■市販カメラによる集水井工内部の撮影事例

Videography in drainage wells by camera on market

川俣英之* Hideyuki KAWAMATA／株式会社建設技術研究所 CTI Engineering Co., Ltd.

山部 哲 Satoru YAMABE／株式会社建設技術研究所 CTI Engineering Co., Ltd.

川崎 巧 Takumi KAWASAKI／株式会社建設技術研究所 CTI Engineering Co., Ltd.

キーワード：集水井工，全方位カメラ，撮影，施設点検

Key words：drainage well, omnidirectional camera, shoot a video, facility inspection

1. はじめに

平成25年11月に「インフラ長寿命化基本計画」がとりまとめられ，各省庁でインフラ長寿命化に向けた取り組みが行われている。平成26年に国土交通省から砂防関係施設長寿命化に関するガイドライン¹⁾や施設点検要領²⁾が示されたこと等により，現在地すべり防止施設の長寿命化に向け，施設の機能や状況を把握する施設点検が全国各地で実施されている。

地すべり防止施設の中で集水井の点検は，①高所作業，②暗所作業，③酸欠の恐れ，④湿潤で滑りやすい，⑤狭い作業空間，⑥タラップ腐食等による立入困難等，他の施設に比べ危険作業が多く，点検作業に当っては経験豊富な技術者や有資格者の配置が欠かせない。

このような集水井内作業の特殊性を考慮し，立入り無しで内部の状況を間接的に知る方法として，集水井内観察用カメラが考案されている³⁾。同カメラに関する既往の報告は，集水井内撮影のために特別に開発された機材・技術の紹介や，これを利用した施設点検の効率化・高度化に関する取組みの紹介に関するものが多い。

一方，本報告で検討した撮影技術は，①特殊な機材不要，②特別な技能・技術不要，③特殊な画像編集不要等，誰でも簡単に取り組める方法を目指したものである。簡易な方法でどこまで実用に耐え得るか，今後の活用可能性があるか，について撮影結果と共に報告する。

なお，本報告は，第55回日本地すべり学会研究発表会のポスター発表において紹介した事例に，研究対象の周辺状況，追加撮影事例等を加えてまとめたものである。

2. 集水井内観察用カメラの現状

第55回日本地すべり学会研究発表会では，集水井内観察用カメラに関する発表が，本件の他，井藤ら⁴⁾，齊藤ら⁵⁾，金澤ら⁶⁾の3件あった。その他，近年では第53回研究発表会において岩佐ら⁷⁾による発表がある。

これらの発表内容に共通する事項として，“歪みのない（少ない）展開画像をいかにして得るか”ということを目的にしている点が挙げられる。この理由として，①

図－1 集水井展開図の例

表－1 集水管閉塞物付着状況評価の例

変状レベル	集水管の閉塞状況
a 軽微な損傷	<ul style="list-style-type: none"> 閉塞物の付着なし 孔口に閉塞物が少量付着 集水された地下水等の排出が確認されている
b 損傷あるが機能・性能低下に至っていない	<ul style="list-style-type: none"> 大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以下） 集水された地下水等の排出が確認されている
c 機能・性能低下あり	<ul style="list-style-type: none"> 大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以上） 閉塞し地下水等の排出が止まっていると考えられる

（文献2）39頁より該当部分を抜粋）

施設点検結果は展開図に表示することが一般的なため（図－1参照），②集水管の閉塞状況を評価するためには管正面の画像が必要なため（表－1参照），③展開画像を定量的に評価したいため（例えば，岩佐ら⁷⁾の取組では，ライナープレート展開写真の腐食面積に応じた腐食等級区分を行っている），等が考えられる。

集水井内において歪みのない展開画像を得るためには，①集水井中心からカメラを吊り下ろして撮影する（ウィンチ，専用架台等），②カメラの水平を保持し旋回撮影する（雲台，制御装置等），③撮影後の画像処理による補正，等の工夫があり，ここに先に示した4事例（文献4）～7))それぞれの撮影技術，特徴，考え方が集約されている。

これらの撮影技術は既に実際の点検に用いられ始めて

* 連絡著者／corresponding author
〒300-2651 つくば市鬼ヶ窪1047-27
1047-27, Onigakubo, Tukuba, 300-2651, Japan

おり、施設変状レベルの評価が可能な技術レベルに達しているものもある。立入による点検は足場が限られるため、不可視部分が発生することを考えると、集水井内観察用カメラを用いた方が全体を把握しやすいケースもあり得る。したがって、集水井内観察用カメラは、施設点検実務の一手法として確立しつつある現状と言えよう。

