

共同研究報告書
整理番号 508号

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
株式会社建設技術研究所
株式会社興和
国土防災技術株式会社
日鉄建材株式会社
株式会社キタック

Copyright © (2019) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

地表からの効率的な集水井内点検手法 共同研究報告書 執筆者一覧^{※1}

国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ 雪崩・地すべり研究センター

		上席研究員	秋山 一弥
		前上席研究員 ^{※2}	石田 孝司
		研究員	金澤 瑛
		研究員 ^{※3}	野坂 隆幸
		交流研究員	石川 泰裕
		前特任研究員	丸山 清輝
株式会社建設技術研究所	東京本社砂防部	主幹	川俣 英之
	東京本社砂防部	主任	川崎 巧
	東北支社地圏環境室	室長	山部 哲
株式会社興和	技術開発室	室長	山本 宏幸
	技術開発室	次長	堀松 崇
	調査部	部長	山邊 康晴
	調査部	課長	井藤 嘉教
	調査部	課長	笹川 孝義
国土防災技術株式会社	技術本部	部長	山崎 勉
	技術本部	課長	齊藤 雅志
	新潟支店	課長	小山 正裕
日鐵住金建材株式会社 ^{※4}	土木開発技術部	担当部長	佐藤 義悟
	建材技術研究部 土木研究グループ	グループ長	大高 範寛
	建材技術研究部 土木研究グループ	マネージャー	古谷 浩平
	土木開発技術部 土木商品開発室	マネージャー	安富 懸一
株式会社キタック	技術第一部	技術役	伊藤 克己
	技術第一部第二グループ地質システム課	課長	遠藤 雄治
	技術第一部	数値解析グループ長	王 純祥
	北信越事業所技術課	主任	日野原達哉

※1 本共同研究の研究期間は2018（平成30）年3月15日～2019（平成31）年3月31日であり、上記の執筆者の所属、役職等は2019（平成31）年3月時点のものである（※3のみ4月時点）

※2 国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所長

※3 2019（平成31）年4月より（とりまとめ担当）

※4 2019（平成31）年4月より日鉄建材株式会社に商号変更（表紙及び本文中は日鉄建材株式会社で表記）

【要 旨】

本報告書は、土木研究所雪崩・地すべり研究センターと民間企業5社が、平成29年度から平成30年度に実施した「地表からの効率的な集水井内点検手法に関する共同研究」の成果である。

地下水排除施設である集水井では、井筒の破損、変形、腐食、湛水や、集水管・排水管の閉塞、天蓋やタラップの変形、破損、腐食など経年に伴う異常が確認されており、地すべり対策施設の長寿命化計画策定のための施設点検が全国で実施されている。集水井内部の点検では、有毒ガスや酸欠、タラップの腐食・劣化による落下事故の危険が伴うことから、遠隔（地表）からの安全かつ効率的な集水井の点検を可能とする機器の開発が土木研究所や民間企業で進められている。しかしながら、開発した点検機器の適用性については開発した各社で独自に検討が進められているため、点検機器としての一律の評価をすることは難しく全国的な普及も進んではない。

本共同研究では、安全かつ効率的に集水井の点検を行うための点検機器の活用・高度化に向け、各社の開発した機器の特徴をまとめるとともに、今後の集水井点検における機器適用の考え方を示した。

キーワード：地下水排除施設、集水井、維持管理、施設点検、遠隔点検

目 次

第1章 はじめに	1
1-1 研究の背景	1
1-2 研究目的	5
第2章 集水井点検機器	6
2-1 集水井点検機器の概要	6
2-2 各社の点検機器の概要	8
2-2-1 土木研究所の点検機器	8
2-2-2 株式会社建設技術研究所の点検機器	15
2-2-3 株式会社興和の点検機器	19
2-2-3-1 その1	19
2-2-3-2 その2	23
2-2-4 国土防災技術株式会社の点検機器	27
2-2-5 日鉄建材株式会社の点検機器	33
2-2-5-1 その1	33
2-2-5-2 その2	35
2-2-5-3 その3	41
2-2-6 株式会社キタックの点検機器	43
2-2-6-1 その1	43
2-2-6-2 その2	47
2-3 各社の点検機器の整理	51
第3章 集水井点検機器の比較	56
3-1 集水井の点検項目	56
3-2 集水井の点検実績による点検機器の比較	59
3-2-1 本体	60
3-2-2 集水管	63
3-2-3 排水管	63
3-2-4 安全設備（タラップ）	63
第4章 集水井点検機器の技術的課題と今後に向けての提案	65

謝 辞

参考文献

参考資料

第1章 はじめに

1-1 研究の背景

1958（昭和33）年3月31日の地すべり等防止法施行から60年が経過し、地すべり対策施設の老朽化に伴って機能の低下が進んでいる。地すべり対策施設の一つである地下水排除施設は、地すべりの誘因とな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ている。しかし、地下水を集めるための集水管が鉄細菌等の影響によって閉塞し、地下水の集水機能が低下することが従前より問題となっている。

土木研究所では、2000（平成12）年頃から集水管の閉塞に関する調査を継続して^{1)~5)}、各地で集水管の閉塞の実態や発生機構の解明などの研究が進められている^{6)~8)}。また、地下水排除施設の機能低下は集水管の閉塞だけではなく、地すべり対策施設全般の機能低下や維持管理に関する指摘もなされている^{9)~12)}。地下水排除施設の維持管理の実態や点検方法について、土木研究所では継続的に調査を実施して、各種の報告書を取りまとめている^{13)~16)}。土木研究所資料第4201号によると¹⁵⁾、調査した地下水排除施設の30%程度に機能低下を示す異常が確認されていて、地下水排除施設の一つである集水井については、井筒の破損や変形、腐食、湛水、天蓋やタラップの変形、破損、腐食、集水管・排水管の閉塞などの異常が確認されている（図1~4）。



図1 井筒の腐食¹⁵⁾

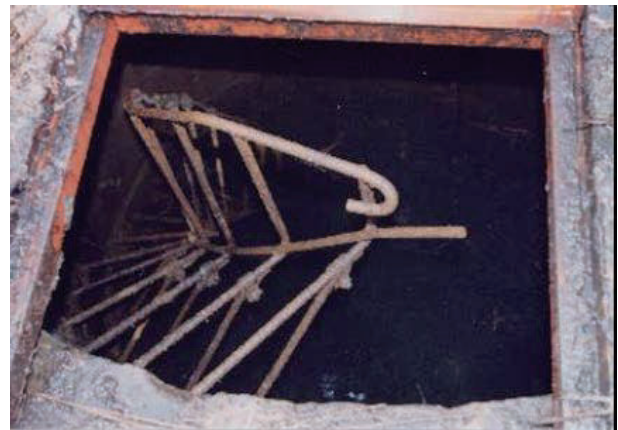


図2 タラップの腐食¹⁵⁾

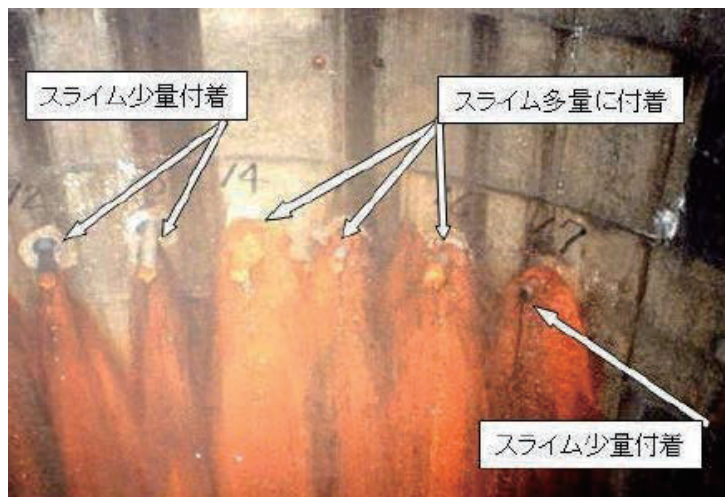


図3 集水管の閉塞¹⁵⁾

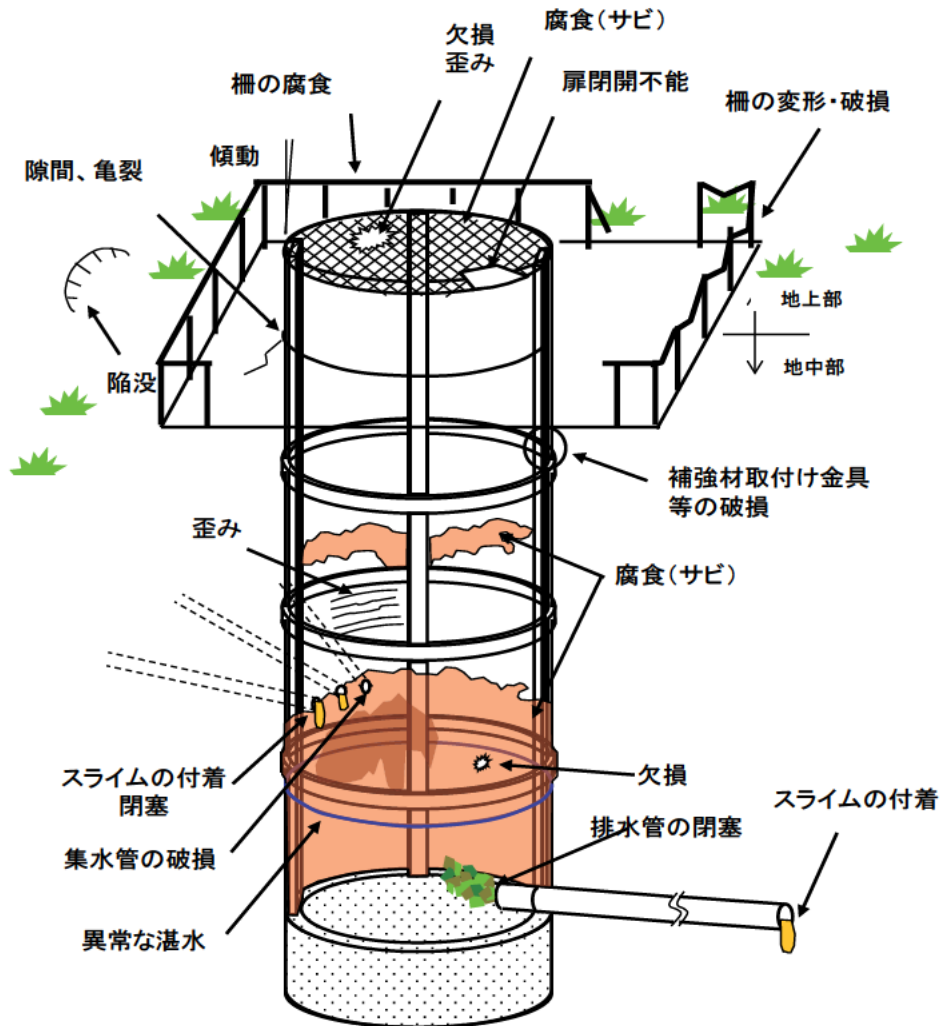


図4 集水井の老朽化による異常¹⁵⁾

施設の老朽化の問題は地すべり対策施設だけにとどまるだけでなく、国民生活やあらゆる社会経済活動を支える基盤として整備されてきたインフラ施設全般にも当てはまり、施設の管理者は機能低下の課題に直面している。このような状況の中で、政府は2013（平成25）年にインフラ施設の維持管理、長寿命化を推進する「インフラ長寿命化基本計画¹⁷⁾」を策定し、インフラ施設の老朽化対策を開始している。インフラ長寿命化基本計画が策定された以降は、地すべり対策施設に関するものとして「インフラ長寿命化計画（行動計画）¹⁸⁾」、「砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）¹⁹⁾」、「砂防関係施設点検要領（案）²⁰⁾」、「河川砂防技術基準（案）維持管理編²¹⁾」が順次策定され、地すべり対策施設の長寿命化が推進されている。

現在、地すべり対策施設の長寿命化計画策定のために全国で実施されている施設点検は、砂防関係施設点検要領（案）（以下、点検要領と表記）に従って進められており、集水井も同様に点検要領に沿って実施されている。また、施設点検を進める上での参考書籍として、「斜面对策工維持管理実施要領²²⁾」が発刊され、点検の実務で活用されている。集水井の点検が全国的に急速に進められる中で、点検業務を受注する民間事業者は、数多くの業務実績から点検方法のノウハウを蓄積し、点検業務の効率化を図っている。また、集水井の部材を開発する民間事業者は、部材の製品開発時の情報収集として独自の方法で集水井の点検を実施し、点検方法のノウハウを蓄積している。

地すべり対策施設の長寿命化計画を策定するために実施される施設点検では、点検要領に基づいて施設の点検及び健全度評価の手順を、「1. 定期点検及び臨時点検」、「2. 必要に応じての詳細点検」、「3. 部位単位の変状レベルの評価」、「4. 施設周辺の状況の評価」、「5. 施設あるいは施設群の健全度評価」と定め、図5に示すフローに沿って実施することとされている。このフローに従うと、部位単位の変状レベルを判定して施設の健全度を評価するためには、事前の定期点検及び臨時点検、必要に応じて詳細点検を実施することになる。それぞれの点検の種類と概要を表1に示す。

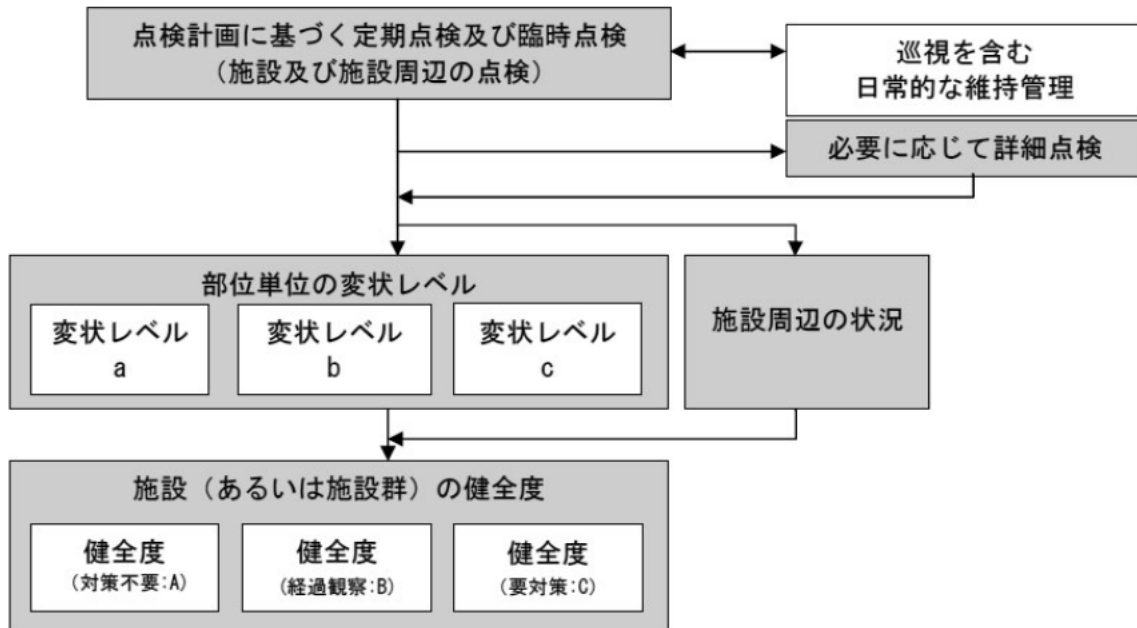


図5 施設点検フロー（点検要領p.4）

表1 点検の種類と概要（点検要領p.8）

点検の種類	目的	実施時期(頻度)	実施方法
定期点検	砂防関係施設の漏水・湧水・洗掘・亀裂・破損・地すべり等の有無などの施設状況及び施設に直接影響を与える周辺状況について点検する。	点検計画に基づき実施する。	・目視点検等を基本とする。 ・点検結果は点検個票にそれぞれとりまとめる。 ・施設の種類ごとに点検項目を定めるものとする。
臨時点検	出水や地震時などによる砂防関係施設の損傷の有無や程度及び施設に直接影響を与える周辺状況を把握、確認する。	出水時や地震時などの事象の発生直後の出来るだけ早い時期に実施する。	定期点検に準ずる。
詳細点検	定期点検や臨時点検ではその変状の程度や原因の把握が困難な場合に実施する。	必要に応じて実施する。	必要に応じその状況に適応した計測、打音、観察などの方法で確認するものとする。

定期点検では、目視での確認と写真撮影による記録が原則とされており、必要に応じて簡易な器具で変状を確認することとされており、臨時点検も同様である。詳細な状況把握を目的とする詳細点検では、異常個所の計測を行って、異常の程度に関して定量的な把握に努めるものとされている。

以上のとおり、施設の点検の種類や方法は点検要領によって定められており、全国で実施されている集水井の点検では、点検要領に基づいて種類や方法を統一して進められている。

5. 点検の方法

点検は、原則として徒歩で行うものとして、定期点検及び臨時点検については、施設の外観及び施設周辺の状況を目視により把握し、点検個票に記録する。

施設に異常が認められた場合(軽微なものは除く)は、必要に応じ、その状況に適応した計測、打音、観察などの方法で確認する。

【解説】

点検の際には、以下の点に注意して実施する。

- 1) 施設の異常の有無を目視確認し、記録することを原則とする。
- 2) 写真撮影の実施を原則とする。撮影に際しては、前回調査時の写真等と比較して状況変化が把握できるよう、同じような撮影角度・範囲等で撮影する。状況の変化が、把握し易いよう、できるだけ定位置からの撮影を行う。
- 3) 異常が認められた箇所における写真撮影では、変状の程度が分かるように、必要に応じてメジャー、ポール等を併用する。
- 4) 異常の状況に応じて、目視だけでなく、ハンマー等の簡易な器具を用いて状況を確認することが望ましい。
- 5) 目視で発見した異常に関しては、その位置情報を含め、把握した状況を点検個票に記録する。撮影した写真も同様に点検個票に添付する。その際、携帯GPSやGPS機能付きカメラの活用等により、作業の効率化を図ることが望ましい。
- 6) 異常が確認された箇所については、マーキングあるいは紙を打つなど測定ポイントを明確にして、経過観察が容易となるようにしておくことが望ましい。また、詳細点検においては、異常個所の計測を行い、異常の程度に関して定量的な把握に努めるものとする。
- 7) 点検にあたっては、設計時の図面や前回の点検調査票等を携行し、劣化・損傷の形態と程度、それらの進行経過を、施設機能維持の観点から確認することが望まれる。
- 8) 点検にあたってはアクセス道路の状況など施設の立地条件、補修・補強をする場合の施工性など、今後の維持管理の参考になる内容についても、記述しておくことが望ましい。

図6 点検の方法 (点検要領 p.11)

1-2 研究の目的

前述のとおり、地すべり対策施設の長寿命化計画策定のために実施される集水井の点検では、点検要領に基づいて目視や写真撮影、個別箇所の計測などが実施される。しかし、現場で集水井の内部を点検する場合は、井内の有毒ガスの充満や酸素欠乏、昇降施設（タラップ）の腐食や劣化による落下事故などの危険が伴うことがある。例えば新潟県では、危険防止のため集水井の外からカメラで撮影する点検を標準仕様としている。

このため、地表から遠隔で安全かつ効率的に集水井の内部を点検可能な機器の開発が進められており、土木研究所では観察カメラを用いて点検する手法を考案し²³⁾、集水井の点検業務を受注する民間事業者は、独自に点検機器の開発を進めている^{24)~28)}。また、集水井の部材を開発する民間事業者は、製品開発において集水井の内部の点検を実施してきた経緯から、独自の点検機器を開発するなど、種々の技術的な知見を蓄積している²⁹⁾。しかし、これらの点検機器の適用性については、開発した各社で独自に検討が進められていて一律の評価をすることは難しいことから、点検機器の全国的な普及は進んでいない。

そこで本共同研究では、集水井の点検を安全かつ効率的に行うための点検機器の活用や高度化に向け、各社の開発した機器の特徴をとりまとめるとともに、今後の集水井の点検における機器の適用の考え方を提案することを目的とした。

第2章 集水井点検機器

2-1 集水井点検機器の概要

集水井の点検では、点検要領の定期点検に基づいて目視と写真撮影が行われ、詳細点検に基づいて異常の程度の定量的な把握が行われる。これらの点検作業を地表から遠隔で行うには、何らかの方法で集水井の内部に撮影機や計測器（以下、点検機器と表記）を吊り下げて、点検機器を上下させて撮影や計測を行う方法が考えられる。本共同研究に参画した各社は、基本的に上記の方法で撮影や計測を行った実績を有しており、各社で点検機器の選定や組み合わせ方法、吊り下げ方法に独自の工夫がみられる。

点検機器を集水井の内部に吊り下げる際に、機器を昇降させる装置を使用する場合は、その装置を集水井の天蓋に固定する必要があるが、点検機器を簡易に手で吊り下げる場合は、点検に適した吊り下げ位置を選定する必要がある。一般的に、集水井の天蓋はエキスパンドメタル製（図 8、図 9）やコルゲートシート製（図 10）、コンクリート製（図 11）で、天蓋に出入り口が設けられた構造となっている（図 8～12）。ただし、集水井の作成された年代や地域によっては、出入り口の形状やタラップの取り付け方など細部の形状に差異があり、点検機器の取り付けや点検機器の吊り下げ時に支障となる場合がある。このため、点検機器の固定方法や吊り下げ方法の汎用性を検討する際には、集水井の天蓋の構造に十分留意する必要がある。一例として、新潟県では集水井外からのカメラ点検を標準仕様としていて、集水井の天蓋にカメラ点検用の点検孔を設けている（図 13）。

なお、天蓋の種類は集水井の内部の明るさに影響を及ぼすことから、集水井の内部を撮影する場合は天蓋の種類に留意する必要がある。天蓋がエキスパンドメタル製の場合は浅い位置であれば照明が無くても撮影可能であるが、深くなると照明が必要になる。また、集水井の内部の明るさはラテラルストラット（集水井を補強する目的で集水井内部の水平方向に設置される H 型鋼）の有無や周辺の地形、植生などによっても左右される。一方、天蓋がコルゲートシート製やコンクリート製の場合は、集水井の内部に日光がほとんど差し込まないため、照明は必須となる。

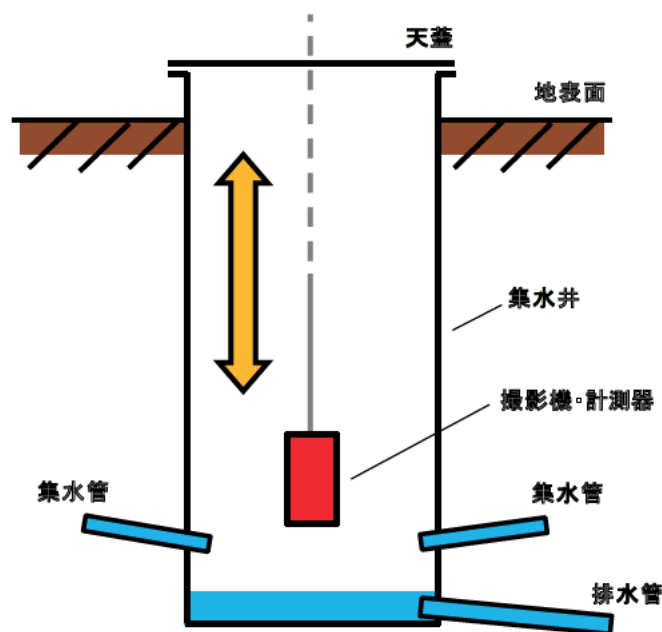


図7 集水井内部の遠隔点検のイメージ



図8 エキスパンドメタル製の天蓋



図9 エキスパンドメタル製の天蓋
(落ち葉等の侵入防止のため天蓋にネットをかけている)



図10 コルゲートシート製の天蓋



図11 コンクリート製の天蓋



図12 天蓋に設けられた出入口

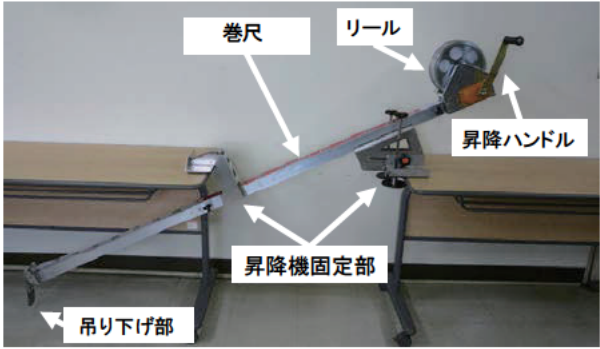


図13 カメラ点検用に設けられた点検孔 (新潟県)
(カメラの挿入時は点検孔の蓋を取り外す)

