

## **地すべり防止施設の機能回復手法の事例（抑制工）**

## 1. 地すべり防止施設（抑制工）機能回復手法の対象範囲

ここでは水抜きボーリング工、ライナープレート製集水井工を中心に、部材の劣化、目詰まりなどについての機能回復手法について紹介する。なお、外力による変形・破損は考慮していない。

承・排水路工については、「農業水利施設の機能保全の手引き『開水路』」（農林水産省；平成 22 年 6 月）に準拠することとする。

図 1.1 に水抜きボーリング工、図 1.2 にライナープレート製集水井工の構造、及び部材の名称を示す。

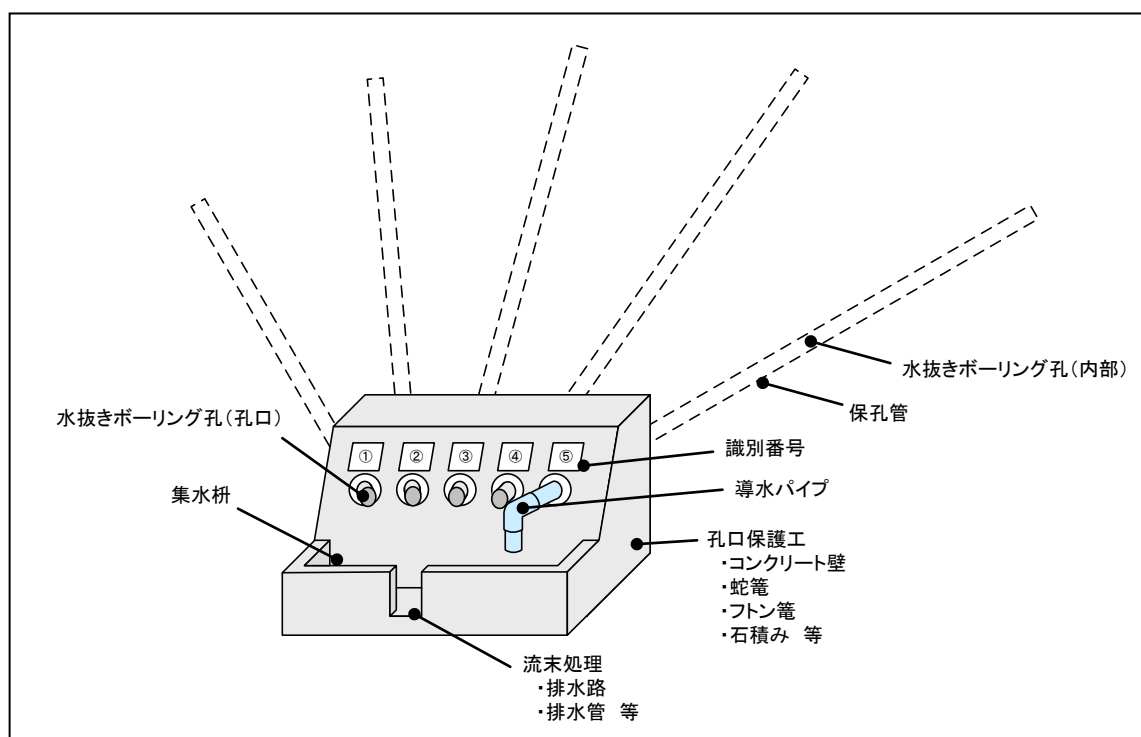


図 1.1 水抜きボーリング工の構造及び部材名称

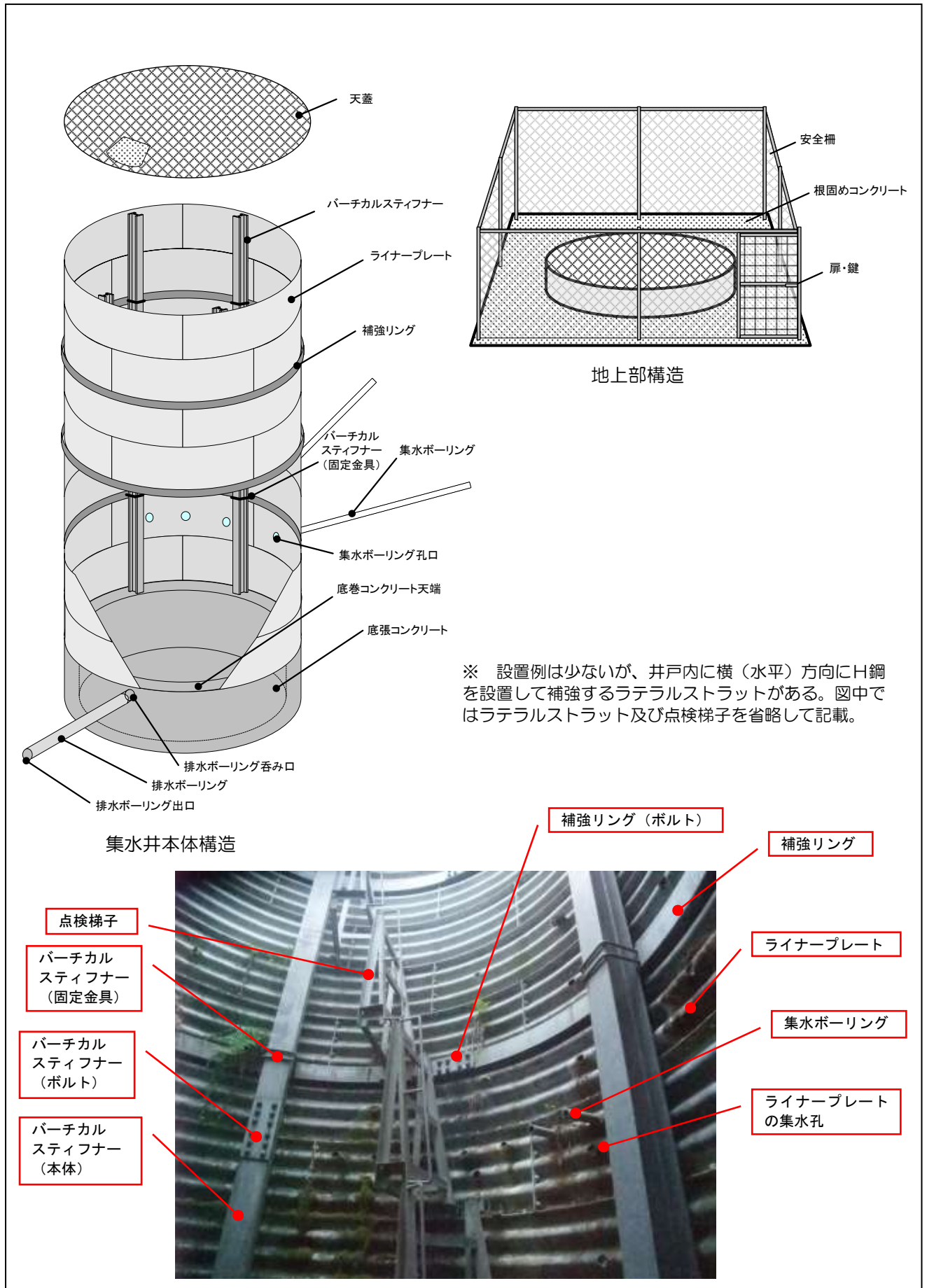


図 1.2 集水井工（ライナープレート製）の構造及び部材名称

## 2. 機能回復手法

### 2.1 水抜きボーリング工、集水井工

#### <対 象>

水抜きボーリング孔（水抜きボーリング工）、集水ボーリング・排水ボーリング（集水井工）の目詰まり（孔口及び内部）、腐食、破損及び水抜きボーリング、集水井排水ボーリング孔口保護工等付帯施設の破損

#### <対 応>

- ・ 洗浄工
- ・ 孔口保護工・流末処理（導水パイプ・集水柵・流末施設）等付帯施設の補修

