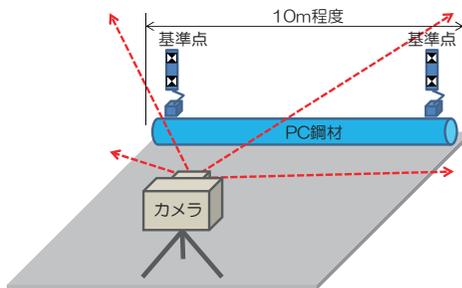


図-2 撮影イメージ

(2) 鋼材中心位置の算定方法

PC鋼材は、デジタルカメラにより斜め上方から撮影しているため、図-4に示すように中心位置を算定する必要があります。これにより、凹凸形状を有するプレグラウト鋼材においても正確に中心位置の座標値が算定できる。

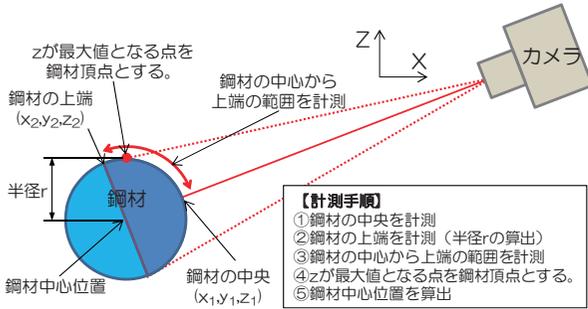
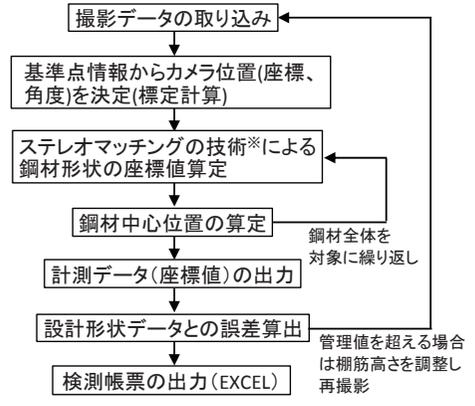


図-4 鋼材中心位置の算定



※左右のカメラで撮影した異なる画像データからプログラム処理により同一箇所を自動的に検索し、対象物の三次元座標を算定する技術。

図-3 システム全体フロー

3. 試験施工による精度確認

3.1 試験条件

計測精度の確認を目的として試験施工を実施した(写真-3)。長さ10mのプレグラウトPC鋼材(1S21.8)を棚筋上に配置してステレオ撮影を行い、スケールによる計測との差異を確認した。試験寸法図を図-5に示す。鋼材形状は、直線配置と一部に曲げ上げ区間を設けた配置の2パターンとし、撮影条件は、2分割で撮影して合成処理するパターンと鋼材全長を一括撮影するパターンの2パターンとした。なお、本試験では既知座標を与えるTYPE-Bの基準点フレームを使用している。

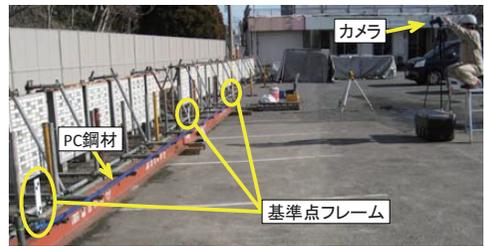


写真-3 試験施工状況

3.2 試験結果

計測結果を図-6に示す。分割撮影したパターンでは、スケールによる計測との差異は平均1mm以内、最大でも2mm以内であり、実施工に適用可能な精度を確保できた。また、鋼材全長を一括撮影したパターンでも同

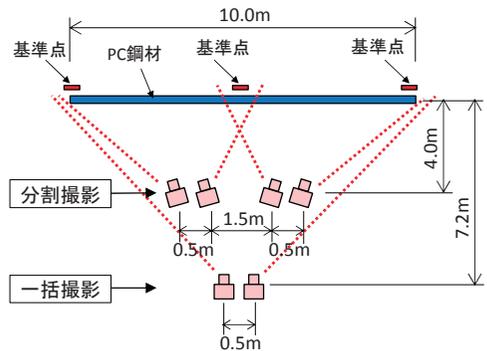


図-5 試験寸法図(平面図)

