

## デジタルカメラ撮影による線状構造物を対象とした変位計測技術

鹿島建設(株) 正会員 ○白井健泰 石原泰幸 辻 良祐 永谷英基 佐々木智大  
坂田電機(株) 非会員 遠目塚良一 谷口優介

### 1. はじめに

都市部におけるシールドトンネル工事では、工事の影響で近接構造物に変位を生じさせる可能性があることから、近接する構造物の変位をリアルタイムに計測し、変位が発生した場合には速やかに対策を講じる必要がある。しかし、構造物が共同溝のような長手方向に延びる線状構造物の場合、測量といった従来の計測手法では計測に時間を要するため、リアルタイムでの管理が困難である。そこで、線状構造物を対象にデジタルカメラを用いた鉛直ならびに水平変位を高精度に計測できる新技術を考案した。今回、計測装置を試作し、計測精度と繰り返し精度(再現性)を確認するために、線状構造物内へのガイド管設置状況を模擬した計測実験を実施したので、その結果を報告する。

### 2. 技術概要

#### (1) 計測装置

本技術は、**図-1**に示す胴体の先端部にデジタルカメラを装着した「カメラ装置」(外径 $\phi 65\text{mm}$ ×長さ $L830\text{mm}$ )と、**図-2**に示す同一断面内の上下左右に反射板ターゲット4点を取り付けた「ガイド管」(正方形 $\square 100\text{mm}$ ×長さ $L1000\text{mm}$ )から構成される。また、カメラ装置の中心とガイド管の中心が一致するように、カメラ装置には車輪型のスペーサを装備し、ガイド管の隅角部をレールガイドとして走行可能である。

#### (2) 計測方法

**図-3**に計測方法のイメージを示す。連結させたガイド管内にカメラ装置を挿入し、 $1\text{m}$ ごとに管内の反射ターゲットをデジタルカメラで撮影する(**図-4**)。変位算出の手順は以下のとおりである。まず、1回の撮影で映る3つの断面のターゲットを使用して変位を算出する。各断面4つのターゲットのうち、同じ位置(上下左右の何れか)にあるターゲットを使用し、1断面目、2断面目のターゲットを通る直線を引く。3断面目のターゲットと上記の直線の距離を測定することにより、1断面目からみた3断面目の区間変位量を計測する。この区間変位量を計測始点から順に積分することで終端での変位量を算出する。これにより、左右のターゲットでガイド管の水平方向、上下のターゲットでガイド管の鉛直方向をそれぞれ計測することができる。



図-1 カメラ装置

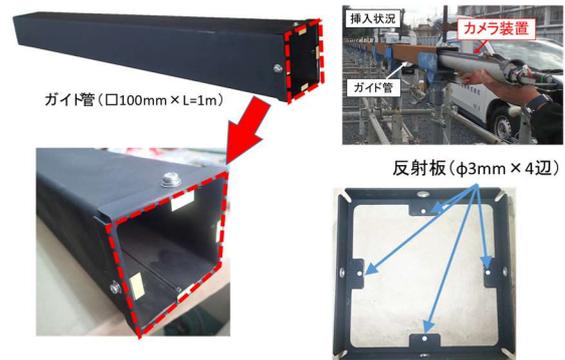


図-2 ガイド管

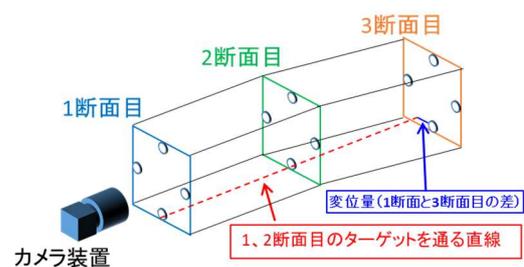


図-3 計測方法のイメージ

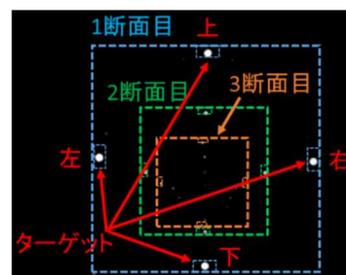


図-4 撮影した画像

キーワード：変位計測 画像解析 線状構造物

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6481

### 3. 模擬実験

#### (1) 概要

線状構造物内へのガイド管を設置した模擬実験を行い、本技術の計測手法としての適用性を評価した。模擬実験は図-5に示すように、コンクリート壁で囲まれた通路で実施した。ガイド管は通路内に設置し、ガイド管とコンクリート壁との隙間に突っ張り棒を使用して固定した。ガイド管は24本使用(延長24m、全24断面)し、水平曲率Rが1/200(1/m)になるようガイド管の位置を調整した。トータルステーションを用いた測量(以下、測量と称す)を行ってガイド管の位置を確認した後、カメラ計測を4回行って結果を比較した。

