

3-2-2 DX を用いた大深度人孔の現況調査事例について

中部下水道事務所 お客様サービス課 木村 聡志

1. はじめに

千代田区紀尾井町の清水谷公園内には、南元町幹線と半蔵濠幹線が合流する第二溜池幹線の最上流人孔（以下「清水谷人孔」という。）がある。清水谷人孔は、平成 13 年に完成した内径 14m、深さ約 50m（最大フロア高約 20m）の大型な特殊人孔であり（図 1）、供用開始から 20 年が経過し、経年劣化やひび割れによる漏水が生じているため、補修工事実施に向けた現況調査が急務となっていた。しかし、フロア高が高いことから、一般的な目視調査では、大規模な仮設足場の設置が必要であり、工期やコストの面が課題となった。そのため、従来の目視調査に代え、ドローン等の DX を活用した調査を実施したので、本稿にて報告する。

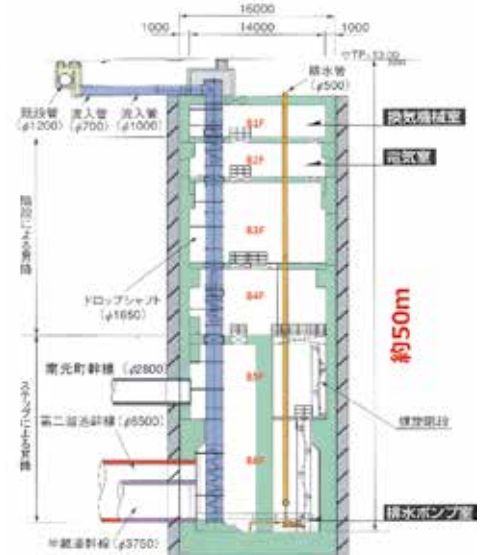


図 1 清水谷人孔断面図

2. ドローンを活用した調査について

2.1 ドローンの選定について

ドローンの機種は、閉鎖空間である人孔内環境で操作でき、補修工事の設計に必要なひび割れ等の情報を取得するために以下の条件を設定し選定した（図 2）。

- ① Φ600 mm の入孔口から施設内へ安全に持ち込むことができるサイズ、重量であること
- ② 暗所でも躯体状況の撮影が可能な照明とひび割れ幅 1 mm 以上を確認できるカメラを搭載できること
- ③ GPS を使用せずに調査が可能な機体であること
- ④ 施設の損傷を防止するため、プロペラの周囲をガードできる仕様の機体であること

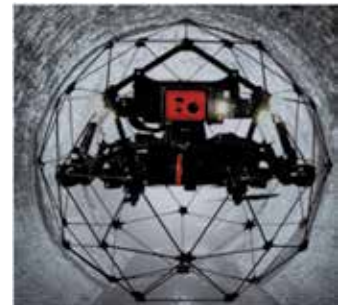


図 2 ドローン

2.2 調査の実施

ドローンによる構造物の調査では、GPS を搭載し撮影位置の座標値を記録し、画像から平面図を作成することが一般的である。しかし、清水谷人孔の地下 3～6 階は閉鎖空間であることから GPS 電波が届かず、以下①、②に記載した撮影・解析方法により画像を展開画像として接合し、ひび割れの位置、長さ、幅等を検出した。

1) 撮影方法

- i 躯体から 2 mm/画素以下となる距離を飛行させながら動画を撮影
- ii カメラ位置を躯体と正対できる方向に操作
- iii 撮影は上下・左右方向に 60% 以上重なるように動画を撮影
- iv 撮影方向は、上下方向に撮影しながら移動し、1 列の撮影が終了した後、横方向へ移動していき全面を撮影

2) 解析方法

撮影を行った画像を展開画像にするため、SfM (Structure from Motion) ソフトウェアを使用し、接合画像 (3次元モデル) の作成を行った。SfM ソフトウェアでは損傷の検出が出来ないため、作成した3次元モデルから解析用の2次元画像を出力し、ひび割れの位置、長さや幅を自動抽出することができる損傷抽出ソフトウェアにより、損傷を検出した。

2.3 調査結果

本調査は、地下3~6階を対象に実施した結果、現場作業を3日間で完了した (図3)。同様の調査を目視で行った場合には、15日程度かかることから、大幅に現場作業時間を短縮することができた。さらにドローンを活用した調査でも幅0.2mm以上、長さ0.05m以上の比較的軽微なひび割れや、漏水や遊離石灰を伴うひび割れなども判定できることを確認した。



図3 ドローン調査状況

2.4 調査結果の検証

ドローン調査の精度を確認するため、高さ2m程度まで躯体の目視調査を併せて行い、調査結果を比較したところ、精度はほぼ同等で十分に活用できることが確認できた (表1)。

