

6.7. 全方位カメラを用いた集水井の内部調査(詳細な仕様説明は 10.3 に示す)

(1) 調査方法の概要

図 6-6 に示す全方位カメラをランタンの先に取り付け図 6-7 のような集水井の内部調査用カメラを作成する。この内部調査用カメラを集水井の天蓋からリボンロッドに取り付け、をつり下げ、集水井の内部動画を撮影する。得られた動画から集水、排水機能、補強リングの状態および植生などを把握する。



図 6-6 全方位カメラ

(2) 調査に必要な機材

調査に必要な機材を表 6-3 に示す。図 6-7 に内部調査カメラの概要を示す。内部調査カメラは市販品を組み合わせ作成できる。ランタンの先端に図 6-6 の全方位カメラを取付ける。取付けは、図 6-8 に示すように市販のアクセサリキットを使用する。全方位カメラの固定は両面テープを用いる。図 6-9 に水位計を示す。

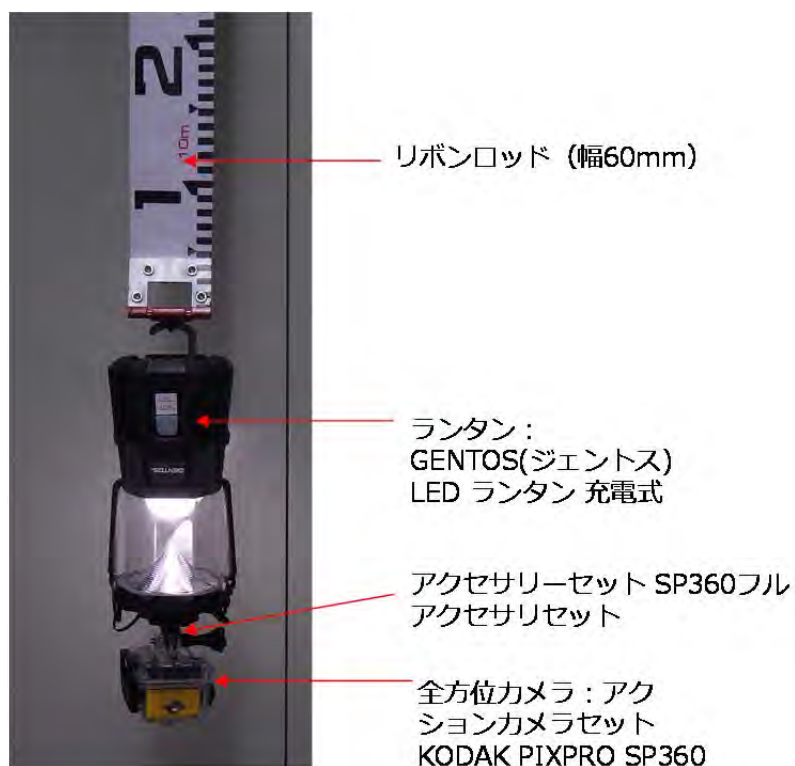


図 6-7 内部調査カメラの概要

両面テープではり、インシュロックで落下防止



図 6-8 ランタンへの全方位カメラの取付



図 6-9 水位計(ミリオン水位計 WL50M)

表 6-3 必要機材

機材	用途（備考）
内部調査用カメラ	内部調査
リボンロッド	カメラをつり下げるため
モニタ用タブレット	内部モニタ用
目印となるリボンロッド	深さ方向の距離の目印
水位計	ミリオン水位計 WL50M
懐中電灯	1000 ルーメン程度の強力なもの（例えば、GENTOS(ジェントス) LED 懐中電灯 GF-016RG)

(3) 調査方法

調査手順の概要を述べる．調査は必要に応じて落下防止器具を付けて行う．

- ①水位測定：最初に図 6-9 の水位計を用いて，天蓋から底および水面までの距離を計る．これは，水面までの距離を把握し，内部調査カメラの水没を避けるためである．水位計により，底を感知するのは難しいが，テープを細かく移動させ，手の感覚から底を探知する．



②目印用のリボンロッドの設置

集水井の深さの目印となるリボンロッドを集水井の内面に沿わせてたれ下げる（向きに注意）



③全方位カメラの準備（カメラ，ソフトの操作の詳細は 10.3 を参照）

(a) 全方向カメラの電源 ON

- ・ 黒いレンズカバーをはずして電源マークのボタンを押す.写真はレンズカバーが付いた状態.