#### 【解 説】

集水ボーリング・排水ボーリングは、土砂、鉄酸化細菌による沈殿物などで目詰まりを起し、排水不良となっていることがある。これにより所定の排水機能を果たすことができず、結果として地下水位の上昇を招き、地すべりの再活動を引き起こす恐れがある。異常のある箇所については、本来の集水・排水機能を回復させることを目的に、対策工を実施する。

#### 2.1.1 洗浄工

土粒子や鉄酸化細菌による沈殿物などによる、地表水抜きボーリング、集水井集水ボーリング・排水ボーリングの目詰まり（孔口及び内部）を解消し、集排水効果の機能回復を図るために孔内洗浄工を実施する。

図 2.1.1 に洗浄工工程フローの例を、図 2.1.2 に洗浄工機材設置模式図を示す。

##### (1) 使用資機材

高圧洗浄機、発動発電機、洗浄水貯水タンク、揚水ポンプ（水中ポンプ）、高圧ホース、洗浄ホース（クリーナーホース）、噴射ノズル、三脚、モーターウインチ、バケツ、電源ケーブル類など

##### (2) 仮設・安全設備関係

足場、発動発電機、投光器、送風機、送風管、酸素濃度計、ガス濃度計、セーフティブロック（落下防止装置）、落下防止ネットなど

##### (3) 洗浄工

###### ① 試験送水

洗浄工に先立ち、圧力ホース、ノズル、ポンプを用いて試験送水を行い、機器の性能や安全性を確認する。

###### ② 検尺・排水量測定

洗浄前後のパイプ長（目詰まりしている場合は短く計測されることがある）、洗浄前後の排水量を比較するために実施する。検尺には検尺ロッドを用いる。

ただし、洗浄直後の排水量については洗浄時に送水した水が戻ってきているため、実際の排水量より多い。洗浄後の排水量計測は少なくとも3日程度おいてから計測することが望ましい。