2-2 各社の点検機器の概要

本節では、各社の点検機器の概要を紹介する。

2-2-1 土木研究所の点検機器

<p>概要 全方位カメラを備えた撮影部を吊り下げ、ゆっくりと下ろしながら一度に映像を撮影する。</p>	
<p>開発時期 2016年～2018年</p>	
 <p>撮影部</p>	 <p>昇降機</p>
 <p>使用状況</p>	 <p>使用状況</p>
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全方位カメラ (Kodak 社 PIXPRO SP360 4K、有効画素数 1240 万画素) ・照明用 LED ランタン (GENTOS 社 EX-000R、光量 1,000 ルーメン) ・カメラ回転抑制器 (フライホイールをモータで高速回転させ、ジャイロ効果でカメラの回転を抑制する) ・アルミ製架台 ・巻尺 (ヤマヨ測定機株式会社リボンロッド、長さ 50m、幅 60mm、リールに巻かれている) 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・昇降機の吊り下げ部を集水井出入口から挿入し、昇降機固定部で集水井出入口の枠に昇降機を固定する。 ・昇降機の吊り下げ部に巻尺につないだ撮影部を吊り下げる (遠隔で全方位カメラを操作するために、事前にカメラとタブレット端末を Wi-Fi 接続しておく)。 	

- ・撮影部を吊り下げた際の揺れが収まるまで待ち、揺れが収まったら撮影を開始する。
- ・昇降ハンドルを回して巻尺を伸ばしていき、撮影部を降下させながら井筒全体の映像を撮影する。

使用結果・事例

ライナープレート製集水井の例



360度展開写真



壁材の状況（発錆）



バーティカルスティフナーの状況（発錆）



集水管の状況



トラップの状況

使用結果・事例

コンクリート製集水井の例



360度展開写真



壁材の状況



集水管の状況（閉塞）



排水管の状況（湛水）



トラップの状況

使用結果・事例

360度カメラの視認性と明るさに関する試験

【室内試験】

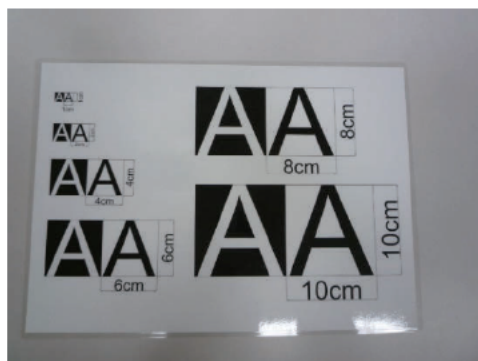
様々な明るさのもと 360度カメラで撮影した、大きさの異なる文字の標的画像（撮影した動画から切り出した画像）を用いて、どの大きさの文字まで識別できるかを判定した。

▼方法

- ・1cm、2cm、4cm、6cm、8cm、10cm 角の文字 A が描かれた標的を室内の壁に貼り、様々な明るさのもとで 1.7m（一般的な集水井の半径程度）離れたところから 360度カメラで標的を撮影した。
- ・明るさは照度計を用いて照度を計測した。
- ・評価者 5 名に撮影した画像を見てもらい、視認性の評価を行った。

▼結果

- ・計測した照度と文字の大きさごとの視認性評価の判定結果を試験結果の図に示している。視認性評価判定結果は、評価者 5 名の平均値。
- ・明るくなるほど（照度が増すほど）、視認性が向上する。
- ・照度が 10 lx 以下の暗い環境でも、4cm 以上の大きさの文字はある程度識別できる。
- ・大きさが 2cm の文字は、照度が 1,000lx 以上でない限り視認性は低いままである。1cm 以下では、どんなに照度が大きくてもほぼ判別できない。



標的

視認性評価

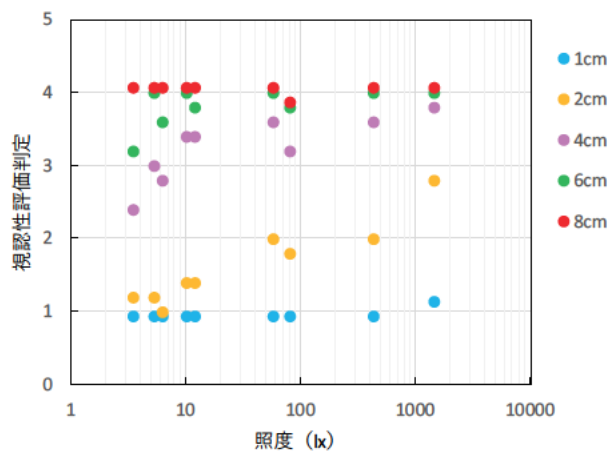
1	: 文字の存在が分からない。
2	: 文字があることが分かるが、文字を読むことはできない。
3	: 文字の輪郭がぼやけているが、文字を読むことができる。
4	: 文字の輪郭がはっきりとわかり、文字を読むことができる。



試験画像（照度 80 lx）



試験画像（照度 6.3 lx）



室内試験結果

使用結果・事例

360度カメラの視認性と明るさに関する試験

【現地試験】

現地の集水井において、照度を計測し、360度カメラで標的を撮影した。

▼方法

・エキスパンドメタル製の天蓋をもつコンクリート製集水井2基において、3段階の深度で照度を計測した後、標的を撮影した。撮影時には、当機器のランタン照明も使用した。

▼結果

・井内の照度は、4.0～239 lxであった。

・同程度の深度であっても、集水井の立地条件や太陽の向きにより照度はそれぞれ異なった。

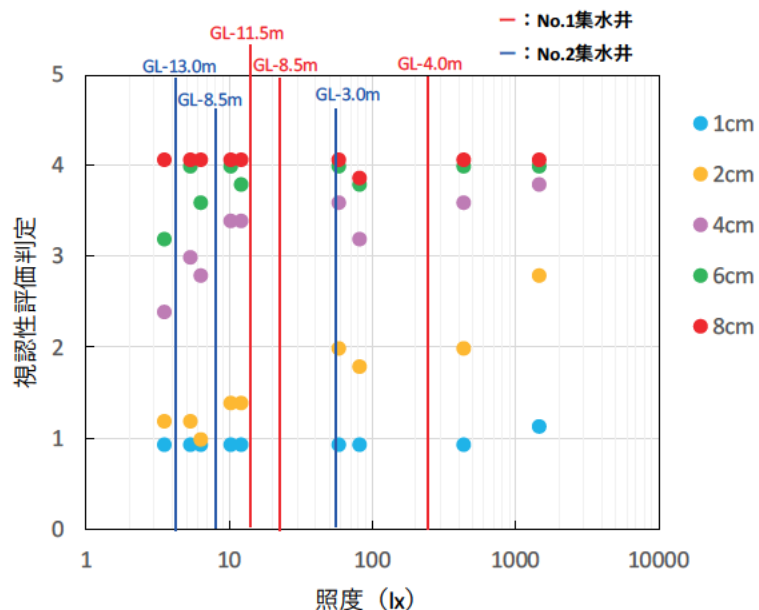
・室内試験結果の図に現地で計測した照度を追記した図を示す。照度がある程度（10 lx程度）確保できれば、4cm以上の大きさの文字が判別できる。深度が深くなり、照度が確保しにくくなると4cm未満の文字が判別できない可能性がある。

【360度カメラの総合的な評価】

- ・10 lx程度の照度が確保できる環境では、4cm以上の変状を概ね確認できる。
- ・10 lxの照度が確保できない環境では、4cm未満の変状の確認が困難になってくる。
- ・2cm以下の変状は、通常の井内の環境では確認が困難である。
- ・8cm以上の変状があれば、概ねどんな環境でも変状を確認できる。

現地試験を実施した集水井の環境

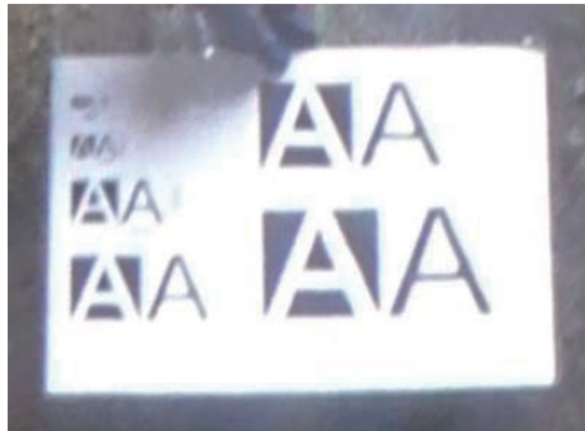
	深度 [m]	照度 [lx]
No.1集水井	GL-4.0m	239.0
	GL-8.5m	20.6
	GL-11.5m	14.8
No.2集水井	GL-3.0m	53.8
	GL-8.5m	8.0
	GL-13.0m	4.0



室内試験結果に現地で計測した照度を追記

使用結果・事例

360度カメラの視認性と明るさに関する試験



No.1 集水井 GL-4.0m 照度 239.0 lx (右図は標的を拡大)



No.1 集水井 GL-11.5m 照度 14.8 lx (右図は標的を拡大)



No.2 集水井 GL-13.0m 照度 4.0 lx (右図は標的を拡大)

<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地表から安全に井内全体を点検できる。 ・全方位を一度に動画撮影できるため、効率的に点検できる。 ・カメラと Wi-Fi 接続されたタブレット端末を用いることで、地表にいたがリアルタイムで点検できる。 ・昇降機により任意の位置の撮影を行える ・昇降機架台を固定することで井筒のほぼ中央で撮影できる。(井筒壁面までの距離が一定となり場所による映像の歪みが小さくなる。) ・カメラ回転抑制器や幅広の巻尺の使用により撮影部の回転を抑制できる。 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・展開写真にすると歪みが見られる。 ・詳細に点検するには画質が粗い。 ・Wi-Fi 通信の接続が不安定になることがあり、タブレット端末の映像が途切れることがある。(ただし動画撮影自体は継続しているので、カメラ回収後に映像を確認することは可能。) ・カメラ付属のソフトウェアでしか、映像を取り扱うことができない。 ・撮影部の振り子運動が制御できない。 ・集水井の深いところでは光量が足りず、映像がよく見えない場合がある。
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・金澤瑛・丸山清輝・石田孝司 (2018) : 集水井内観察カメラを用いた集水井点検手法, 地すべり研究, Vol. 62, pp.37-41. 	

2-2-2 株式会社建設技術研究所の点検機器

<p>概要 市販品のみで構成した撮影機材により井内の 360°撮影を行う。</p>		
<p>開発時期 2015 年に試作し、施設点検において改良を重ねながら撮影方法を確立。</p>		
 <p>←防水ケース (中にカメラ) ←専用マウント ←LED ランタン ←フック</p> <p>撮影部</p>	 <p>Cクランプ 撮影部 タブレット 吊下部 (Uボルト等による) 巻尺 タモ網による補助具 箱尺</p> <p>使用機材一式</p>	 <p>←巻尺 ←フック ←LED ランタン ←360° カメラ</p> <p>360° カメラを貼り付けたキャンプ用 LED ランタンを測量用巻尺で吊るして撮影する。</p> <p>撮影概要図</p>
 <p>撮影者</p> <p>井戸蓋上より、2分割蓋の隙間やエキスパンドメタルの網目に巻尺を通して撮影する。</p>	 <p>撮影者</p> <p>先端にUボルトを付けた箱尺を出入口に固定し、Uボルトに巻尺を通して井戸内中心にカメラを吊り下ろして撮影する。</p>	
 <p>蓋の隙間 撮影部</p> <p>撮影例 (井戸蓋上から直接撮影)</p>	 <p>撮影部 箱尺</p> <p>撮影例 (出入口から箱尺を利用して撮影)</p>	
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全方位カメラ (Kodak 社 PIXPRO SP360) ・カメラアクセサリ類 (防水ケース、マウント) ・照明用 LED ランタン (GENTOS 社 EX-000R、光量 1,000 ルーメン) ・測量用巻尺 ・測量用箱尺 (巻尺吊下げ用 U ボルトを付加) 		
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天蓋エキスパンドメタルの隙間等を利用して巻尺先端を井戸中央から井内に下ろす ・カメラ撮影を ON にした状態の撮影部を巻尺先端に引っ掛ける (補助具を活用) ・カメラの揺れが止まったらゆっくりと巻尺を降ろし井戸底まで撮影する ・撮影深度は巻尺で把握できるが底に達して水没しても防水のため特に問題は無い 		

使用結果・事例

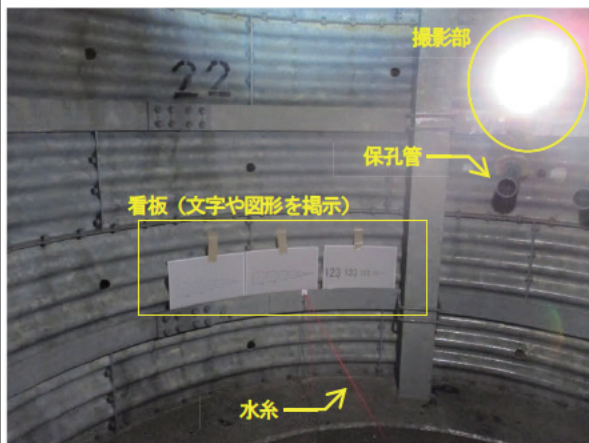


最も良い条件で撮影実験を行った結果
 高解像タイプカメラ (SP3604K)、1000 ルーメンの照明により撮影した
 映像の拡大キャプチャ画像。
 保孔管、ライナープレートボルト類、水系、実験用に掲示した看板の文字
 等が確認できる。

「123」と書いた文字は、左から3番目の文字高3cmまで識別できる。

撮影諸元一覧

項目	値
径・材質	φ3.5m・ライナープレート
天蓋種類	コルゲートシート
撮影深度	23m
カメラ	SP3604K
照明	EX-000R (1,000ルーメン)



撮影実験時の状況 (デジタルカメラで撮影)
 深さ 25m の集水井底部付近に撮影部を吊るし、照明やカメラを変えて写り方の違いを確認する実験を行った。

特徴

- ・簡易、安価、誰にでもできる撮影方法
- ・機材は軽量、コンパクトで機動性に優れる
- ・単純な仕組みのため現場条件に合わせて柔軟な対応が可能

課題点

- ・ある程度の揺れとそれに伴う画像のゆがみは避けられない
- ・井戸蓋上から撮影した方が中心保持、揺れの抑制に効果的だが古い施設の場合安全上の問題がある

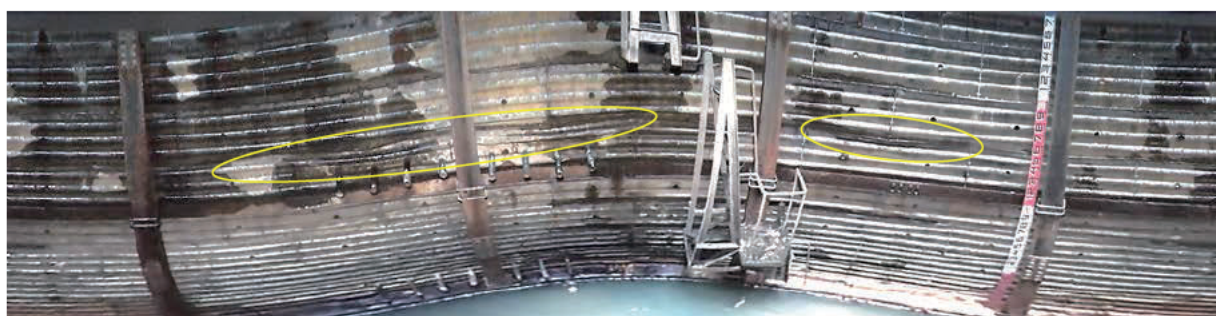
使用結果・事例



これまでで最も深い撮影事例
集水管の状態、湧水状況、壁面の腐食状況等が確認できる。

撮影諸元一覧

項目	値
径・材質	φ5.0m・ライナープレート
天蓋種類	エキスパンドメタル
撮影深度	45m
カメラ	SP360
照明	EX-000R (1,000ルーメン)



ライナープレートの変形撮影事例
丸印付近に変形が確認できる。

撮影諸元一覧

項目	値
径・材質	φ3.5m・ライナープレート
天蓋種類	エキスパンドメタル
撮影深度	13m
カメラ	SP360
照明	EX-000R (1,000ルーメン)



湛水部を水中撮影した事例
巻立コンクリート天端から2m程度湛水し、トラップが水没している状況が確認できる。不明瞭であるが丸印付近に排水ボーリングも確認できる。

撮影諸元一覧

項目	値
径・材質	φ3.5m・ライナープレート
天蓋種類	エキスパンドメタル
撮影深度	12m
カメラ	SP360
照明	EX-000R (1,000ルーメン)

参考文献

- ・川俣英之・神野忠広・工藤卓也・小嶋伸一・金野崇史・古山剛・川崎巧・奥山遼祐（2016）：地すべり対策施設点検時の安全対策及び効率化・精度向上の取り組み事例，平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.B-326－327.
- ・川俣英之・神野忠広・工藤卓也・小嶋伸一・山部哲・川崎巧・奥山遼祐（2016）：全方位カメラによる集水井の撮影事例，第 55 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.288－289.
- ・川俣英之・山部哲・川崎巧（2017）：全方位カメラによる集水井の撮影事例—その 2—，第 56 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.201－202.
- ・川俣英之・山部哲・川崎巧（2017）：市販カメラによる集水井工内部の撮影事例，日本地すべり学会誌，Vol.54，No.6，pp.35-40.

2-2-3-1 株式会社興和の点検機器その1 (全周撮影型)

<p>概要 進入口に専用台座を2か所で固定し、専用架台により懸架されたカメラで安全・確実な撮影を行う</p>	
<p>開発時期 2015年～2017年</p>	
  <p>専用台座 蓋上での作業、穴あけが不要 台座は進入角度の変更が可能</p>	 <p>小型・軽量で人力や運搬車での搬入が可能</p>  <p>タブレットやリモコンを用いて、地上部ですべての操作が可能</p>
 <p>専用台座、架台 (特許 6089069 号、特開 2019-27142 号) 架台の角度調整や張り出し長の調整が可能 様々な集水井の形式、昇降口、階段の形状に適用</p>	 <p>全周撮影型撮影装置 (特開 2019-27142 号) 撮影装置を一度昇降させただけで集水井内全周撮影が可能。</p>
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専用台座 (集水井工昇降口に設置。2か所で固定する) ・専用架台 (カメラ吊り下げ用。昇降口や階段形状により角度調整、張り出し長調整が可能) ・全周撮影型撮影装置 (防水ハウジング付 360°カメラ、LED ライト) ・発電機、電源ケーブル、信号ケーブル、wifi ルーター、タブレット、巻尺 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・進入口に専用台座を設置する ・専用台座に専用架台を取りつける (入口の階段形状などにより架台の進入角度を変更する) ・専用架台を介して撮影装置を集水井中心部に設置する ・全周撮影型撮影装置は、カメラを一度ゆっくり昇降させることで井戸内状況を撮影する 	

使用結果・事例



集水ボーリング状況（入塩川地すべり防止区域：新潟県土木部提供）



集水ボーリング状況（入塩川地すべり防止区域：新潟県土木部提供）

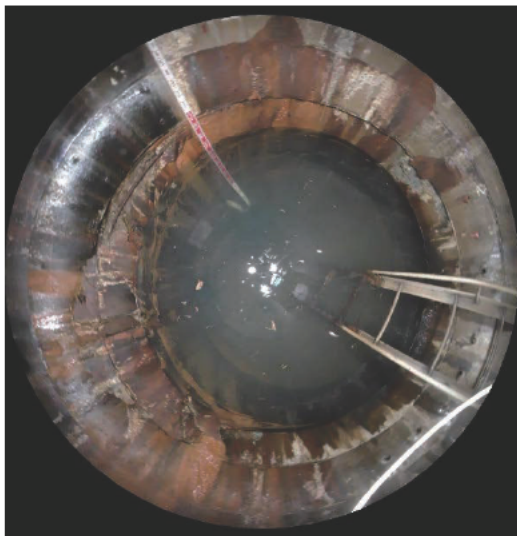


集水ボーリング状況および集水井本体の破損状況（水沢新田地すべり防止区域：新潟県土木部提供）

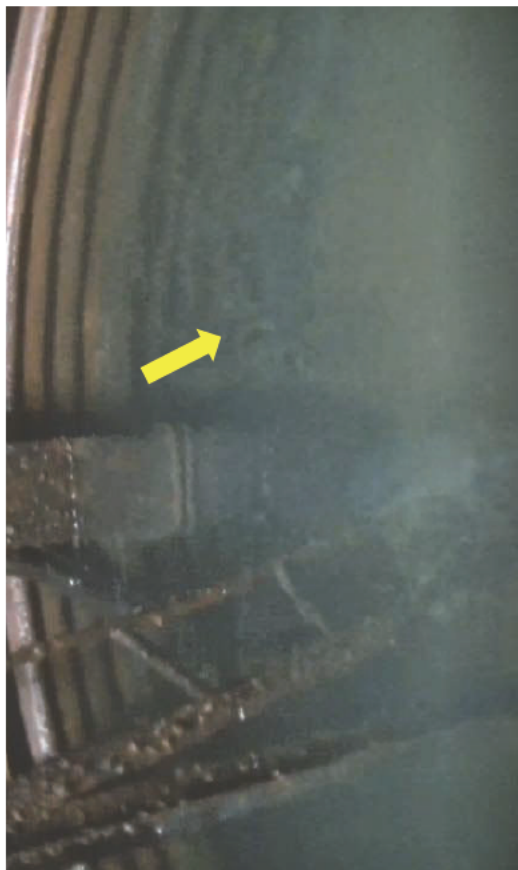
使用結果・事例



集水井本体の破損 (平畑地すべり防止区域：新潟県土木部提供)



昇降階段の破損状況 (笹山地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

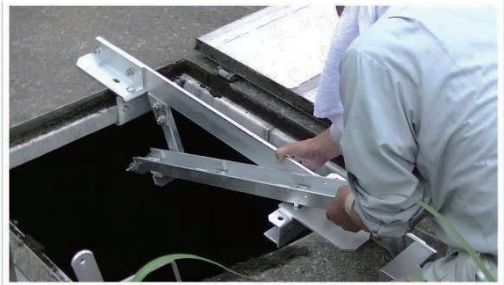


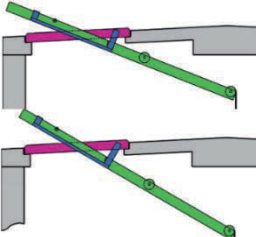



昇降階段の腐食状況、および排水不良による湛水状況 (矢印部に排水管が確認できる)

(笹山地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小型軽量（人力、運搬機での資材搬入が可能） ・集水蓋の取り外し、蓋の削孔などを要しない ・井戸内に進入せず地上部ですべての操作が可能。 ・用途に応じた全周撮影型、回転撮影型の2つの撮影装置を用意 ・全周撮影型は全天球カメラを装備した撮影装置により一度の昇降で井戸内全周の撮影が可能。角度調整可能なライトをカメラ上方から照射することにより壁面のハレーションの影響を防止 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全周撮影型は深度 10～15m以深で wifi 電波が途切れるケースがある ・蓋や階段の形状によっては、台座の角度調整だけでは設置不能なケースが有る（その都度台座の改良を実施） ・カメラの設置状況により画像がひずむケース有 ・長さ、面積測定、位置については正確な測定・特定ができない
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・井藤・山邊・齋藤・浅野・折谷・丸井（2016）：芋川地区地すべりにおける集水井工内部点検カメラを用いた施設点検事例, 第 55 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.159 – 160. ・大塚・桐生・廣木（2017）：大所地すべり防止区域における集水井点検カメラを用いた点検事例, 第 56 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp200 ・株式会社 興和(2015)：立坑内の点検装置及び立坑内の点検方法（特許 6089069 号） ・株式会社 興和(2017)：立坑内撮影装置及び立坑内点検装置（特開 2019-27142 号） <p>*上記特許資料については、特許情報プラットフォームにて閲覧可能</p> <p>https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage</p>	

2-2-3-2 株式会社興和の点検機器その2 (回転撮影型)