(b) ランタンの電源 ON

- ・何回か押すと光量上がるので、最大光量にセットする



(c) iPad の電源 ON して、設定で WiFi を ON にする。1 回繋いでおけば自動で WiFi は接続する。

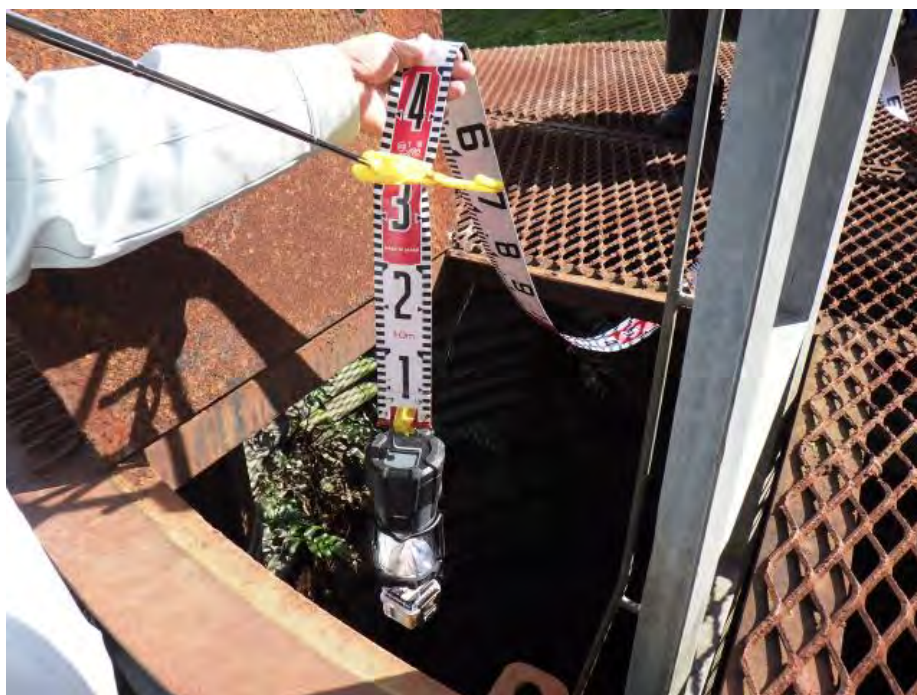
(d) 「PIXPRO SP360」を起動する。すぐにライブ動画が見える。撮影モードが「Panorama」になっていることを確認。あとは、つり下げ多後に録画ボタンを押すとボタンが赤くなり、録画中になる。もう一度ボタンを押すと録画終了。ソフトを終了するときには、iPad のホームボタンを 2 回押して、ホーム画面に戻り、「PIXPRO」の画面をスワイプして終了し、iPad 側面のボタンを押してスリープにする。

④内部調査用カメラの釣り込み：リボンロッドの先を集水井の蓋の間から差し込み入坑口から外に引っ張りだす。このとき、リボンロッドをたぐる引っ掛け棒があると便利。

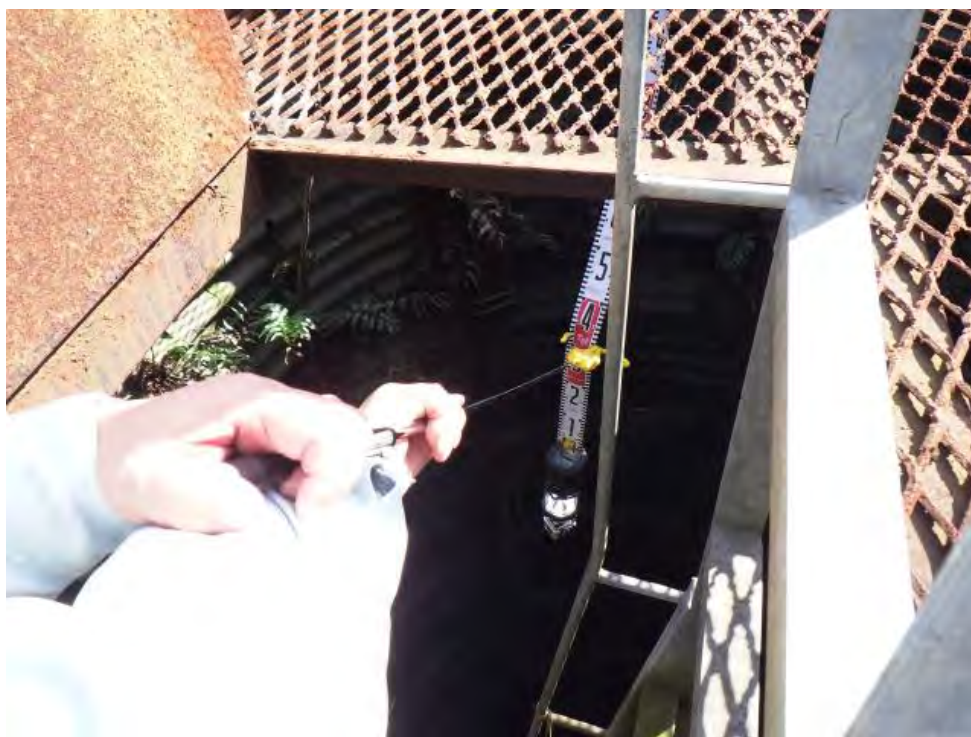


④内部調査カメラの釣り込み：リボンロッドの先に内部調査用カメラを結び、引っ掛け棒で慎重

に中央に吊す（レンズに傷をつけないこと）



⑤引っ掛け棒で慎重に中央に吊す（レンズに気をつけて）



⑥タブレットの動画録画ボタンを押す.