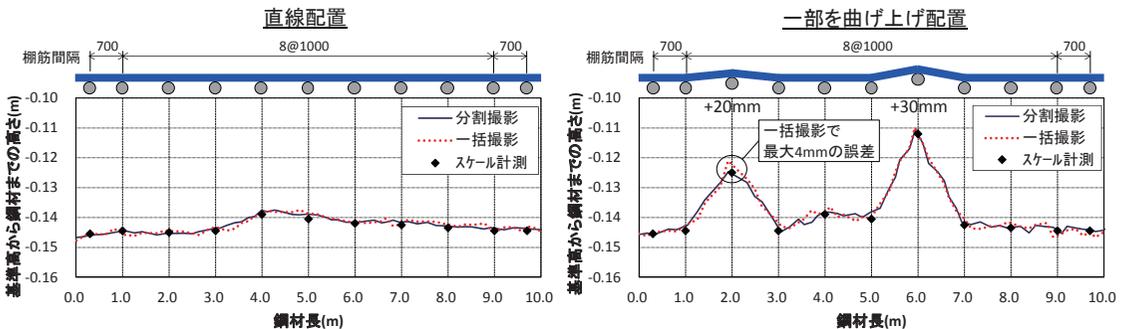


図-6 試験結果

程度の精度が得られたが、一部区間で最大4mmの誤差が生じた。これは、撮影時における日照条件の変化が主要因と考えられ、撮影の際には十分に留意する必要があることが確認できた。

#### 4. 実施工現場での適用事例

##### 4.1 支保工施工における適用事例

橋長181m、幅員10.8mの4径間連続箱桁橋で本システムを適用した。本橋は1径間毎の支保工施工であり、一度の撮影本数が多いため、基準点フレームには任意の位置に設置可能なTYPE-Aを使用し、鋼材全長を一括撮影した(写真-4)。また、第一施工区間の最初の鋼材撮影時に確認試験を行い、棚筋の配置間隔や本システムの適用性を確認している。

##### 4.2 張出し施工における適用事例

現在施工中の橋長1100m、幅員10.8m~16.0mのPC箱桁橋で本システムを適用している。本橋は張出し架設であり、撮影時に移動作業車の部材が干渉するため、分割して撮影している(写真-5)。基準点フレームには、既知座標を与えるTYPE-Bを使用しており、基準点フレームの設置手間を省くために、既設コンクリート面から小口型枠まで橋軸方向に渡した角鋼管上に基準点を固定している。本事例では、図-7に示すとおり、鋼材全長に渡って自主管理値として設定した±4mm以内で管理することができている。

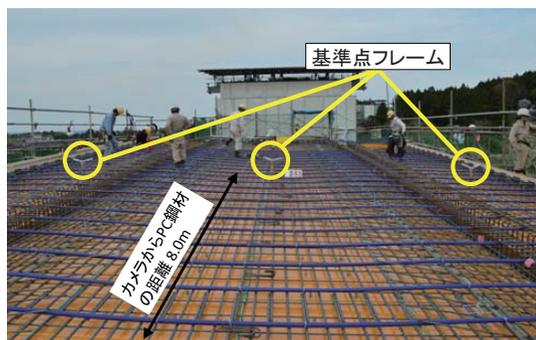


写真-4 計測写真の例 (支保工施工)



写真-5 計測写真の例 (張出し施工)

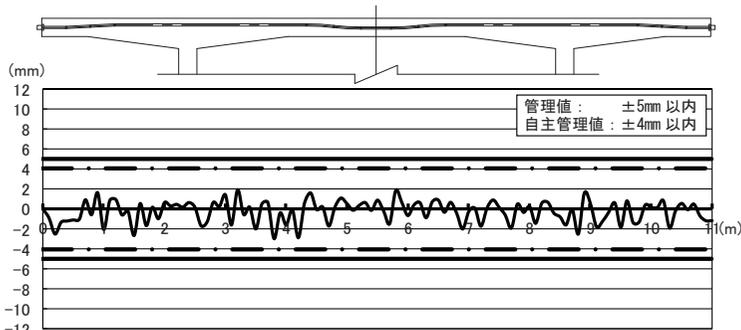


図-7 検測結果の例 (設計値との誤差)

#### 5. まとめ

本システムの試験施工と実現場への適用で得られた知見を以下に示す。

- ① 比較的安価なカメラ機材で精度の高い計測ができ、現場管理における省力化が可能となる。
- ② 標準的な幅員の床版横締めPC鋼材であれば、一括撮影であっても分割撮影であっても十分な計測精度を確保できる。
- ③ 照度の影響で計測誤差を生じやすいため、適切なカメラ設定で撮影する必要がある。

今後は、撮影時に比較的手間がかかる基準点フレームの設置方法の改良や、より広範囲を計測できる撮影方法などについて検討を行い、更なる現場管理の省力化を図りたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 近藤真一, 中村収志, 玉置一清, 佐田達典: 写真計測による打継強度評価システムの開発, プレストレストコンクリート, Vol. 54, No. 1, pp. 78-86, 2012