

地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な健全度評価に関する研究(2)

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27～平 30

担当チーム：雪崩・地すべり研究センター

研究担当者：秋山一弥、金澤 瑛

【要旨】

地すべり等防止法施行（昭和 33 年 3 月 31 日）から 60 年が経過し、地すべり対策施設の老朽化が進んでいる。地下水排除工の一つである集水井の点検においては、井戸内の有毒ガスの充満や酸素欠乏、昇降施設（タラップ）の腐食・劣化による落下事故などの危険が伴う。そこで、人が集水井内に入ることなく遠隔（地表）から安全かつ効率的に集水井の点検を可能とする機器として、集水井内観察カメラを開発した。開発した集水井内観察カメラを使用することで、集水井内の概況を簡単に把握することが可能となった。

キーワード：地すべり、集水井、集水井内観察カメラ

1. はじめに

地すべり等防止法施行（昭和 33 年 3 月 31 日）から 60 年が経過し、地すべり対策施設全般に老朽化が進んでいる。地すべり対策施設のうち地下水排除施設は、地すべりの主たる誘因である地下水を速やかに地すべり地外に排出することを目的に設置されるが、地下水排除施設の 30%程度に機能低下を示す異常が確認されている²⁾。地下水排除施設の一つである集水井では、井筒の破損、変形、腐食、湛水や集水管・排水管の閉塞、天蓋や柵の変形、破損、腐食などの異常が確認されている。集水井の異常を放置すると地下水排除が適切に行われず、地すべりの安定度低下が懸念される。

このため、異常を早期に発見して対処する目的で集水井の点検が実施されるが、有毒ガスの充満や酸素欠乏、管理施設であるタラップや踊り場の腐食・劣化による落下などの危険性がある。また、各地に多くの集水井が設置されていることから、点検の実施には多くの時間と労力を要するという課題がある。このため、安全かつ効率的な集水井内部の点検手法が求められており、点検業務を受注するコンサルタント事業者において各種の検討が進められている²⁾³⁾。

本研究では、集水井内部の点検において安全かつ効率的に点検できる手法の実用化に向けて、集水井内観察カメラを開発して、井戸内部の点検手法を考案した。

2. 集水井内部の遠隔点検手法

2. 1 集水井内部の遠隔点検手法の概要

集水井の点検を安全に行うためには、点検者が集水井内に立ち入ることなく、集水井の外から井戸の内部

を点検することが望ましいことから、井戸内部を遠隔点検できる集水井内観察カメラを考案した。集水井内観察カメラを用いた点検手法のイメージは図-1 のとおりで、カメラは大きく分けて撮影部と昇降機から構成されている。撮影部には周囲 360 度全方位を一度に撮影可能な 360 度カメラを備えており、撮影部を昇降機からリボンロッドで吊り下げて手で上下させることで、集水井の内部全体を一度に撮影しながら点検できる手法とした。なお、撮影部を吊り下げた際に撮影部の重みにより振り子運動や回転運動が生じて撮影の支障となることから、これらの運動を抑制する手法についても検討を行った。