3. 撮影条件の整理

集水井内を撮影する際のポイントとなる事項を以下に示す。

3.1 集水井天蓋の構造

天蓋の構造は、①エキスパンドメタル、②コルゲートシート、③コンクリート、の3種類が一般的であり、全国的には①の方法が多い。

表-2に示すように、エキスパンドメタル構造は撮影に適しており、コルゲートシートとコンクリートは撮影条件が悪く、良い映像を得るためにはより多くの工夫が必要になる。

エキスパンドメタルの網目を通してカメラを下降させる場合、一旦下降用ロープのみを網目に通し、内側から撮影機材とロープを接続する作業が発生する。したがって、この方法の場合、撮影者が蓋上に乗ること、撮影開始・終了時に補助者が集水井内に立入って接続作業を行うことが必要になる。

井藤ら⁴⁾が例示しているように、昇降口に専用架台を設置する方法を用いれば、蓋種類を問わず、集水井内立入や蓋上作業も伴わずに中心撮影が可能となる。

3.2 内部の明るさと照明器具

集水井内の明るさは鮮明な画像を得る上で最も重要な条件である。表-2に示すように、エキスパンドメタル天蓋以外では、照明器具の準備が必須である。エキスパンドメタルの場合も、撮影深度が深くなれば光は届きに

くくなり、照明は必要になる。撮影機材や立地、天候等の条件にもよるが、エキスパンドメタル天蓋集水井は、深度10m程度までであれば照明無しで撮影可能であると考えられる。

3.3 回転や振動の抑制

カメラを下降させながら撮影する際は、回転や振動の抑制が求められる。適切なロープ類の選定、下降方法の工夫が必要である。

3.4 防水

集水井内は集水管や壁面等から常時湧水があることが通常であり、撮影機材は防水が必須条件である。

4. 撮影に使用した資機材

4.1 カメラ

近年、魚眼レンズ等を利用し360度全方位を一度に動画撮影できるカメラ（全方位カメラ、全天球カメラ等と称される）が多数流通し、家電量販店等で簡単に入手できるようになった。全方位カメラは集水井のような円筒形構造物の内部を撮影するのに適すると考えた。使用したカメラは、①簡単操作、②スマートフォン等でその場で再生可能、③耐衝撃、防塵、防滴機能を有する等、集水井の撮影に適した機種である（図-2）。

4.2 アプリケーション

前節で紹介したカメラには無料の専用アプリケーション

Kodak 社製 SP360
撮影範囲；水平方向 360 度、垂直方向 214 度。バッテリー寿命；動画撮影時約 160 分。記録画素数；1440×1440:30fps。
耐衝撃、防塵、防滴機能を有する。

図-2 使用した全方位カメラの概要
(Kodak社パンフレットより)

図-3 撮影した映像の表示例
(Kodak社パンフレットより)

表-2 天蓋種類と特徴

蓋種類	光の通し易さ	集水井中心からのカメラ吊り下ろし
①エキスパンドメタル	通す (明るい)	網目を利用すれば容易に可能
②コルゲートシート	通さない (暗い)	困難 (中心に穴がない)
③コンクリート	通さない (暗い)	困難 (中心に穴がない)

左) エキスパンドメタル, 右) コルゲートシート
いずれもフラッシュなしで撮影したもの。

写真-1 天蓋構造と内部の明るさ

ンがあり, これをパソコンやスマートフォン等にインストールすれば, 撮影された映像を展開 (Panorama) 等の様々な表現で表示することができる (図-3 参照)。したがって, 撮影者は編集作業を行うことなく, 撮影したその場で展開映像を見ることができる。ただし, 映像の高度な編集機能は無いため, 図-1 に示すような撮影全深度を繋げて展開した画像は得られない。

なお, 同アプリケーションを用いれば, Wi-Fi通信を利用してカメラを遠隔操作することも可能であるが, 通信距離が20m以内 (カタログ値) とされていること, 金属が電波の障害になることから, 集水井の撮影では撮影開始後, すぐに電波が途絶える。したがって, 現状では, 内部で撮影中のカメラを外から遠隔操作することは困難である。

4.3 照明器具

光が全周に広がるため円筒形の内部を均等に照らせること, 防滴仕様であること, 重量・明るさ・サイズのバランスが良いこと等から, キャンプ用LEDランタン (GENTOS社製) を使用した。

4.4 カメラ吊り下ろし用ロープ類と下ろし方

ロープ類でカメラを吊ると撚りや巻き癖により回転が生じやすいが, 測量用の巻尺 (12mm幅エスロン巻尺) を利用すると回転は生じにくかった。撮影深度が把握できること, 狭い隙間に通しやすい等のメリットもあったため, 巻尺を標準的に利用することとした。

カメラの下降は, 撮影者 (筆者) が巻尺を直接掴んで, 指先の調節によって行った。下ろすスピードは何度か撮影を行った結果, 5~10cm/秒程度が保存される撮影ファイルの大きさや映像の見易さ等から適当であった。

