

球体ドローンを活用した集水井内の点検・診断の効率化

株式会社 三栄コンサルタント 正会員 ○畠山 直樹 見付 友範
株式会社 ROBOZ 石田 宏樹

1. はじめに（従来点検の課題）

1.1 集水井とは

集水井とは、図-1 に示すとおり地すべり防止工法の抑制工に分類され、地すべり地内において縦穴を構築後、縦穴内から集水ボーリングを実施し、すべり面付近の地下水を排除することにより、地すべりを鈍化、停止させる工法である。

1.2 集水井の構造概要

今回調査の対象とした集水井の構造を以下に示す。集水井内径 2.5m、深さ 14.0m、構造は、プレキャストの井筒コンクリートで構築されている。

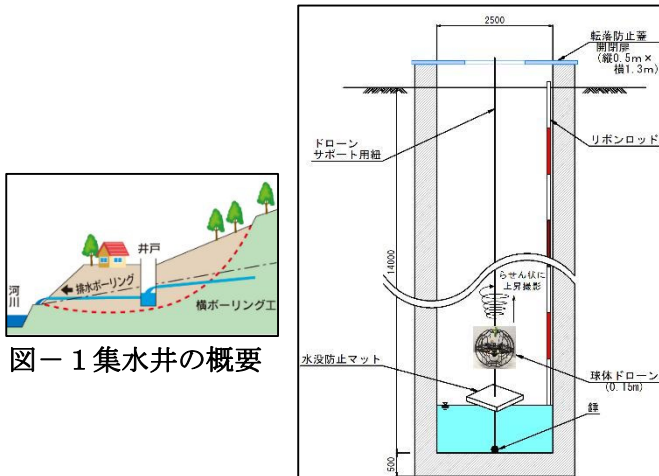


図-2 集水井の構造

1.3 従来点検の課題

集水井内の点検は、以下のとおり課題があった。

- 課題①タラップからの不安定な目視点検
- 課題②排水が降り注ぐ悪条件下での作業
- 課題③安全対策費用・人員の増加

上記課題を解決するために、「地表からの効率的な集水井内点検手法共同研究報告書、R1.6」^{※1}において、全方位カメラや、360°カメラによる点検手法の検討が行われている。しかし、安全性は向上しているものの、計測の準備等に時間を要するため、迅速な点検については解決されていない。以上より、安全な点検環境を確保しつつ「迅速な点検」を行える手法の開発が必要であった。

2. 調査目的・手法

2.1 調査目的

前述の課題を踏まえ、安全を確保した上で、迅速な点検を行うことを目的として、球体ドローンによる写真撮影を試行した。

2.2 球体ドローンの概要

試行した集水井の内径は 2.5m(蓋の開口は 1.25m)と小さく、さらに、底部からのポンプ用の排水パイプ、タラップ等が設置されている。この狭隘環境のなかでドローンを安全に飛行させることは困難であるため、図-3 のとおりドローンを球体の格子でガードし、接触しても飛行可能なように改造した(15cm 球体)。一方、ドローン操縦者は、通常は地上から集水井内を目視しながら操縦を行うことになるが、この場合、ドローンの高さ位置を把握できない懸念があった。このため、FPV (FirstPersonView: 一人称視点)により操縦を行うこととした。球体ドローンと FPV の概要を図-3、表-1 に整理した。

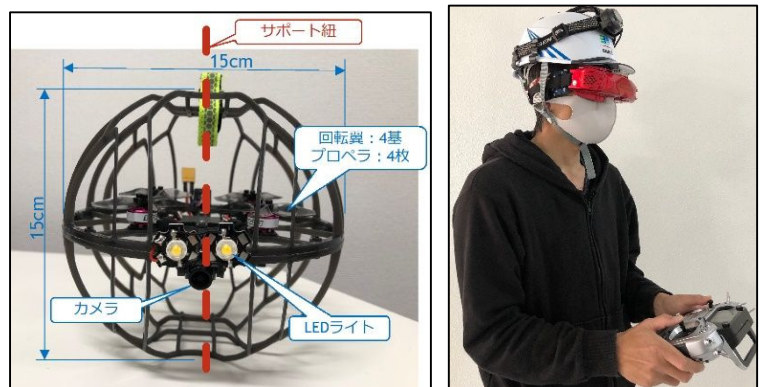


図-3 球体ドローン、FPV の概要

表-1 球体ドローン、FPV の諸元一覧

機器	項目	仕様
球体ドローン	大きさ・重さ	直径 15cm、99g
	動画カメラ	FULLHD 画質、30FPS
	LED 照明	300 lm
FPV	伝送周波数	5.8Ghz 帯
	映像伝送距離	100 程度
	ゴーグル	2 眼式