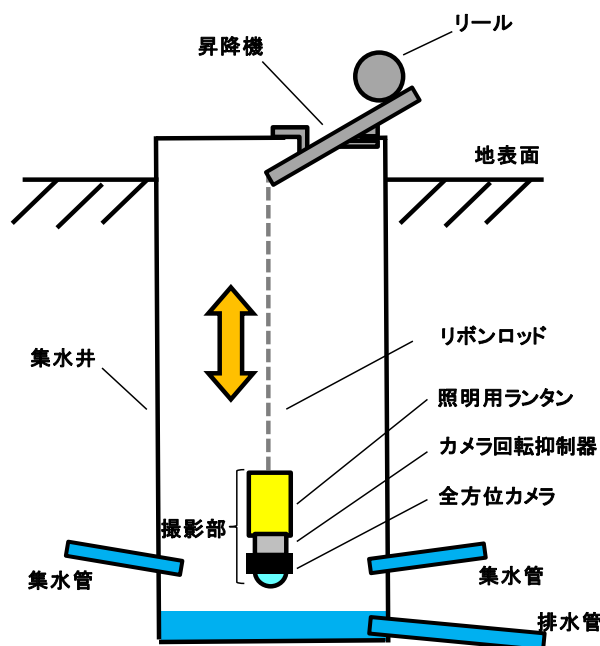


図-1 集水井内観察カメラのイメージ

2. 2 撮影部の概要

集水井内観察カメラの撮影部は図-2 のとおりで、防水ケースに収納した全方位（360 度）カメラ、照明用ランタン、カメラの回転運動を抑制するカメラ回転抑制器から構成されている。カメラは 4K 画質の 360 度アクションカメラ（Kodak 社製 PIXPRO SP360 4K）を用い、照明用ランタンは光量 1000 ルーメンの LED キャンプ用ランタンを用いた。全方位カメラは Wi-Fi 通信機能を搭載しており、図-3 のとおりタブレット端末を使用することで撮影した映像をリアルタイムで確認することが可能である。

なお、撮影部にはフライホイール（円盤）とジンバル軸（回転台）を組み合わせた回転抑制器が装着されている（図-2）。回転抑制器は 2 台の小型 DC モーター（単三乾電池 3 本で駆動）でフライホイールを高速回転させ、物体が自転運動して姿勢を乱されにくくなる現象（ジャイロ効果）を發揮させることでカメラの水平方向の回転を抑制する。カメラ回転抑制器の機構は図-4 のとおりで、高速回転するフライホイールの回転軸端点 A に x 軸正方向に F の力が加わると（左図）、端点 A に y 軸正方向に F' の力が作用する形で回転軸自体が O を中心に y 軸正方向に回転する（中図）。この現象がジャイロ効果で、ジンバル軸により y 軸方向には自由に回転できることから、y 軸方向の回転によってさらに x 軸負方向に F'' の力が生じる（右図）。 F と F'' は同じ大きさで互いに逆向きで、x 軸方向の回転を相殺する関係にあることから、水平方向（x 軸方向）の回転が抑制される仕組みである。

2. 3 昇降機の概要

昇降機の全体は図-5 のとおりで、架台とリールから構成されている。架台は集水井の出入り口から井筒中心に向けて挿入し、前後2点の固定部で集水井の出入り口の枠に固定する構造である。リールにはリボンロッド（長さ50m、幅60mm）が巻かれており、伸ばしたりボンロッドの先端に撮影部を取り付ける。リボンロッドは、幅が広くねじれ難いことから回転運動が生

じにくく、幅方向に振り子運動が生じにくい特徴があることから、回転運動と振り子運動を抑制するために採用した。集水井の点検時は、リールに取り付けた昇降ハンドルを手動で回転してリボンロッドの長さを調