なお, 使用する巻尺が汚れていると表面の粘り等でスムーズなカメラ下降が妨げられることから, 使用する巻尺は清浄なものが良い。

表-3 撮影に使用したLEDランタン

型番	明るさ	重量 (使用電池)
SOL-013C	530 ルーメン	830g (単1形×3本)
EX-000R	1,000 ルーメン	680g (専用充電電池)

図-4 使用した撮影用機材

撮影時は写真の状態を逆転し, ランタンのフックに巻尺を引っかけて使用する。

全重量; 1.1kg 程度
価格; 4.5 万円程度

4.5 カメラの保護

防水やレンズ保護のため, 使用カメラの付属品である水中撮影用防水ケースを用いた。これは耐水圧60mを有しており, 集水井内での使用に十分な防水性を得た。

5. 撮影結果

5.1 撮影対象施設

これまでに撮影した事例から表-4 に示す4例について紹介する。事例1~3は, 群馬県藤岡市の譲原地すべり防止区域内において集水井を撮影したもの, 事例4は, 山形県内某所の集水井を撮影したものである。

5.2 撮影状況

撮影時の状況を写真-2~3 に示す。

表-4 撮影施設及び条件の一覧

集水井	諸元	撮影状況
〈事例1〉 1-3	直径; 3.5m 深さ; 29m 天蓋; コルゲートシート 照明; 530ルーメン 撮影日; H27.12.18	2分割天蓋の隙間から吊下ろし撮影 (中心撮影) 作業時間 8分30秒 (2名作業)
〈事例2〉 C-9	直径; 3.5m 深さ; 12m 天蓋; コルゲートシート 照明; 530ルーメン 撮影日; H28.1.27	昇降口よりカメラを吊下ろし撮影 (偏心撮影) 作業時間 3分30秒 (2名作業)
〈事例3〉 C-9	直径; 3.5m 深さ; 12m 天蓋; コルゲートシート 照明; 530ルーメン 撮影日; H28.8.30	同上, 台風通過直後の排水量増大時に撮影 (偏心撮影) 作業時間 3分40秒 (1名作業)
〈事例4〉 1号	直径; 5.0m 深さ; 50m 天蓋; エキスパンント*メタル 照明; 1,000ルーメン 撮影日; H28.11.16	蓋網目から吊下ろし撮影 (中心撮影) 作業時間 14分 (2名作業)

表中の作業時間は, 撮影開始 (電源 ON) からカメラ回収までの時間を示す

写真-2 事例1の撮影状況

写真-3 事例4の撮影状況

撮影は集水井天蓋の中心(事例1,4), または, 昇降口(事例2,3)よりカメラを吊り下ろして行った。撮影スタートした状態のカメラを集水井内に吊り下げ, 揺れや回転が静止した後に, 一定速度でカメラを底部まで下ろした。底部への到達は巻尺の目盛によって把握した。

5.3 撮影結果(事例1)

最初に取り組んだ撮影事例である(図-5参照)。写真-2のように2分割天蓋の隙間に巻尺を通し, 中心で撮影を行った。深度が比較的深く, 使用照明器具の能力が低いことから, 底部に近づくほど映像は不鮮明になった。

底部付近にある集水管の孔口は, 映像不鮮明で閉塞物付着状況の判別はできない。カメラは完全な中心に位置していないため, 展開映像は波打った(横向きS字状)形状に歪んでいる。このため, 部材の変形状況は把握しにくい。一方, ライナープレート等の部材の腐食状況, 補強材やトラップ等の取付状況等, 内部の概況はほとんど把握できる。

5.4 撮影結果(事例2)

事例2及び3の結果を図-6に示す。

昇降口からカメラを下ろしているため, 映像は偏心している。これを展開すると, ①歪みがより大きくなる, ②集水管孔口の正面が確認できない箇所がある, ③照明が不均一に当たるため暗く不鮮明な箇所がある等の問題があった。一方, カメラに近い壁面や孔口は鮮明に撮影されており, 閉塞物付着状況の判別が可能なレベルで撮影ができた。

5.5 撮影結果(事例3)

台風通過直後の状況を把握する目的で, 事例2と同じ集水井を撮影した。撮影時間(日中), 1名で撮影, 排水量等の条件が事例2と異なっている。

上段の集水管から多量の地下水が排出されている状況が撮影できたが, 同位置を通過後, 排水が当たることによりカメラが高速回転し, 以深の撮影は困難となった。

5.6 撮影結果(事例4)

通常の集水井よりも大径($\phi 5\text{m}$), 撮影事例中最深(50m)等の特徴がある, 最新の事例である(図-7参照)。

天蓋がエキスパンドメタルであることに加え, 照明器具を強化したことから, 全深度に渡って鮮明な映像を得ることができた。底部付近の集水管は地下水排出状況や口元周辺の様子が事例1よりも鮮明に撮影されたが, 閉塞物付着状況の詳細を判別するレベルまでには至っていない。