<p>概要 進入口に専用台座を2か所で固定し、専用架台により懸架されたカメラで安全・確実な撮影を行う</p>	
<p>開発時期 2013年～2016年</p>	
  <p>専用台座 蓋上での作業、穴あけが不要 台座は進入角度の変更が可能</p>	 <p>小型・軽量で人力や運搬車での搬入が可能</p>  <p>タブレットやリモコンを用いて、地上部ですべての操作が可能</p>
 <p>専用台座、架台 (特許 6089069 号、特開 2019-27142 号) 架台の角度調整や張り出し長の調整が可能 様々な集水井の形式、昇降口、階段の形状に適用</p>	 <p>回転撮影型撮影装置 (特許 6089069 号) 上下 90°水平 360°回転可能。カメラのズーム機能により、より詳細な撮影、観察が可能</p>
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専用台座 (集水井工昇降口に設置。2か所で固定する) ・専用架台 (カメラ吊り下げ用。昇降口や階段形状により角度調整、張り出し長調整が可能) ・回転撮影型撮影装置 (防水防塵型ズーム機能付きビデオカメラ、LED ライト、興和製回転装置) ・発電機、電源ケーブル、信号ケーブル、wifi ルーター、タブレット、巻尺 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・進入口に専用台座を設置する ・専用台座に専用架台を取りつける (入口の階段形状などにより架台の進入角度を変更する) ・専用架台を介して撮影装置を集水井中心部に設置する ・回転撮影型は集水ボーリングなど目的とする被写体深度まで吊り下げたのち、地上部リモコンによりカメラを回転移動させ撮影する。必要に応じカメラのズーム機能を利用し被写体を拡大撮影する。 	

使用結果・事例



集水ボーリングの排水状況 (国土交通省北陸地方整備局提供)



集水ボーリングと排水ボーリングの状況 (中栗地すべり防止区域：新潟県土木部提供)



集水ボーリングの閉塞状況 (田麦山小高地すべり防止区域：新潟県土木部提供)



集水ボーリングの閉塞状況 (蓬平地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

使用結果・事例

水面より3段目



水面より2段目



水面より1～2段目



水面より1段目



水面



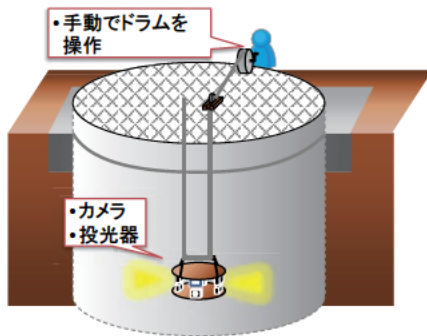
集水井工の破損状況（大所地すべり防止区域：新潟県土木部提供）

<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小型軽量（人力、運搬機での資材搬入が可能） ・集水蓋の取り外し、蓋の削孔などを要しない ・井戸内に進入せず地上部ですべての操作が可能。 ・用途に応じた全周撮影型、回転撮影型の2つの撮影装置を用意 ・回転撮影型は撮影装置が上下90°、水平360°回転。ビデオのズーム機能を利用し、全周撮影型より詳細な撮影が可能。 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・回転撮影型は壁面が濡れている場合は、ハレーションの発生により撮影困難なケースがある ・蓋や階段の形状によっては、台座の角度調整だけでは設置不能なケースが有る（その都度台座の改良を実施） ・画像処理用の専用ソフトがなく後処理に時間を要する ・長さ、面積測定、位置については正確な測定・特定ができない
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・井藤・山邊・齋藤・浅野・折谷・丸井（2016）：芋川地区地すべりにおける集水井工内部点検カメラを用いた施設点検事例, 第55回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.159 – 160. ・大塚・桐生・廣木（2017）：大所地すべり防止区域における集水井点検カメラを用いた点検事例, 第56回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp200 ・株式会社 興和(2015)：立坑内の点検装置及び立坑内の点検方法（特許 6089069 号） ・株式会社 興和(2017)：立坑内撮影装置及び立坑内点検装置（特開 2019-27142 号） <p>*上記特許資料については、特許情報プラットフォームにて閲覧可能</p> <p>https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage</p>	

2-2-4 国土防災技術株式会社の点検機器

概要 天蓋に吊るしたデジタルカメラにより井内を隙間なく撮影し SfM 解析により 3D モデルを作成する技術である。3D モデルを展開することでシームレスな高品質展開写真も作成可能である。また、井内への立入が不要で安全に作業ができるだけでなく、機材は人力運搬可能なものしか使用していないため、車両が立ち入れない場所でも撮影できる。

開発時期 2015 年 8 月～現在



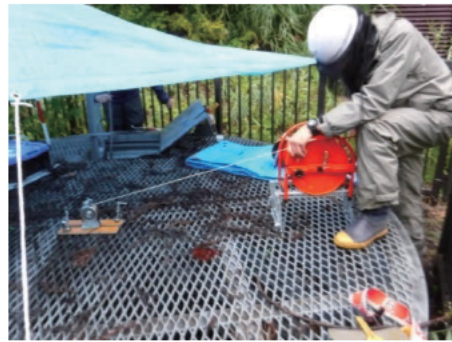
作業イメージ図



使用機材一式



井内撮影状況



治具昇降作業状況

主な使用機材

- ・ デジタルカメラ (RICOH 社 GR2, 有効画素数: 約 1620 万画素) × 4 台
- ・ LED 灯光器 (電池式, 1500 ルーメン相当) × 4 台
- ・ 昇降機 (カメラ, 照明取付治具, ドラムリール, 滑車, 水位ブザー, カメラケース等) × 1 式
- ・ 巻尺 (ヤマヨ測定機株式会社リボンロッド), ノート PC, ブルーシート, 作業テーブル, 脚立など
- ・ SfM 解析ソフトウェア, 点群処理ソフトウェア及びそれらを操作可能な PC (屋内作業用)

使用方法

- ① デジタルカメラと LED 灯光器を固定した専用治具を天蓋に吊り下げる。
- ② ドラムリールを回して専用治具を下し、井内の写真を撮影していく。
- ③ 底部まで撮影し終わったら一旦治具を引き上げ、方向を変えて再度撮影しながら降ろしていく。
- ④ 井内の全周を撮影し終えるまで①～③を繰り返す。
- ⑤ 撮影した写真を基に SfM 解析を行い、井内の 3D モデルを作成する (屋内作業)。
- ⑥ 作成した 3D モデルを展開し、井壁の展開写真を作成する (屋内作業)。

使用結果・事例

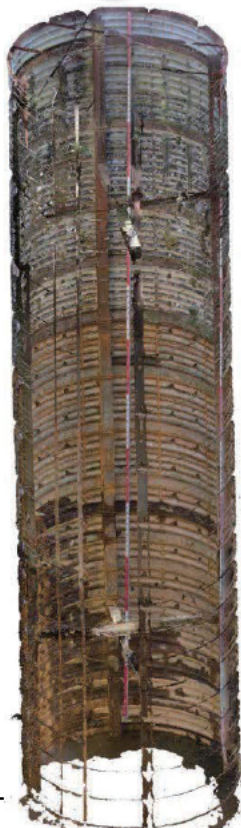
【集水井の 3D モデル，展開写真の作成手順】



井内撮影



SfM 解析



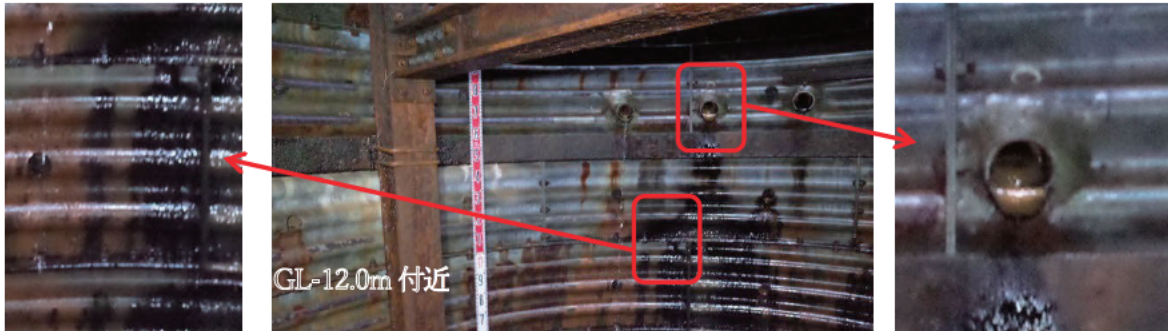
展開



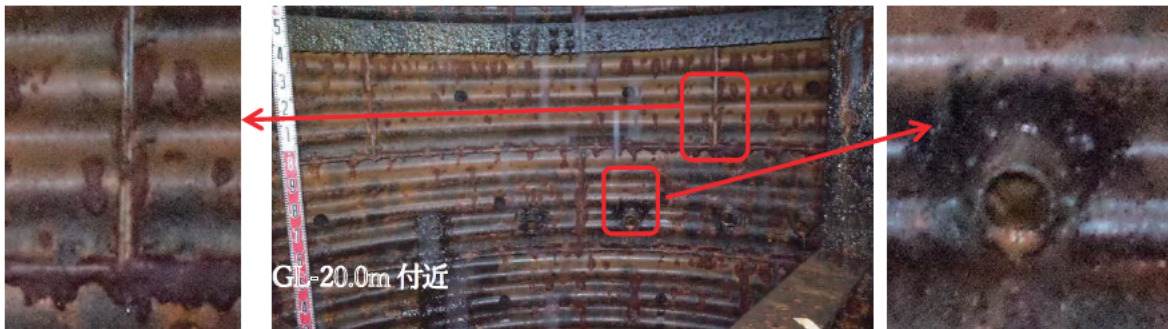
使用結果・事例 (径 3.5m, 深 30m, エキスパンドメタル製天蓋, ラテラルストラット施工)

【静止画撮影事例】

GL-12m付近の撮影状況。ラテラルストラットを避けてカメラを降下させた。集水ポーリングの閉塞状況は確認可能。反面ライナープレートが黒く湿っている箇所は腐食状況の視認性が低下している。



同井内の GL-20.0m 付近。先ほどより深度が深くなってはいるがボルトおよび周囲の錆の発生状況を確認できる。集水ポーリングの閉塞状況も同様に確認可能。



同井内の GL-29m 付近。集水ポーリングからの落下水が多いうえ背面が黒く変色していることもあり、壁面の様子を正確に確認しづらくなっている。排水ポーリングの閉塞具合は確認可能。



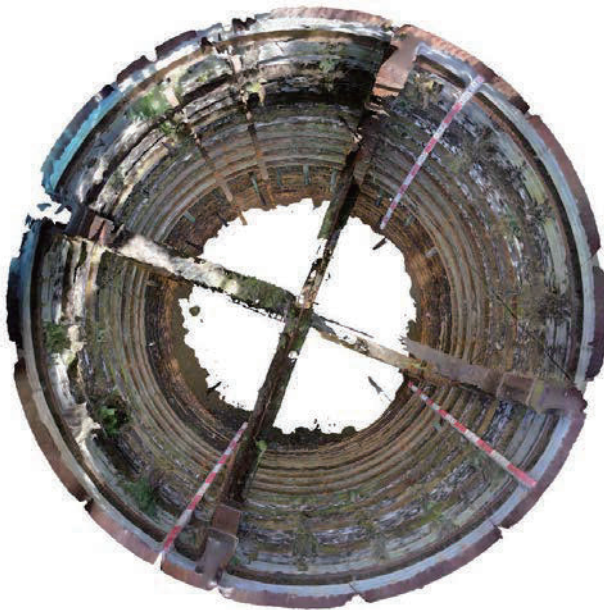
デジタルカメラを水平方向に固定して撮影する都合上、水平面に死角を生じやすいため、鉛直方向からの確認が必要な点検梯子や補強リングなどの点検に利用する際は注意が必要になる。



【3D モデル事例】(径 3.5m, 深 14m, エキスパンドメタル製天蓋, ラテラルストラット施工)

3D モデルの作成事例。天蓋から鉛直に下げた巻尺とパーティカルスティフナーが並行していないことから集水井自体が傾倒していることが分かる。井壁から突き出した集水ボーリングなどをはじめとして集水井全体の形状は表現できており、従来の写真やスケッチでは残せなかった井内の形状を正確な記録として残すことができる。

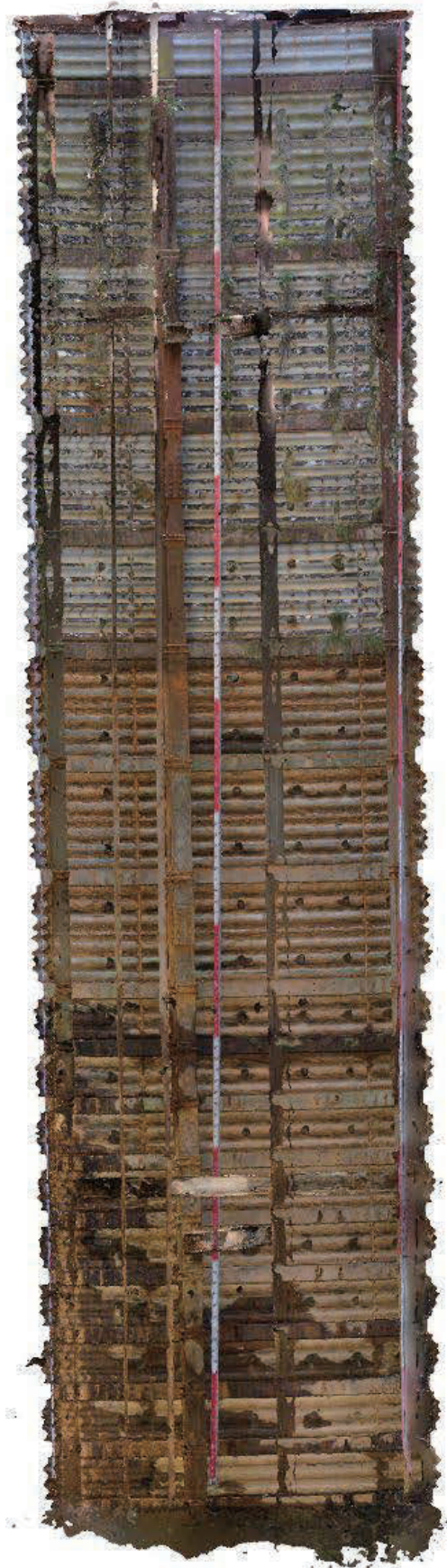
一方で、ラテラルストラットの上面や点検梯子、静水槽、天蓋などの水平面は静止画の死角となりやすいため欠損箇所がみられる。



集水井を天蓋から見下ろした図



井底部から天蓋を見上げた図



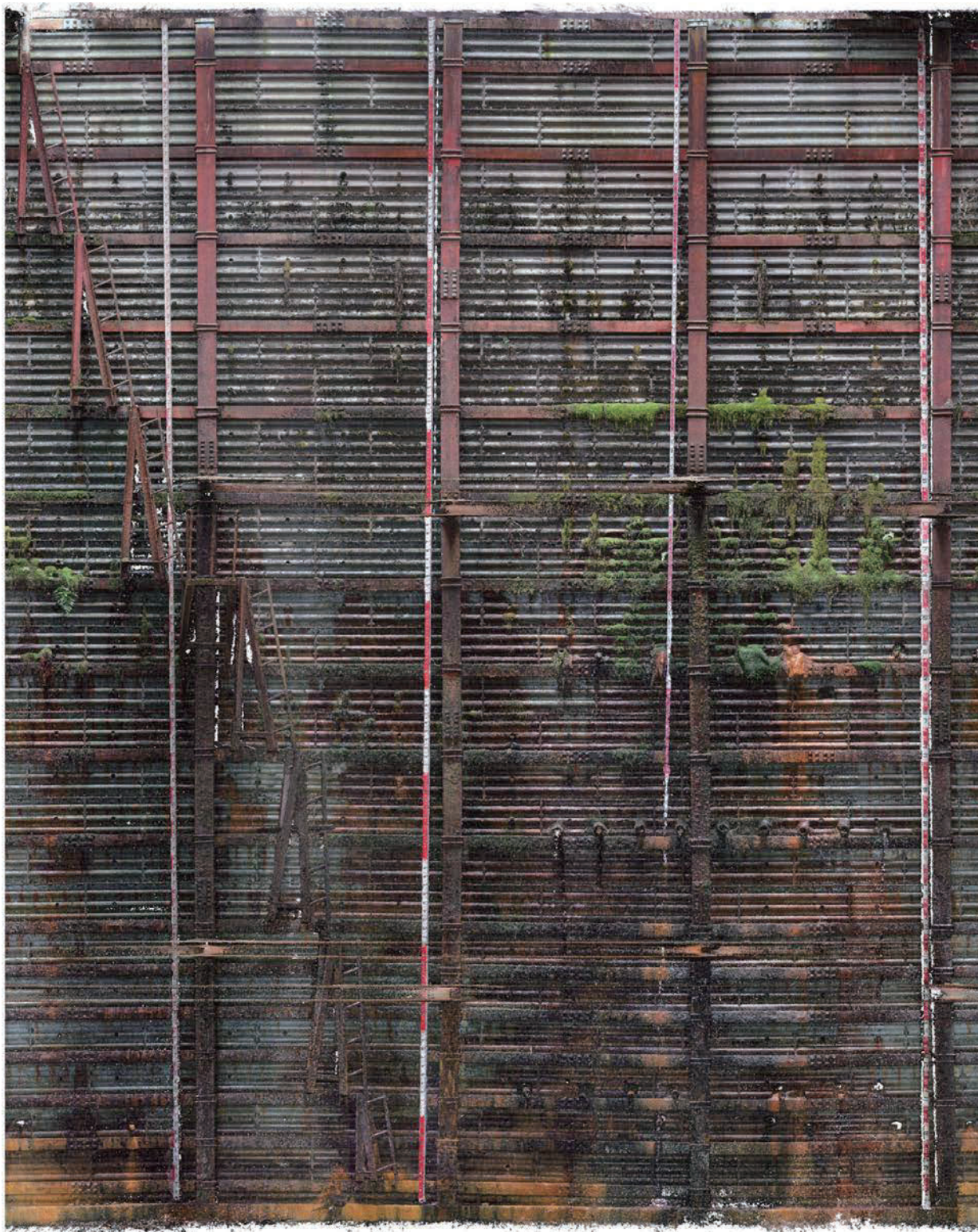
断面図

【展開写真事例】（径 3.5m, 深 14m, エキスパンドメタル製天蓋, ラテラルストラット施工）

展開写真の撮影事例。従来のスケッチと比較して高品質なのが特徴。また、スケッチと比較して作業者の技術力に左右されにくいのも利点。



静止画単体と比較して面積や位置が把握しやすく、苔の付着範囲や壁面の発生状況などを一目で把握できる。ただし、集水ボーリングの閉塞状況などは静止画の方が正確に把握できる。

一方、集水井自体の変位が顕著なものでは展開写真が歪んでしまうため注意が必要である。



<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高画質な静止画が得られるため、井内立入と同等の目視点検結果が得られる。 ・3D モデルにより従来の点検では得られなかった変位形状を記録として残すことができる。 ・従来のスケッチでは得られなかったシームレスかつ高画質な展開写真が得られる。また、作業者による品質のバラつきを最小化できる。 ・作業効率は、現地での撮影作業が3人1組で20m程度の集水井4基/日（移動時間除く）、事務所内での解析所要時間は8時間/基程度（作業者の従事時間は1時間/基程度）である。 ・深度50mの井戸での撮影実績あり。 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原則カメラを水平方向に固定して静止画を撮影するため点検梯子上面などの水平面は静止画に写りにくい。水平面を重点的に確認したい場合はカメラ角度を調整するなどの注意が必要になる。 ・治具を天蓋に吊るす都合上、エキスパンドメタル以外の井戸での撮影実績がない。 ・3D モデルの精度が未検証のため、今後検証する必要がある。 ・井壁が黒く変色している箇所では静止画による視認性が低下する。逆に深い井戸でも井壁が黒く変色していなければ問題なく撮影できる。 ・排水量が多い井戸では、光が拡散し静止画の鮮明さが低下する。それ以上になると水で井壁を撮影できなくなるため3Dモデルが部分的に抜け落ちる。
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・齊藤・喜田・高田・山崎・土佐（2016）：SfM技術を活用した集水井の維持管理手法の開発，第55回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.290-291 ・齊藤・喜田・山崎・土佐（2017）：市販カメラを用いた既設集水井工の3Dモデルとシームレス展開写真の作成手法の開発，平成29年度砂防学会研究発表会概要集，pp.756-757 	

2-2-5-1 日鉄建材株式会社の点検機器その1

<p>概要 ビデオカメラを取り付けた撮影部を釣り竿式の昇降機にて昇降させて撮影</p>	
<p>開発時期 2011年</p>	
 <p>リール 昇降機（手元側）</p>	 <p>ビデオカメラ 撮影部 アクリルPL</p>
 <p>リール 竿 昇降機（竿部）</p>	
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビデオカメラ（SONY HDR-CX590V）（広角レンズ付き）（必要に応じて防水ケース） ・ランタン ・アクリルプレート ・鋼製架台（釣り竿式で、ワイヤにより昇降）、リール 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影部を昇降機のワイヤ端部に取り付け、集水井の点検口から挿入する。 （このとき、ビデオカメラの撮影をスタートする） ・ビデオカメラの方向を調整し、任意の方向に向ける。 ・昇降機に取り付けられたリールを調整することにより、任意の深さまで撮影部を降下させ撮影する。 （この時、撮影方向がブレないようにゆっくりと昇降させる。） ・これを複数回繰返し、井筒全体を撮影する。（ex. φ3500のLP集水井で、カメラの撮影可能範囲がLP1枚分とすると、7回繰り返す形となる。） 	

<p>使用結果・事例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実現場での使用実績はない。 ・次に示す雲台を用いた方法と同様の撮影結果が得られる。 	
<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天蓋を外さずに点検が可能 ・ビデオ撮影による連続データのため、位置等の把握が容易である。(巻尺等があればさらに判断がし易くなる。) ・昇降機により任意の位置で撮影が可能である。 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・少なくとも、カメラの撮影可能角度[°]×カメラ台数(もしくは昇降回数) = 360[°]となる必要がある。(カメラの台数を増やすか、昇降回数を増やすか、のどちらかが必要となる。) ・撮影方向を調整することが難しい ・動画での撮影のため、撮影後に画像として取り出す必要がある。(報告書の形式にもよるが) ・展開写真作成時においては、上記画像を補正(角度やサイズ)して連結する必要がある。(上記展開写真作成時においては、Adobe Photoshop(アドビシステムズ(株)製)を使用した。) ・カメラが防水でないため、必要に応じて防水ケースを使用する。
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原田・岩佐・波戸元・渡辺・柴田(2013)、ライナープレート集水井の腐食評価手法の提案、第53回治山研究発表会 ・原田・岩佐・波戸元・渡辺・前島(2014)、ライナープレート集水井の腐食調査及び診断方法、H26年度学術講演会、公益社団法人日本地すべり学会九州支部 ・岩佐・原田・渡辺・前島(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回研究発表会、公益社団法人日本地すべり学会 	

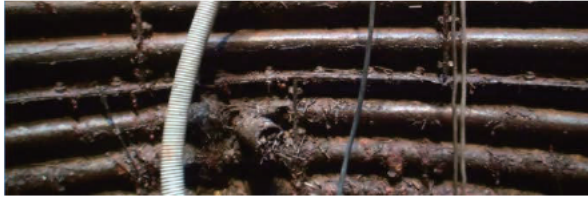
2-2-5-2 日鉄建材株式会社の点検機器その2

<p>概要 ビデオカメラを回転雲台に取り付けた撮影部を連結棒鋼により昇降させて撮影</p>	
<p>開発時期 2013年</p>	
 <p>落下防止治具 棒鋼連結状況</p>	 <p>落下防止治具 小型カメラ用モニター (レコーダー) 雲台操作状況 雲台用リモコン</p>
 <p>撮影部 撮影状況</p>	 <p>小型無線カメラ 回転雲台 ビデオカメラ 撮影部</p>
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビデオカメラ (SONY HDR-CX590V) (必要に応じて防水ケース (SPK-HCH)) ・雲台 (Plumnet NA-01F)、小型無線カメラ (ワイケー無線 C-600) ・レコーダー (ワイケー無線 YM-638M) ・棒鋼 (先端がねじ切りされ、連結可能なもの)、落下防止治具 ・投光器 (GREATTOOL GTLSEFD-32×2) 等・・ 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・昇降機にビデオカメラを取り付け、集水井内に挿入する。 ・任意の深さに到達したところで、回転雲台を動かし、360°撮影を行う。 (このとき、小型カメラで映している映像をモニターで見ながら回転量の確認を行う。) ・落下防止治具により昇降機が落下しないように保持する。 ・棒鋼を継ぎ足し、次の深度に達したところで同様に撮影を実施する。 ・これを繰り返し、井筒全体を撮影する。 	