⑦内部探査カメラを降下させる。

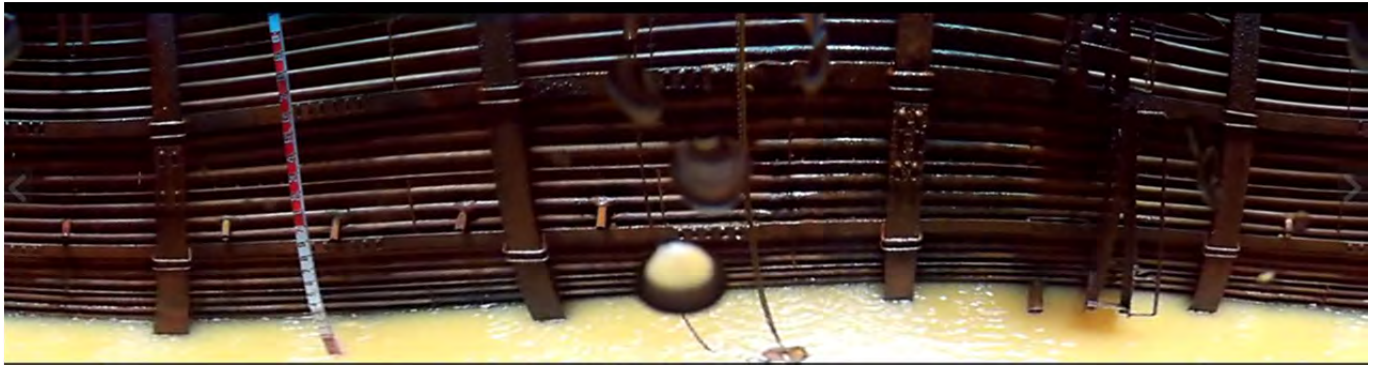
水面までの距離を確認し、水面から 50cm ぐらい上の位置まで、内部調査カメラを降下させる。1m 当たり 3～4 秒で降ろす。集水井の底までカメラが達したら、モニタ同じ手順でカメラを上昇させ、動画を録画する。



⑧内部カメラを途中止めながら上昇させる。

モニタを確認しながら、途中 1 時停止をしながら、1m 当たり 5 秒程度でカメラを上昇させる。途中停める時間は 10 秒程度、位置は、①底部（排水 B の観察）、②下段集水 B、③上段集水 B、④中間、⑤最上部、⑥植生のある位置、⑦変状位置、である。

カメラは、下の写真のように Panorama モードのちょうど真ん中に対象物が写る位置で停止するのが良い（例は少し下過ぎるが）。



⑨カメラの回収

投入と同様に引っ掛け棒でカメラを回収する。次に、リボンロッドとカメラを接合しているインシュロックを切断してカメラ本体を回収する。保護ケースのレンズ部分を拭いて、レンズカバーを付ける。最後に、①iPadでの動画記録終了（動画ボタンを押す）→②iPadをスリープモードに（横のボタンを押す）→ビデオカメラの電源 OFF、で終了。

⑧調査の終了

機器を集めて、次の集水井へ

（作業の注意点）

- ① はWiFiでタブレット等に動画を同期しながら、動画モニタリングしながら行くと失敗がない。その場合は、「Panorama」モード以外の「Magic Flat mode」にて記録して良いが、フロントモードでの記録は避ける（後で編集できない）



- ② 全方位カメラの動画の大きさは、10分間で0.5G程度である。大きな動画は、調査後の解析が大変なため、必要でない区間は降下速度を大きくするなどして、10分程度の動画にするのが良い。

(4) 今後の課題

- ① 作業状況をマイクで録音できるように改良する
- ② 解像度を上げる
- ③ 深度が画面に自動的に表示されるようにする.
- ④ 水面下の動画を撮影できるようにする.

6.8. 内部調査カメラの動画を用いた施設情報個表の作成

(1) 動画閲覧による集水井内部状況の把握

1) 動画ファイルをカメラ本体から PC 等に COPY する

- ① 動画は Micro-SD カードに記録されている.
- ② Micro-SD の中の「DCIM ディレクトリ」の中の MP4 ファイルが動画ファイルである.