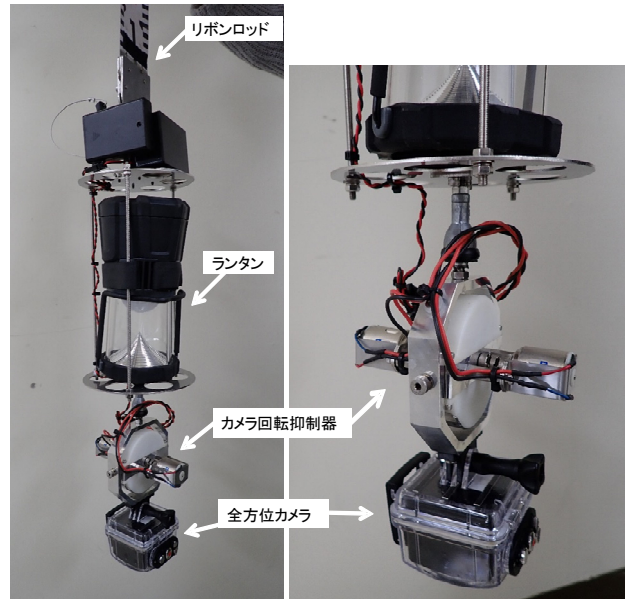


図-2 撮影部（右図：カメラ回転抑制器拡大）



図-3 撮影部による集水井内部のリアルタイム確認状況

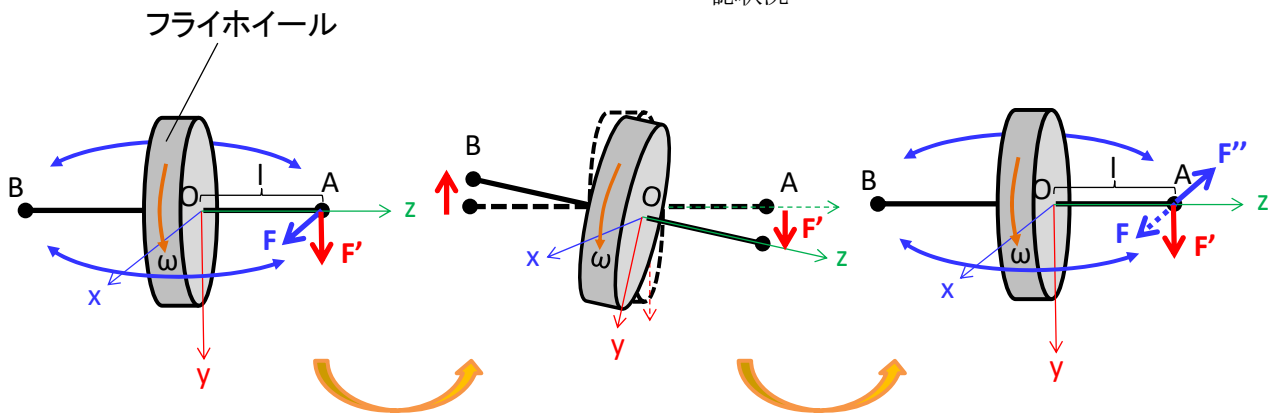


図-4 カメラ回転抑制器の機構

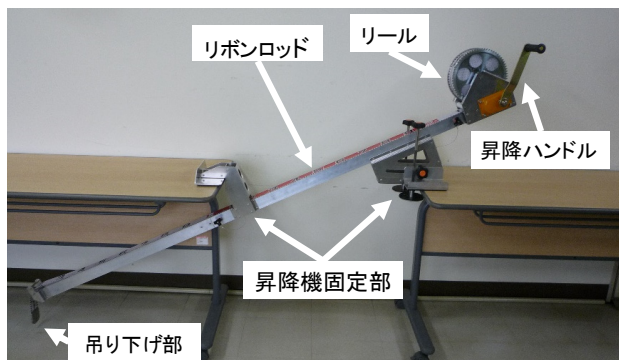


図-5 昇降機

節して撮影部を上下させる。なお、地すべり地での運搬の容易性を考慮して、昇降機の大部分をアルミ製とすることで軽量化を図った。

3. 集水井内観察カメラの現地試験

3. 1 現地試験の方法

猿供養寺地すべり（新潟県上越市）の集水井1基、茶臼山地すべり（長野県長野市）の集水井2基（コンクリート製）および譲原地すべり（群馬県藤岡市）の集水井5基（ライナープレート製）を対象として、集水井内観察カメラの現地試験を実施した。

昇降機を固定する集水井出入り口の形状は施設によって様々であるが、現地試験で集水井内観察カメラを集水井に設置した状況は図-6と図-7のとおりで、いずれの集水井も適切に設置して固定することが可能であった。集水井内の撮影は、まず集水井の出入り口から挿入して吊り下げられた撮影部が静止したことを確認して、その後に昇降ハンドルをゆっくりと回転させながら撮影部を降下させる方法で実施した。



図-6 昇降機の固定状況

3. 2 コンクリート製集水井の試験結果

猿供養寺地すべりのコンクリート製集水井について、



図-7 撮影部の吊り下ろし状況

て、集水井内観察カメラで取得した映像から作成した展開写真の一例を図-8に示す。壁面のコンクリートの状況や集水管の状況、タラップの踊り場の状況などが確認できる。このように、全方位カメラは動画の撮影機能を有していることから、撮影部を吊り下げて集水井の上端から下端まで一連の映像として取得することが可能で、撮影後に任意の位置の画像を切り取ることも可能である。