6. まとめ

以上, 4事例の結果をまとめ, 事例4と同程度の条件(深さ50m程度以浅, 中心撮影, 1,000ルーメン程度の照明)で撮影した場合, 文献2)で定められている集水井の変状レベル判定基準の各項目について, 評価の可能性を整理した(表-5)。なお, 排水管は, 今回事例では, 一

表-5 撮影結果と健全度評価変状レベルの対応

変状レベル	本体		集水管			(排水管)	
	腐食劣化	損傷変形	腐食劣化	損傷変形	閉塞物付着	腐食劣化	損傷変形
a	△	×	×	×	△	—	—
b	○	△	×	△	△	—	—
c	○	○	△	○	○	—	—
備考	表面の腐食は把握しやすいが, 画像が歪むため変形は把握しにくい。		管の突出程度や孔口保護管(集水管口元を保護する一回り大きい径の管)の有無により状況が多少異なる。				

○; 判別できる △; ある程度できる ×; 判別できない
(事例4相当の撮影条件における著者の判断)

般的な仕様のものが無かった(譲原地区は排水量計が着いていて管が見えない, 事例4は $\phi 500\text{mm}$ 程度の大径管)ため, 整理対象外とした。

上表に示すように, レベルc(機能・性能低下あり)相当の変状であれば判別は概ね可能であるが, レベルa～bの間のような軽微な変状を正確に判別して評価することは難しい。したがって, 2章で示した撮影事例と異なり本方法の場合, ①施設の日常巡視, ②施設の概査, ③施設点検における補助的利用等, 詳細な変状レベル評価を伴わない範囲での活用が期待される。事例3のような偏心撮影であれば立入を伴わず1名で撮影可能なため, 簡単かつ安全に状況確認が可能である(ただし, 昇降用トラップや足場の構造条件による(本事例は螺旋階段))。

7. 現時点における課題

7.1 架台の開発による中心撮影方法の改善

昇降口を利用して集水井の中心にカメラをセットする架台を開発することで, 内部立入不要で天蓋種類を問わず中心撮影が可能となるため, より多様な条件に対応できるようになる。筆者は, 測量用スタッフと滑車を組み合わせた試作品を作成中である。

7.2 Wi-Fi通信

カメラと撮影者との間でWi-Fi通信が可能であれば, リアルタイムの映像を手元で確認できるため, 重要な箇所での下降を止め, 動画よりも高画質な静止画を撮影することができる。これにより, 集水管閉塞状況等をより詳しく観察できるようになる。

7.3 回転抑制

排水の多い集水井では, カメラの回転抑制対策を確立しないと撮影が行えない場合がある。

8. おわりに

ここで紹介した技術は“誰でも・簡単に”がメインテー

図-5 撮影した映像のキャプチャ画像（事例1）

偏心撮影のため歪みが大きく、カメラに近い場所と遠い場所では映像の鮮明さが異なる。内部の状況を定性的に把握することは可能で、降雨後多量の排水が湧出している様子を確認することができた。

図-6 撮影した映像のキャプチャ画像（事例2及び3）

図ー7 撮影した映像のキャプチャ画像（事例4）

マである。本報告をきっかけに多くの技術者が撮影に取り組み、撮影技術の向上、施設点検の効率化が図られることを期待している。

9. 謝辞

本報告をまとめるに当たり、多数の撮影機会を与えていただいた利根川水系砂防事務所をはじめとする関係機関に謝意を表します。

引用文献

- 1) 水管理・国土保全局砂防部保全課 (2014): 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン (案)
- 2) 国土交通省砂防部保全課 (2014): 砂防関係施設点検要領 (案)

- 3) 野呂智之・丸山清輝・中村明・ハスパートル (2011): 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ー地表水・地下水排除施設ー, 土木研究所資料第4201号
- 4) 井藤嘉教・山邊康晴・齋藤真・浅野広樹・折谷佳城・丸井英明 (2016): 芋川地区地すべりに関する集水井工内部点検カメラを用いた施設点検事例, 第55回地すべり学会研究発表講演集pp. 159-160.
- 5) 齊藤雅志・喜田豊・高田香・山崎勉・土佐信一 (2016): SfM技術を活用した集水井の維持管理手法の開発, 第55回地すべり学会研究発表講演集pp. 290-291.
- 6) 金澤瑛・丸山清輝・石田孝司 (2016): 集水井内観察カメラの開発, 第55回地すべり学会研究発表講演集pp. 292-293.
- 7) 岩佐直人・原田剛男・渡邊利一・前島好孝 (2014): ライナープレート集水井の腐食診断フローの提案, 第53回地すべり学会研究発表講演集pp. 104-105.

(原稿受付2017年5月10日, 原稿受理2017年7月21日)