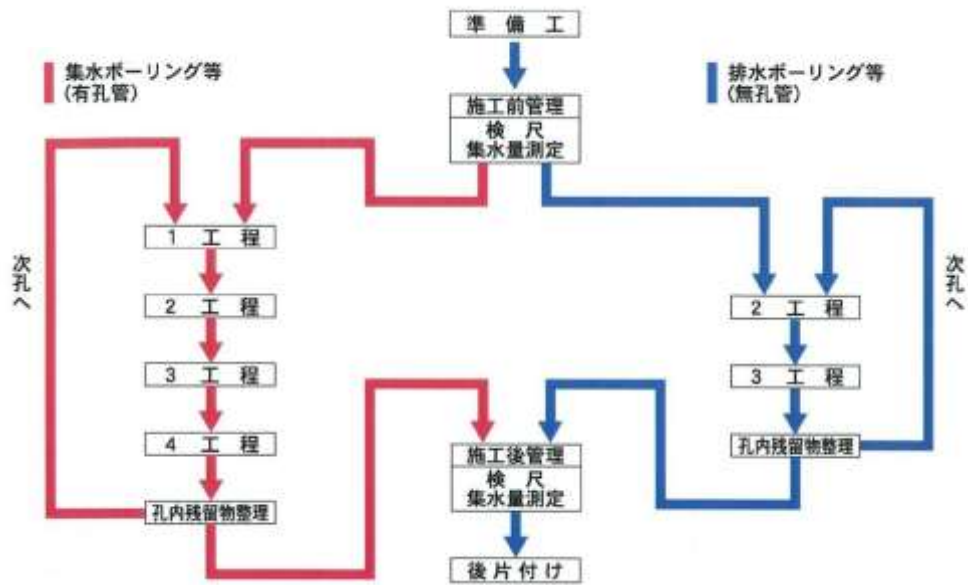


図 2.1.1 洗浄工の工程フロー図の例

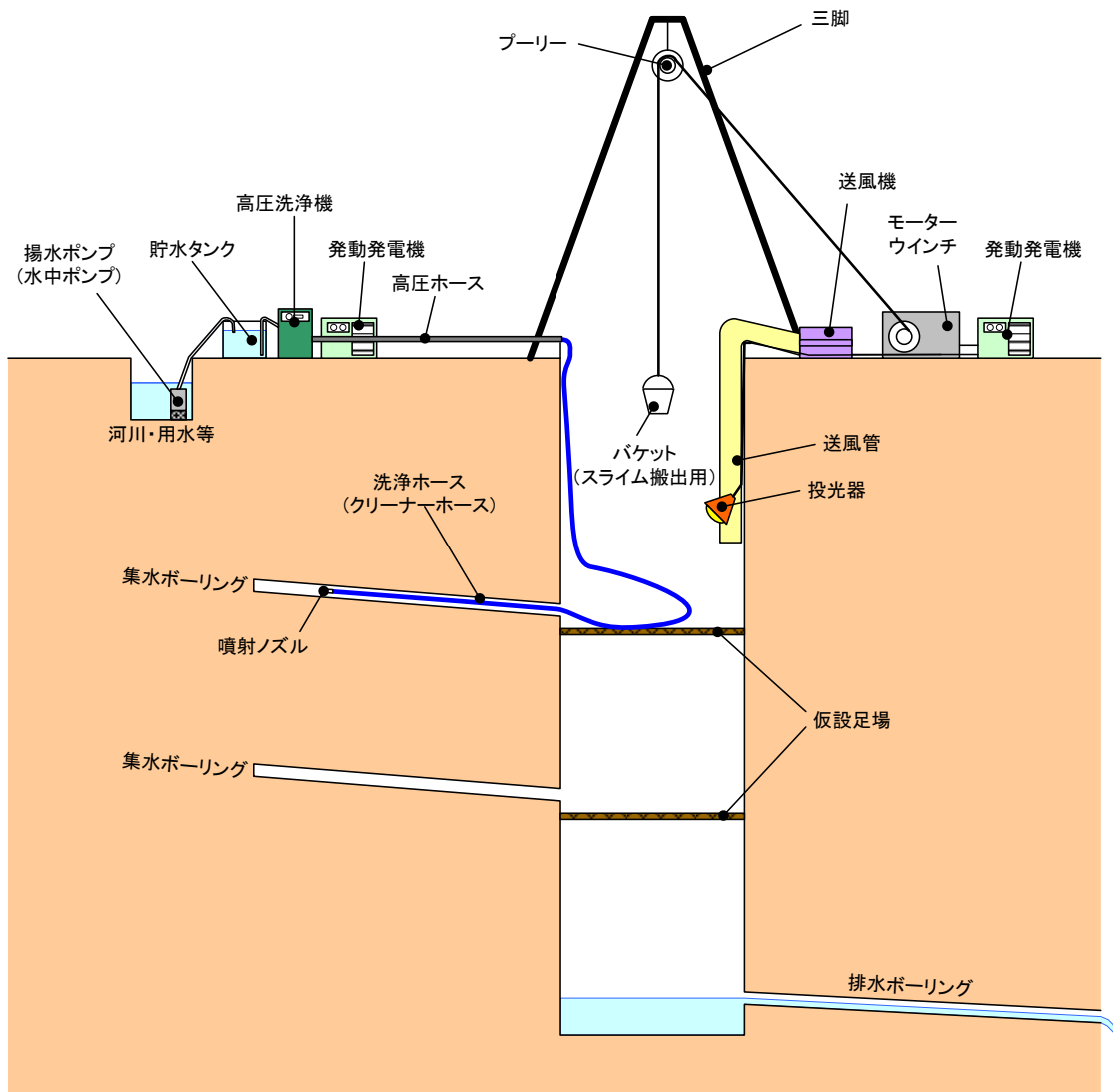


図 2.1.2 洗浄工機材設置模式図

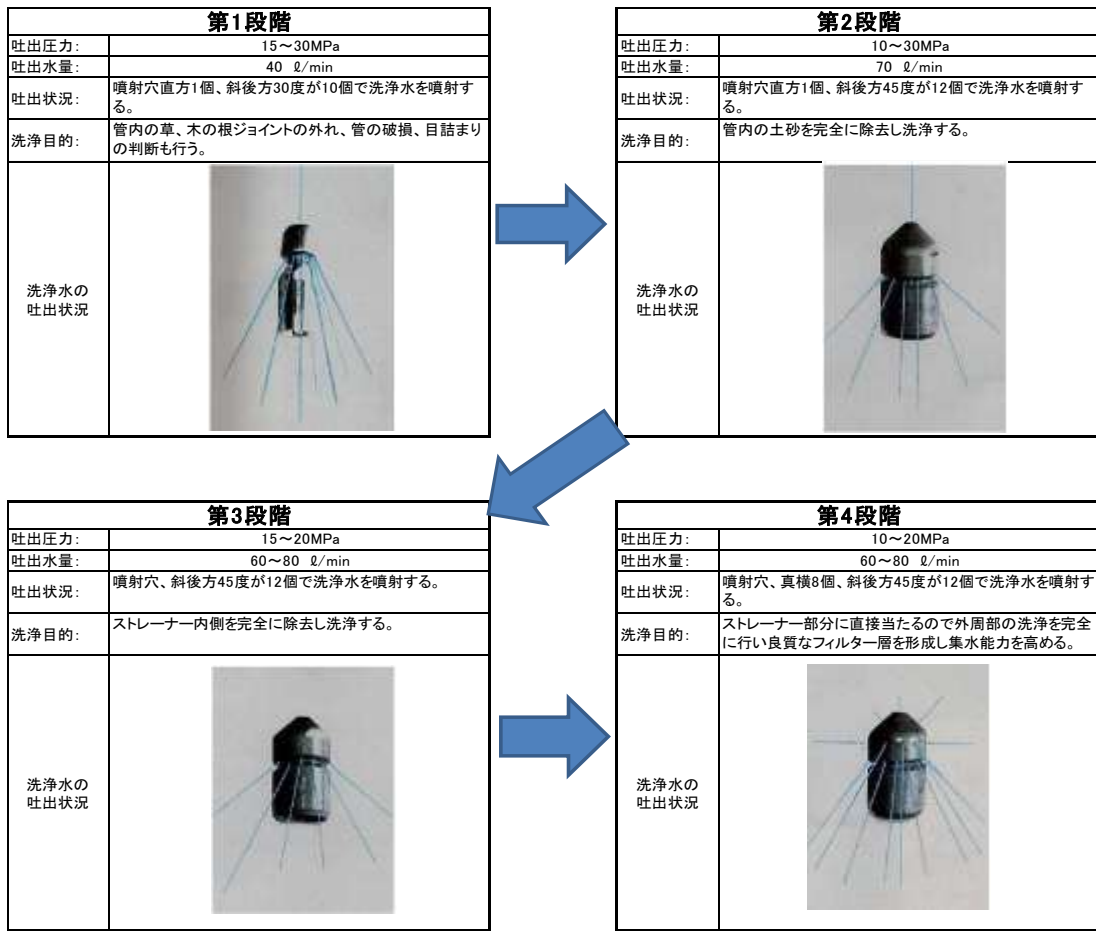


図 2. 1. 3 段階ごとのノズルの使い分けによる洗浄状況概略図 (例)