使用結果・事例



(a) 目詰まりなし

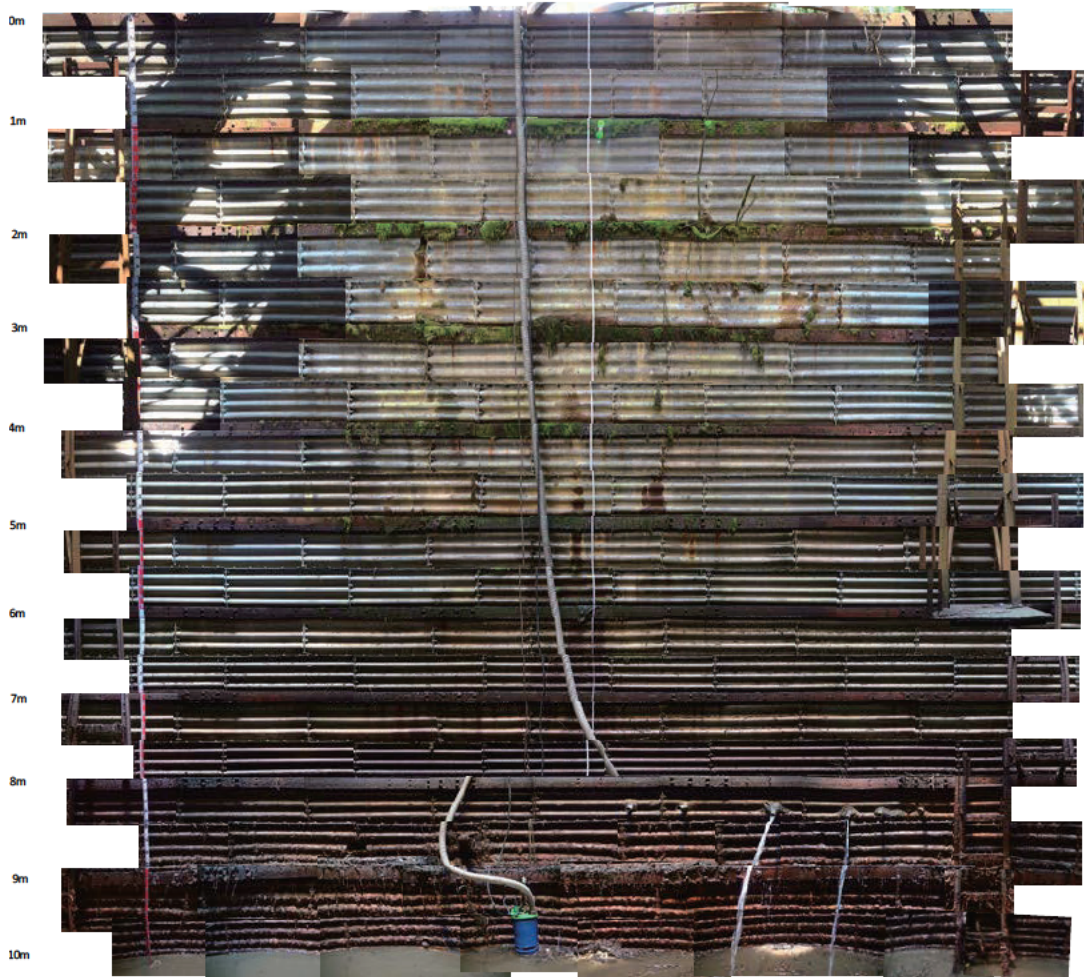


(b) 目詰まりあり

集水管の閉塞状況 (深さ 8.5m)



トラップの状態 (深さ 5.0m)



展開写真

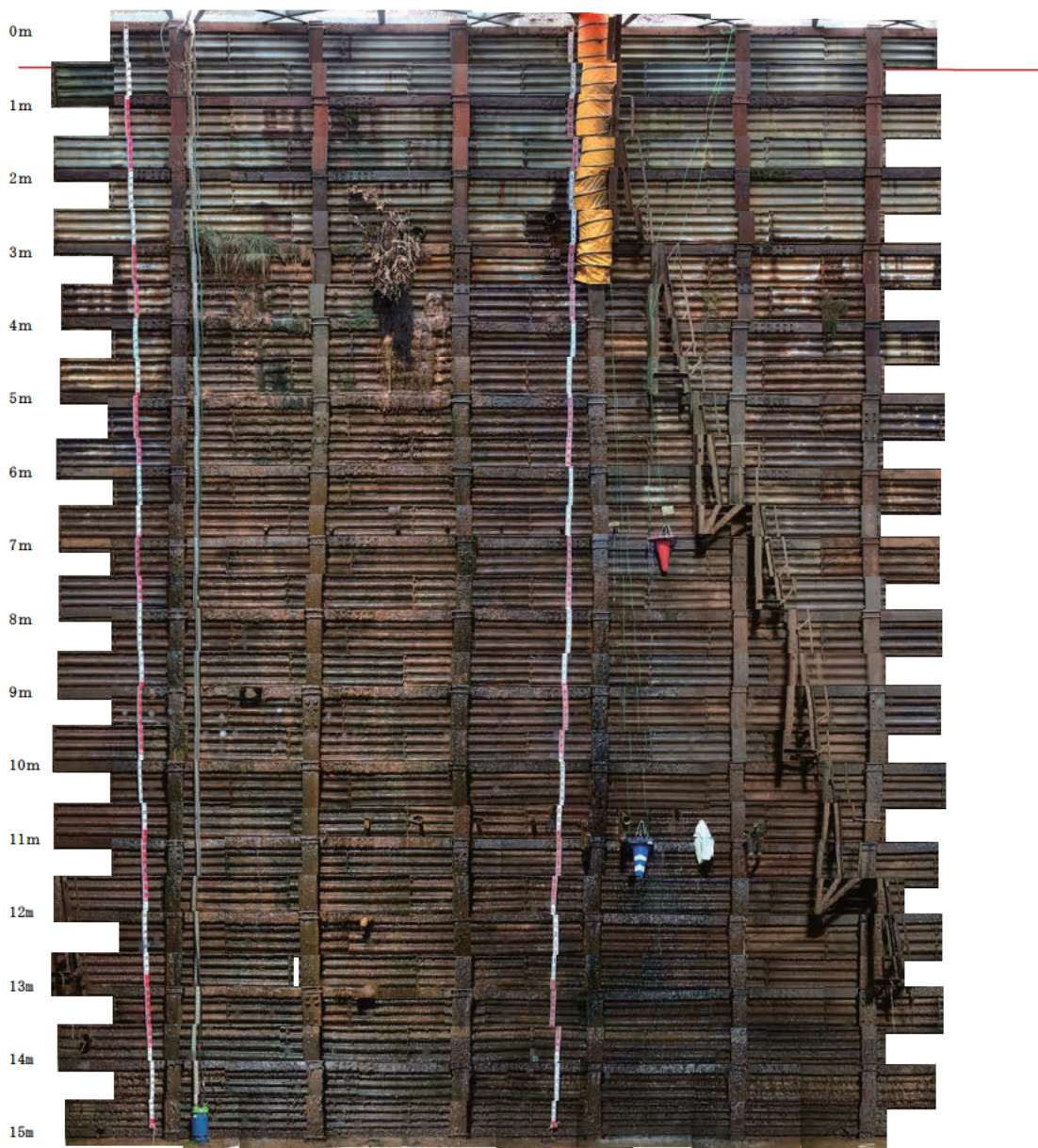
(大野沢地すべり防止区域：新潟県農地部提供)



集水管の閉塞状況（深さ 11m）



トラップの状態（深さ 10m）



展開写真

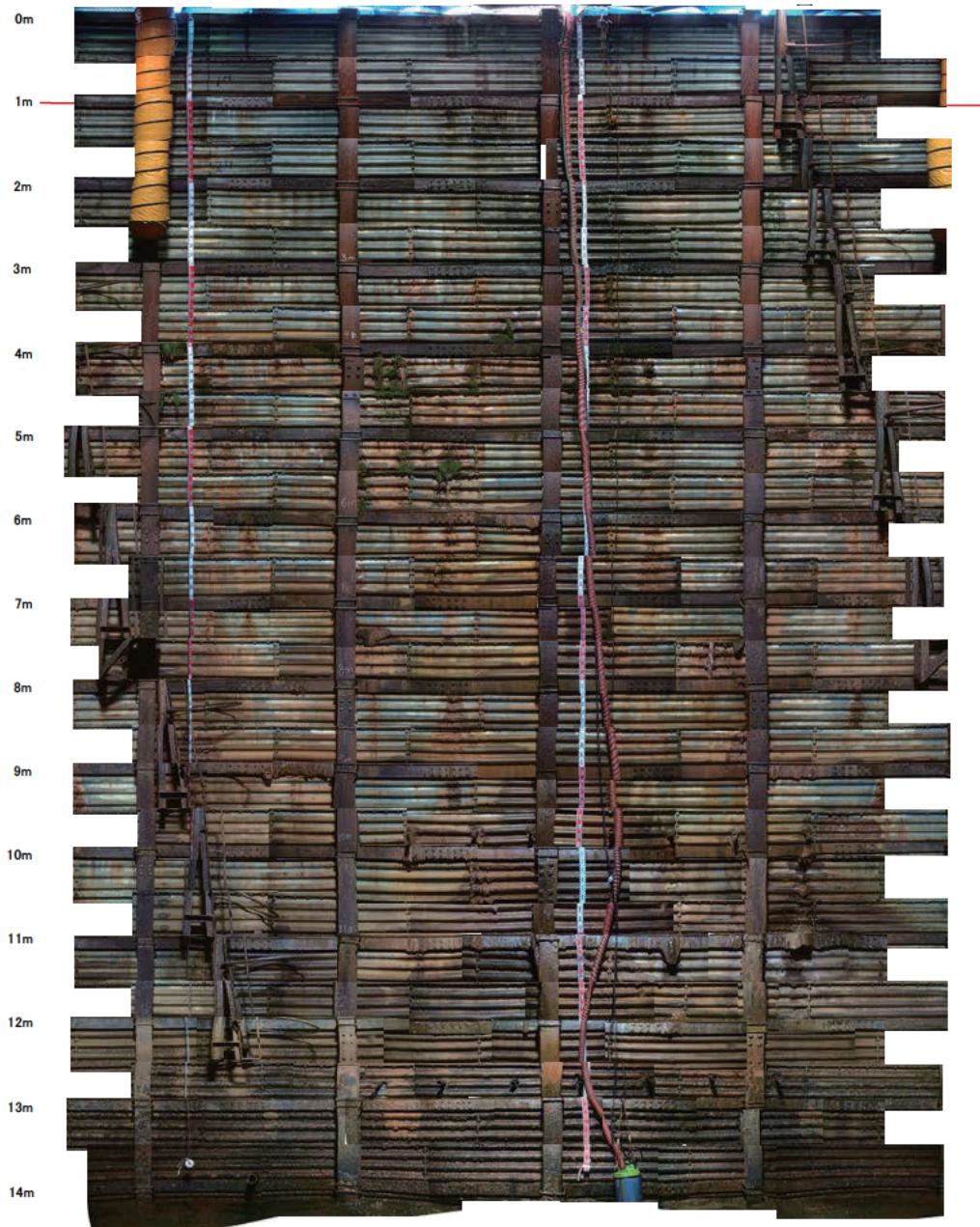
（丸山地すべり防止区域：新潟県農地部提供）



集水管の閉塞状況（深さ 12.5m）

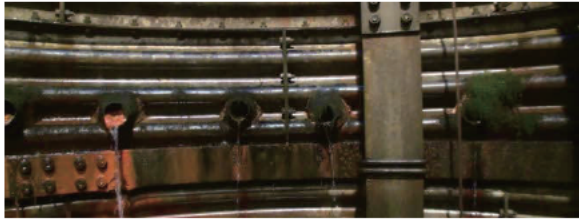


トラップの状態（深さ 12.5m）



展開写真

(丸山地すべり防止区域：新潟県農地部提供)



(a) 深さ 7.0m



(b) 深さ 9.0m
集水管の閉塞状況



トラップの状態 (深さ 6.5m)



展開写真

(大野沢地すべり防止区域：新潟県農地部提供)

<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天蓋を外さずに点検が可能 ・雲台が回転でき、任意の深度で円周方向すべてを撮影できるため、1度の昇降で撮影が完了する。 ・ビデオ撮影による連続データのため、位置等の把握が容易である。(巻尺等があればさらに判断がし易くなる。) 	<p>課題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・集水井の深度に合わせて連結棒鋼が必要となる。 ・撮影深度が深いと棒鋼が増えるため、治具が重くなる。 ・動画での撮影のため、撮影後に画像として取り出す必要がある。(報告書の形式にも依る) ・展開写真作成時においては、上記画像を補正(角度やサイズ)して連結する必要がある。(上記展開写真作成時においては、Adobe Photoshop(アドビシステムズ(株)社製)を使用した。) ・深度や天候により画像が暗くなってしまうため、光量を増やす必要がある。 ・基本的に照明は上から下に向かって照射しているため、LP波部下側に影ができる。 ・カメラが防水でないため、必要に応じて防水ケースを使用するか、集水管からの流入水がカメラに当たらないように工夫する必要がある。
<p>参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成25年度 環境にやさしい田園整備新技術創造事業 集水井機能診断業務委託、糸魚川地域振興局農林振興部・新潟県土地改良事業団体連合会 ・沖田・細貝・羽深・田中・大高・原田(2014)、鋼製集水井施設における調査手法の確立について(その3)、平成26年度農業農村工学会大会講演会、公益社団法人農業農村工学会 ・細貝・羽深・沖田・綿貫・鈴木・稲葉・森井・大高・原田・大塚・伊藤(2015)、鋼製集水井施設における調査手法の確立について(その4)、平成27年度農業農村工学会大会講演会、公益社団法人農業農村工学会 ・糸魚川タイムス(2013.10.1) 	

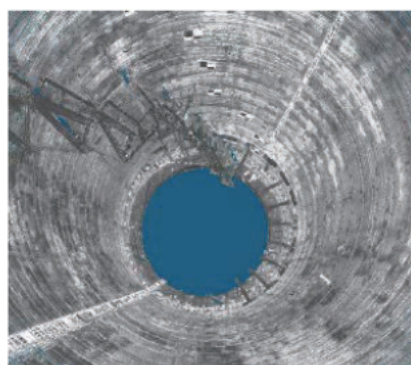
2-2-5-3 日鉄建材株式会社の点検機器その3

<p>概要 3D レーザースキャナを集水井内固定治具（水圧ジャッキ）に取り付けて任意の地点にて測量</p>	
<p>開発時期 2009 年</p>	
<p>水圧ジャッキ</p>  <p>スキャナー <u>使用状況 1</u> 固定治具</p>	 <p><u>3D レーザースキャナ</u></p>
 <p><u>使用状況 2</u></p>	
<p>主な使用機材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3D レーザースキャナ IMAGER5006（Z+F 社製） ・3 本脚式固定治具（水圧ジャッキにより脚部が伸縮） ・ユニック車 	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・集水井の天蓋を外す。 ・計測治具をクレーンで吊り上げ、3D レーザースキャナを治具に取り付ける。 （併せて水圧ポンプとの接続も行う） ・クレーンにより集水井内に吊り込み、所定の位置に来たら水圧ジャッキにて治具の足を張出し、集水井に足を突っ張ることによって3D レーザースキャナを固定する。 ・3D レーザースキャナが固定されたら計測を実施する。（数秒） ・計測終了後、水圧ジャッキの圧を抜き、治具の足を引っ込めて次の位置までクレーンで昇降させる。 ・これを繰り返し、井筒全体を計測する。 	

使用結果・事例

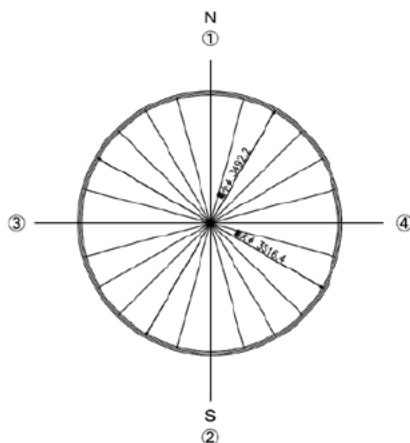


(a) 側面



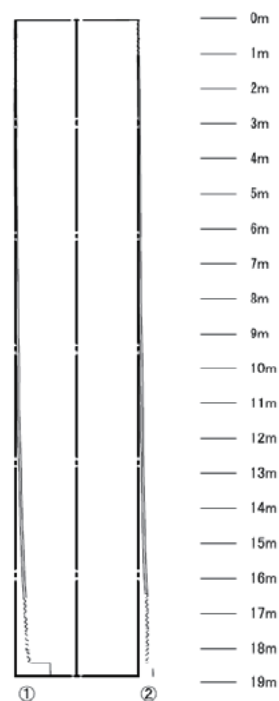
(b) 平面

3D 点群モデル



(a) 偏平量

定量データ



(b) 傾き

特徴

- ・ 1秒で約 500,000 点のデータが記録可能であり、計測時間が非常に短い
- ・ 集水井の傾きや偏平量など、定量的な計測が可能である。
- ・ 前記定量的な計測が可能であることから、設計へ反映することができ、応力度の観点から更新の可否等の判断が行える。

課題点

- ・ 3D レーザースキャナが非常に高価であり、一般的な調査への適用は困難である。(2009年当時と比べ、現在では非常に安価(2~3百万円)になっており、ハードルは大分下がっている。)
- ・ 調査時天蓋を外す必要があり、クレーンが必要となる。(今では3D レーザースキャナも小型化しており、併せて治具も小型化すれば天蓋を外さず、またクレーンも用いずに計測可能となる。)
- ・ データの分析を実施するのに専門機関への依頼が必要である。(現在では取り扱いの容易なソフトが販売されており、それらを使用することでデータの分析が可能である。)
- ・ 同様の形状が連続しているため、場合によっては坑内にターゲットを設置する必要がある。
- ・ めっき面では乱反射してうまく計測できない場合がある。(特に濡れている場合)

2-2-6-1 株式会社キタツクの点検機器その1

<p>概要 キタツク1号機 (固定、手動回転式)</p>	
<p>開発時期 2015年4月～12月</p>	
 <p>カメラ本体 ライト GOPRO HERO4 土台</p>	
<p>撮影部の概要</p>	
 <p>手で回転 タブレットで確認</p>	
<p>撮影状況</p>	
<p>主な使用機材</p> <p>撮影部：・ GOPRO HERO4 (有効画素数 1200 万画素、耐衝撃・防塵・防水) ・ 照明は Knog QUDOS アクションライト (GREE 社製高輝度 LED×3 灯、光量 70～400 ルーメン、防水) をカメラ両脇にセット</p> <p>昇降機：・ アルミ角パイプ (L=1.5m/本、0.4kg/本) を連結し、井戸内にカメラを降下させる。 ・ 鉄製カメラ土台 (万力でアルミ角パイプを挟み込み固定する)</p>	
<p>使用方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事前に集水井天蓋中央付近に φ200mm の穴を削孔する。 ・ 中央付近の穴を利用し、土台を取り付け、アルミ角パイプと接続したカメラを井内に下ろす (この時点で撮影を ON にしておく。また、カメラとタブレット端末を Wi-fi 接続しておく。) ・ 深度 1m 毎に、①手動でカメラを回転させながら撮影→②アルミ角パイプを付け足す→③1m 下にカメラを下ろす、という作業を繰り返し行い、天端付近から水面付近まで撮影する。 ・ タブレットで井内状況を確認しながら撮影 (静止画・動画) を行う。 	

使用結果・事例

深度 5.0m 付近



集水管の閉塞状況などが確認できる。 <径 3.0m 深 11.0m 昭和 59 年度施工コンクリート製の井筒>

深度 9.9m 付近



トラップの状況、水面状況、排水ポーリング（丸印位置）などが確認できる。 <同上の井筒>

深度 4.7m 付近



集水管の閉塞状況などが確認できる。 <径 3.0m 深さ 10.0m 昭和 57 年度施工コンクリート製の井筒>

深度 9.0m 付近



水面状況、排水ポーリングが確認できる。

<同上の井筒>

深度 10.0m 付近



トラップの状況。

腐食が進行している状況を確認できる。

<径 3.0m 深さ 11.0m

昭和 58 年度施工 コンクリート製の井筒>

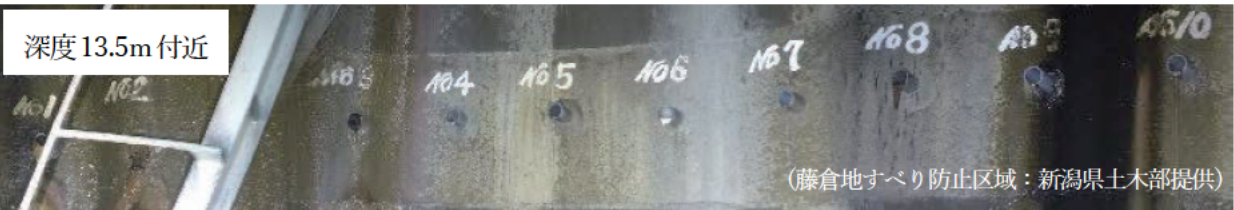


深度13.5m付近

(藤倉地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

トラップの状況。異常は確認されない。

<径3.5m 深15.5m 平成8年度施工コンクリート製の井筒>



深度13.5m付近

(藤倉地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

集水管の閉塞状況などが確認できる。

<同上の井筒>



深度7.5m付近

(木柵地すべり防止区域：新潟県農地部提供)

集水管の閉塞状況などが確認できる。<径3.0m 深さ9.0m 平成4年度施工ライナープレート製の井筒>

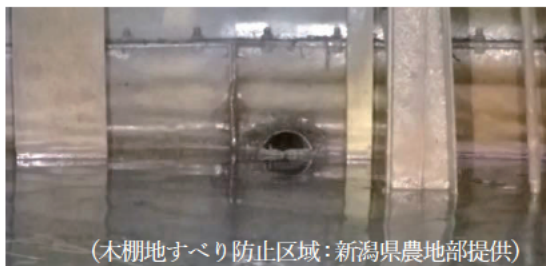


深度7.8m付近

(木柵地すべり防止区域：新潟県農地部提供)

集水管の閉塞状況、水面状況などが確認できる。

<同上の井筒>



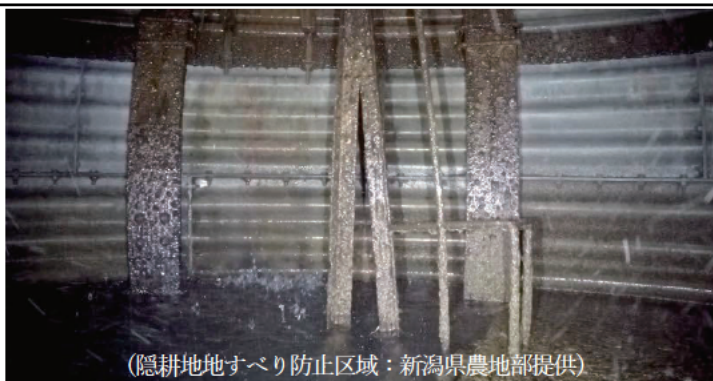
深度7.85m付近

(木柵地すべり防止区域：新潟県農地部提供)

水面状況、排水ボーリングが確認できる。

<同上の井筒>

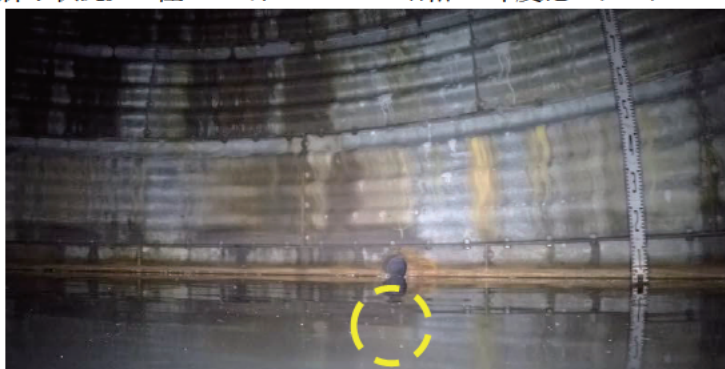
深度 15.5m 付近



(隠耕地地すべり防止区域：新潟県農地部提供)

