

### 3 次元計測による鋼管矢板の出来形管理の検証

|         |     |        |
|---------|-----|--------|
| 東急建設(株) | 正会員 | ○太田 啓介 |
| 東急建設(株) | 正会員 | 池田 直広  |
| 東急建設(株) | 正会員 | 田野井 淳一 |

#### 1. 概要

鋼管矢板の出来形計測では、鋼管頂部に設置された鉄蓋における、杭芯の設計法線からのずれにより管理が行われている。しかし、中空の鋼管頂部での計測のためには、落下防止のための安全設備、鋼管上を歩行するための仮設通路などの設置が必要となる。また、鋼管頂部は打設時の鋼管パイラーによる反力で楕円状につぶれることがあるため、打設後に設置する鉄蓋の設置精度により鋼管杭芯位置の計測結果が左右されてしまう可能性がある。

近年では、生産性向上のために、建設工事における ICT 活用が推進されており、i-Construction の実施に伴い土工事等では 3 次元測量による出来形計測及び評価が標準化されてきている<sup>1)</sup>。

そこで、鋼管矢板の出来形計測を迅速かつ安全に行い、また、計測精度向上のために、3 次元レーザースキャナーによる出来形計測、および評価の可否について検証した。その結果、鋼管表面の 3 次元計測データから鋼管矢板の杭芯位置の算出、出来形の評価を行うことができた。また、3 次元計測を行うことで鋼管出来形計測の迅速化、および計測作業時の安全性を向上することを確認できた。

#### 2. 実施内容

東京都に位置する夢の島公園の沿岸部における護岸防護のために、管径φ1200 の鋼管矢板 127 本を 180m に渡り施工した（写真-1）。

鋼管矢板の出来形は、鋼管の杭芯での位置管理を行っており、従来、鋼管頂部に設置した鉄蓋上において中心位置のマーキング、TS 等を用いた計測により確認が行われている。従来の計測方法では、鉄蓋の設置精度により影響を受け、また、鋼管パイラーによる圧入時に鋼管頂部の変形が生じることで正確な位置計測が困難となる可能性があった。そこで、3 次元レーザースキャナーによる鋼管矢板の出来形確認の可否について検証を行った。



(a) 鋼管矢板設置前



(b) 鋼管矢板設置後

写真-1 鋼管矢板施工の全景

キーワード 3 次元レーザースキャナー測量, 点群, 鋼管矢板, 出来形管理, 安全性向上, 作業効率化

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設株式会社 土木事業本部事業統括部 TEL 03-5466-5054

表-1 3次元レーザースキャナーの器械性能

|      | FARO 製<br>Focus3D X130 HDR | Topcon 製 GLS2000 |
|------|----------------------------|------------------|
| 測定範囲 | 0.6m－130m                  | 350m             |
| 測定速度 | 976,000 点/秒（最大）            | 120,000 点/秒      |
| 距離精度 | 2.0mm (0.6～25m 時)          | 3.5mm (1～90m 時)  |
| 垂直視野 | 300deg                     | 270deg           |
| 水平視野 | 360deg                     | 360deg           |

### 3. 計測方法

鋼管矢板より陸側に約 6m の位置に 3 次元レーザースキャナーを設置し、鋼管の表面を計測した（写真-2）。機器の設置間隔は、計測対象である鋼管に対するレーザーの入射角が過少とならないように約 25m ピッチとし、計 8 回に分けて計測を行った（図-1）。また、鋼管矢板の河川側からの計測は困難であるため、陸側からのみ計測を実施した。そのため、計測データは鋼管矢板の陸側片面の鋼管外側の形状である。

本計測では、計測効率の比較のために、3 次元レーザースキャナー「FARO 製 Focus3D X130 HDR」、および「Topcon 製 GLS2000」の 2 機種による計測を行った。両機種の計測精度を表-1 に示す。計測方法としては、Focus3D の場合、計測線上の起点および終点位置において現場基準点の座標計測を行い、その間の計測データは球状のターゲットを使用して結合を行った。一方、GLS2000 による計測は、器械設置毎に後方交会法により現場基準点より器械位置の座標を計測することで、各データの結合を行った（図-2）。

