

デジタルカメラと画像処理技術を活用した土木構造物の変位計測システムの研究

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○大野 雄史  
 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 加藤 信二郎  
 (株)中部 EEN 衣笠 貢司

1. はじめに

鉄道構造物に近接して掘削を伴うような工事を施工する場合、列車の安全運行、旅客輸送の重要性から鉄道構造物の変位をリアルタイムで計測管理し、高い精度で構造物の変位を正確に捉えることが求められる。

計測手法には、例えば表 1-1 で示すような手法が用いられている。条件に応じて適宜計測手法を選択することになるが、高い精度を確保しつつ経済的に計測出来ることが求められる。

本研究では、市販のデジタルカメラと画像処理技術を活用した高精度かつ経済的な構造物の変位計測システムについて検討を行った。

2. 本計測システムの概要

計測対象物までの距離が離れている場合、デジタルカメラで撮影した画像だけでは対象物の変位を高い精度で把握することは難しい。

そこで本研究では、計測対象物に取り付けるマーカーの仕様を工夫し、撮影画像に画像処理技術を組み合わせることで構造物の変位を高い精度で計測可能とした。

本計測システムの全体構成を図 2-1 に示し、図 2-2 に計測原理の概要を示す。マーカーは中心が最も明るく(輝度が高く)なるように特殊に加工したものを採用した。基準マーカーを不動点となる位置に設置し、監視を行うべき構造物の測定箇所測定マーカーを設置する。なお、基準マーカー、測定マーカー共に同様のマーカーを用いた。

計測原理は、①デジタルカメラで基準マーカーと測定マーカーを撮影し、②撮影画像からマーカー部分を切り出し、輝度分布を画像処理ソフトにより求め、③マーカーの中心位置(輝度の重心位置)を計算により求める。最後に、基準マーカーに対して測定マーカーがどれだけ動いたかで構造物の変位を把握するシステムである。

今回デジタルカメラとマーカーは以下に示す仕様のものを用いてシステム構築を行った。

- ・デジタルカメラ:ニコン D800E(有効画素数 3600 万画素,CMOS センサー)
- ・マーカー:全長 250mm×最大径 116mm, 重量 3.6kg(LED 発行体部含む)

表 1-1 主な計測手法一覧

名称	ラインゲージ	電子レベル	水盛式沈下計	三次元光波測定器
計測方法	施工影響範囲両外側の2点間に基準ラインを設置し、施工影響範囲内に設置したセンサーにより構造物変位を計測する。	施工影響範囲外に電子レベルまたはスタッフによる基準点を設置し、施工影響範囲内に設置した電子レベルまたはスタッフにより構造物変位を計測する。	施工影響範囲外に基準点(水槽)を設置し、施工影響範囲内に設置した水管連結採取機器により構造物変位を計測する。	施工影響範囲外にトータルステーション及び基準点3点を設置し、施工影響範囲内に設置したミラーの採取により構造物変位を計測する。
精度(鉛直)	◎	○	○	△
施工性	△	○	△	◎

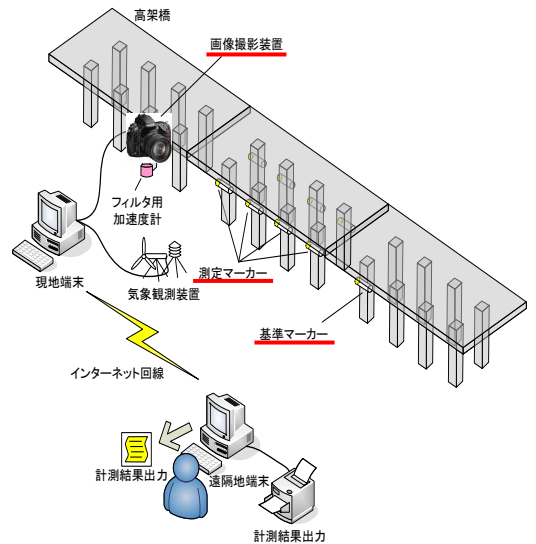


図 2-1 システム全体イメージ

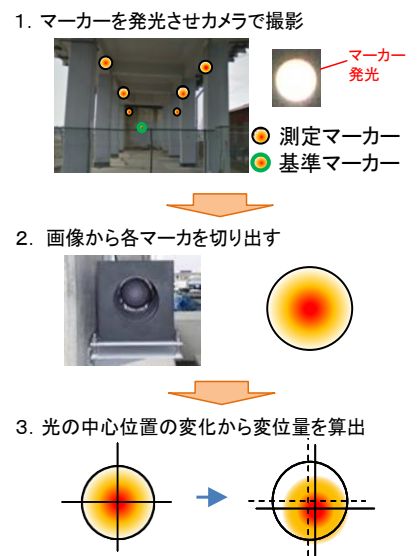


図 2-2 計測原理概要

キーワード 変位計測, デジタルカメラ, 画像処理, 輝度, 近接工事, 構造物

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部 技術開発部 TEL 0568-47-5370

### 3. 室内での精度確認試験

本システムの基本精度を確認するために試験的に室内で実施した試験結果について報告する。試験は図 3-1 に示すようにデジタルカメラ(図 3-2 参照)から一定距離離れた位置に設置した基準, 測定マーカー(図 3-3 参照)を設置し, 基準マーカーに対して測定マーカーがどれだけ動いたかで変位を計測した。測定マーカーは鉛直方向, 水平方向に対して XY ステージを用いて強制変位を与えた。

