

3次元線形を有するシールドの測量技術の開発

鹿島建設(株) 正会員 ○山下善幸 中島拓巳 永谷英基 白井健泰 非会員 串田慎二
坂田電機(株) 非会員 遠目塚良一 谷口優介

1. はじめに

近年、シールド工法の技術革新が進み、3次元線形を有する急曲線シールドや360度宙返りする円周シールドなどの工事計画が増加している。筆者らは、通常の測量作業が困難な線形を管理するため、ターゲットを内蔵したガイド管をセグメントと一体で敷設し、ターゲットの相互位置をカメラ撮影して、これを画像解析することで高精度に線形測量する技術を開発している。これまで水平方向での線形測量を対象に検証実験を行い、高い測量精度が得られることを確認している¹⁾(図-1)。今回、鉛直方向に急曲線でガイド管を設置した場合の線形測量について、精度や現場実装に向けた運用方法の検証実験を行ったので報告する。



図-1 水平方向での実験の様子

2. 実験装置

(1) カメラユニット (図-2)

カメラユニットは、カメラ、フレームおよびタイヤで構成され、全長300mmとして1本のガイド管に全長が収まる構成とした。カメラは、タイヤの向きに対して45度回転させた状態でフレームに取り付けた。

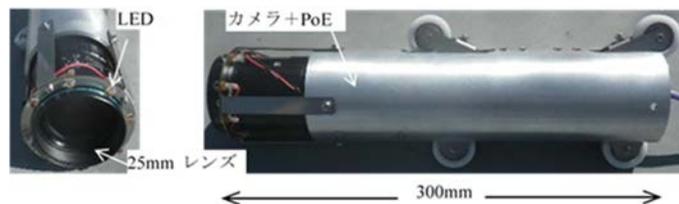


図-2 カメラユニット

(2) ガイド管 (図-3, 4)

ガイド管(VP100)のジョイント部にはターゲットを設置した。また、内部にカメラ用のガイドレールを取り付けた。

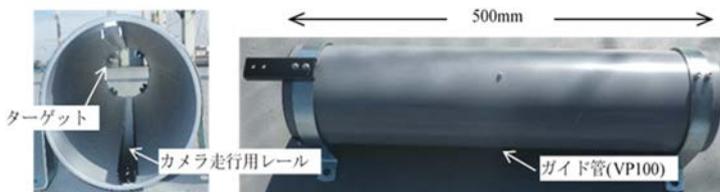


図-3 ガイド管

(3) モックアップ実験設備 (図-5)

R=20mの急曲線を模擬するため、高さ約13mの足場を組み、足場側面に長さ500mmのガイド管23本(線形延長約11.5m)を取り付けてモックアップを構築した。なお、本測量は始端から2断面のターゲット位置が既知であることを前提として、以降のターゲット位置を特定する技術である。このため、1本目のガイド管にカメラユニットがある場合、撮影されるのは2本目以降のターゲットであることから、始端のガイド管3本を鉛直配置として、2本目ならびに3本目のガイド管のターゲット位置を既知とした。R=20mの急曲線は4本目以降のガイド管で再現した。