2) 付属ソフトの「PIXPRO 360VR」に読み込む

- ① フロッピーディスクのアイコンをダブルクリックすると動画ファイル選択画面に



3) 動画を閲覧する

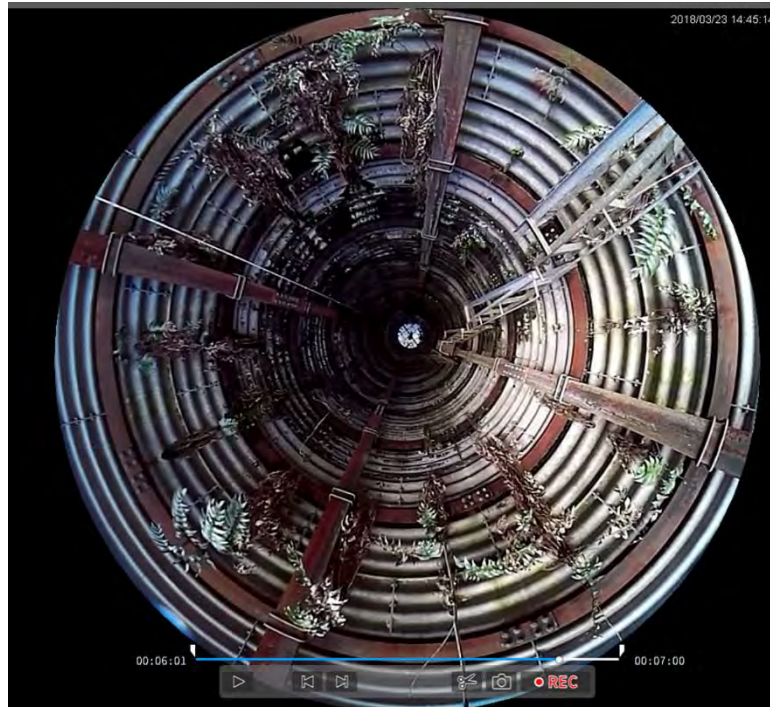
- ① 普通の動画と同じ
- ② 画面モードとカメラの向きを適宜見やすいモードに選択しながら、見る
- ③ 静止画を撮りたいときは、一度動画を STOP してから撮る.



(2) 動画に基づく集水井の内部診断

ここでは、「情報個表」を作成する場合の動画による内部診断について説明する。

- ① 集水井上部の状況：植生、部材の腐食を判定する。部材の深さは補強リングの本数や目印となるリボンロッドから判定する。



- ② 集水井中位部の状況：部材及び点検梯子の腐食状況を判定する。



- ③ 集水井中位部の状況：部材および点検梯子の腐食，集水ボーリング機能の諸元・機能評価を行う。



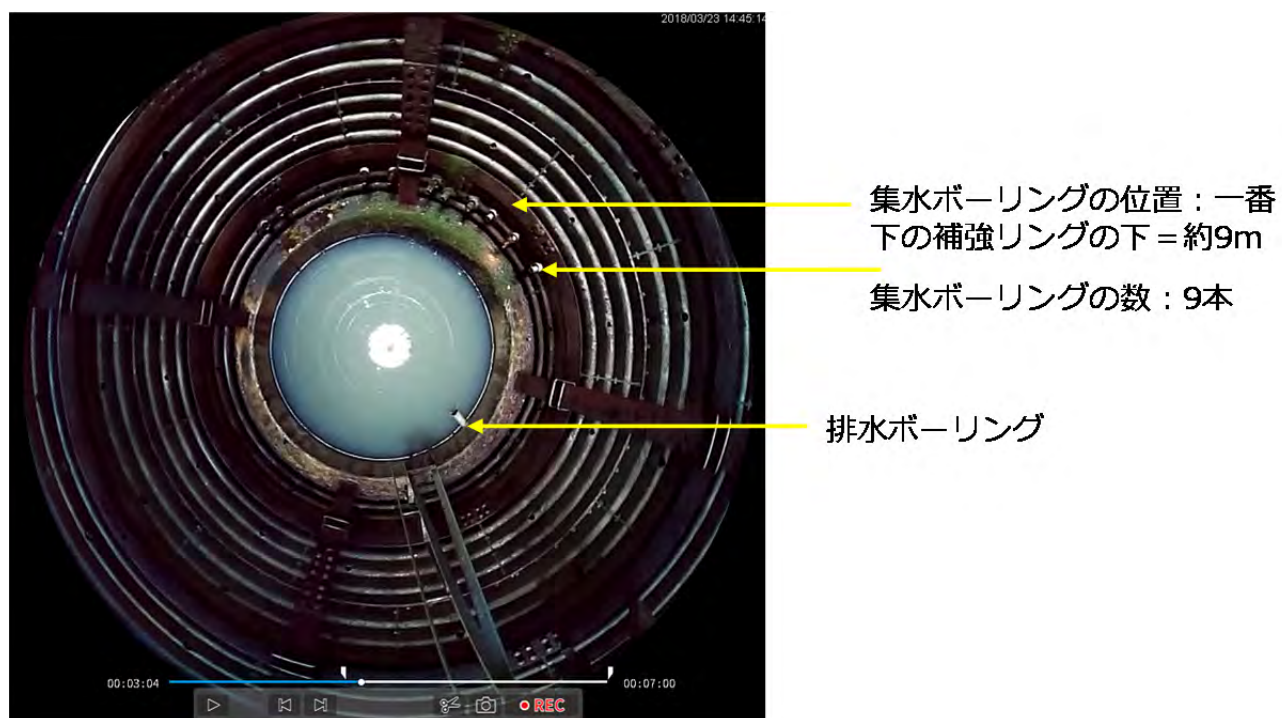
集水ボーリングの位置：下から4段目の補強リングの下＝深度約5m

集水ボーリングの数：10本

④集水機能の確認（閉塞，水がでてくるか）には，「Magic Flat mode」を使用する．実際の動画では，水滴の状況から集水ボーリングから水が出ていることが分かる．