また、本現場では、3 次元レーザースキャナーによる計測に加え、従来方法での計測も行っている。



写真-2 3次元レーザースキャナー計測状況

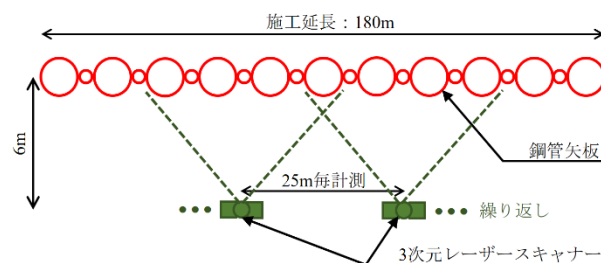
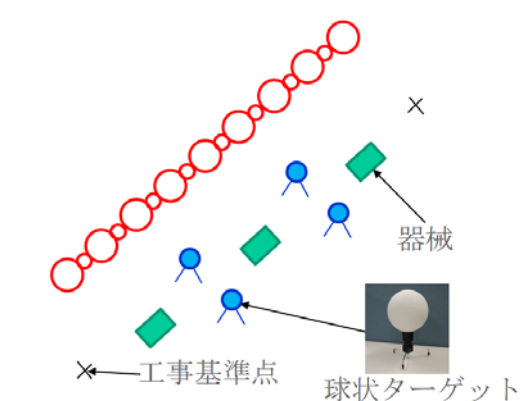
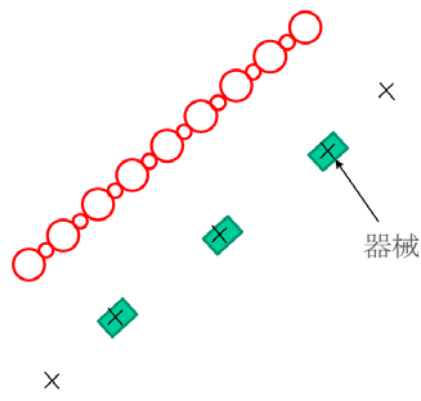


図-1 3次元レーザースキャナーによる計測手順



(a) Focus3D X130 HDR による計測方法



(b) GLS2000 による計測方法

図-2 測量方法

#### 4. データ整理方法

3次元レーザースキャナーにより計測した鋼管矢板出来形の点群を図-3に示す。

鋼管の杭芯位置は、計測した点群データから鋼管の断面を抽出し、抽出した断面から推定を行った。ここで、鋼管頂部は圧入の際に変形が生じている可能性があるため、計測できた範囲でなるべく下方の箇所として、鋼管頂部から0.7m位置における断面を抽出し、鋼管杭芯位置の算出を行った（図-4）。

次に、抽出した鋼管断面の点群データから、鋼管モデルを推定する。しかし、計測した点群データには、様々なノイズが含まれており、鋼管形状を推定するためのパラメータを決定することは困難である。そこで、本検証では、外れ値の影響を除去するため、RANSAC法<sup>2)</sup>により点群から鋼管モデルの推定を行った。以下に鋼管モデルの推定手順を示す（図-5）。

- ① 点群から、ランダムに2点を抽出する。
- ② 抽出した2点を通る円形のモデルを作成する。
- ③ 作成したモデルから各点群までの誤差の総和を計算する。
- ④ 全ての組み合わせの2点について①～③を行う。
- ⑤ 誤差の総和が最も小さくなる円形のモデルを真の鋼管モデルとして決定する。

その後、鋼管モデルの杭芯位置から鋼管矢板出来形を算出し、設計値との比較を行うことで、鋼管矢板の出来形の評価を行った（図-6）。

#### 5. 測定結果の評価・考察

鋼管矢板の出来形計測において、従来の方法では計測準備から杭芯の計測まで約2週間程度を要すが、3次元レーザースキャナーによる計測では現地計測で約2時間であり、現地での作業時間の短縮を図ることができた。3次元レーザースキャナーによる出来形計測では、点群計測後、計測点群データの処理や出来形の算出には半日程度の時間を要するが、そのほとんどがPCでの処理時間であるため、点群データを扱う体制を整えることで、人手による作業時間は大きく短縮できると考えられる。