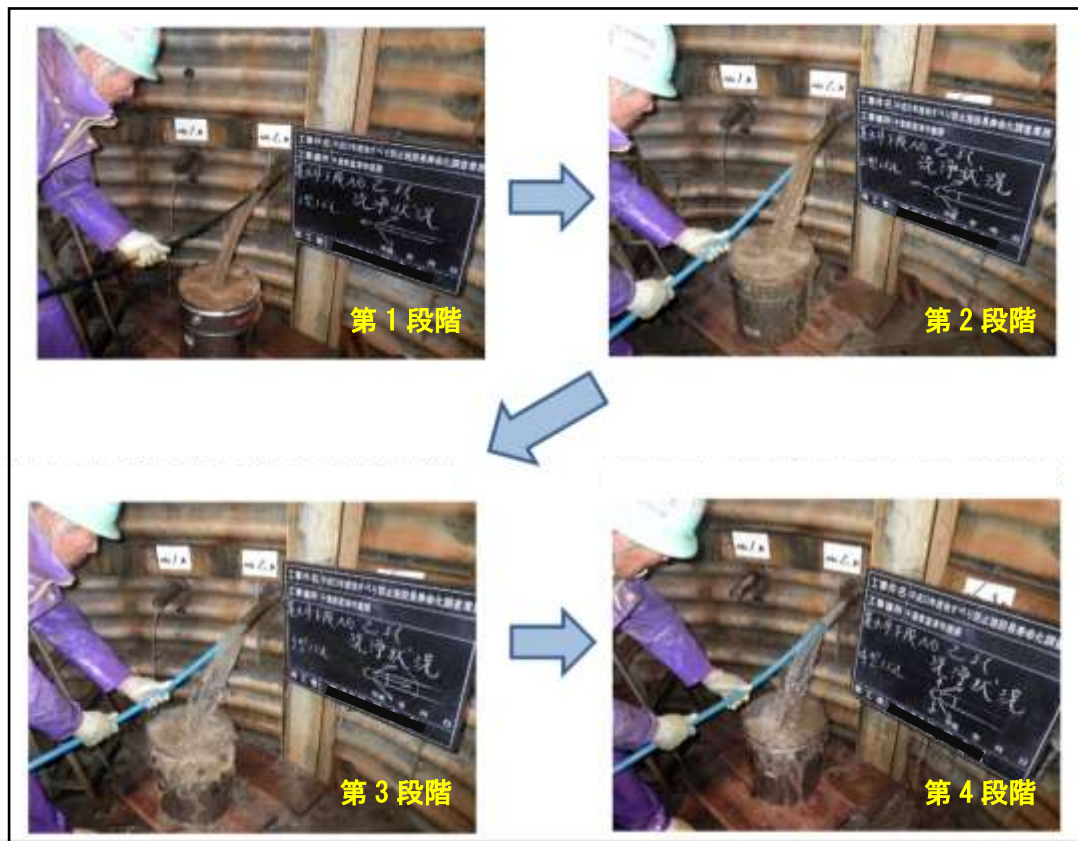


写真2. 1. 1 洗浄工実施状況

### ③ 洗浄

集水ボーリング、排水ボーリングに圧力水を送水しながら洗浄ホースを挿入し、孔奥に到達した段階で引き抜く（これを 1 工程とする）。必要に応じてノズルを変えながら、戻り水が清水状態となるまで繰り返し洗浄する。一般的に洗浄工はノズルを変えながら 3 工程以上、排水管は 2 工程以上実施するケースが多い。

洗い出された目詰まり物質はザルなどでうけ、どのようなものから構成されているか観察し、記録を取るとともに写真撮影を行う。

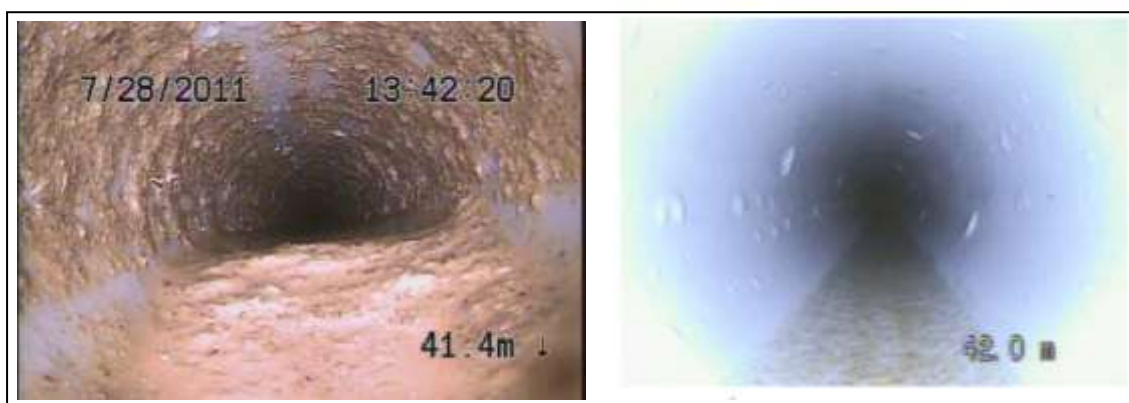


写真 2.1.2 集水ボーリング孔内カメラ観察結果（左：洗浄前 右：洗浄後）

### (4) 留意点・課題など

- ・ 固結度の低い砂岩層など、地質状況によっては、洗浄することにより集水管背面地山において孔壁崩壊が生じ、洗浄前よりも土粒子が多く流れ出て、目詰まりを助長させる場合がある。地山状況に合わせた水圧管理をすることが必要である。
- ・ 一般的に集水管は塩ビ管が主流であるが、排水管はほとんどがガス管である。塩ビ管など錆ない素材を用いている場合には比較的きれいに洗浄可能であるが、ガス管は錆による腐食が顕著であり、固くこびりついて付着物が取れないことがある。
- ・ 集水井で集めた水を農業用水などで二次利用していることがあり、洗浄工を計画する前に、周辺の水利用状況について調査しておくことが必要である。泥水処理などを行うことが必要なケースがある。
- ・ 鉄酸化細菌による目詰まり（赤錆状）は、洗浄工を実施してもすぐに元に戻ってしまうケースがある。排出水（地下水）中の鉄イオン濃度と溶存酸素量に依存するため、後述するような孔口からの酸素供給を低減させるアタッチメントを設置することにより、目詰まりしてしまうまでの期間を延ばすことが可能な場合がある。また、洗浄時期を高水期に合わせて実施することで、より機能回復効果を発揮することも期待される。