⑤集水井底部の状況：部材の腐食，集水・排水ボーリングの諸元，機能の評価



⑥詳細な状況確認は「Magic Flat mode」を使用する。また，水滴の状況などは動画から判断する。



参考文献

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1) 地すべり防止施設の機能保全の手引き | 農林振興局農村環境課 |
| 2) 斜面对策工維持管理実施要領 | 一般社団法人 斜面防災対策技術協会 |
| 3) 鉄筋コンクリート集水井設計・施工マニュアル | 鉄筋コンクリート集水井検討委員会編 |
| 4) 鋼製集水井本体の機能診断の手引き（案） | 新潟県 |
| 5) 全方位カメラ等のマニュアル | |
- マニュアル、ソフトウェア等ダウンロード元
<https://kodakpixpro.com/AsiaOceania/jp/support/downloads/>

7. 簡易機能診断に基づく集水井の健全度評価と対策選定

7.1. 集水井の施設情報個表の作製

(1) 現状

集水井の施設情報個表（個表のフォーマットは 10.2 項に示す）は、集水井の健全度評価の基本となる情報であり、集水井の施工年、深さなどの諸元となる。これらのデータは集水井の施工時に計測することが望ましい。しかしながら、集水井の施工時のデータはほぼ皆無かあるいはその信頼性が不明なものが多い。そこで、集水井に関する施設情報が無い場合は、6.8, 6.9 節に示した全方位カメラを用いた集水井の内部診断手法を活用し、施設の情報個表を作成することが望ましい。

(2) 問題と課題

集水井の施設情報個表は、全方位カメラを用いた集水井の内部診断手法に基づき作成が可能であるが、それらのデータをどのように集積し、活用していくかについては、基盤となる DB 等をどのように整備していくかも含め、課題として残されている。

7.2. 集水井の状態調査表の作成

(1) 現状

集水井の状態調査表（個表のフォーマットは 10.2 に示す）は、集水井の健全度を評価するための基本的な情報であるが、現状では、内部の動画から性能低下を評価するための「画像と性能低下の段階を表す対比表」が作成できないため、状態表の評価項目を入力できない状態である。

(2) 問題と課題

性能低下の程度が異なる集水井の内部動画データの収集が必要である。ある程度の内部動画データが収集されれば、そのデータを基に画像からの性能評価が可能になる。

7.3. 集水井の健全度評価と対策選定

(1) 現状

7.2 に述べたように、健全度評価手法については、今後の集水井の内部動画データの集積が必要である。

(2) 問題と課題

老朽化した集水井の補修・補強を行う際には、集水井の健全性を把握し、その性能低下に応じた対策をとることが合理的である。本マニュアルでは、集水井の内部状況を入坑せずに把握する診断方法までの提示はできたが、今後、集水井の内部画像データを集積する中で、補修・補強までを含めた総合的な判定、対策方法について検討する。

8. 集水井の新しい調査・診断手法

8.1. 3D レーザースキャナーを使用した機能診断手法

(1) 3D レーザースキャナーを使用した概査

本研究では，補修・補強実施工にあたり集水井の変位，形状を正確に測定する必要があった．しかし，通常コンベックスやスタッフなどの直接測量では危険であり且つ，正確な測量結果を得ることはできなかった．そこで3D レーザースキャナーによる集水井の形状把握を試みた．



図 8-1 直接測量

(2) 地上型 3D スキャナーの特徴

- ①一度の計測で機械の全周囲全ての計測が可能
- ②1 秒間に 122,000 点の計測が可能
- ③1.5m～600m までの距離の計測が可能
- ④点群に RGB の属性値を持たせることが可能
- ⑤反射率により計測箇所の状況を知る事が可能
- ⑥スキャナー単独測位で構造物の絶対位置把握が可能
- ⑦気象状況に左右されにくく，持ち運びも容易



図 8-2 地上型3D スキャナーの測定

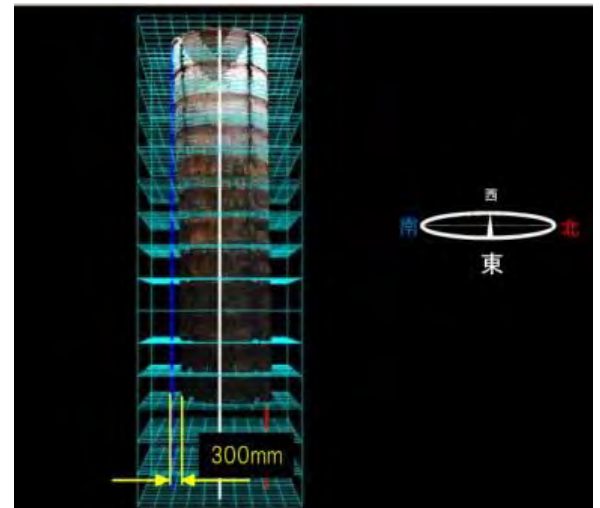
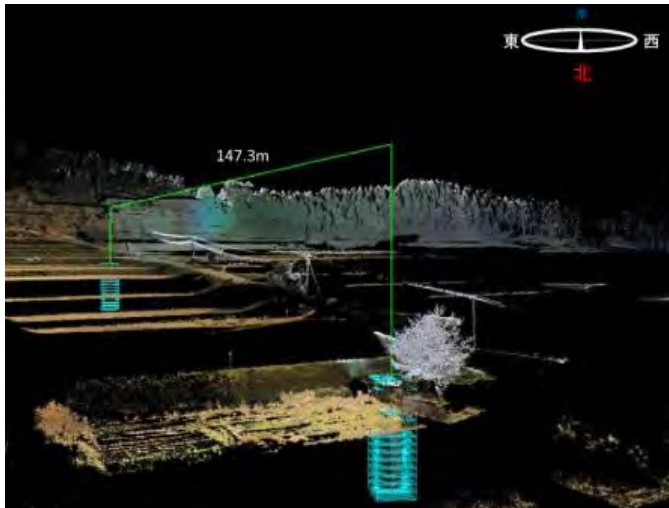