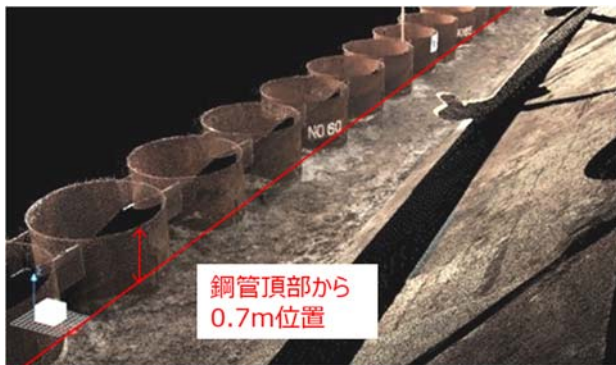


図-3 鋼管矢板出来形の点群データ

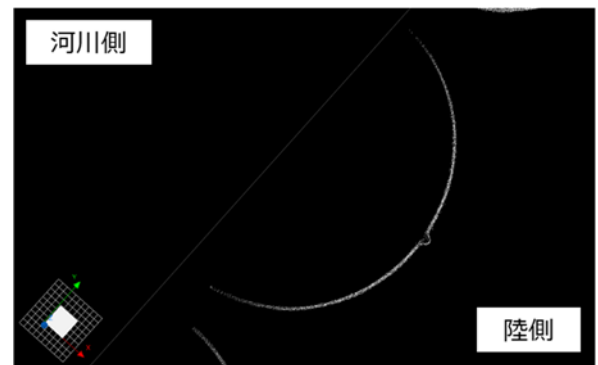
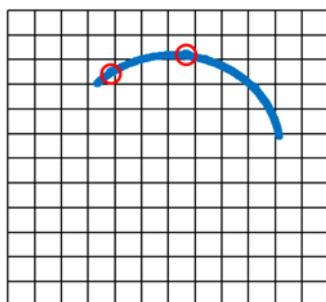
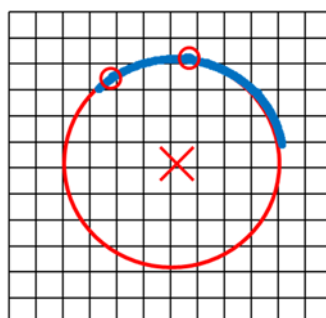


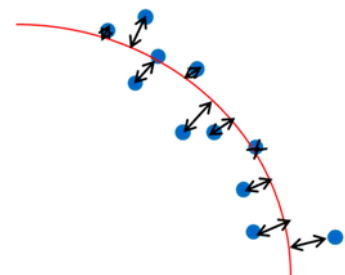
図-4 鋼管の抽出断面（鋼管頂部から 0.7m 位置）



(a) 点群をランダムに選定



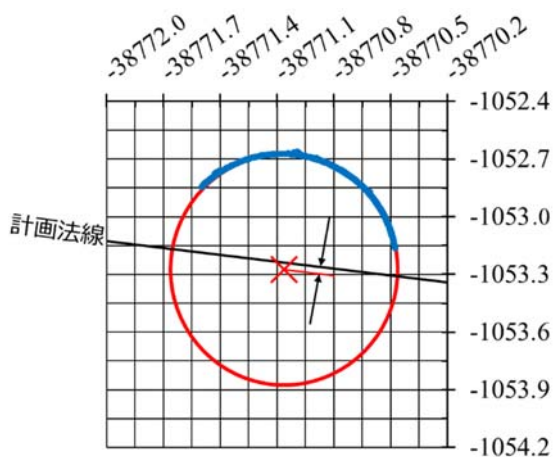
(b) 鋼管モデルを作成



円モデルと点群との誤差の総和

(c) 鋼管モデルの評価

図-5 点群データから鋼管モデルの推定手順



(a) 点群計測による出来形の評価



(b) 出来形の実測状況

図-6 鋼管矢板出来形の点群データ

算出した鋼管矢板の杭芯位置は鋼管矢板出来形の規格値 10cm 以内に収まっていることが確認できた。また、従来方法による実測で計測した鋼管杭芯の離れの多くは 5mm 以内に収まっており、両データ間に大きな差異はみられなかった。

本検証では、計測効率の比較のため 2 機種 of 3 次元レーザースキャナーによる計測を行っているが、計測時間は両者とも約 2 時間であり、両者で有意な差はみられなかった。計測では、器械の設置や実測の時間が支配的であり、両者とも計測回数は 8 回であったため、同じような計測時間となった。また、計測結果に関しては、それぞれの計測点群から算出した出来形結果の差は、計測点群が比較的少なくなっていた箇所では最大で 5mm 以上の差が生じている箇所もあったが、その他の箇所は 4mm 以内の差に収まっていた。計測点群密度が十分であれば、両者での計測精度は、十分に器械の計測精度以内に収まると考えられる。

## 6. まとめ

本検証では、3 次元計測を活用した鋼管矢板の出来形計測、および評価を行った。本検証から得られた知見を以下に示す。

- ① 鋼管矢板の変形している部分でない箇所の高さのデータを抽出することにより、3 次元計測による鋼管矢板の出来形を正確に評価することが可能である。
- ② 3 次元計測を活用することで、従来方法に比べて短時間に鋼管矢板の出来形計測を行うことができ、また計測作業時の安全性を向上させることが可能である。

## 7. 謝辞

本取組は、東京都東部公園緑地事務所によるご指導、および（株）小林コンサルタント、（株）トプコンソキアポジショニングジャパンの皆様のご協力により実施致すことができました。この場を借りて御礼申し上げます。

## 8. 参考文献

- 1) 国土交通省：レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編），平成 28 年 3 月
- 2) R.Raguram, O.Chum, M.Pollefeys, J.Matas, and J.Frahm, "Usac: A universal framework for random sample consensus", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence(PAMI), 2013