キーワード：球体ドローン、集水井、FPV、点検、地下水排除施設、維持管理

3. 現地試行（作業手順）

撮影時の作業手順を以下のフローに整理した。球体ドローンは、一度水面付近まで降下させた後、らせん状に上昇させながら動画撮影を行った。撮影した動画は、静止画に変換し、集水井内部壁面の展開図を作成した。現地で撮影に要した時間は、準備を含めでも15分程度であった。

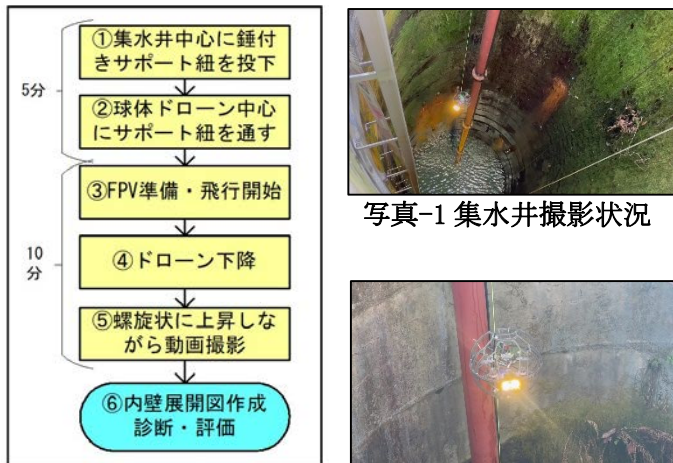


図-4 作業手順



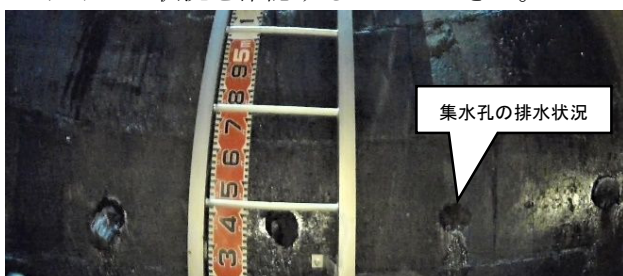
写真-1 集水井撮影状況



写真-2 ドローン状況

4. 試行結果（展開図）

取得した展開写真を以下に示した。集水管の排水とスライムの状況を確認することができた。



集水孔の排水状況



スライムの付着

写真-3、4 内壁展開図

4. 評価・考察

作成した展開図より、点検項目である劣化・変状の視認結果を表-2に整理した。最も重要な集水管の閉塞状況、漏水の発生状況、内壁の大きな変状（ズレ）は確認可能であった。一方、ひび割れや劣化部の計測については、内壁の汚れや集水管から排水により、確認することは困難であった。

表-2 点検項目評価結果

対象	点検項目	評価
内壁コンクリート	漏水	◎漏水箇所の特定は可
	ひび割れ	△ひびわれのみは不可 ○漏水有りは可
	たわみ等の変状	○大きな段差・ズレは可
集水管	破損	◎破損は可
	スライム付着	◎付着程度は可
	閉塞状況	○概ね可
劣化・変状の規模・寸法		△不可

凡例：◎視認可能、○部分的に可能、△不可能

5. まとめ

5.1 従来点検との比較

今回試行した球体ドローンによる点検結果と、従来の目視点検を比較した結果を表-3に示した。球体ドローンは迅速かつ安全な点検が可能である。

表-3 点検手法の比較

	従来：目視点検	球体ドローン点検
作業時間	△約120min 準備→安全対策 →目視点検	◎15min 準備→ドローン操縦
安全性	△ 暗所、狭小、排水が降り注ぐ環境下の点検	◎ 安全な場所でドローンを操縦
点検精度	○ 寸法等の計測が可能(ただし危険)	△ 寸法は、リボンロッドを基準として概略把握
備考	注意事項：FPVによる操縦は、免許取得(3級陸上無線)、無線局の免許状、訓練が必要である。	

5.2 活用手法の提案

今回現地試行を行った岐阜県では、県管理の集水井が62箇所あり、これらの効率的な点検・維持管理手法が求められている。今回の球体ドローンによる点検試行より、「迅速かつ安全に点検」が行えることがわかったため、以下のとおり一次調査としては十分に活用できるものと考えている。

① 次調査：球体ドローン点検

↓ 顕著な劣化・変状や進行性の
↓ 変状がある場合

② 詳細調査：目視点検

6. 今後の展開（改良等）

今回の試行を行った結果、以下の課題が確認されたため、今後は、これらの改良を行い、更なる点検の効率化を目指していきたい。

課題①：深部での明るさ・照度不足
→コンパクトや帯状のLEDを設置

課題②：ズレなどの変状を計測できない
→動画から静止画に変換しSfM解析を実施
→iphone13pro等のモバイルレーザーでの試行

※1 「地表からの効率的な集水井内点検手法共同研究報告書」、令和元年6月、国立研究開発法人土木研究所等