## 2.1.2 孔口保護工・流末処理等付帯施設の補修

孔口保護工、流末処理（導水パイプ・集水柵・流末施設）等付帯施設の破損については、集水した地下水を再び地すべり地内へ涵養させないため、その都度補修を行う。

前述したとおり鉄酸化細菌による目詰まり（赤錆状）については、孔内洗浄を実施しても、早いところでは半年程度で元の目詰まり状況まで戻るケースもある（写真 2.1.3）。鉄酸化細菌による目詰まりは、排出水（地下水）中の鉄イオン濃度及び溶存酸素量が発生に関係していることがわかっている。洗浄後の集水管に写真 2.1.4 に示すような塩ビ管等による孔口アタッチメントを設置することにより、鉄酸化細菌による目詰まりの発生抑制効果が一部に認められた例もある。

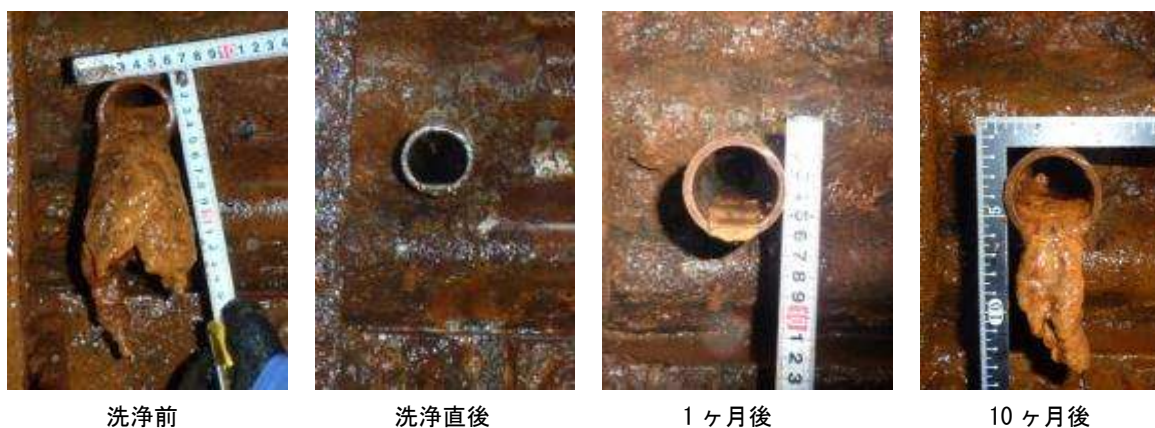


写真 2.1.3 洗浄後の鉄酸化細菌による目詰まりの進行状況

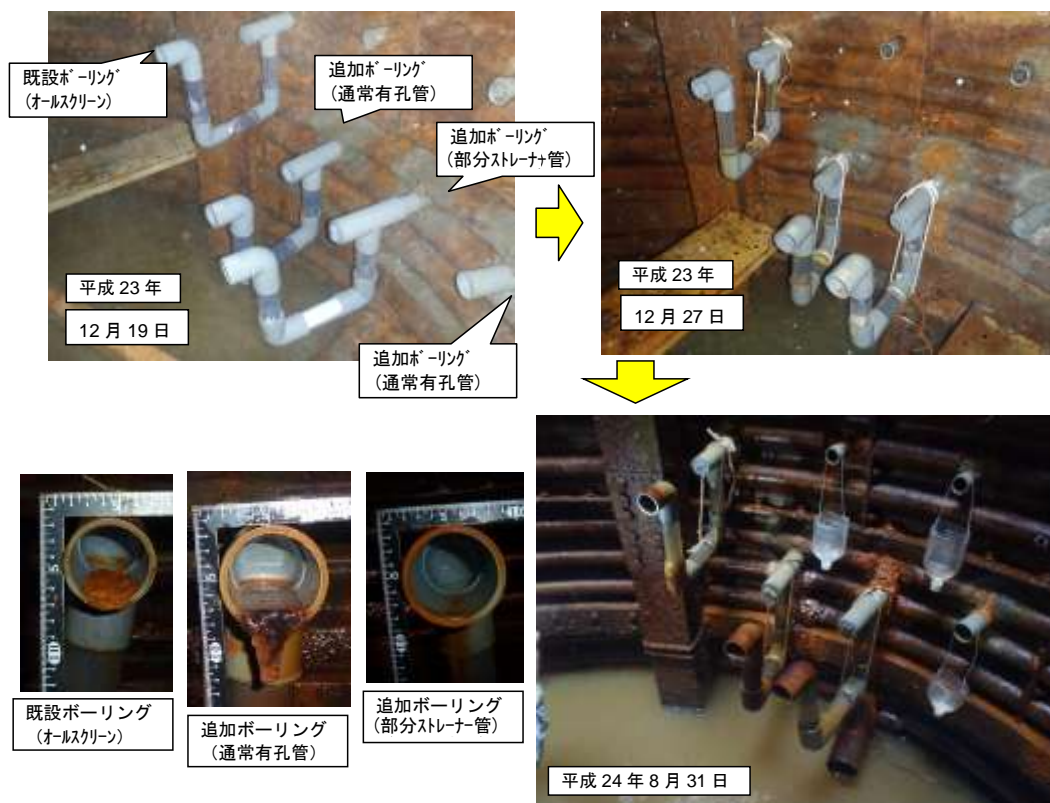


写真 2.1.4 孔口アタッチメント設置事例



### 2.1.3 追加ボーリング・再掘削

集水ボーリングの洗浄を行っても機能が回復（排水量が増加、地下水位が低下）しない場合、集水ボーリングの追加ボーリングまたは再掘削を行う。

追加ボーリングは作業箇所にて新規にボーリング孔を設置するスペースがある場合に実施し、古いボーリング工はそのまま残す（多少なりとも集水効果に寄与するため）。設置するスペースがない場合には、機能回復しなかった集水ボーリングと同じ箇所にて再掘削を行うこととする。

排水ボーリングの機能回復、補修等の対応は集水ボーリングを参考に実施することとするが、排水機能不全を起こすと地すべりブロック内への地下水涵養が生じるため、緊急に対応する必要がある。