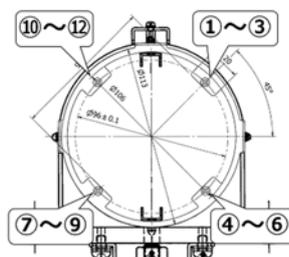


図-4 ターゲット

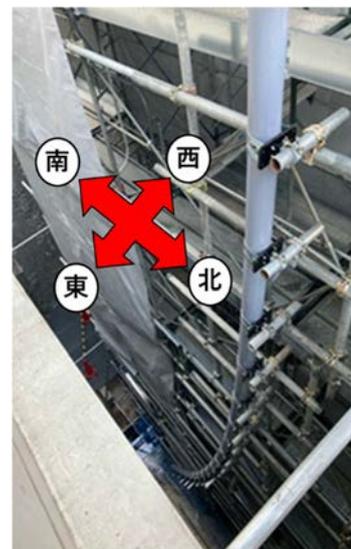


図-5 ガイド管モックアップ

キーワード 線形測量, カメラ画像解析, 円周シールド

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

(4) 実験ケース

測量精度の確認を目的とし、以下の5ケースを実施した。それぞれのケースで3回繰り返し撮影した。

- ①ガイド管の始端からカメラを0.5mずつ降下させながら管内のターゲットを静止画撮影する。
- ②ガイド管の終端からカメラを0.5mずつ引き上げながら管内のターゲットを静止画撮影する。
- ③ガイド管の始端からカメラを0.5m/sの速度で降下させながらガイド管内のターゲットを動画撮影する。
- ④ガイド管の終端を東方向に5mm移動させて、①と同様の撮影を行う。
- ⑤ガイド管の終端を東方向にさらに5mm（合計10mm）移動させて、①と同様の撮影を行う。

3. 実験結果

図-6には、①の3回の測量結果と、①～③のそれぞれ3回の測量結果平均を示す。図は、横軸が始端を1、終端を23としたターゲット番号（500mmピッチ）で、縦軸は南北方向または東西方向の位置の測定結果を示している。まず、①の3回の終端ターゲット測量結果の再現性については、南北方向、東西方向ともにばらつきは±1mmに収まることを確認した。また、①と②の終端ターゲット測量結果平均値の差は1mm、①と③の終端ターゲット測量結果平均値の差は8mmとなった。以上のことから、カメラは始端、終端のどちらから投入しても測量精度には影響がないこと、ならびに動画撮影になるとわずかに測量精度は落ちるが、実用上は問題ない程度の誤差であり、動画撮影による線形測量も十分可能なことを確認した。図-7には、①、④、⑤のそれぞれ3回の測量結果平均値を示す。なお、図はターゲット番号20～23までを示す。移動をしなかった南北方向では、3ケースの終端ターゲット測量結果のばらつきは±1mmとなった。移動させた東西方向の終端ターゲット測量座標は、④の5mm移動時は①に比べて東に3mm、⑤の10mm移動時は①に比べて東に8mmとなり、概ね実際の移動距離と一致することを確認した。以上の結果から、本技術は急曲線構造物に対しても、十分な測量精度があると判断できる。

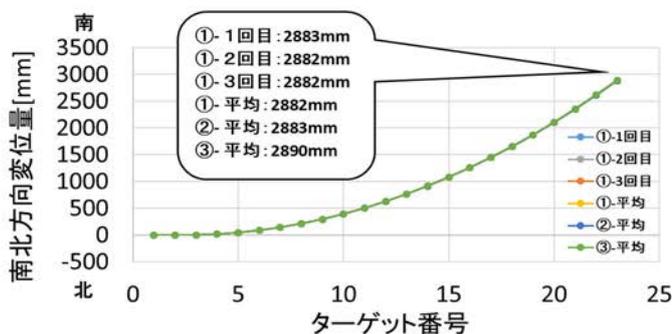


図-6 実験ケース①、②、③の結果

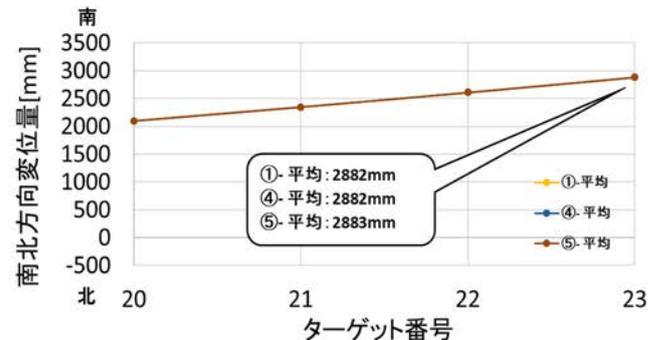


図-7 実験ケース①、④、⑤の結果

4. おわりに

カメラ画像による高精度な線形測量技術を確立することができた。今後は、ガイド管内をカメラが高速で自走する技術を組み込むことで、複雑な3次元急曲線の線形を有するシールド工事において自動かつ高速、高精度に線形情報を取得し、掘進管理にフィードバックする新しい施工管理技術を開発する予定である。

参考文献

- 1) 白井ほか：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，第75回土木学会年次学術講演会，VI，2020。