水面状況、点検梯子状況。＜径 3.5m 深さ 20.0m 昭和 47 年度施工ライナープレート製の井筒＞

深度 4.5m 付近



水面状況、排水ボーリング状況。＜径 3.5m 深さ 5.5m 平成 24 年度施工ライナープレート製の井筒＞

特徴

- ・地表から安全に井戸内全体を点検できる。
- ・地表でタブレット端末を用いてカメラと Wi-fi 通信しながらリアルタイムで点検できる。
- ・GOPRO カメラにより動画を撮影し、パソコンでの作業により画像を切り取ることで鮮明な画像を得られる。また、撮影モードを切り替えることで写真も撮影できる。
- ・アルミ角パイプを連結・固定して撮影することで、撮影深度及び撮影方向を定められる。
- ・軽量なため山間地でも運搬が容易である。


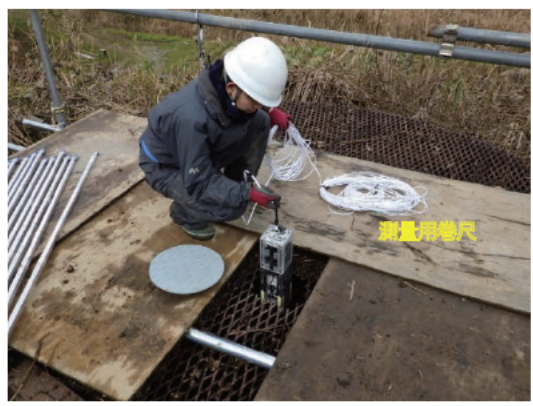

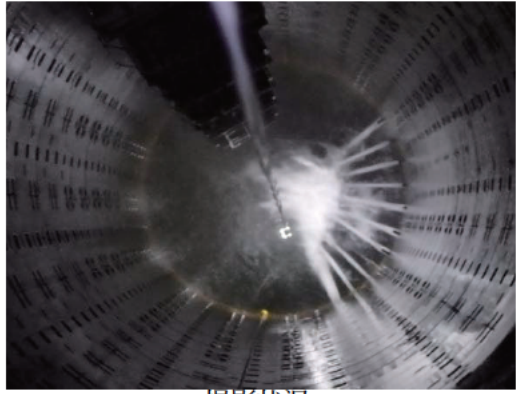
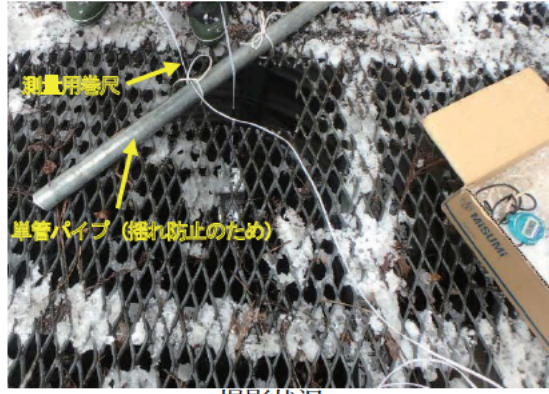
課題点

- ・事前に集水井天蓋中央付近に $\phi 200\text{mm}$ の穴を削孔する必要がある。
- ・集水井の深度が深くなると（概ね深度 20m 以上）、Wi-fi 通信の接続が不安定になり、タブレット端末の映像が途切れることがある（ただし動画撮影自体は継続しているので、カメラ回収後に映像を確認することは可能）。
- ・手でアルミ角パイプを連結して下ろしていくため、おおむね深度 40m 以上の深い集水井では点検の実施が困難である。
- ・アルミ角パイプはしなる、撮影深度が深くなるとカメラに揺れが生じるため、揺れが落ち着くまで待つ必要がある。
- ・集水量が多い集水井の場合、カメラのレンズに水滴が付着し、撮影に支障が出る。

参考文献

- ・砂防関係施設点検要領（案）（平成 26 年 9 月 24 日：国土交通省砂防部保全課）

2-2-6-2 株式会社キタックの点検機器その2

<p>概要 キタック2号機（吊り下げ式、360°撮影）</p>	
<p>開発時期 2016年10月～12月</p>	
 <p>カメラ本体</p> <p>KODAK PIXPRO SP360 4K</p>	 <p>カメラをセットし、井内に下ろす</p>
<p>撮影部の概要</p>  <p>ライト</p> <p>ライト</p>	 <p>撮影状況</p>
 <p>撮影状況</p> <p>測量用巻尺</p> <p>単管パイプ（揺れ防止のため）</p>	<p>撮影状況</p>
<p>主な使用機材</p> <p>撮影部：・全方位カメラ（KODAK 社 PIXPRO SP360 4K、有効画素数 1240 万画素、完全防水ではない）</p> <p>・照明用 LED ライト（面発光 LED ライト 8 枚、光量 700 ルーメン×8 枚=5600 ルーメン）をカメラ脇にセット</p> <p>・動画の撮影を行う。連続 3.5 時間の記録ができる。</p> <p>昇降機：・測量用巻尺を用いてカメラを井内に下ろしていく。</p> <p>・単管パイプ（巻尺を下ろす際に単管パイプを支点として下ろすことで揺れを防止する）</p>	
<p>使用方法</p> <p>・事前に集水井天蓋中央付近に φ200mm の穴を削孔する。</p> <p>・中央付近の穴を利用し、測量用巻尺と接続したカメラを井内に下ろす（この時点で撮影を ON にしておく）。</p> <p>・深度 1m 毎に、①10 秒程度静止させて撮影→②1m 下にカメラを下ろす、という作業を繰り返し行い、天端付近から水面付近までを撮影する。</p> <p>・撮影深度は巻尺で把握する。事前に水面深度を計測しておくことで水没を防止する。</p>	

使用結果・事例

深度38.8m 付近



(小滝地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

集水管からの集水状況が確認できる。<径4.0m 深さ41.5m 平成4年度施工コンクリート製の井筒>

深度54.0m 付近



(小滝地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

タラップ踊り場の状況、集水管の閉塞状況、排水ボーリング、上方集水井からの排水ボーリング出口が確認できる。
<径4.0m 深さ57.0m 平成4年度施工コンクリート製の井筒>

深度43.5m 付近



(小滝地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

集水管の閉塞状況、水面状況が確認できる。

<径4.0m 深さ46.25m 平成17年度施工コンクリート製の井筒>

深度44.0m 付近



(小滝地すべり防止区域：新潟県土木部提供)

水面状況、排水ボーリング状況、タラップ状況。 <同上の井筒>

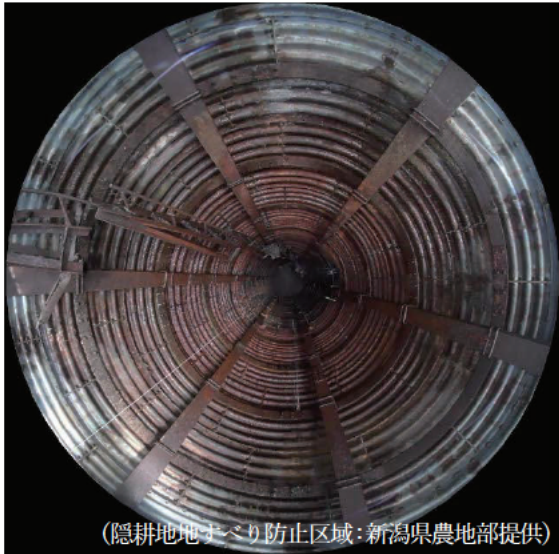
深度 7.0m 付近



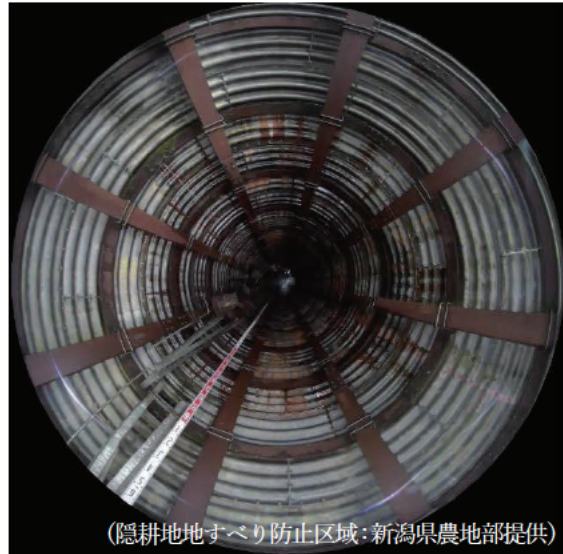
(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)

トラップ踊り場の状況、集水管の閉塞状況などが確認できる。

<径 3.5m 深さ 20.0m 昭和 47 年度施工ライナープレート製の井筒>



(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)



(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)

井内状況。全方位カメラで撮影。

<左: 径 3.5m 深さ 15.0m 昭和 48 年度施工ライナープレート製の井筒>

<右: 径 3.5m 深さ 20.0m 昭和 47 年度施工ライナープレート製の井筒>

深度 14.0m 付近



(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)

水面状況、排水ボーリング状況、トラップ状況。

<径 3.5m 深さ 15.0m 昭和 48 年度施工ライナープレート製の井筒>

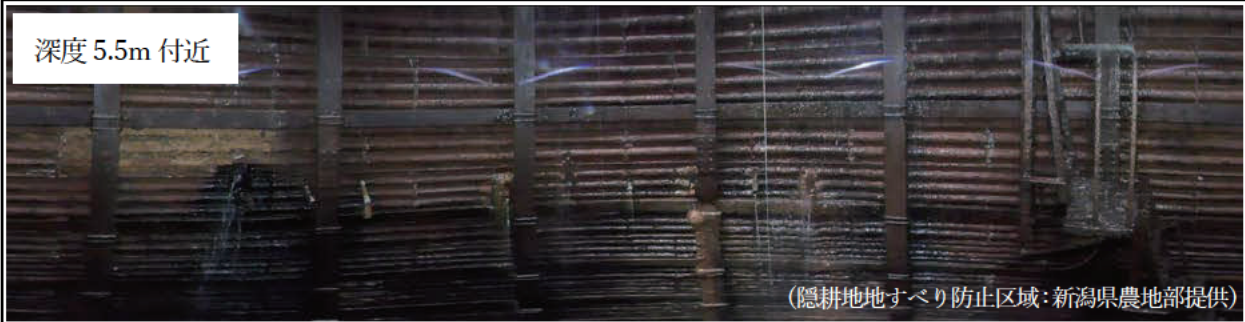
深度 4.0m 付近



(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)

トラップ状況。 <径 3.5m 深さ 20.0m 昭和 47 年度施工ライナープレート製の井筒>

深度 5.5m 付近



(隠耕地地すべり防止区域:新潟県農地部提供)

集水管の閉塞状況、点検梯子状況。

<径 3.5m 深さ 15.0m 昭和 48 年度施工ライナープレート製の井筒>

特徴

- ・地表から安全に井戸内全体を点検できる。
- ・全方位を一度に動画撮影でき、効率的に点検できる。
- ・簡易、安価、軽量で誰にでもできる撮影方法。
- ・機材は軽量、コンパクトで機動性に優れる。
- ・巻尺により任意の位置での撮影を行える。
- ・深度 40m 以上の深い集水井でも使用可能である。実績の最大深度は 60m。
- ・パソコンに「PC SOFTWARE For PIXPRO SP360 4K」(無償)をインストールすることで、動画を編集することができる。

課題点

- ・事前に集水井天蓋中央付近に $\phi 200\text{mm}$ の穴を削孔する必要がある。
- ・展開写真にするとゆがみがみられる。
- ・詳細に点検するには画質が粗い。
- ・吊り下げ式のため、カメラの揺れを完全に制御することはできない。
- ・集水量が多い集水井の場合、カメラのレンズに水滴が付着し、撮影に支障が出る。
- ・タブレット端末を用いた Wi-fi 通信によるリアルタイムな点検には対応していない。改良により、対応可能する必要がある。

参考文献

- ・砂防関係施設点検要領(案)(平成 26 年 9 月 24 日:国土交通省砂防部保全課)

2-3 各社の点検機器の整理

集水井内部の撮影や計測に用いる各社の点検機器を整理すると、以下の4種類に区分される。

- 1) 360度カメラ
- 2) ビデオカメラ
- 3) デジタルカメラ
- 4) 3D レーザスキャナ

それぞれの機器の特徴を表2に、スペックを表3に示す。各機器の長所・短所は次のとおりである。

1) 360度カメラ

集水井内部の周囲を360度で撮影して記録が可能であるが、映像の歪みや画質の粗さ、映像の加工に難があるなどの欠点がある。

2) ビデオカメラ

被写体に正対して動画を撮影することから、映像に歪みがなく撮影した映像の加工や撮影時のズームにも対応が可能である。しかし、ビデオカメラは被写体に正対させるにはカメラを回転させる必要があり、吊り下げ方法が大掛かりになるといった欠点がある。

3) デジタルカメラ

ビデオカメラとほぼ同じ特徴を有し、撮影記録として残るデータがビデオカメラは映像で、デジタルカメラは画像である点が異なる。なお、両者は記録したデータの用途の違いによって使い分けられ、複数枚の写真から撮影した対象の形状を復元する技術である SfM (Structure from Motion) の解析によって 3D モデルや展開写真を作成でき、詳細なデータを取得することが可能である。

4) 3D レーザスキャナ

集水井の部材の更新など施設の維持管理上の対策を設計する際に活用できる詳細な計測データを取得可能であるが、他のカメラ機器に比べて高価で、専用の固定治具を用いて計測するため、機器を吊り下げる方法が大掛かりになる欠点がある。

以上のとおり、集水井内の撮影や計測に用いる機器には各種の長所・短所があるが、取得する画像の観点で区分すると、360度カメラを用いた技術とそれ以外の機器（ビデオカメラ、デジタルカメラ、レーザスキャナ）を用いた技術に大別することができる。360度カメラを用いた技術は、集水井内の概況を簡単に把握することに向いているが、取得した映像の質の問題から詳細な点検には不向きである。それ以外の機器を用いた技術は、詳細な画像や計測データが取得可能で詳細な点検に向いているが、取得したデータの質を担保するために撮影や計測が大掛かりになる傾向がある。

これらの特徴を踏まえて、以降は360度カメラを用いた機器を「概略点検機器」、それ以外の機器を「詳細点検機器」と称することとする。概略点検機器を用いた場合は、概ね目視点検程度の概況把握が可能で、定期点検であれば十分にその役割を果たすことが可能である。詳細点検機器を用いた場合はさらに一歩進んだ撮影や計測が可能で、詳細点検にも利用することができるが、表2のとおり吊り下げの方法やコスト面などの課題が残されており、必ずしも全ての詳細点検項目に対応できるわけではない。

表2 集水井内部の撮影・計測に用いる機器の特徴

カメラ、計測機器の種類	カメラ、計測機器の特徴	機種		
		メーカー	製品名	
360度カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・吊り下げだけで簡単に井筒周囲360度を動画撮影できる。 ・吊り下げ方法は手で吊り下げる簡易な方法から専用の昇降装置を用いる大掛かりな方法まで様々。ただし、簡易な方法ほど揺れの問題が生じる。 ・撮影した映像に歪みが生じる。 ・撮影した映像の画質が粗い。 ・撮影した映像の加工がしにくい。 ・ズームできない。 ・静止画を撮影しにくい。 	(株)建設技術研究所	KODAK	PIXPRO SP360
		(株)興和		
		(株)キタック	KODAK	PIXPRO SP360 4K
		土木研究所		
ビデオカメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・被写体に正対して動画を撮影することから、映像に歪みがない。 ・撮影した映像の加工ができる(撮影した動画の画像から展開図を作成できる)。 ・ズームできる。 ・被写体に正対させるためにカメラを回転させる機構が必要であり、吊り下げ方法が大掛かりになる。 	(株)興和	JVC	GZ-RX680
		日鉄建材(株)	Sony	HDR-CX590V
デジタルカメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・被写体に正対して静止画を撮影することから、画像に歪みがない。 ・撮影した画像の加工ができる(SfM解析等によって、井戸内の詳細な3Dモデルや展開図を作成できる)。 ・ズームできる。 ・被写体に正対させるためにカメラを回転させる機構が必要であり、吊り下げ方法が大掛かりになる。 	国土防災技術(株)	RICOH	GR II
		(株)キタック	GoPro	HERO4
3Dレーザスキャナ	<ul style="list-style-type: none"> ・3Dの定量的な計測データを取得でき、設計への反映など用途が幅広い。 ・計測には専用の固定治具が必要であり、吊り下げ方法が大掛かりになる。 ・高価 	日鉄建材(株)	Z+F	IMAGER 5006

表3 集水井内部の撮影・計測に用いる機器のスペック

カメラ、計測機器の種類	機種		イメージセンサー			レンズ			スペック		最大記録画素数 (360度カメラ)	防滴/防水性能	高落下機能	防塵機能	耐低温機能			
	メーカー	製品名	タイプ	有効画素数	総画素数	焦点距離	35mmフィルム換算	光学ズーム	画角	撮影範囲								
360度カメラ	(株)建設技術研究所	KODAK	PIXPRO SP360	1/2.3"型 (CMOS)	1636万	1752万	0.805mm	無し (固定焦点)	214°	50cm~∞	1440 × 1440 30fps	JIS/IEC保護等級 IPX5 (本体)	高さ2mまで(レンズカバー付)	JIS/IEC保護等級 6級 (IP6X)	-10°C			
				(株)興和	KODAK	PIXPRO SP360 4K	1/2.3"型 (CMOS)	1240万	1263万	0.85mm	無し (固定焦点)	235°	50cm~∞	2880 × 2880 30fps	JIS/IEC保護等級 IPX5 (本体)	高さ2mまで(レンズカバー付)	JIS/IEC保護等級 6級 (IP6X)	-10°C
							土木研究所	JVC	GZ-RX680	1/5.8"型 (高感度裏面照射CMOS)	220万	251万	2.9~116.0mm	40倍	46.3~1.2°	不明	JIS/IEC保護等級 IPX3/IPX6 (本体)	高さ1.5mまで
ビデオカメラ	日鉄建材(株)	Sony	HDR-CX580V	1/3.91型 "Exmor R" CMOS センサー	502万	543万	2.9~34.8mm	光学12倍(デジタル160倍) エクスアフレテッド20倍	ワイドコンバージョンレンズ 使用 (VCL-HGA07B)	不明		なし	なし	なし	なし			
デジタルカメラ	国土防災技術(株)	RICOH	GR II	-	約1620万	約1690万	18.3mm	-	-	0.3m~∞		なし	なし	なし	-			
				(株)キタック	GoPro	HERO4	1/2.3"型 (CMOS)	1200万	1200万 (4000 × 3000 ドット)	広角視野角: 17.2mm 中間視野角: 21.9mm 狭角視野角: 34.4mm	広角視野角: 34.4mm 中間視野角: 43.8mm 狭角視野角: 68.8mm	垂直面角: 37.2° ~ 94.4° 水平面角: 64.4° ~ 122.6° 対角面角: 73.6° ~ 149.2° (撮影の状況により変わります)	20cm~∞	40m	メーカー非公開	メーカー非公開		
3Dレーザースキャナ	日鉄建材(株)	Z+F	IMAGER 5006	レーザークラス クラス3R	高さ精度 1mm	水平精度 1mm	レーザースキャナスペック ビーム径 0.22mrad	スキャン角度 310° (垂直) 360° (水平)	レーザの波長 可視光									

なお、概略と詳細の点検機器で取得したデータの質を向上させるためには、撮影や計測の条件として、撮影時に集水井の内部の明るさを確保するための照明や、点検機器の吊り下げ方法、点検機器の回転や振動の抑制方法、点検機器の防水対策が重要な要素となり、それぞれに各社の点検機器に創意工夫が盛り込まれている。各社の点検機器の使用条件を整理した結果は表4と表5のとおりである。

撮影時の条件のうち、集水井内部の明るさを確保する照明機器は取得データの質に大きく関わることから、特に重要な項目として考えられる。360度カメラを用いた場合は、死角を生じないように全方位に光を照射するランタン型の照明機器を使用することが多いが、ビデオカメラやデジタルカメラを用いた場合は撮影方向が限定されることから、特定の方向だけに光を照射する投光器型の照明機器がよく用いられる。より良いデータを取得するためには、点検機器に用いるカメラの種類によって照明機器を適切に使い分けることが重要であると考えられる。

なお、撮影や計測に用いる機器や撮影・計測の条件は、データを取得する目的や意図に大きく依存するため、照明機器と同じく適切に使い分けることが重要である。

表4 集水井内部の撮影・計測の条件（照明）

カメラ、計測機器の種類		機種		撮影・計測条件			
		メーカー	製品名	照明			
				メーカー	製品名	明るさ	光の当て方
360度カメラ	(株)建設技術研究所	KODAK	PIXPRO SP360	GENTOS	EX-000R	1000ルーメン	LEDランタンにより、360度均等に光を照射
	(株)興和			panasonic	LDA7NGZ 60ESW2	810ルーメン	全方向(260°)配光電球型LED(60W相当)を120度ごとに3基配置し、カメラ上方より360度均等に光を照射
	(株)キタック	KODAK	PIXPRO SP360 4K	オリジナル 製作品	オリジナル 製作品	4500ルーメン	面発光LEDライト8枚により、360度均等に光を照射
	土木研究所			GENTOS	EX-000R	1000ルーメン	LEDランタンにより、360度均等に光を照射
ビデオカメラ	(株)興和	JVC	GZ-RX680	KDS	KWG35	780ルーメン	撮影方向のみに光を照射
				なし	なし	なし	なし
	日鉄建材(株)	Sony	HDR-CX590V	現地調達のため不明			任意の深さでタラップに括り付け、下向きに照射
				GREATTO OL	GTLSEFD- 32×2	3600ルーメン	ロープで投光器を吊下げて坑内を照射
デジタルカメラ	国土防災技術(株)	RICOH	GR II	LOE	LE-120Y	1500LM	撮影方向のみに光を照射
	(株)キタック	GoPro	HERO4	Knog	QUDOS	400ルーメン	撮影方向のみに光を照射
3Dレーザスキャナ	日鉄建材(株)	Z+F	IMAGER 5006				

表5 集水井内部の撮影・計測の条件（吊り下げ方法、回転や振動の抑制方法、防水対策）

カメラ、計測機器の種類		機種		撮影・計測条件		
		メーカー	製品名	撮影・計測機器の吊り下げ方法	撮影・計測機器の回転や振動の抑制方法	防水対策
360度カメラ	(株)建設技術研究所	KODAK	PIXPRO SP360	蓋の隙間、エキスパンドメタルの網目等に巻尺を通して吊り下げる。または、出入口に箱尺を固定しこれを通して巻尺を吊り下げる。	特別な装置なし。揺れが止まってからゆっくり下ろして撮影する。	SP360専用アクセサリ（防水ケース WPH01）により常温で水深60mまで対応。
	(株)興和			集水井出入口に2点固定の台座、専用架台を設置し、ワイヤーで吊り下げた撮影装置を井筒中心に配置し、昇降機によりカメラを上下させる。	吊り下げワイヤーとは別にLEDライト電源供給用コードを緊張させることにより、振動、回転を抑制している。	電源部は防水処理を施している。カメラは専用の防水ケースに収納する。
	(株)キタック	KODAK	PIXPRO SP360 4K	事前に集水井天蓋中央付近に削孔した点検孔より、カメラを測量用巻尺に連結させ、手動で上下させる。	測量用巻尺で吊り下げながら撮影を実施するため、完全に振動を制御できない。	カメラ本体は「JIS保護5級 IPX5」。カメラの電源供給部分は防水ではありません。カメラを水没させると故障の原因になります。
	土木研究所			集水井出入口に昇降機を固定してカメラを井筒中心に配置し、昇降機によりカメラを上下させる。	ジャイロ効果を利用したカメラ回転抑制器を併用する。カメラの吊り下げに幅広の巻尺を使用することで、揺れを抑制する。	カメラは専用の防水ケースに収納する。
ビデオカメラ	(株)興和	JVC	GZ-RX680	集水井出入口に2点固定の台座、専用架台を設置し、ワイヤーで吊り下げた撮影装置を井筒中心に配置し、昇降機によりカメラを上下させる。	吊り下げワイヤーとは別に電源・信号用コードを緊張させることにより、振動、回転を抑制している。	ライト、カメラはIP68相当の防水機能を有している。専用雲台は日常生活防水。
	日鉄建材(株)	Sony	HDR-CX590V	釣竿式の治具を点検孔から差し込み、リールを用いてカメラを昇降させる。 連結棒鋼先端に回転雲台を取り付け、雲台にビデオカメラを設置。棒鋼を連結して深度を調整。	なし 雲台を操作することで上下左右方向の調整が可能。天蓋部分に棒鋼の固定治具があるのでそこで深度を固定。	専用の防水ケース（SPK-HCH（SONY社製））に収納（可能な時には、集水管にカバー（小さいカラーコーン）を設置して、流入水が当たらないようにした。）
デジタルカメラ	国土防災技術(株)	RICOH	GR II	エキスパンドメタルに固定したロープに、専用治具（インターバル撮影を開始させたカメラと照明を固定）を吊り下げる。井外から手でロープを送り出し、治具を降ろしながら井壁を撮影していく。	ロープを二本釣りにして、過度の揺れを抑制する。	カメラは専用のカメラケースに収納する。
	(株)キタック	GoPro	HERO4	事前に集水井天蓋中央付近にφ200mmの穴を削孔しカメラ土台を固定。アルミ角パイプにカメラを連結させ、上下させる。	鉄製カメラ土台を手動で回転させ動画（静止画）を撮影する。アルミ角パイプを土台に万力で固定するため、振動を抑制できる。	カメラは専用の防水ケースに収納する。カメラは水深40m対応。ライトは水深40m対応。
3Dレーザースキャナ	日鉄建材(株)	Z+F	IMAGER 5006			