北陸農政局で試験的に実施した追加ボーリングの事例を図 2.1.4 に示す。集水ボーリングのストレーナー加工は、すべり面に働く深層地下水を排除し、それらを散逸させることなく吐き出すことを目的に、すべり面付近のみの加工とした。周囲の地下水観測孔では施工後地下水位の低下が認められたほか、部分ストレーナー加工とすることにより、浅層地下水由来の溶存酸素の多い地下水を遮断することができ、孔口付近での鉄酸化細菌による目詰まりの発生も抑制できた。集水ボーリングがどの帯水層を対象とするかにより変わるが、部分ストレーナーの集水管構造は目詰まり対策も含め有効な手法であるといえる。

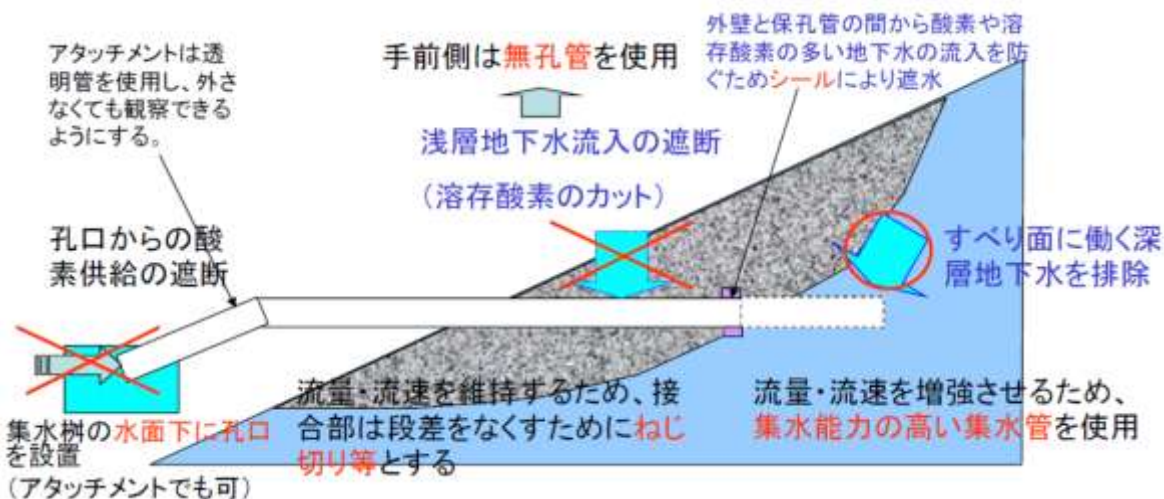


図 2.1.4 集水ボーリング試験設置工事事例概要図

## 2.2 集水井本体工

### <対 象>

ライナープレート、補強リング、パーチカルスティフナー、ラテラルストラット、底盤コンクリート及び固定金具（ボルト・ナット等）の腐食、破損ならびに植生繁茂

### <対 応>

- 補修（部材交換、コンクリートクラックシール、鋼製部材の塗装処理、植生伐採など）
- 補強（内巻き補強・部材増設（ラテラルストラットなど））
- 更新（新設・外巻き）

### 【解 説】

ライナープレート製集水井を構成する鋼材は、錆による腐食が進行している場合が多く、集水井構造機能を低下させている恐れがある。

また、集水井内ライナープレートの集水孔や補強リングに植生が繁茂するケースがあり、これらの落葉が排水ポーリング目詰まりを引き起こす恐れがある。



写真 2.2.1 ライナープレート・補強リングの腐食  
（錆による剥離・減厚顕著）



写真 2.2.2 パーチカルスティフナーの腐食  
（錆による剥離・減厚顕著）



写真 2.2.3 連結金具の腐食  
（ライナープレートは錆ずにボルトのみ錆発生）



写真 2.2.4 集水井内部から伸びた植生  
（樹木：幹径約3cm）

## 【対策工法】

部材劣化状況により、集水井内部での作業が安全に実施できるかどうかによって対応が変わる。

### ○ 補修

集水井内部での安全作業ができる前提で、一部部材の交換（ボルト・ナット類）、植生伐採、底盤コンクリートのクラックシールなどが考えられる。ライナープレートや補強リングは、取り外した際に背面土砂が押し出してくる恐れがあり、これらの部材を部分交換する場合には、背面地山へのグラウト充填や、土圧対策及び安全な足場確保を目的として部分交換する深度まで埋め戻すなどの対応が必要となる。

錆の程度があまり進行していない段階では、錆をケレン後、塗装を行うなどの方法がある。

### ○ 補強

集水井内部での安全作業ができる前提で、主要部材の劣化が顕著な場合補強を検討する。補強方法としては、集水井より小さい径の円筒体（ライナープレート等）を内面に建て込む内巻き補強がある。

ラテラルストラットには土圧がかかっている恐れがあることから取り外すことは非常に危険である。取り外さずに増設することで補強が可能である。

### ○ 更新

集水井内部での安全な作業が確保できない場合、施設の更新を検討する。対応方法としては以下の方法がある。

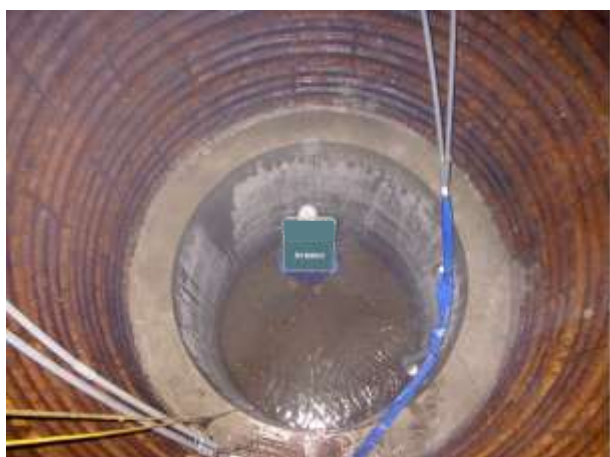
- ① 碎石等による埋戻しのみ（この場合、その後のメンテナンスは不可能となる）
- ② 碎石等による埋戻し + 近接地に新規集水井掘削
- ③ 一旦埋め戻して径の大きな集水井を掘りなおす外巻き、ないし同径掘り直し