なお、ドローンを用いた調査では幅0.18mmのひび割れが未検出であり、ひび割れ長さについてもドローン調査の方がやや短く検出された。これは、画像処理上の制約によるもので、ひび割れの検出限界が0.2mm以上であることが理由である。各階のひび割れ状況については、本調査により詳細な情報を収集することができた。

表1 比較表

	損傷種別	ドローン		目視	
		幅 (mm)	長さ (m)	幅 (mm)	長さ (m)
B3F	ひび割れ	0.2	1,733	0.2	1,200
B4F	ひび割れ	未検出	未検出	0.18	1,500
B6F	ひび割れ	0.22	579	0.4	1,200

(要求精度: ひび割れ幅1mm以上)

3. 3D レーザースキャナーを活用した調査について

3.1 調査手法の検討

清水谷人孔は当初計画では暫定施設であったが、計画変更により長期に活用する施設となった。このため、当該施設の現在の劣化状況を把握するとともに、今後の変化を予測するための形状寸法等の基礎情報を把握する必要がある。近年、処理場やポンプ所などにおいて、設備機器や配管関連の現況図作成に3Dレーザースキャナー (以下「3DLS」という。) を活用する事例があることから、当該施設でも3DLSにより基礎情報収集の適用可能性について検証した。以下の条件を満たす機器を選定した (図4)。



図4 3DLS

- ① Φ600mmの入孔口から施設内へ安全に持ち込むことができるサイズ・重量であること
- ② 最大測定距離が25m以上であること
- ③ 各フロア全体を調査できるレーザーの視野を有すること
- ④ 収集データに色情報の付与が可能であること

3.2 調査の実施

管廊部を含めた全フロアを対象に、3DLS による三次元計測を行い現在の躯体基礎情報である点群データを取得した。

1) 調査方法

支障物の裏などを含めて各フロアの全体を調査するため、同一フロアの複数箇所に 3DLS を設置しスキャンニングした。

2) 解析方法

調査を行ったデータを、フロアごとに点群化した。得られた点群データから、比高を表すための等高線処理を行い面ごとの凹凸を確認した。

3.3 調査結果

本調査は、現場作業を 2 日間で完了した。得られた点群データに色調を加えることで、壁面の浮きや剥離等を視覚的に確認できた。3DLS から遠い部分を青色に、近い部分を緑に着色したところ、壁面の中央あたりにまばらに浮きが発生していることを確認した(図 5)。このように地下 4 階以深において、300 mm×300 mm 程度の大きさの浮きや剥離箇所が点在していることを視覚的に確認できた。

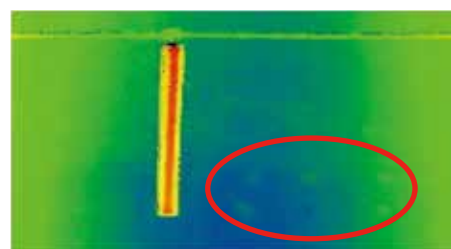


図 5 色調補正した点群データ

3.4 調査結果の検証

人孔内の全体を調査するため、3DLS を人孔内の 85 箇所に設置し調査を行った。地下 1 階では図 6 の丸で囲まれた箇所に設置した。調査結果として、管廊～地下 4 階までは精度よく情報収集できたが、地下 5～6 階は 3DLS を安定して設置できる箇所が少なく、フロア高が高いことから、点群密度が少ないものとなった。

以上より、劣化経過把握のための基礎情報(初期値)を一定程度収集することができた。さらに点群データを定期的に収集することで、経年による躯体の変状を把握することができるため、今後は継続して調査を実施する予定である。

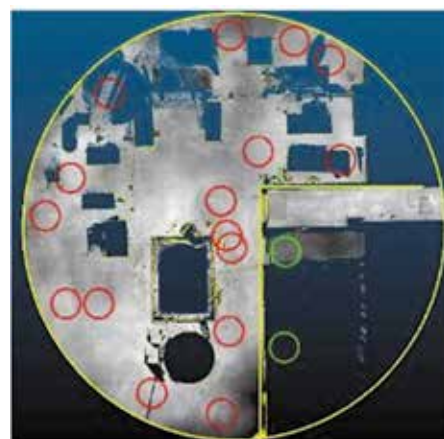


図 6 地下 1 階での測定点

4. おわりに

大型特殊人孔などの大空間において、ドローンを活用する調査法を適用することにより、現場作業時間とコストを縮減するとともに、安全に高所作業もなく目的とする精度で調査することができた。また、3DLS による調査では、形状寸法を計測するだけでなく、劣化状況を視覚的に確認することができた。このように 2 種類の DX 手法を組合せて用いることで、短期間に構造物の形状や変状の確認、把握ができることがわかった。

今回得られた知見を活かし、目視調査が困難な人孔や施設について劣化状況の把握を進め、引続き下水道施設の適切な維持管理に努めていく。