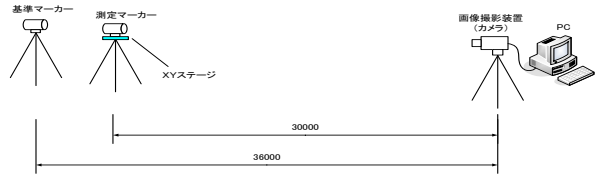


図 3-1 室内試験の概要



図 3-2 カメラ

図 3-3 マーカー

試験結果を図 3-4 に示す。紙面の都合上鉛直方向に着目する。計測値が今回構築したシステムで得られた値で, 設定値が XY ステージの強制変位値である。図 3-4 より両者はほぼ一致しており高い精度が確保できていることが確認できた。

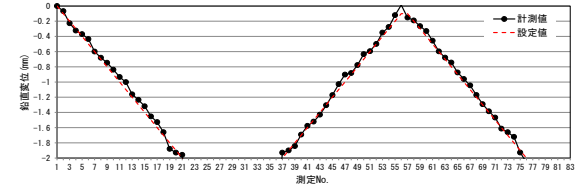


図 3-4 鉛直方向の試験結果

### 4. 営業線での精度確認試験

次に本システムの実用性を確認するために試験的に営業線橋梁に設置した結果について報告する。

#### (1) 試験内容

営業線試験は図 4-1 に示すように橋梁下をアンダーパス工事が実施されており, 橋脚の変位を監視している箇所に対して設置した。こちらの現場に試験的に設置して日変動や距離の影響等を確認することを目的とした。

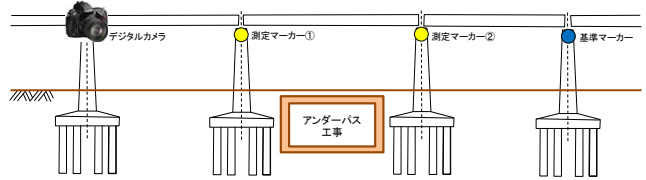


図 4-1 営業線試験の概要

具体的には図 4-2 に示すように橋脚のはね出し部に線路方向に設置し, 図 4-3 に示すように取り付けた。試験は昼夜連続とし, 8月21日~9月16日の27日間実施した。



図 4-2 設置状況写真



図 4-3 取付位置状況写真

#### (2) 試験結果

図 4-4, 4-5 にそれぞれ 27 日間の測定マーカー①, ②の鉛直変位を示す。

測定マーカー①, ②ともに試験中は連続して計測できており, 温度変化の影響も少なく安定性が確認できた。また, 測定マーカー①は室内試験程度の良好な結果が得られ, 現場で設置されている変位計測手法と値の比較を行った結果, 精度が高いことが確認できた。測定マーカー②は, 問題となる値ではないが少し値のぶれが目立つ結果となり, 測定距離が影響していると考えられる。

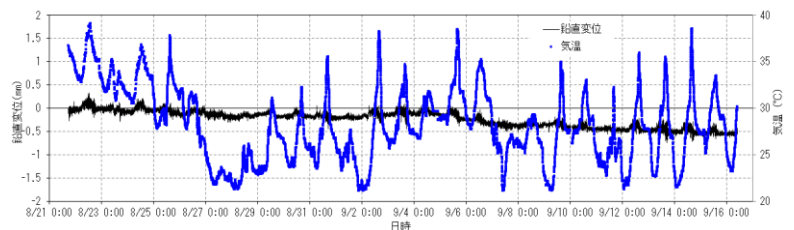


図 4-4 測定マーカー①試験結果(鉛直変位)

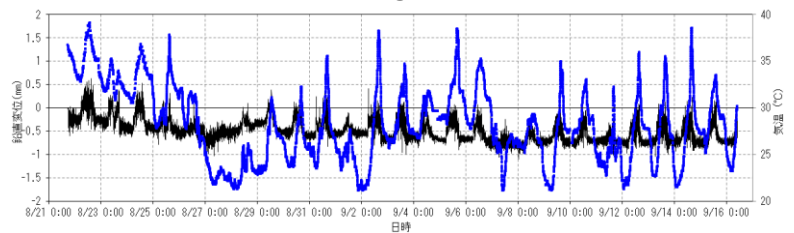


図 4-5 測定マーカー②試験結果(鉛直変位)

### 5. まとめと今後

本研究では, デジタルカメラと画像処理技術を活用して土木構造物の変位を計測するシステムの構築を行い, 精度確認試験を行った。その結果, 精度は概ね良好であることが確認できた。

今後は, 今回確認できた距離の問題, 他計測手法との精度比較, 高架下以外の日射の影響を受ける可能性がある箇所への適用性など引き続き検討していき, 改良していく予定である。