コンクリート製の集水井の点検を行う際に着目する項目について、猿供養寺地すべりと茶臼山地すべりで撮影した画像の一例を次に示す。コンクリートの壁材の状況は図-9のとおりで、現地試験では壁材の顕著な破損や変形は確認できなかったが、大きなひび割れ等があれば撮影した写真で確認が可能と考えられる。

集水管の閉塞状況は図-10のとおりで、管の出口が褐色の鉄細菌生成物によって閉塞していることが確認できる。集水井点検の基礎資料となっている砂防関係施設点検要領（案）⁴では、集水管閉塞の状況について管孔口の閉塞物の高さを3段階に分けて評価することとしており、撮影した画像からおおよその評価が可能であることが確認された。

排水管が閉塞して集水井内が湛水している状況は図-11のとおりで、湛水した水が濁っているため水面下にある排水管自体を撮影することは困難であるが、湛水している状況が確認できれば排水管の閉塞が推測されることから、点検の目的として十分に役割を果たしていると考えられる。

タラップの状況は図-12のとおりで、画像からはタラップの重大な損傷や腐朽は認められなかった。ただし、タラップの安全性は壁面とタラップの取り付け部の状態や部材の腐朽の程度などが重要で、機器で撮影した画像では判別できなかった。



図-8 コンクリート製集水井の360度展開写真



図-9 壁材の状況



図-11 湛水の状況（排水管の閉塞）



図-10 集水管の閉塞の状況



図-12 タラップの状況

3. 3 ライナープレート製集水井の試験結果

譲原地すべりのライナープレート製集水井について、集水井内観察カメラで取得した映像から作成した展開写真の一例を図-13に示す。コンクリート製集水井と同様に、壁面のライナープレートの状況や集水管の状況、タラップの状況などが写真で確認できる。

ライナープレート製の集水井の点検を行う際に着目する項目について、譲原地すべりで撮影した画像の一例を次に示す。

ライナープレートの壁材の状況は図-14のとおりで、壁材は錆による強度低下が問題となるが、発錆の状況が確認できた。写真から発錆のおおよその位置と大きさは判別可能であるが、錆による腐朽によって強度低下がどの程度生じているかは判断できなかった。

バーティカルスティフナー（鉛直の支持鋼材）の状況は図-15のとおりで、ライナープレートの壁材同様、発錆のおおよその位置や大きさは判別可能であるが、錆による腐朽によって強度低下がどの程度まで生じているかは判断できなかった。



図-13 ライナープレート製集水井の 360 度展開写真

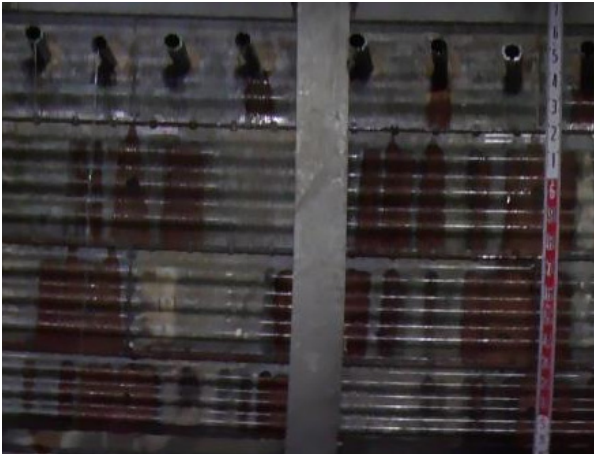


図-14 壁材の状況

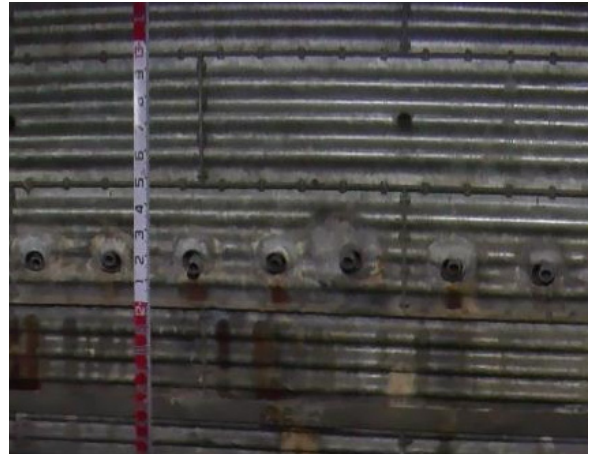


図-16 集水管の状況



図-15 パーティカルスティフナーの状況



図-17 タラップの状況

集水管の閉塞状況は図-16のとおりで、集水管の閉塞は確認されなかったが、仮に集水管孔口が閉塞していた場合は、コンクリート製の集水井(図-10)と同様に、閉塞状況の評価が可能であると考えられる。