第3章 集水井点検機器の比較

3-1 集水井の点検項目

集水井の主な点検項目について、点検要領では表6のとおり示されている。集水井の構造は本体、集水管、排水管、安全施設の4つの部位に大別され、それぞれの部位で着目すべき損傷等が挙げられている。なお、集水管と排水管の着目すべき損傷等については、劣化・腐食、損傷・変形と閉塞に区分され、点検時の留意事項が示されている。集水井の点検ではこのような留意事項に注意しつつ、それぞれの部位の変状レベルを評価することが望ましい。集水井の各部位の変状レベルについて、点検要領では表7に示すとおり、a（損傷無し、あるいは軽微な損傷）、b（損傷あるが、機能・性能低下に至っていない）、c（機能・性能低下あり）の3段階の評価が求められている。

表6 集水井の主な点検項目（点検要領 p.23）

施設（種類）	部位	着目すべき損傷等	点検留意事項
抑制工 集水井工	本体	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> ● 効果が大きく、重要な集水井については、内部に入って損傷や変形の位置、規模、変形の方向を記録する。内部への立ち入り点検は、酸欠や有毒ガス、転落等の危険があるので、安全を確認してから行う。 ● 内部に入らない場合は、本体の損壊・破断・傾動の有無、湛水の有無、集水管孔口の状態に留意して目視点検する。 ● 集水管からの排水状況（量）を記録することが望ましい。（上記は各部位に共通） ● 本体の損傷・変形の状況について、位置、規模、変形の方向を記録する。特に、クラックの位置、変形方向等は、力の加わり方を推測する重要な情報となるので適切に記録する。 ● 経年変化による本体の腐食（鋼製部材）や劣化（コンクリート等部材）の状況について、位置、規模を記録する。
	集水管	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> ● 経年変化による集水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 ● 地すべり活動等による集水管の損傷・変形の状況を確認する。
		閉塞物の付着	<ul style="list-style-type: none"> ● 集水管孔口への閉塞物（鉄細菌、泥、藻類）の付着状況を確認する。
	排水管	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> ● 経年変化による排水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 ● 地すべり活動等による排水管の損傷・変形の状況を確認する。 ● 排水管の閉塞による湛水の有無を確認する。 ● 排水管の呑口と吐口の水量を比較する等の方法で、排水管からの漏出の有無を確認できる。
		閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ● 集水管孔口への閉塞物（鉄細菌、泥、藻類）の付着状況を確認する。
安全施設（点検用階段、天蓋、進入防護柵、扉、鍵等）	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> ● 施設の腐食・劣化、損傷・変形等の状況について確認する。 	

以上から、点検要領では集水井の4つの部位と、6つの着目すべき損傷等の項目を対象として、変状レベルを3段階で評価することが点検の基本とされている。

表7 部位あるいは部位グループの変状レベル評価と表記（点検要領 p.28）

変状レベル	損傷等の程度	備考
a	当該部位に損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該部位の性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態	
b	当該部位に損傷等が発生しているが、問題となる性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	
c	当該部位に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	

次に、集水井の各部位とその損傷状況について、点検要領による各部位の変状レベルの評価基準と、点検要領の項目に合わせて整理した斜面对策工維持管理実施要領の点検項目の抜粋を比較して表8に示す。なお、本共同研究では集水井内部の点検を対象としていることから、安全設備については点検用階段（タラップ）のみを対象とした。

点検の実務で活用されている斜面对策工維持管理実施要領では、それぞれの部位を対象としてより細かい点検項目が定められている。ただし、表8に記載されている斜面对策工維持管理実施要領の各項目では、定期点検において「可能であれば実施」という表現となっていて、全項目の点検が定期点検で求められているわけではないことに留意する必要がある。

表8 点検要領における各部位の変状レベルの評価基準と斜面对策工維持管理実施要領の点検項目
 (参考：点検要領 pp. 39, 40、斜面对策工維持管理実施要領 p. 146)

砂防関係施設点検要領 (案)				斜面对策工維持管理実施要領			
部位	着目すべき損傷等	変状レベル			種別、構造、材質等	劣化損傷の状況	点検項目
		a (損傷無し、軽微な損傷)	b (損傷があるが、機能・性能低下に至っていない)	c (機能・性能低下あり)			
本体	腐食・劣化、損傷・変形	○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形	○せん断等の損傷・変形が生じている ○本体の一部が腐食・劣化によって損壊している	○本体の大半が腐食・劣化、損傷・変形によって損壊している ○せん断等の損傷・変形によって、本体が破断している ○本体が傾動している	壁材 ライナープレート	損傷、変形	亀裂、破断、はらみ出し、曲げ、ずれ、傾倒
						変質、腐食	発錆、減厚、穿孔
					鉄筋コンクリートブロック	損傷、変形	亀裂、破断、はらみ出し、曲げ、ずれ、傾倒
						変質、腐食	発錆、遊離石灰、表面劣化
					補強リング	損傷、変形	亀裂、破断、はらみ出し、曲げ、ずれ、傾倒
					パーチカルスティフナー		
ラテラルストラット	変質、腐食	発錆、減厚、穿孔					
集水管	腐食・劣化、損傷・変形	○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形	○一部の集水管が破壊、閉塞している	○大半の集水管が損壊、閉塞している	塩ビ	損傷、変形	亀裂、割れ、破断
						変質、腐食	表面劣化、変色、ひび割れ
	鋼製	損傷、変形	亀裂、割れ、破断				
		変質、腐食	発錆、穿孔				
閉塞	○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	○大半の集水管に閉塞物が付着 (概ね孔口の25%以下) している ○集水された地下水等の排出が確認されている	○大半の集水管に閉塞物が多量に付着 (概ね孔口の25%以上) している ○閉塞し、地下水等の排出が止まっていると考えられる	塩ビ	閉塞	閉塞、目詰まり	
				鋼製	閉塞	閉塞、目詰まり	
排水管	腐食・劣化、損傷・変形	○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形 ○排水が確認されている	○損傷・変形によって排水管の断面が減少している ○腐食・劣化によって排水管に変形が生じている ○排水が確認されている	○腐食・劣化、損傷・変形によって排水管が損壊し、集水した水の漏出を生じている ○腐食・劣化、損傷・変形によって排水管が閉塞し、湛水を生じている	塩ビ	損傷、変形	亀裂、割れ、破断、折れ曲がり、ずれ
						変質、腐食	表面劣化、変色、ひび割れ
	鋼製	損傷、変形	亀裂、割れ、破断、折れ曲がり、ずれ				
		変質、腐食	発錆、穿孔				
閉塞	○閉塞物や土砂等による閉塞なし ○閉塞物や土砂等が孔口に少量付着 ○排水が確認されている	○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少 (概ね25%以下) ○排水が確認されている	○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少 (概ね25%以上) ○排水管が閉塞し、湛水を生じている	塩ビ	閉塞	閉塞、目詰まり	
				鋼製	閉塞	閉塞、目詰まり	
安全設備 (タラップ)	腐食・劣化、損傷・変形	○変状なし ○腐食・劣化、損傷・変形はあるが使用可能	該当なし	○腐食・劣化、損傷・変形によって使用できない、または、機能していない	タラップ	損傷、変形	亀裂、破断、曲げ、傾倒
						変質、腐食	発錆、減厚、穿孔

3-2 集水井の点検実績による点検機器の比較

表8と各社の集水井の点検実績、共同研究で議論を行った内容を参考として点検項目を整理し、集水井の各部位で点検を行う場合に用いる概略と詳細の点検機器について、点検対象の位置や規模(長さや面積など)が判別可能であるかの状況を整理した結果を表9に示す。この表から、点検機器を用いて集水井の本体や集水管、排水管、安全設備(タラップ)を対象とした判別状況はそれぞれ3-2-1~3-2-4のとおりである。

表9 各部位における点検項目の詳細と点検機器の判別状況

部位	種別、構造、材質等		劣化、損傷等	劣化、損傷等の状況	点検項目詳細	点検機器の判別状況 ○ 判別できる、△ ある程度判別できる、× 判別できない			
						概略点検機器		詳細点検機器	
						360度カメラ	ビデオカメラ	デジタルカメラ	3Dレーザスキャナ
本体	壁材	ライナープレート	損傷、変形	亀裂、破断	位置	○	○	○	○
					規模(幅、長さ)	△ 定量的評価は困難	○	○	○
			変質、腐食	発錆	位置	○	○	○	×
					規模(面積)	△ 定量的評価は困難	○	○	×
				穿孔	規模(厚さ)	×	×	×	×
					位置	○	○	○	○
	鉄筋コンクリートブロック	損傷、変形	亀裂	位置	○	○	○	○	
				規模(幅、長さ)	△ 定量的評価は困難	○	○	○	
	補強リング等	変質、腐食	発錆	位置	○	○	○	×	
				規模(面積)	△ 定量的評価は困難	○	○	×	
				その他接続金具等	損傷、変形	ボルト抜け	位置	△	○
	集水管	塩ビ・鋼製共通	損傷、変形	飛び出し、引き抜かれ	位置	○	○	○	○
程度					△ 定量的評価は困難	△	△	○ 飛び出しは可能。引き抜かれの程度は確認困難。	
閉塞			閉塞	3段階の閉塞規模(孔口面積)	△	○	○	○	
排水管	塩ビ・鋼製共通	損傷、変形、閉塞	湛水	水位	○	○	○	×	
安全設備(タラップ)	鋼製	損傷、変形	抜け、ぐらつき	有無	△ 抜けの有無は可能。ぐらつきは困難。	△	△	×	
		変質、腐食	発錆	規模(面積)	△ 定量的評価は困難	△	△	×	

3-2-1 本体

ライナープレート製の壁材を対象とした判別状況は次のとおりである。

- 1) 亀裂や破断の位置は、どの撮影・計測機器を用いても目視点検程度のレベルで判別が可能である。また、亀裂や破断の規模（幅、長さ）は、詳細点検機器では把握できるが、360度カメラでは定量的に把握することは困難である。
- 2) 発錆の位置は360度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラでは判別が可能であるが、3Dレーザスキャナでは判別できない。また、発錆の規模（面積）はビデオカメラ、デジタルカメラで把握が可能であるが、360度カメラでは定量的に把握することは困難で、3Dレーザスキャナでは把握できず、発錆の規模（厚さ）はどの撮影・計測機器を用いても把握できない。
- 3) 穿孔の位置は、どの撮影・計測機器を用いても判別が可能で、穿孔の規模（大きさ）は詳細点検機器では把握できるが、360度カメラでは定量的に把握することは困難である。

鉄筋コンクリートブロック製の壁材を点検した場合、亀裂の位置と規模（幅、長さ）は表9のとおりライナープレート製の壁材と同様で、詳細点検機器では判別が可能であるが、360度カメラで定量的に把握することは困難である。

補強リング等の発錆の位置及び発錆の規模（面積）に関する点検機器の判別状況については、表9のとおりライナープレート製の壁材と同様である。その他の接続金具等のボルト抜けの位置は、ビデオカメラ、デジタルカメラでは判別が可能であるが、360度カメラではその位置を詳細に判別することは難しく、3Dレーザスキャナでは判別できない。

以上から、集水井本体の劣化や損傷等の位置については、3Dレーザスキャナで発錆の位置が判別できないことを除けば、各点検機器で概ね点検の対象を判別できることが明らかとなった。点検機器を用いて集水井本体の劣化や損傷等の位置が判別可能であることは、機器を用いて定期点検程度の目視確認が可能であるということの意味し、地表からの遠隔点検によって定期点検程度の集水井本体の調査は可能であると評価される。

一方で、詳細点検で求められる異常箇所の幅や長さ、面積、厚さなどの定量的な評価に対する判別状況は点検機器により異なり、ビデオカメラやデジタルカメラでは概ね判別が可能であるものの、360度カメラでは画像が歪むために判別することが困難である。また、3Dレーザスキャナは亀裂や破断等の変状を判別可能であるものの、発錆は判別できないといった特徴がある。

《参 考》

ライナープレート製の壁材の腐食について、日鉄建材株式会社では独自に定めた腐食等級区分とその区分ごとの点数に基づいて、撮影した画像からライナープレート1枚単位について分類・点数付けを行い、集水井全体の健全度を評価する手法を提案している。集水井の展開写真及び壁材の腐食の等級分けを行った展開図、腐食等級区分の一例について、それぞれ図14～16に示す³⁰⁾。

また、同社は前記の腐食等級区分に関して、その信頼性を検討するために等級分けした各ライナープレートを対象として、残存する板厚を図17に示す3箇所で計測し、板厚の減少量と前記の腐食等級区分との関係を図18のとおり示している³⁰⁾。図18から判断すると、腐食等級区分が上がる(A→D)につれて板厚の減少量のばらつきが大きくなっており、画像から定量的な評価をすることは困難であるが、腐食等級区分と板厚減少量の最大値はある程度の相関が見られることから、詳細調査の要否を判断する一次診断として利用が可能であると考えられる。

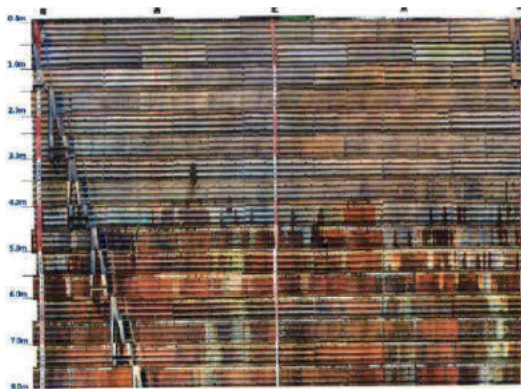


図14 集水井の展開写真

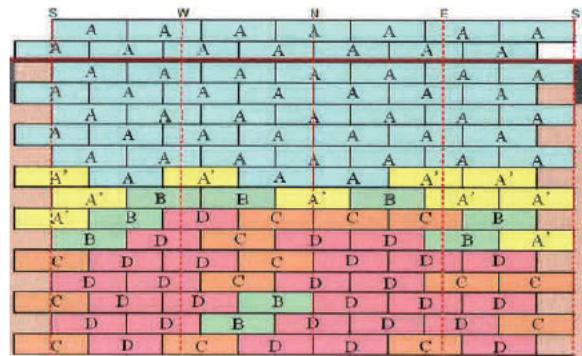


図15 壁材の腐食の等級分けを行った展開図

区分	写真(例)	区分	写真(例)
A	 錆なし	C	 全体の50～80%程度の面積に錆
A'	 水穴部のみ錆	D	 ほぼ全体(80%以上)が錆
B	 錆面積が全体の50%未満		

図16 腐食等級区分の見本

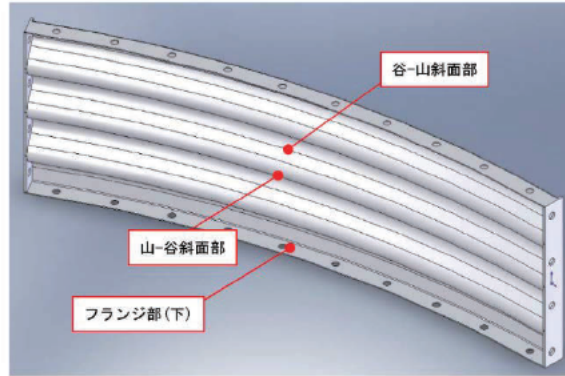


図 17 板厚の計測箇所

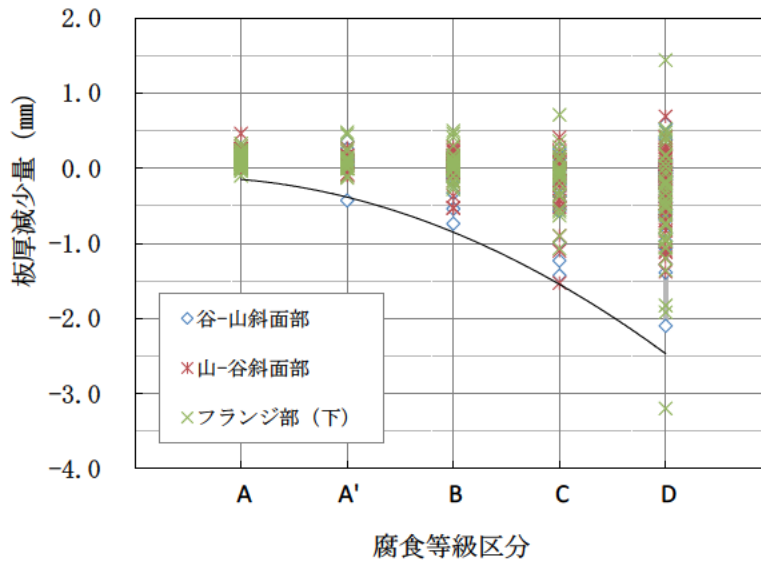


図 18 腐食等級区分と板厚の減少量

3-2-2 集水管

集水管を対象とした判別状況について、集水管の飛び出しや引き抜かれの位置は、どの撮影・計測機器を用いても判別が可能であるが、集水管の飛び出しや引き抜かれの変状（長さ）は、360度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラでは定量的に把握することは困難である。これは、飛び出しや引き抜かれの変状がカメラの撮影方向と同じ向きで、カメラに近づくあるいは遠ざかる向きに変状していることが原因である。しかし、3Dレーザスキャナを用いれば、飛び出しや引き抜かれの変状を把握することは可能である。

次に、集水管の閉塞状況は、孔口の閉塞した面積によって以下のとおり3段階に分類されている。

- ・変状レベルa：閉塞物の付着がない、あるいは少量のみの付着の場合
- ・変状レベルb：大半の集水管に孔口面積の概ね25%以下の閉塞物が付着している場合
- ・変状レベルc：大半の集水管に孔口面積の概ね25%以上の閉塞物が付着している場合

このような閉塞状況は詳細点検機器を用いると判別が可能であるが、360度カメラでは詳細な変状レベルを判別することは困難である。

以上から、集水管の劣化や損傷は概略点検機器を用いることで定期点検程度の調査は概ね可能で、詳細点検機器を用いれば詳細点検レベルの点検が可能であると評価された。

3-2-3 排水管

排水管は管そのものが突出していることは稀で、管自体の状態を評価することが難しい場合が多い。また、排水管孔口の閉塞状況は湛水の水面付近あるいは水面下での判断となるため、水の濁り具合や湛水の水位（深さ）に左右されるため、閉塞状況の評価が困難な場合が多い。このため、本共同研究では排水に異常がある状態（集水井が湛水している状態）であれば排水管が機能していないと判断し、集水井の湛水の水位を判断指標とし、その状況を点検機器で判別できるかを検討した。

その結果、排水管の異常による集水井内の湛水の水位は、360度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラを用いれば判別が可能であるが、3Dレーザスキャナでは判別できないことが判明し、撮影機器を用いて内部の状況を画像や映像で確認できれば、排水管の異常が判定可能であると評価された。

なお、本共同研究では湛水の原因が排水管の変形なのか、排水管の閉塞なのかといった状況を調査することまでは考慮しておらず、点検の範囲は湛水の有無までである。

3-2-4 安全設備（タラップ）

安全設備を対象とした判別状況について、タラップの抜けやぐらつきの有無は、360度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラといった撮影機器を用いれば、概ね判別すること可能である。ただし、ぐらつきの具体的な状況や、カメラの撮影方向と同じ向きでカメラに近づくあるいは遠ざかる向きの変状は判別が困難である。3Dレーザスキャナの場合は、タラップに大きな変状がある場合は可能であるが、通常は把握が困難である。

タラップの発錆の規模（面積）については、発錆の位置がタラップの上下面にある場合を除いて360度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラで概ね把握すること可能であるが、定量的な把握は困難である。3Dレ

ーザスキャナでは、発錆を把握することは困難である。

以上から、タラップの劣化や損傷については、360 度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラの撮影機器を用いれば概ね把握することができると評価されるが、タラップと井筒の接続部分はタラップの安定上で重要な箇所、この部分はカメラで撮影しにくいことから判断には注意を要する。また、水平方向に撮影するカメラでは撮影方向と足場の面が平行になることから、足場の上下面の状況が分かりにくい点に留意する必要がある。

第4章 集水井点検機器の技術的課題と今後に向けての提案

本共同研究の結果から、目視で確認する程度の集水井の定期点検では、点検機器を用いた遠隔点検の手法は安全性や効率性を考慮して非常に効果的な手法と考えられた。特に、概略点検機器は比較的簡易かつ低コストで導入可能な手法も考案されていて、集水井の内部の状況を簡単に確認できることから、今後は積極的に利活用を進めていくことが望ましい。一方で、集水井の変状の程度を定量的に把握することか求められる詳細点検では、現状では全ての詳細点検項目に対応することは困難であるが、詳細点検機器を用いて判別可能な点検項目もあることから、吊り下げ方法などの技術面やコスト面の課題がクリアできれば詳細点検機器の利活用も進めていくことが望ましい。

以上を総合すると、現状の集水井点検機器は定期点検を中心とした利用となるが、場合によっては詳細点検にも活用することができると評価され、今後の技術革新によって全ての詳細点検項目を点検することが可能な機器を開発することによって、点検レベルが大きく前進する可能性がある。公共施設の維持管理や点検は将来的に長期的な課題となることは必然であることから、集水井点検機器の適用性についての今後の考え方を次のとおり提案し、本共同研究のまとめとする。

集水井点検機器の適用性の考え方についての提案

●点検機器の仕様について

○撮影・計測部

- ・集水井の点検で用いる機器によって長所・短所があることから、点検の用途により機器を使い分けることが理想で、基本は概略点検機器と詳細点検機器の2種類を用意しておくことが望ましい。
- ・定期点検では、集水井内部の周囲を全周で撮影が可能な360度カメラを用いる手法が有効である。360度カメラは撮影した映像の画質が粗く、画像が歪むなどの欠点があるが、目視で確認する程度の撮影は可能で、撮影した画像をその場ですぐ確認できるなどの利点がある。なお、360度カメラの画質では細かな変状を確認できない場合は、ズーム付きカメラを回転台に載せてピンポイントで撮影する手法が有効である。
- ・詳細点検では、3Dモデルや展開写真を作成できるカメラを用いる手法が有効である。このようなカメラはコスト面から現状では定期点検での利用は難しいが、安価なカメラが開発できれば定期点検での利用も見込まれる。また、集水井内部の3Dモデルが作成できれば、井筒の傾倒や曲げ、はらみなどの変状の程度を定量的に把握することが可能である。なお、現状はコスト面で実用的ではないが、レーザスキャナを用いる手法も考えられる。
- ・湛水した集水井の点検では、撮影・計測部の水没を回避するために、事前に集水井の深さや湛水の水位を確認しておくことが望ましく、着水を検知する触針式水位センサーなどを点検機器に併設することも有効である。

○架台

- ・架台は概略と詳細の点検機器の取替えが可能なアタッチメント等を有する共通仕様が望ましく、場合によっては素手で撮影部を吊り下げるだけで利用できる形状であれば活用度が高い。
- ・撮影・計測部を吊り下げる際にラテラルストラットが障害となることがあるため、吊り下ろしの位置を調整できるような伸縮の機構を有する架台が望ましい。
- ・撮影・計測部を吊り下げた際の揺れの抑止には、100Vケーブルなどの太いケーブルを用いることや、コの字型の2点支持で吊り下げることが有効である。