②③については集水ボーリング、排水ボーリング及び付帯施設も新たに作り直す必要がある。

対象とする集水井の劣化状況、深度、集水・排水ボーリングの延長（本数）、立地条件などを勘案し、経済比較を行ったうえで対応を決定する。

写真 2.2.5～2.2.8 に対策工の事例を示す。

<内巻き施工事例>



底盤コンクリート設置完了



下部ライナープレート固定



裏込め砕石締固め



パイプ類接続状況

写真 2.2.5 内巻き施工事例

< 塗装工（試験施工）事例 >



事前清掃（植生除去）作業



高圧水による壁面洗浄



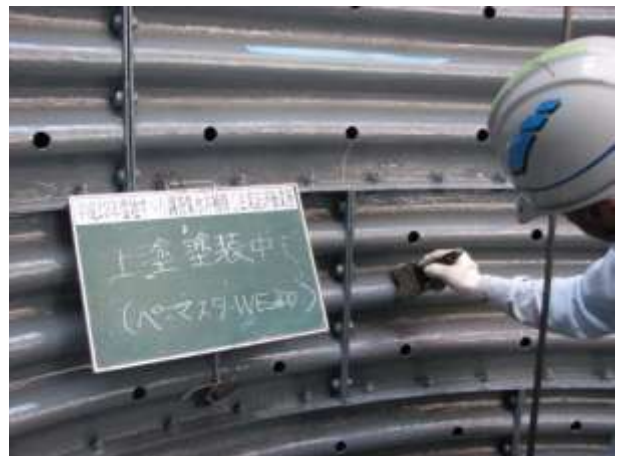
壁面洗浄後の発錆状況



サンドブラスト作業状況



下塗り塗装作業



上塗り塗装作業

写真 2.2.6 塗装工試験施工事例

<同径同箇所再掘削施工事例> 国土交通省近畿地方整備局大和川河川事務所所管 峠・清水谷地区での事例



埋戻し・坑口付完了



旧ライナープレート取り外し状況



旧ライナープレート吊り出し状況



掘削作業状況

写真 2.2.7 同径同箇所再掘削施工事例（埋戻し後再掘削）

（株式会社都建設ホームページ <http://www.miyakokensetsu.jp/blog/?cat=4&paged=4> より転載）

<埋戻し（管理人孔設置）施工事例>



写真 2.2.8 管理人孔（ $\phi$ 1m ライナープレート+砕石詰）施工事例

## 2.3 付帯施設（安全設備）

### <対 象>

安全柵、集水井天蓋、孔口沈下（吸出し・陥没）、鍵、点検梯子の破損、腐食、変状

### <対 応>

安全柵・網の欠損	：	補修
鍵（安全柵・天蓋）の欠損	：	交換
天蓋の腐食・変状	：	補強または交換
孔口沈下（吸出し・陥没）	：	盛土やモルタル詰めなど
点検梯子の腐食・変状	：	補強または交換
雑草繁茂	：	伐採

### 【解 説】

付帯施設（安全設備）は、集水井地表部における第三者被害（転落・転倒など）を防ぐために必要な設備であり、欠損・腐食・変状が認められた場合には早急な対応が必要である。



写真 2.3.1 天蓋腐食状況  
(腐食により部分的に欠落している)



写真 2.3.2 タラップ腐食状況  
(腐食により断面欠損顕著)



写真 2.3.3 集水井周辺植生状況  
(集水井を覆いつくす植生)



写真 2.3.4 陥没による本体傾倒・柵破損  
(吸出し現象による本体周辺の陥没に伴う変形)

### 3. 集水井内作業に伴う仮設工及び安全対策

集水井内作業は転落や酸素欠乏症などの事故が生じる恐れがあるため、安全対策及びそれに伴う仮設工を確実に行う必要がある。

#### (1) 地表部

- 第三者及び作業従事者落下防止施設の設置

落下防止柵、落下防止ネット、看板、作業通路の確保が必要。合わせて事前に近隣住民へ作業内容の周知を行うことが望ましい。

#### (2) 立坑内安全確保

集水井内作業は、労働安全衛生法で明記されていないが、以下の条件を伴う場合、個別に労働基準監督署との協議が必要な場合がある。

- 立坑危険作業

土止め支保工の切りばり又は腹起こしの取付け又は取り外しの作業。

- 酸素欠乏症対策

酸素欠乏症等防止規則に基づき、酸素欠乏症危険作業主任者の選任が必要。送風機・送風管の設置、酸素濃度管理など。

- 有毒ガス(炭酸ガス、硫化水素など)

炭酸ガスは濃度 1.5%未満、硫化水素は濃度 1ppm 以下の確保が必要なため、定期的な濃度測定と記録が必要。

- 落下防止対策

資材降下用の滑車の設置、セーフティブロックの設置、安全帯の設置。

- 足場

洗浄工の場合は労働安全衛生規則 第五百六十三条の作業台に、追加ボーリング等重量物を乗せる場合は労働安全衛生規則 第五百七十五条の二～第五百七十五条の八の作業構台に準拠して設置する。いずれも足場に開口部を伴う場合には 85cm 以上の手すり及び中さんを設置する義務がある。足場の下に落下防止ネットを設置しておくとなおよい。



#### 4. 機能回復工の効果検証について

##### <機能回復工効果検討課題>

機能回復工の効果判定は、一般的に湧水量の変化・最高水位変化が実施されている。しかし、効果があると判断できるものは約半数程度であるため、従来の方法に加えて他の評価方法も求められている。

##### <機能回復工効果検討方法の提案>

- ①機能回復工後の地下水位低下（ピーク時の地下水位だけでなく連続データとして確認）
- ②水みちの回復
  - ・機能回復工後の実効雨量半減期の低下
  - ・一定降雨に対する水位上昇パターンの変化

#### 4.1 機能回復工の効果判定の課題

機能回復工の効果判定は、一般的に機能回復工前後の湧水量変化（洗浄）や機能回復工前後の観測最高水位の比較（洗浄・追加ボーリング等）が行われている。

しかし、それらは観測計測期間が短いため（流量の連続観測は難しいことや、複数年にわたる効果確認観測は費用がかかるため）、観測時の降水影響を受けやすい。そのため、効果確認が有効に行えない場合がある。