図 8-3 1号と2号井相関図（北側より）水平角度0° 図 8-4 脚部が北側に約300mm傾斜

地すべり地内の防止施設は概成した地すべり地内に於いても構造物の劣化や微細な土塊変形に伴い地すべり防止施設の変形、破壊、劣化は進んでいることが多く、地すべり防止施設の機能が低下しているものが多数存在する。しかし、概成した地すべりには防止施設の記録はあるものの性能効果・変状履歴などに関する記録はほとんど見当たらず、さらに防止施設の設計に関する資料が失われていることや、地すべり地内の防止施設の経年劣化と機能効果に関する記録、履歴もない。このまま放置すれば再び地すべり土塊の移動が予測される場合も想定される。また、中山間地には地すべり指定地がすでに耕作放棄地となっている場合もあり、荒地、雑草繁茂状態の地域も数多く見られる。これは、地すべりの誘因となる表面地下水浸透が進み地すべりを誘発しかねないことになる。

近年、3D スキャナーの進化と共に測定価格が低下していることで使用しやすい測量法となってきた。図 8-3 のように集水井の位置関係を見通すことが出来れば数時間で測量することが出来るようになった。また、集水井の概査点検に関しても、天蓋を通して目視する程度の近接目視では井筒のねじれや変形の程度を記録することは難しいが、3D スキャナーでは容易に記録できる。

(3) 集水井天端から 3D 測量結果

図 8-5 のように集水井天端 3 方向から撮影した RGB データを機械的に縦 16 等分して繋いだ RGB 展開図では、井筒の浅い部分はレーザー角度が浅いため鮮明に計測できているが、深い部分では補強リング、昇降階段が障害となり影ができるので測定できていない。また集・排水ボーリング孔の観察は光源の関係で暗く鮮明さに欠けている。しかし、井筒の深い位置の置ける補強リングの測定、集水井全体の変形に関しては井筒天端の撮影で可能なことが確認された。図 8-6 には深度 5m における横断面図を示す。このように 3D スキャナーの撮影から集水井内部の定量的な形状データを得ることができる。



図 8-5 3D スキャナーによる縦 16 等分 RGB 展開図(地上設置型)

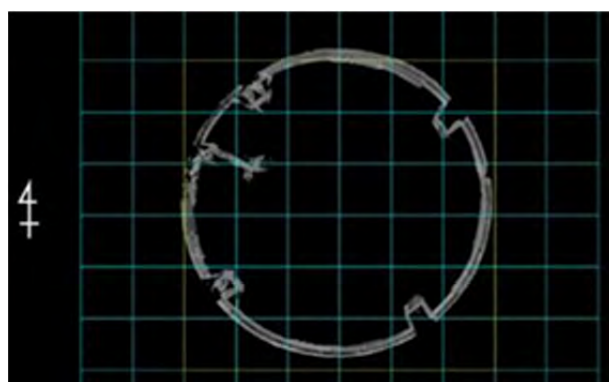


図 8-6 深度 5m における横断面

8.2. 3D レーザースキャナーを使用した詳細調査

(1) 使用機材等

コンクリート内巻工法を施工するためにあらかじめ正確な集水井の形状を把握する必要がある。そこで、集水井内に足場を設置して集水井内の 3D 形状測定を 4 回実施した。機材としては、近接測量とリモコン操作に優れた性能の LEICA ScanStation を使用した。