●点検結果の整理方法について

- ・人が集水井の内部に立ち入る点検（立入点検）で撮影すると、画角が狭いために撮影した部分の位置情報が把握しにくいことが多い。360度カメラで撮影したパノラマ写真や、詳細点検機器で作成した3Dモデルや展開写真の場合、集水井内に巻尺等を下げて目印を入れることで、撮影した部分の位置情報が把握しやすくなる。また、巻尺の位置を撮影記録として残すことで、次回以降の点検でも巻尺を用いて同じ位置での撮影が可能である。
- ・集水井の立入点検では、井筒の曲げやはらみの状況を写真で残すのは困難であるが、詳細点検機器を用いて3Dモデルを作成することで、井筒の曲げやはらみの情報を取得することが可能で、3Dモデルによって位置が明確になり、時系列での比較が容易となる。
- ・コスト面の課題はあるが、集水井の経年変化の情報を詳細に時系列で記録するためには、集水井内部の展開写真を作成することが望ましい。

謝 辞

本共同研究の実施にあたり、資料を提供して頂いた国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所、関東地方整備局利根川水系砂防事務所、東北地方整備局新庄河川事務所、新潟県土木部、新潟県農地部、静岡県交通基盤部、岐阜県県土整備部、三重県県土整備部の関係者の皆様には多大なるご協力を賜りました。ここに記して厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)丸山清輝・安藤達弥・高橋正樹・飯田正巳 (2000) : 地すべり地における地下水排除施設集水管の目詰まりに関する調査, 土木技術資料, Vol. 42, No. 6, pp. 56 - 61.
- 2)丸山清輝・安藤達弥・飯田正巳 (2003) : 地下水排除施設集水管の目詰まりに関する検討, 地すべり, Vol. 39, No. 4, pp. 23 - 29.
- 3)小嶋伸一・佐藤宗吾・丸山清輝・武士俊也 (2004) : 簡易な水質調査法による地下水排除施設へのスライム付着可能性調査, 日本地すべり学会誌, Vol. 41, No. 4, pp. 67 - 70.
- 4)丸山清輝・石井靖雄・ハスバートル (2010) : 地すべり地における地下水排除工の閉塞の実態とその原因, 土木技術資料, Vol. 52, No. 2, pp. 32 - 35.
- 5)丸山清輝・石田孝司 (2015) : 地すべり防止施設集水管の閉塞防止器の開発, 土木技術資料, Vol. 57, No. 10, pp. 26 - 29.
- 6)岸智・河野剛士・浅野将人・森田健太郎 (2006) : 北陸地方の地すべりにおける水抜きボーリング工の目詰まりの実態と要因, 日本地すべり学会誌, Vol. 43, No. 4, pp. 1 - 8.
- 7)高橋直人・瀬川宏美・田崎和江 (2007) : 地すべり地の水抜きボーリング孔におけるバイオマットの形成, 地下水学会誌, Vol. 49, No. 2, pp. 115 - 137.
- 8)高橋直人・田崎和江 (2008) : 地すべりを反映する地下水、微生物、粘土の特徴, 粘土科学, Vol. 47, No. 3, pp. 168 - 177.
- 9)長倉都美樹・小松順一・山田孝雄 (2006) : 平根地すべりにおける集水井施設の維持管理事例, 日本地すべり学会誌, Vol. 43, No. 4, pp. 9 - 15.
- 10)鴨井幸彦 (2006) : 施工後の地下水排除工の現状と改善に向けた提案, 日本地すべり学会誌, Vol. 43, No. 4, pp. 25 - 30.
- 11)堀江四郎・三浦靖彦・瀬野孝浩・矢作和之・古城正明 (2006) : 地すべり防止施設修繕維持について〈防災メンテナンス工事〉, 日本地すべり学会誌, Vol. 43, No. 4, pp. 36 - 41.
- 12)全国地すべり・がけ崩れ対策協議会地すべり専門部会 (2007) : 地すべり防止施設の維持管理の手引き.
- 13)武士俊也・丸山清輝・小嶋伸一・安藤達弥 (2004) : 地すべり地の地表水・地下水排除施設の維持管理に関する研究, 土木研究所資料, 第3941号.
- 14)花岡正明・丸山清輝・小嶋伸一 (2005) : 地すべり地の地表水・地下水排除施設点検方法の検討, 土木研究所資料, 第3967号.
- 15)野呂智之・丸山清輝・中村明・ハスバートル (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.
- 16)丸山清輝・中村明・野呂智之 (2012) : 地すべり地における地表水・地下水排除施設の適正な維持管理にむけて, 土木技術資料, Vol. 54, No. 2, pp. 38 - 41.
- 17)インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 (2013) : インフラ長寿命化基本計画.
- 18)国土交通省 (2014) : インフラ長寿命化計画 (行動計画) .

- 19)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) .
- 20)国土交通省砂防部保全課 (2014)：砂防関係施設点検要領 (案) .
- 21)国土交通省 (2016)：河川砂防技術基準 維持管理編 (砂防編) .
- 22)一般社団法人斜面防災対策技術協会 (2016)：斜面对策工維持管理実施要領.
- 23)金澤瑛・丸山清輝・石田孝司 (2018)：集水井内観察カメラを用いた集水井点検手法, 地すべり研究, Vol. 62, pp.37-41.
- 24) 川俣英之・山部哲・川崎巧 (2017)：市販カメラによる集水井工内部の撮影事例, 日本地すべり学会誌, Vol.54, No.6, pp.35-40.
- 25) 井藤・山邊・齋藤・浅野・折谷・丸井 (2016)：芋川地区地すべりにおける集水井工内部点検カメラを用いた施設点検事例, 第55回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.159 – 160.
- 26) 株式会社 興和(2015)：立坑内の点検装置及び立坑内の点検方法 (特許6089069号)
- 27) 株式会社 興和(2017)：立坑内撮影装置及び立坑内点検装置 (特開2019-27142号)
- *上記特許資料については、特許情報プラットフォームにて閲覧可能
<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage>
- 28) 齊藤・喜田・山崎・土佐 (2017)：市販カメラを用いた既設集水井工の3Dモデルとシームレス展開写真の作成手法の開発, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, pp.756-757
- 29) 沖田・細貝・羽深・田中・大高・原田 (2014)：鋼製集水井施設における調査手法の確立について (その3)、平成 26 年度農業農村工学会大会講演会、公益社団法人農業農村工学会
- 30) 原田・岩佐・波戸元・渡辺・前島 (2014)：ライナープレート集水井の腐食調査及び診断方法, H26 年度学術講演会, 公益社団法人日本地すべり学会九州支部

参 考 资 料

砂防関係施設点検要領(案)

【抜粋】

平成26年 9月24日

国土交通省砂防部保全課

I 総説

I—3 点検及び健全度評価の手順

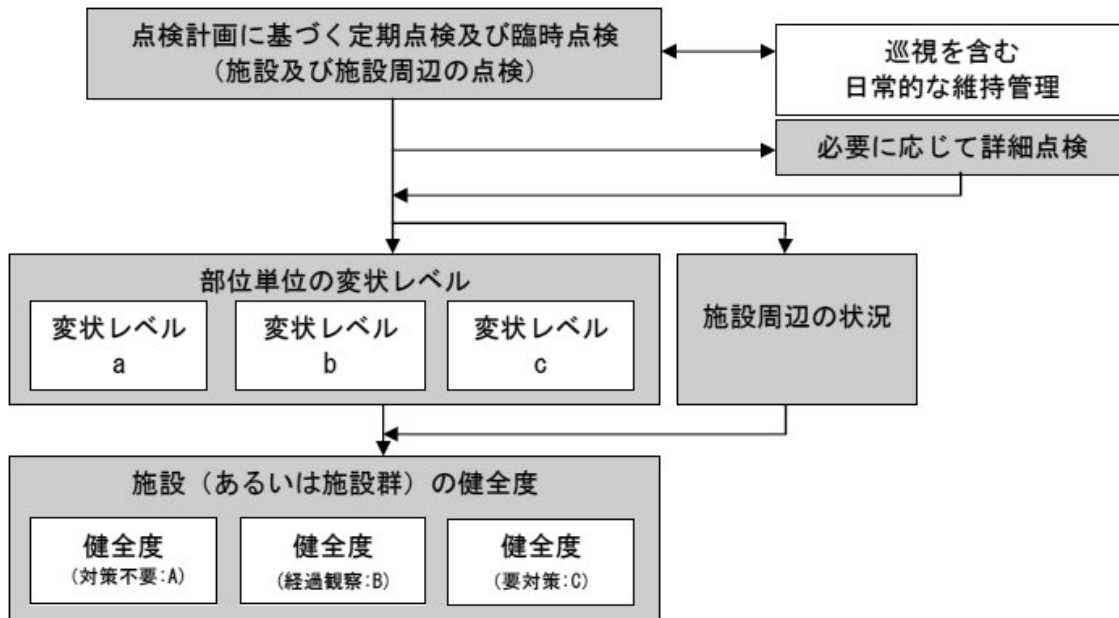
点検及び健全度評価は以下の手順に基づいて実施するものとする。

1. 定期点検及び臨時点検
2. 詳細点検（必要に応じて）
3. 部位単位の変状レベルの評価
4. 施設周辺の状況の評価
5. 施設（あるいは施設群）の健全度評価

【解説】

本点検フローは、本要領(案)における点検実施から施設の健全度を把握する一連の流れの基本を示したものである。

点検結果に基づく部位単位の変状レベルと施設周辺の状況から総合的に施設（あるいは施設群）の健全度を判断する。



I—4 用語の定義

本要領(案)で用いる用語の定義は以下による。

用語	用語の説明
点検	砂防関係施設の機能や性能の低下などの状況を把握するために行う調査のこと。点検は、定期点検(巡視を含む)、臨時点検及び詳細点検に分類する。
点検計画	施設の点検を的確かつ効率的に実施するための計画
定期点検 (巡視点検含む)	計画的に定めた一定の時期や期間毎に、砂防関係施設の機能の低下や性能の劣化などの状況を把握するために行う調査のこと。
臨時点検	豪雨や地震発生時等の不定期に、砂防関係施設の機能の低下や性能の劣化などの状況を把握するために行う緊急的な調査のこと。
詳細点検	定期点検(巡視を含む)、臨時点検では得られないより詳細な情報を得るために実施する調査のこと。
巡視	日常的な維持管理行為を為すために砂防関係施設を見まわること。
機能	砂防関係施設が土砂災害防止のために、有すべき施設の働きのこと。
性能	砂防関係施設が機能を発揮するために必要となる、構造上保持すべき強度、安定性等のこと。
施設の健全度評価	定期点検及び必要に応じて実施する詳細点検等の結果に基づき、個々の砂防関係施設の構造や材料の特性を踏まえた上で、機能の低下、性能の劣化状況および施設周辺の状況を把握し、その程度に応じて、砂防関係施設の健全性を評価することをいう。健全度評価基準に基づき、健全度の区分は次の3種類とする。
健全度 (対策不要：A)	当該施設に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該施設の機能の低下及び性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態。
健全度 (経過観察：B)	当該施設に損傷等が発生しているが、問題となる機能の低下及び性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、将来対策を必要とするおそれがあるので、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態。
健全度 (要対策：C)	当該施設に損傷等が発生しており損傷等に伴い当該施設の機能低下が生じている、あるいは当該施設の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態。
部位	構造や材料、位置によって区分される施設の構成パーツのことをいう。
部位の変状レベル	砂防関係施設の点検対象とする、施設の各部位の変状の程度をいう。
変状レベル a	当該部位に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、当該部位の性能の劣化が認められない状態をいう。
変状レベル b	当該部位に損傷等が発生しているものの、現状では対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態をいう。
変状レベル c	当該部位に損傷等が発生しており、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態をいう。
劣化	時間の経過に伴って進行する部材や材料の性能低下のこと。
損傷	劣化以外の原因により生じた部材や材料の性能低下のこと(出水・斜面変動や地震等に伴って生じたひび割れや剥離・破損等をいう)。
維持	砂防関係施設の機能や性能を確保するために行う日常的な作業のこと。
修繕	既存の砂防関係施設の機能や性能を確保、回復するために、損傷または劣化前の状況に補修すること。
改築	砂防関係施設の機能や性能を確保、回復すると共に、さらにその向上を図ること。
更新	既存の砂防関係施設を用途廃止し、既存施設と同等の機能及び性能を有する施設を、既存施設の代替として新たに整備すること。
災害復旧	砂防関係施設が災害により被災した場合に、被災した施設の原形復旧を行うこと。

II 砂防関係施設の点検

II—1 点検計画、種類、実施体制、実施時期及び点検の方法

2. 点検の種類

点検は、「定期点検」、「臨時点検」及び「詳細点検」から構成するものとする。

【解説】

点検は、施設の機能の低下状況の把握や、構造上の損傷の程度やその原因の特定を行うため実施するもので、具体的には、下記の3種類に区分する。

1) 定期点検

定期点検は、点検計画に基づき実施するものとし、目視点検を基本とする。

なお、砂防設備についての定期点検の点検項目は、「砂防設備の定期巡視点検の実施について(平成16年3月25日国河保第88号 土交通省河川局砂防部保全課長通達)」(以下、“平成16年通達”と略す)に示された「本体、構造物取付部、堆砂地を含む設備周辺等の漏水・湧水・ひび割れ・洗掘・亀裂・破損・地すべり等の有無、設備および施設に直接影響を与える周辺地域の状況」に準拠する。

2) 臨時点検

臨時点検は、原則として豪雨発生時や地震等が発生した流域等において事象の発生直後の出来るだけ早い時期に実施するものとし、定期点検に準じて目視による点検を基本とする。

なお、臨時点検の点検項目は「施設の損傷の有無や程度、被害の程度、設備および施設に直接影響を与える周辺地域の状況を、把握・確認すること」を基本とする。また、施設の重要性や地域性等を勘案して、重点的に臨時点検施設を定めることが有用と判断される場合は、別途臨時点検計画を定め運用することができる。

3) 詳細点検

定期点検や臨時点検において、その変状の状況をより詳細に把握する必要があると判断される場合や変状の原因把握が困難な場合に「詳細点検」を実施する。「詳細点検」は、機能低下や性能の劣化の状況を定量的に把握するために実施するものであり、必要に応じて詳細な計測を行うこととする。

(注)「巡視」について

維持管理のために実施される日常的な見回りは、本要領(案)では「巡視」として扱う。

平成16年通達では、定期(臨時)巡視点検として、「巡視」と「点検」を一体のものとして取り扱っているが、本要領(案)では、日常的な「巡視」と、定期・臨時・詳細の各「点検」とを区分して扱っている。

※参考：日常行われる維持管理については、長寿命化ガイドラインの、「第II編 砂防関係施設の長寿命化計画 3. 日常的な維持の方針」において示しているので参照のこと。

「定期点検」、「臨時点検」及び「詳細点検」のそれぞれの概要を次表に示す。

点検の種類と概要

点検の種類	目的	実施時期(頻度)	実施方法
定期点検	砂防関係施設の漏水・湧水・洗掘・亀裂・破損・地すべり等の有無などの施設状況及び施設に直接影響を与える周辺状況について点検する。	点検計画に基づき実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・目視点検等を基本とする。 ・点検結果は点検個票にそれぞれとりまとめる。 ・施設の種類ごとに点検項目を定めるものとする。
臨時点検	出水や地震時などによる砂防関係施設の損傷の有無や程度及び施設に直接影響を与える周辺状況を把握、確認する。	出水時や地震時などの事象の発生直後の出来るだけ早い時期に実施する。	定期点検に準ずる。
詳細点検	定期点検や臨時点検ではその変状の程度や原因の把握が困難な場合に実施する。	必要に応じて実施する。	必要に応じその状況に適応した計測、打音、観察などの方法で確認するものとする。

なお、特定テーマを定めて随時実施される点検は、本要領(案)の対象外とする。例えば、「砂防設備の安全利用点検の実施について(平成 14 年 3 月 25 日付河川局砂防部保全課長)」のような特定テーマの計画策定のための一斉点検等などは、その通知された点検内容に従って実施する。

5. 点検の方法

点検は、原則として徒歩で行うものとして、定期点検及び臨時点検については、施設の外観及び施設周辺の状況を目視により把握し、点検個票に記録する。

施設に異常が認められた場合（軽微なものは除く）は、必要に応じ、その状況に適応した計測、打音、観察などの方法で確認する。

【解説】

点検の際には、以下の点に注意して実施する。

- 1) 施設の異常の有無を目視確認し、記録することを原則とする。
- 2) 写真撮影の実施を原則とする。撮影に際しては、前回調査時の写真等と比較して状況変化が把握できるよう、同じような撮影角度・範囲等で撮影する。状況の変化が、把握し易いよう、できるだけ定位置からの撮影を行う。
- 3) 異常が認められた箇所における写真撮影では、変状の程度が分かるように、必要に応じてメジャー、ポール等を併用する。
- 4) 異常の状況に応じて、目視だけでなく、ハンマー等の簡易な器具を用いて状況を確認することが望ましい。
- 5) 目視で発見した異常に関しては、その位置情報を含め、把握した状況を点検個票に記録する。撮影した写真も同様に点検個票に添付する。その際、携帯 GPS や GPS 機能付きカメラの活用等により、作業の効率化を図ることが望ましい。
- 6) 異常が確認された箇所については、マーキングあるいは紙を打つなど測定ポイントを明確にして、経過観察が容易となるようにしておくことが望ましい。また、詳細点検においては、異常箇所の計測を行い、異常の程度に関して定量的な把握に努めるものとする。
- 7) 点検にあたっては、設計時の図面や前回の点検調査票等を携行し、劣化・損傷の形態と程度、それらの進行経過を、施設機能維持の観点から確認することが望まれる。
- 8) 点検にあたってはアクセス道路の状況など施設の立地条件、補修・補強をする場合の施工性など、今後の維持管理の参考になる内容についても、記述しておくことが望ましい。

Ⅱ—2 点検対象の施設と点検部位等

2. 地すべり防止施設等

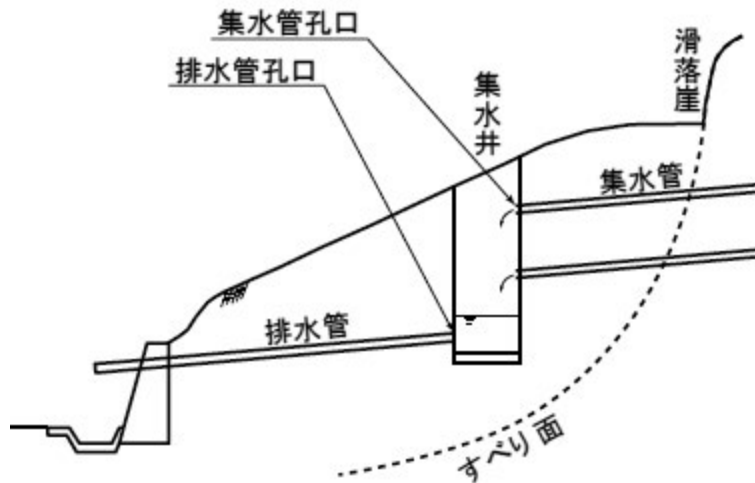
地すべり防止施設等とは、地すべり防止区域台帳(地すべり等防止法施工規則第十一条3項)に記載されている地すべり防止施設と、地すべり防止施設に影響を与える周辺状況を指す。

【解説】

地すべり防止施設とは、杭工、シャフト工、アンカー工、地表水排除工、集水井工、横ボーリング工、排水トンネル工、のり面保護工、河川構造物等のほか、管理用道路も含むものとする。

また、地すべり防止施設に直接影響を与える周辺状況についても点検の対象とする。

地すべり防止施設の部位については、「地すべり防止技術指針及び同解説(平成20年4月、国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所)」を参考とすること。



集水井工の部位

Ⅱ—3 点検項目等

1. 各施設に求められる機能と必要な性能

点検の際、対象とする部位に変状が認められた場合には、軽微であるかどうかを見極め、その変状を放置すると当該施設の機能や性能にどのような影響を与えるかを考慮することが必要となる。

このため、点検に従事する者は、各部位の点検に当たっては、当該施設に求められる機能と要求される性能を十分理解しておくことが必要である。

【解説】

主な施設に求められる機能と必要な性能の概略を、以下の表に示す。

2) 地すべり防止施設

施設区分	求められる機能	必要な性能
水路工	地すべりを抑制する機能	地すべり防止施設の安定性、強度など構造上の性能
横ボーリング工		
集水井工		
排水トンネル工		
排土工		
押え盛土工	地すべりを抑止する機能	
砂防堰提工、床固工、水制工、護岸工		
杭工、シャフト工		
アンカー工		
管理用道路	地すべり防止施設に至る道路の安全を確保する機能	車両が安全に通行できるための路盤等の強度を保持していること

3. 地すべり防止施設及び施設周辺状況等の点検

地すべり防止施設等の点検を行うにあたっては、劣化・腐食、損傷・変形等の原因とメカニズム、進行速度、機能や性能が低下した場合の問題点を推定しながら実施することが重要である。地すべり防止施設の機能や性能の低下の主な原因としては、経年劣化と地すべりの再滑動がある。このため、施設のみならず、周辺の状況についても点検の対象とする。

【解説】

地すべり防止施設等の主な点検項目を、以下の表に示す。

施設（種類）	部位	着目すべき損傷等	点検留意事項	
抑制工	横ボーリング工	孔口保護工、集水柵	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 目視点検によって可視部分の変状の有無を確認する 集水管からの排水状況（量）を記録することが望ましい。（上記は各部位に共通） 経年変化による鋼製部材の腐食やコンクリート等部材の劣化の状況を確認する。 地すべり活動等による孔口保護工や集水柵の損傷・変形の状況を確認する。
			土砂等の堆積	<ul style="list-style-type: none"> 集水柵への土砂や植物遺骸等の堆積の状況を確認する。
		集水管（横ボーリング）	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 経年変化による集水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 地すべり活動等による集水管の損傷・変形の状況を確認する。
			閉塞物の付着	<ul style="list-style-type: none"> 集水管孔口への閉塞物（鉄細菌、泥、藻類）の付着状況を確認する。
	集水井工	本体	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 効果が大きく、重要な集水井については、内部に入って損傷や変形の位置、規模、変形の方向を記録する。内部への立ち入り点検は、酸欠や有毒ガス、転落等の危険があるので、安全を確認してから行う。 内部に入らない場合は、本体の損壊・破断・傾倒の有無、湛水の有無、集水管孔口の状態に留意して目視点検する。 集水管からの排水状況（量）を記録することが望ましい。（上記は各部位に共通）
				<ul style="list-style-type: none"> 本体の損傷・変形の状況について、位置、規模、変形の方向を記録する。特に、クラックの位置、変形方向等は、力の加わり方を推測する重要な情報となるので適切に記録する。 経年変化による本体の腐食（鋼製部材）や劣化（コンクリート等部材）の状況について、位置、規模を記録する。
		集水管	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 経年変化による集水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 地すべり活動等による集水管の損傷・変形の状況を確認する。
			閉塞物の付着	<ul style="list-style-type: none"> 集水管孔口への閉塞物（鉄細菌、泥、藻類）の付着状況を確認する。
		排水管	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 経年変化による排水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 地すべり活動等による排水管の損傷・変形の状況を確認する。 排水管の閉塞による湛水の有無を確認する。 排水管の呑口と吐口の水量を比較する等の方法で、排水管からの漏出の有無を確認できる。
				閉塞
安全施設（点検用階段、天蓋、進入防護柵、扉、鍵等）	劣化・腐食、損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> 施設の腐食・劣化、損傷・変形等の状況について確認する。 		

Ⅲ 砂防関係施設の健全度評価

Ⅲ—1 健全度評価の考え方

施設の健全度評価は、定期点検及び必要に応じて実施される詳細点検等の結果に基づき、部位ごとの変状レベルを評価した上で（必要に応じ部位グループをまとめて変状レベルを評価する）、流域や当該地すべり地等の施設周辺の状況も踏まえ、施設あるいは施設群全体について総合的に健全度を評価する。

【解説】

部位または、部位グループ毎の変状レベルは a、b、c とするものとする。

個別施設の健全度の表記については、対策不要を A、経過観察を B、要対策を C とそれぞれ表現する。

部位あるいは部位グループの変状レベル評価と表記

変状レベル	損傷等の程度	備考
a	当該部位に損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該部位の性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態	
b	当該部位に損傷等が発生しているが、問題となる性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	
c	当該部位に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	