タラップの状況は図-17のとおりで、コンクリート製の集水井(図-12)と同様に、画像からはタラップの重大な損傷や腐朽は認められなかったものの、前述のとおりタラップの安全性は撮影した画像だけで判別することは困難である。

3. 3 現地試験で判明した課題

地すべり地の3箇所で行った集水井内観察カメラの現地試験から、以下の課題が考えられる。

1) 展開写真の画像にゆがみが生じる

本機器で搭載したカメラで作成した展開写真を詳細に見ると、周辺部に画像のゆがみが生じている。これは、全天で撮影した画像を引き伸ばしたために生じる現象である。カメラの仕様上からゆがみを取り除くことは困難で、本機器では集水井内の異常箇所のゆがみ

や正確な長さ計測などを行うことは難しいと判断された。

2) 画質が荒く詳細点検には適さない

本機器で搭載したカメラの仕様上から画像を拡大して異常箇所の正確な長さ計測などを行う場合は、画質の粗さが問題となることから、集水井内の定期点検程度の利用が望ましい。

3) 撮影部の振り子運動が制御できない

本機器で搭載したカメラ回転抑制器は、撮影部の回転運動を抑制する効果はあるものの、撮影部自体の振り子運動を制御することは不可能である。従って、撮影部を吊り下して集水井内部を撮影する際は、振り子運動で画像の乱れが生じないように、撮影部をゆっくりと安定させながら吊り下す必要がある。

4. おわりに

本研究では、遠隔（地表）から安全かつ効率的に集水井内の点検を可能とする機器として、集水井内観察カメラを開発して、現地試験を行った。本機器を用いた場合、集水井内の360度の展開写真が作成でき、壁材や集水管、トラップの状況などを概略で確認して、集水井の安全かつ効率的な点検が可能となった。ただし、展開写真の画像のゆがみや画質の粗さ、撮影部の振り子運動などに課題が残されている。従って、本機器の使用用途としては、集水井内で発生している異常箇所の長さ計測等が必要となるような詳細点検には適しておらず、集水井内の概略を点検する定期点検に使用することが理想的である。

参考文献

- 1) 野呂智之、丸山清輝、中村明、ハスバートル：「地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討—地表水・地下水排除施設—」、土木研究所資料第4201号、2011
- 2) 川俣英之、山部哲、川崎巧：「市販カメラによる集水井工内部の撮影事例」、地すべり学会誌、54巻、6号、pp.35～40、2017
- 3) 井藤嘉教、山邊康晴、齋藤真、浅野広樹、折谷佳城、丸井英明：「芋川地区地すべりにおける集水井内部点検カメラを用いた施設点検事例」、第55回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.159～160、2016
- 4) 国土交通省砂防部保全課：「砂防関係施設点検要領（案）」、2014

Research on efficient inspection method and evaluating quantitative soundness for maintenance of groundwater drainage works (2)

Research Period : FY2015-2018

Research Team : Erosion and Sediment Control
Research Group (Snow Avalanche
and Landslide Research Center)

Author : AKIYAMA Kazuya

KANAZAWA Akito

Abstract : More than 60 years have passed since the Landslide Prevention Act came into force, and landslide control facilities become older. At the time of the inspection of the water catchment well which is one of the groundwater drainage works, there are a lot of risks for poisonous gas, oxygen deficiency and falling accident due to the deteriorated ladder. Then we developed the remote inspection camera for water catchment wells as an instrument which allow us to inspect the water catchment well safely and effectively. It enables us to inspect the inside of the water catchment wells easily.

Key words : landslide, water catchment well, inspection camera