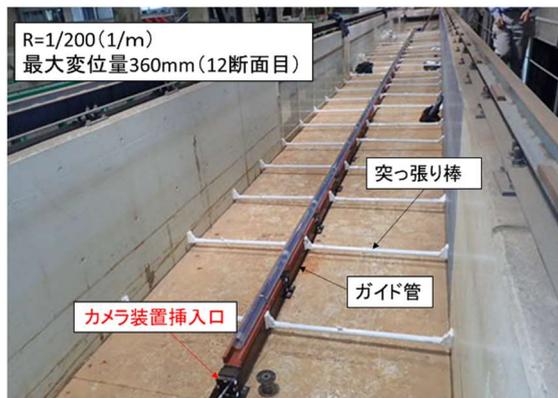


図-5 実験状況

#### (2) 実験結果

全24断面中、1、2断面目の座標を既知(測量結果と同値とした)とし、24断面目におけるカメラ計測と測量結果を比較した。表-1に水平および鉛直方向のカメラ計測結果と測量結果との差は水平方向で最大4.8mm、鉛直方向で最大2.0mmであり、24mの延長に対して、水平方向で1/5000(=4.8mm/24m)以内、鉛直方向で1/12000(=2.0mm/24m)以内となった。

また、再現性を確認するために、図-6、7に水平方向および鉛直方向におけるカメラ計測の初回と各計測回の計測差を示す。初回との差は水平方向で0.4mm(-0.2~0.2mm)で、鉛直方向では0.7mm(-0.4~0.3mm)であった。従って、計測の再現性は24mの延長に対して、水平方向で1/15000(=0.4mm/24m)以内、鉛直方向で1/34285(=0.7mm/24m)以内であり、実用上では問題がないと言える。

#### 4. おわりに

模擬実験を行った結果、デジタルカメラ撮影によって、変位を測定できること、さらに計測の再現性を有することを確認した。今後は、計測精度の更なる向上を目指し、ガイド管の仕様(ターゲット間隔、ガイド管の形状等)について検討する予定である。また、現段階ではカメラの走行や解析は手動で行っていることから、計測時間の短縮を図るべく、計測から解析までの完全自動化を目指して、開発を進めていくことを考えている。

表-1 トータルステーションによる測量との比較

ケース名	24断面目での誤差量 (mm) (   計測結果 - 測量結果   )	
	水平方向	鉛直方向
1回目	4.8	1.7
2回目	4.6	2.0
3回目	4.8	1.7
4回目	4.7	1.7

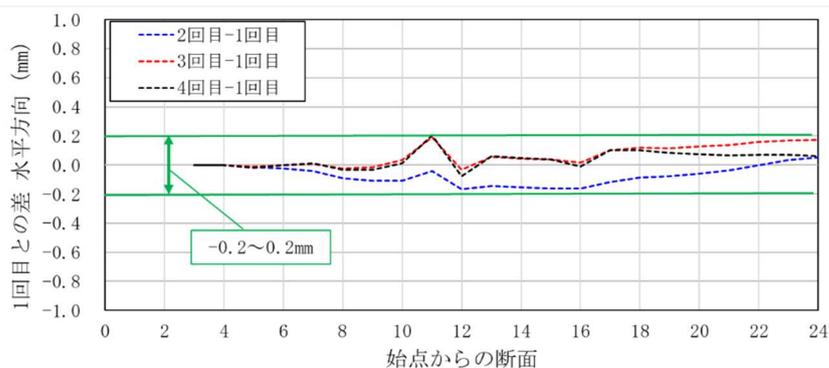


図-6 初回計測と各回計測との差(水平方向)

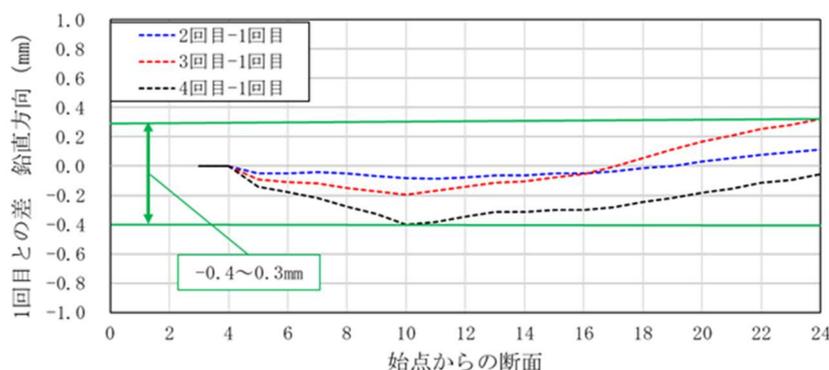


図-7 初回計測と各回計測との差(鉛直方向)