砂防関係施設の健全度評価と表記

健全度	損傷等の程度	表記
対策不要	当該施設に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該施設の機能の低下及び性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態	A
経過観察	当該施設に損傷等が発生しているが、問題となる機能の低下及び性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、将来対策を必要とするおそれがあるので、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	B
要対策	当該施設に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該施設の機能低下が生じている、あるいは当該施設の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	C

施設は多種にわたり、また、その構成材料も多様であることから、部位をおおまかに同じ工種ごとにまとめてグループ分けをして、その単位ごとの変状レベルを評価することが必要となる。

その上で、それらの各部位の変状レベルを総合的に考察するとともに、流域や地すべり地等の状況も踏まえ、施設全体としての健全度を評価する（なお、現場の条件によっては、個別の施設をさらに施設群としてまとめて、健全度を評価する場合もある）。

砂防設備等のそれぞれについて、部位ごとの変状レベルの評価単位の考え方について、以下に示す。

《p. 29》

2) 地すべり防止施設

地すべり防止施設は、一般には構造や構成材料の異なる工種が複雑に組み合わせられているほか、抑制や抑止機能を組み合わせて地すべりの防止を図っている。各単体施設の変状レベルを評価した後に、それぞれの機能と位置関係や規模を考慮して、工種毎にグループにまとめ、グループ毎に健全度を評価してもよい。

《p. 30》

Ⅲ—2 各施設における部位の変状レベルの評価

2. 地すべり防止施設の変状レベルの評価

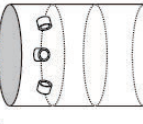
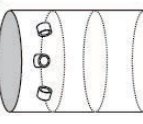

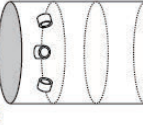
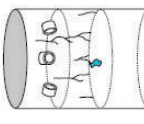
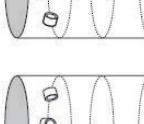

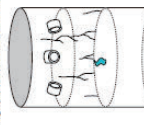

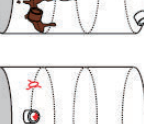

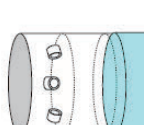
地すべり防止施設等の各部位の変状レベルの評価は、変状レベルに応じて次の通り評価する。

- a. 異常なし、または軽微な損傷
- b. 損傷があるが、機能・性能低下に至っていない
- c. 機能・性能低下あり


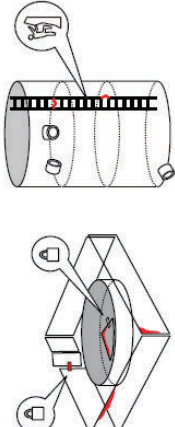

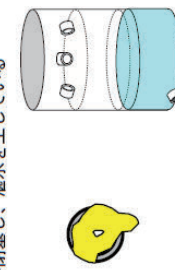
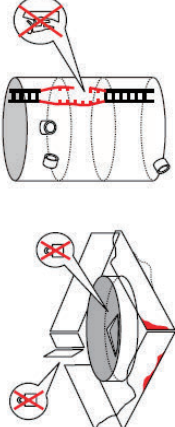
【解説】

地すべり防止施設等の各部位の変状レベルの評価基準は次の表を参考とする。

主な部位の変状レベルの評価基準 (集水井 1/2)

変状レベル	集水井			
	本体の腐食・劣化、損傷・変形	集水管の腐食・劣化、損傷・変形	集水管の閉塞物の付着	排水管の腐食・劣化、損傷・変形
a 軽微な損傷	<ul style="list-style-type: none"> ○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形 	<ul style="list-style-type: none"> ○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形 	<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 	<ul style="list-style-type: none"> ○変状なし ○軽微な腐食・劣化、損傷・変形 ○排水が確認されている 
b 損傷があるが、機能・性能低下に至っていない	<ul style="list-style-type: none"> ○せん断等の損傷・変形が生じている ○本体の一部が腐食・劣化によって損傷している 	<ul style="list-style-type: none"> ○一部の集水管が破壊、閉塞している 	<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) している ○集水された地下水等の排出が確認されている 	<ul style="list-style-type: none"> ○損傷・変形によって排水管の断面が減少している ○腐食・劣化によって排水管に変形が生じている ○排水が確認されている 
c 機能・性能低下あり	<ul style="list-style-type: none"> ○本体の大半が腐食・劣化、損傷・変形によって損傷している ○せん断等の損傷・変形によって、本体が破断している ○本体が傾動している 	<ul style="list-style-type: none"> ○大半の集水管が損壊、閉塞している 	<ul style="list-style-type: none"> ○大半の集水管に閉塞物が多量に付着 (概ね孔口の25%以上) している ○閉塞し、地下水等の排出が止まっていると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○腐食・劣化、損傷・変形によって排水管が損壊し、集水した水の漏出を生じている ○腐食・劣化、損傷・変形によって排水管が閉塞し、漏水を生じている 
評面の観点	<ul style="list-style-type: none"> ・集水不能や集水した水の漏出は、地下水位の上昇を上げさせる要因となり、地すべりの安定性の低下につながる。 ・地下水観測や地下水排除工の排水量観測のデータは、地下水排除工の健全度評価において有益な情報となる。 ・地すべり活動や浅いすべり等による本体の損傷・変形が進行すると、終局的には破断する。 ・本体の腐食・劣化、損傷・変形が進行し、本体が損壊すると、集水管が閉塞し、集水不能や集水した水の漏出が生じる恐れがある。 ・効果が大きく、重要な集水井については、内部に入って損傷や変形の位置、規模、変形の方向を記録する。内部への立ち入り点検は、酸欠や有毒ガス、転落等の危険があるので、安全を確認してから行う。 ・内部に入らない場合は、本体の損壊・破断・傾動の量を記録することが望ましい。 ・集水管からの排水状況 (量) を記録することが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・閉塞物によって集水管が閉塞すると集水不能を生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・集水井内で漏水が生じ、集水管が水没すると集水不能を生じる。 ・腐食・劣化、損傷・変形によって排水管が破壊すると、集水した水の漏出が生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経年変化による排水管の腐食 (鋼製) や劣化 (樹脂製) の状況を確認する。 ・地すべり活動等による排水管の損傷・変形の状況を確認する。 ・排水管の閉塞による漏水の有無を確認する。 ・排水管の呑口と吐口の水量を比較する等の方法で、排水管からの漏出の有無を確認できる。
点検留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・本体の損傷・変形の状況について、位置、規模、変形の方向を記録する。特に、クラックの位置、変形方向等は、力の加わり方を推測する重要な情報となるので適切に記録する。 ・経年変化による本体の腐食 (鋼製部材) や劣化 (コンクリート部材) の状況について、位置、規模を記録する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経年変化による集水管の腐食 (鋼製) や劣化 (樹脂製) の状況を確認する。 ・地すべり活動等による集水管の損傷・変形の状況を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・集水管孔口への閉塞物 (鉄細菌、泥、藻類) の付着状況を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経年変化による排水管の腐食 (鋼製) や劣化 (樹脂製) の状況を確認する。 ・地すべり活動等による排水管の損傷・変形の状況を確認する。 ・排水管の閉塞による漏水の有無を確認する。 ・排水管の呑口と吐口の水量を比較する等の方法で、排水管からの漏出の有無を確認できる。

主な部位の変状レベルの評価基準（集水井工 2/2）

変状レベル		集水井工		
	排水管の閉塞	安全設備（天蓋、防護柵、扉、鍵、階段、梯子等）		
a	<p>軽微な損傷</p> <p>○閉塞物や土砂等による閉塞なし ○閉塞物や土砂等が孔口に少量付着 ○排水が確認されている</p> 	<p>○変状なし ○腐食・劣化、損傷・変形はあるが使用可能</p> 	—	
b	<p>損傷あるが、機能・性能低下に至っていない</p> <p>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以下） ○排水が確認されている</p> 	<p>【該当なし】</p>	—	
c	<p>機能・性能低下あり</p> <p>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以上） ○排水管が閉塞し、湛水を生じている</p> 	<p>○腐食・劣化、損傷・変形によって使用できない、または、機能していない</p> 	—	
評価の観点		<ul style="list-style-type: none"> ・閉塞物によって排水管が閉塞すると集水不能を生じる。 ・効果が大きく、重要な集水井については、内部に入っている変形や変形の位置、規模、変形方向を記録する。内部への立ち入り点検は、酸欠や有毒ガス、転落等の危険がある中で、安全を確認してから行う。 ・内部に入らない場合は、本体の損壊・破断・傾動の有無、排水の有無、集水管孔口の状態に留意して目視点検する。 ・集水管からの排水状況（量）を記録する。 ・集水管孔口への閉塞物（鉄細菌、泥、藻類）の付着状況を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・損傷等が進行すると、関係者以外の侵入・転落による事故等の安全管理上支障をきたす。 ・点検用設備の損傷・変形、腐食・劣化が進行すると、点検実施に支障が生じる。 	—
点検留意事項		<ul style="list-style-type: none"> ・施設の腐食・劣化、損傷・変形等の状況について確認する。 	—	

4. 部位の変状レベルの確認・記録及び現場状況等の把握

変状が認められた場合には、その変状の生じた位置、規模や特徴を把握し、写真撮影等含めて適切に記録しておくものとする。

また、その変状の特性あるいは変状の進行度を把握することが必要である。

さらに、原因あるいはメカニズムをおおよそ考察しておく必要がある。このため、変状を起こした部位の現場条件を把握し、その部位を構成する材料特性も踏まえた上で、その変状が今後どのように推移するかを可能な範囲で推測しておくことが望ましい。

【解説】

変状は、その位置、規模(幅、長さ、深さ)や特徴を点検時におおまかに把握し、記録するとともに、あわせて写真撮影を必ず行う。

変状の特性(進行性か否か)、あるいは変状の進行度を見極めるためには、施工年度の確認、当該部位の既往の点検記録との照合が有効である。

変状の原因あるいはメカニズムを推測するためには、点検時に現場条件等を確認しておくことが必要となる。

また、中性化、塩害、アルカリ骨材反応などに起因するコンクリート部材の化学的劣化や侵食、鋼材等金属部材の腐食に対する耐食性など、部位を構成する材料の劣化特性を踏まえて、その部位のおかれた環境条件(気温変化、降積雪、凍結・融解などの気象条件など)にも留意して、変状の原因やメカニズムをおおまかに把握しておく必要がある。

点検者に係わらず、同一の変状レベルの評価結果が得られるように、最終的な各部位の変状レベルの評価の決定に当たっては、評価の客観性や技術水準を担保するために、技術知識や経験の豊富な技術者が統括しておくことが必要である。

2) 地すべり防止施設及び急傾斜地崩壊防止施設

施設に近接する斜面周辺に発生した亀裂、陥没、隆起、崩落、湧水等の変状の有無及び変状の発生した当該部位との位置関係などを確認しておくことが望ましい。

Ⅲ—3 健全度評価の留意点等

1. 施設の健全度評価に必要な点検の視点

施設の健全度評価に際しては、砂防関係施設の機能および性能が適切に維持されるかという視点が重要である。このため、現地での点検段階から施設及び施設周辺の状況の特性を十分理解した上で、点検を実施することが必要である。

【解説】

1) 施設点検時の心構え

この点検による「部位別変状レベル」は、施設全体の健全度を評価する上で重要な資料であり、その結果を基に、豊富な知識と経験を持つ技術者によって、健全度が評価されるのが望ましい。このため、点検に漏れがないよう、また的確に状況を把握するように努めて実施する。

2) 健全度評価に必要な点検の視点

(2) 地すべり防止施設

地すべり防止施設の健全度評価に際して、次のような視点を持って点検を実施し、施設の総合的な評価に反映させる。

① 当該地すべりブロックの斜面変動状況に関する視点

- 地すべりや斜面崩壊による変状が構造物や施設周辺の斜面に出現しているかどうか、また、現在の施設を計画した際に想定された地すべりブロックの範囲、規模、運動方向等が現状で変化していないかを確認する。
- 過去の地すべり調査や観測データ等と比較した現在の対象地すべり地域の変動状況の確認。
- 地すべり防止施設等に地すべりの再滑動による変状が生じていることが確認された場合は、地すべり対策の実施も視野に入れた詳細調査を速やかな実施が必要となる。

② 地すべり運動の抑制に大きく関係する地下水、地表水の排除・処理施設の機能確保の視点

抑制工に機能低下が生じた場合、機能の低下に応じて地すべりの安定度も低下していると考えられる。一般に、抑制工は地すべり対策において主要な工種となっているので、その重要性を勘案して評価を行う。

③ 排土工、抑え盛土工、河川構造物等の抑制工の変形・損傷等を確認する視点

④ 不可視部分の多い杭工、シャフト工、アンカー工の地中構造物の健全度を限られた情報から推定せざるを得ないという視点

抑止工に破壊が生じた場合、それが部分的なものであっても、破壊が周囲に拡大して全体の破壊に繋がる恐れがあることから、注意を要する。

⑤ 竣工後の経過年数と変状の進行程度から推定される実質的な劣化・損傷の速度あるいはその規模を考慮する視点

劣化・損傷の速度が大きいものや、その規模が大きいものについて、劣化・損傷が進んだ場合に地すべりブロックの安定について、どのような影響が考えられるか。

2. 健全度評価の留意点

健全度は施設の健全性を示すものであって、対策実施のための優先度評価とは異なることを認識した上で、砂防関係施設のそれぞれの機能及び性能の特性、設置された現場の条件等に留意して評価する。

【解説】

健全度の総合評価の留意点を示す。

3) 地すべり防止施設

- (1) 地すべり防止施設は、構造や構成材料の異なる工種が複雑に組み合わせられている上に、抑制や抑止機能という、それぞれ異質の機能を組み合わせて地すべりの防止を計っているため、それぞれの施設の目的を理解し、健全度を評価するものとする。
- (2) 地すべり防止施設の部位ごとの変状レベル、各単体施設の変状レベルを評価した後に、それぞれの機能と位置関係や規模を考慮して、工種毎にグループにまとめ、グループ毎に健全度を評価してもよい。

《p. 57》

3. 詳細点検対象となる施設の判別抽出

定期点検や臨時点検で設備および施設の機能あるいは性能に異常が発見された場合や、施設に直接影響を与える周辺地域に異常が発見された場合、目視点検等ではその異常の程度や原因の把握が困難と判断された場合には、「詳細点検」を実施することとなるが、「詳細点検」の対象施設の判別抽出に当たっては、その施設の重要度、保全対象との位置関係なども考慮して総合的に判断するものとする。

【解説】

詳細点検の対象となる施設の判別抽出(詳細点検の実施の緊急性の判断、着目点などの把握含む)に当たっては、砂防関係施設に関する技術的知識や経験の豊富な技術者が統括することが望ましい。

《p.79》

IV 参考資料

IV—1 砂防関係施設の部位の変状レベル(事例：写真)

2) 地すべり防止施設

主な部位の変状レベルの事例写真リスト (地すべり防止施設)

項目			NO
種別	部位	損傷形態	
集水井工	本体	腐食・劣化	地すべり-05
	本体	損傷・変形	地すべり-06
	集水管孔口	集水管の閉塞物の付着	地すべり-07
	排水管孔口	排水管の閉塞	地すべり-08
	安全設備	腐食・損傷	地すべり-09

主な部位の変状レベルの事例写真（地すべり-05）

施設区分	地すべり防止施設	施設名	集水井工	評価項目	腐食・劣化
適用区分	集水井工			部位	本体
要対策時 機能低下	無	要対策時 性能低下	有	要対策時 環境影響	無

変状レベル	健全度評価基準	参考事例
a (軽微な損傷)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○変状なし ○軽微な腐食・劣化 	 <p>集水井 内部</p>
b (損傷あるが、 機能・性能 低下に至って いない)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○本体の一部が腐食・劣化によって損壊している 	 <p>集水井 内部</p>
c (機能・性能 低下あり)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○本体の大半が腐食・劣化によって損壊している 	 <p>集水井 内部</p>

主な部位の変状レベルの事例写真（地すべり-06）

施設区分	地すべり防止施設	施設名	集水井工	評価項目	損傷・変形
適用区分	集水井工			部位	本体
要対策時機能低下	有	要対策時性能低下	有	要対策時環境影響	無

変状レベル	健全度評価基準	参考事例
a (軽微な損傷)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○変状なし ○軽微な損傷・変形 	 <p>集水井 内部</p>
b (損傷あるが、機能・性能低下に至っていない)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○せん断等の損傷・変形が生じている 	 <p>集水井 内部</p>
c (機能・性能低下あり)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○本体の大半が損傷・変形によって損壊している ○せん断等の損傷・変形によって、本体が破断している ○本体が傾動している 	 <p>集水井 内部</p>

主な部位の変状レベルの事例写真（地すべり-07）

施設区分	地すべり防止施設	施設名	集水井工	評価項目	集水管の閉塞物の付着
適用区分	集水井工			部位	集水管孔口
要対策時 機能低下	有	要対策時 性能低下	無	要対策時 環境影響	無

変状レベル	健全度評価基準	参考事例
a (軽微な損傷)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <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 	 <p>集水井 集水管孔口</p>
b (損傷あるが、 機能・性能 低下に至って いない)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <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）している ○集水された地下水等の排出が確認されている 	 <p>集水井 集水管孔口</p>
c (機能・性能 低下あり)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○大半の集水管に閉塞物が多量に付着（概ね孔口の25%以上）している ○閉塞し、地下水等の排出が止まっていると考えられる 	 <p>集水井 集水管孔口</p>

主な部位の変状レベルの事例写真（地すべり-08）

施設区分	地すべり防止施設	施設名	集水井工	評価項目	排水管の閉塞
適用区分	集水井工			部位	排水管孔口
要対策時機能低下	有	要対策時性能低下	無	要対策時環境影響	無

変状レベル	健全度評価基準	参考事例
a (軽微な損傷)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○閉塞物や土砂等による閉塞なし ○閉塞物や土砂等が孔口に少量付着 ○排水が確認されている 	 <p>集水井 排水管孔口</p>
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"> ○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね 25% 以下） ○排水が確認されている 	 <p>集水井 排水管孔口</p>
c (機能・性能低下あり)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね 25% 以上） ○排水管が閉塞し、湛水を生じている 	 <p>集水井 排水管孔口</p>

主な部位の変状レベルの事例写真（地すべり-09）

施設区分	地すべり防止施設	施設名	集水井工	評価項目	安全設備（腐食・損傷）
適用区分	集水井工			部位	井戸蓋・点検用階段・立入防止柵
要対策時機能低下	有	要対策時性能低下	有	要対策時環境影響	無

変状レベル	健全度評価基準	参考事例
a (軽微な損傷)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <p>○変状なし ○腐食・劣化、損傷・変形はあるが使用可能</p>	 <p>集水井 安全設備</p>
b (損傷あるが、機能・性能低下に至っていない)		
c (機能・性能低下あり)	<p>【定期点検・臨時点検結果】</p> <p>○腐食・劣化、損傷・変形によって使用できない、または、機能していない</p>	 <p>集水井 安全設備</p>

《p. 121》

IV—2 点検個票(例)

巡視点検等により把握された劣化・損傷等については、点検個票に記録する。点検個票は施設管理を行う上で重要であることから、的確に保管することが必要である。
また、劣化・損傷等の経年的な変化が把握できるよう整理することが望まれる。

【解説】

点検記録は、簡潔に施設ごと記録するための様式を定める必要がある。以下に点検記録個票例を示す。

2) 地すべり防止施設点検個票(例)

地すべり防止施設点検票(様式-1)

地すべり防止区域名: _____

点検日時: 20●●/●/●

点検者: _____

記入者: _____

河川名			所在地			所管事務所	
水系・山系	幹川名	河川名	溪流名	市・郡	区・町・村		字

諸元

告示年月日		地すべり防止区域面積	
-------	--	------------	--

位置図				写真			
東経		北緯					

点検総括

※CもしくはB評価を対象とする

対象施設	施設種別	評価※	評価した理由
地すべり防止施設			

総合判定	A B C
所見:	

《p. 127》

写真位置図(様式-2)

地すべり防止区域名: _____

点検日時: 20●●/●/●

点検者 : _____

記入者 : _____

諸元

告示年月日		地すべり防止区域面積	
-------	--	------------	--

写真位置図	
-------	--

集水・排水状況(コメント、観測値があれば観測値)	
--------------------------	--

周辺状況、アクセス等の現場条件	
-----------------	--

《p. 128》

写真帳(様式-3)

地すべり防止区域名: _____

点検日時: 20●●/●/●

点検者: _____

記入者: _____

諸元

告示年月日	地すべり防止区域面積
-------	------------

写真位置図	
写真NO.● タイトル コメント	写真NO.● タイトル
写真NO.● タイトル コメント	写真NO.● タイトル
写真NO.● タイトル コメント	写真NO.● タイトル

《p. 129》

進行性確認(様式-4)(評価C及びB判定施設)

地すべり防止区: _____

点検日時: 20●●/●/●

点検者: _____

記入者: _____

諸元

告示年月日	地すべり防止区域面積
-------	------------

構造物種別	損傷箇所	損傷内容	点検実施年度		経年変化に対するコメント
			平成●年(前回調査)	平成●年(今回)	
			評価:	評価:	
			評価:	評価:	
			評価:	評価:	
			評価:	評価:	
			評価:	評価:	

IV—3 写真記録方法

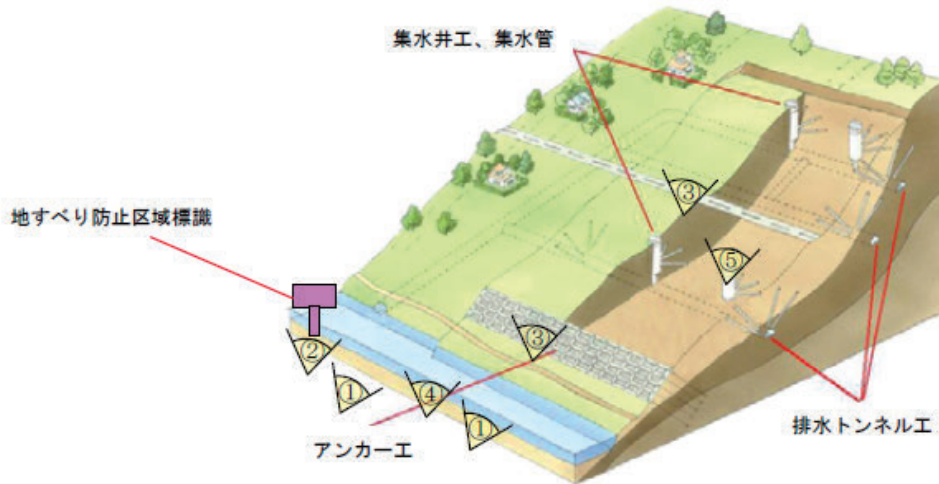
写真は、経年変化の把握確認のため、可能な範囲で前回と同じ視界になるように写真を撮影するものとする。

【解説】

写真の撮影の際には、以下の点に留意する。

- 1) 点検を実施した設備・施設、箇所、部位は写真を撮影し、記録に残す。
- 2) 砂防設備などの変状の経年変化を確認できるように、損傷等の有無にかかわらず定点から撮影することを原則とする。
- 3) 破損が確認できた場合は、破損箇所の状況や規模が確認できるよう、スケールを挿入して必要に応じてズームで撮影写真を追加する。
- 4) 写真は主に点検部位の撮影を対象とするため、撮影にあたっての樹木の伐採、除草作業は必要最小限とする。
- 5) 携帯 GPS や GPS 機能付きカメラの活用等により、作業の効率化を図ることが望ましい。

【地すべり防止施設の写真撮影位置および撮影にあたっての留意点(例)】



【写真撮影箇所番号】

番号	工種	撮影対象	撮影方法
①	共通	全景 ^{※1}	対象地すべりの全景を撮影する
②	共通	区域標識 ^{※2}	区域標識、略図を撮影する
③	集水井工、 集水ボーリング工	近景 ^{※3}	損傷部、代表箇所の近景を撮影する
④	アンカー工	近景 ^{※3}	損傷部、代表箇所の近景を撮影する
⑤	排水トンネル工	近景 ^{※3}	損傷部、代表箇所の近景を撮影する
⑥～	その他 ^{※3}	現地調査により確認された その他損傷部、近景を撮影する	

※1 樹林等障害物に遮断されて斜面および施設全景が撮影できない場合は、可能な範囲で撮影する。

※2 標識が見当たらない場合は、点検票に『標識なし』と記載する。

※3 損傷等が確認されない場合は、施設状況がわかりやすい任意の代表箇所で撮影する。

共同研究報告書
Cooperative Research Report of PWRI
No.508 June 2019

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754