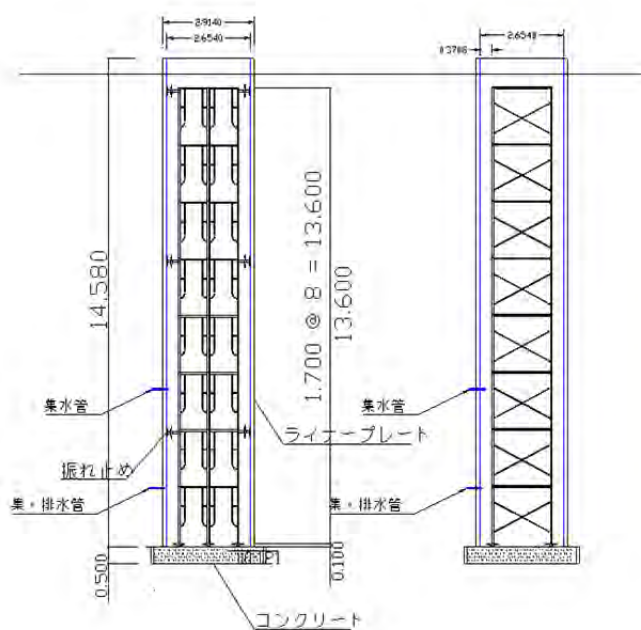


図 8-7 足場設置図



図 8-8 3D リモート計測



可視レーザー

説明	値
波長	658 nm
最大放射出力	0.23 mW cw
ビーム拡散度 (1/e)	<1.5 mrad

図 8-9 可視レーザ

不可視レーザー (EDM モード) スピード

項目	値
波長	1550 nm
最大パルスエネルギー	135 nJ
パルス幅	0.75 ns
パルス反復周波数 (PRF)	1 MHz
ビーム拡散度 (F W H M, フルアングル)	<0.23 mrad
ミラーローテーション	4 Hz
ベースローテーション	16 μHz

図 8-10 可視レーザのスペック

(2) 足場を設置した 3D スキャナによる丸山 1 号井詳細調査結果

地上型 3D スキャナを用いた図 8-5 に比べて集水井内で 3D 測量を行った結果（図 8-11）は，補強材，階段などの影はなく集水ボーリング孔，昇降階段の観察も可能となっている．また，今回は，縦 16 等分に分割して合成した展開図ではあるが，写真によるゆがみや写真の中心から外周に行くに従ってひずみが生じるオルソ補正の必要はない．

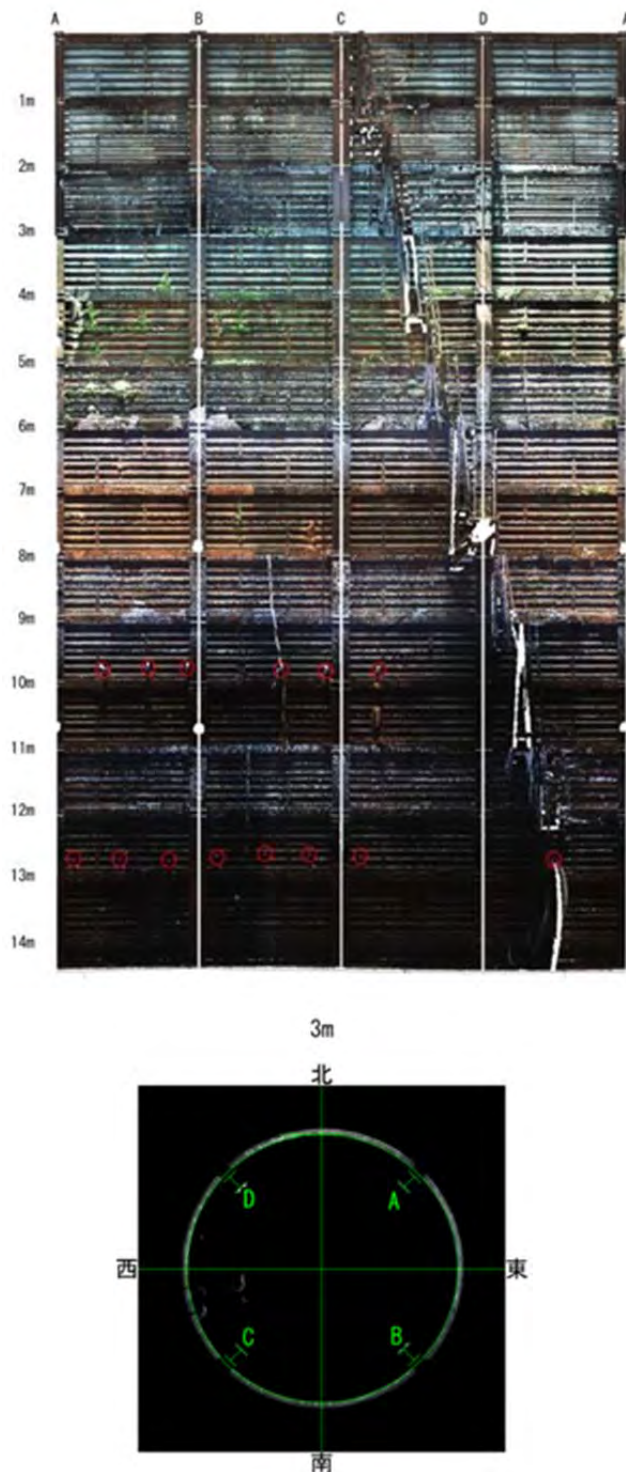


図 8-11 3D スキャナーによる縦 16 等分 RGB 展開図（内部から 3D スキャナ）

(3) 3D 点群データとレーザー光

図8-11では16分割で繋ぎあわせた展開図で測点間の距離を測定することは不正確になっているが点群データとRGBデータは一致している。このデータを座標変換で平面画像にすることが今後の課題となる。手動で座標変換した画像と受光感度画像を参考に図8-12に示す。図から、①補強材（バーチカルスティフナー、補強リング）の歪みが図8-5より明確になり距離を計測できる、②部材の破損・欠損が確認できる、③建全部・湿潤部・スライム付着部分の受光感度は高く、腐食部の感度は低いなどの精度向上が確認できる。このように、レーザー光が指向性や収束性に優れていることを利用して、レーザー光の受光感度による腐食分布図作成などに応用が可能である。

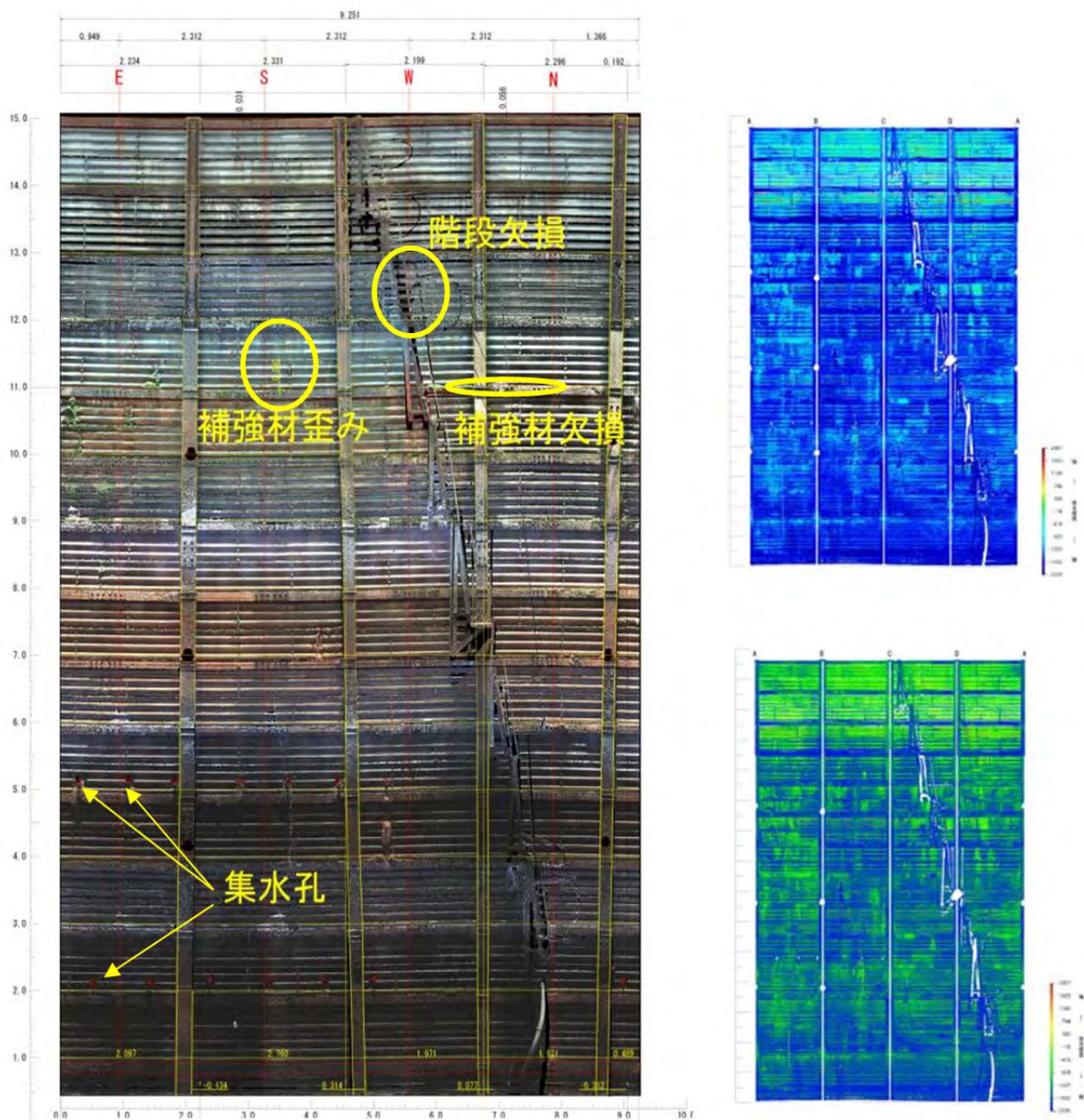


図 8-12 座標変換後の画像と受光感度画像

(4) 3D スキャナーを使用した集水井機能診断の課題

地すべり防止施設の日常点検で、集水井の機能低下を予知した場合には照査調査に移行しなければならない。詳細調査項目は集水井に入坑することを前提とした調査が多く、実際このための段取りと専門家が要となりコストと危険を伴う。ここで詳細調査の前に 3D 測量機を吊下げて測定できるシステムの開発が今後の課題となる。また、3D 測定器は普及が進んできたことと安価になり一般の測量会社で測量が出来るようになってきたが、集水井のような特殊構造物の解析ソフトはまだない。

さらに、点群データ量が多いため一般汎用パソコンでは解析容量不足となり地すべりの専門家が加工・測定するにはそれなりのパソコンと 3D ソフトをそろえる必要がある。研究・普及するためには解析ソフトの開発が今後の課題となる