図 4.1.1、2 に農林水産省農村振興局が実施した調査の事例における効果判定結果を示す。効果があると判定されたものは概ね 40～50%となっている。

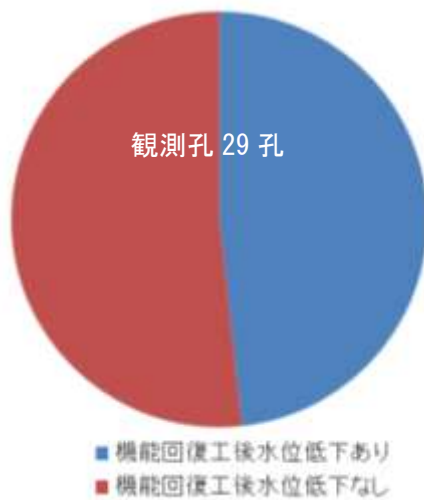


図 4.1.1 最高水位比較  
(機能回復工施工前/施工後)

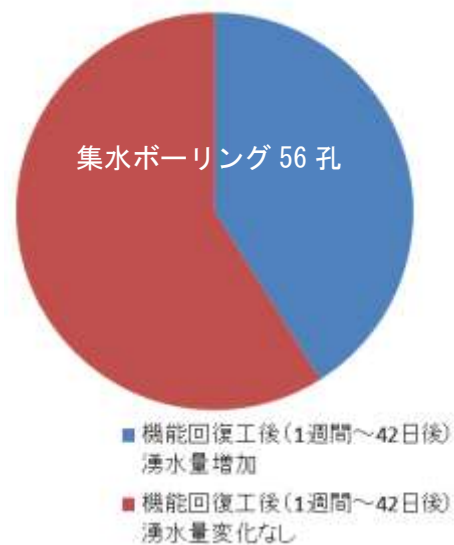


図 4.1.2 湧水量比較  
(機能回復工施工前/施工後)

## 4.2 機能回復工の効果判定方法の提案と事例

上記の方法と合わせて効果判定が可能な方法を検討した。なお、これは機能回復工施工箇所の周囲に新たに水位観測孔を設置し、機能回復工の効果判定した一事例を示すものであり、観測条件の違い等により全ての事例において評価可能なものとは限らないことを留意されたい。

詳細事例は巻末資料の機能回復工の効果検討事例を参照。

地すべりの活動抑制効果は、以下の2条件で評価できると考えられる。

- ①地下水位の低下
  - ②地下水低下時間の減少（目詰まりしていた水みちが回復する）；図 4. 2. 1

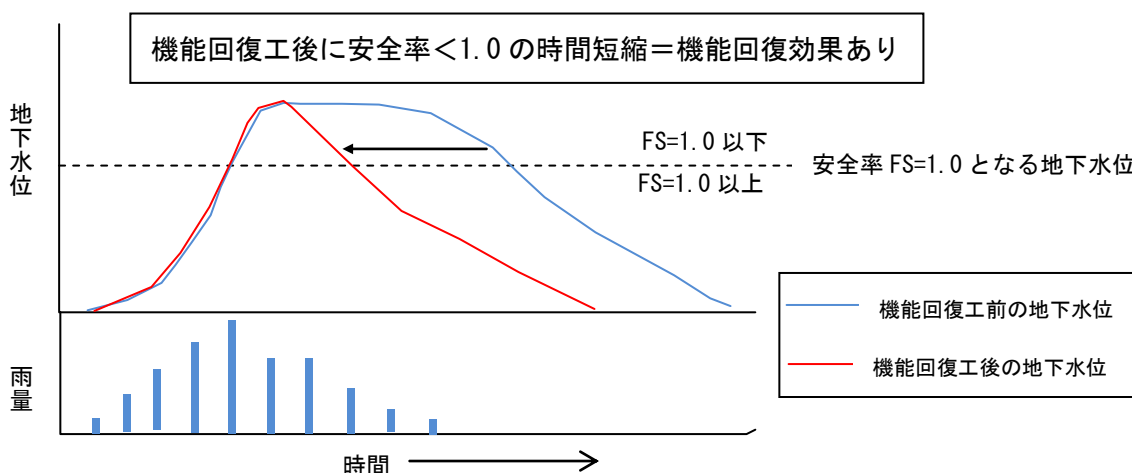


図 4. 2. 1 観測最高水位では確認できない機能回復効果例

同一規模の一連の降雨に対して、水みちが回復することで安全率 1.0 を下回る時間が短くなれば、地すべり抑制には効果があると判断できる。

上記①②の条件が評価できる方法として以下の方法が考えられる。

これらの方法・評価した事例については巻末に詳細を示し、本項では概要を示す。

### A) 地下水位低下

一時的な水位上昇を除外するため、最高水位の比較だけでなく、機能回復工施工前後の連続水位を比較する。

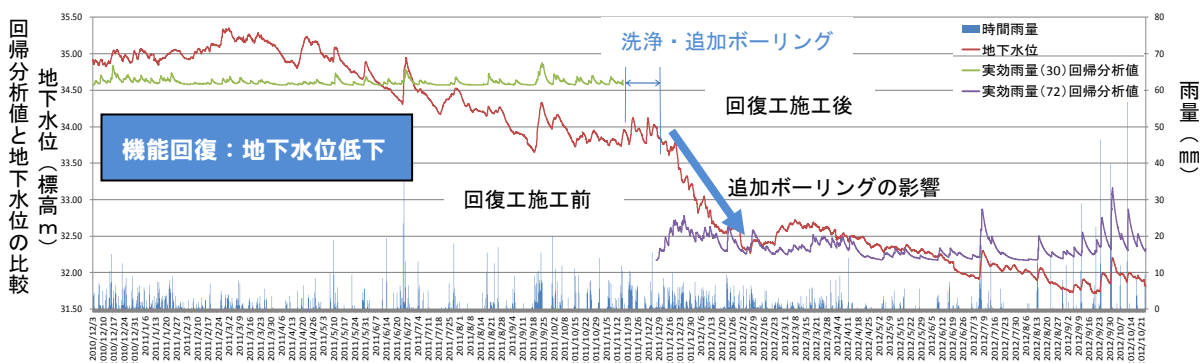


図 4. 2. 2 実効雨量解析による予測値と観測水位の比較

B) 水みちの回復

- ① 水位低下時間の指標として、実効雨量半減期が減少することで水みち回復効果を評価する（検討方法の詳細は巻末資料の機能回復工の効果検討事例を参照）。

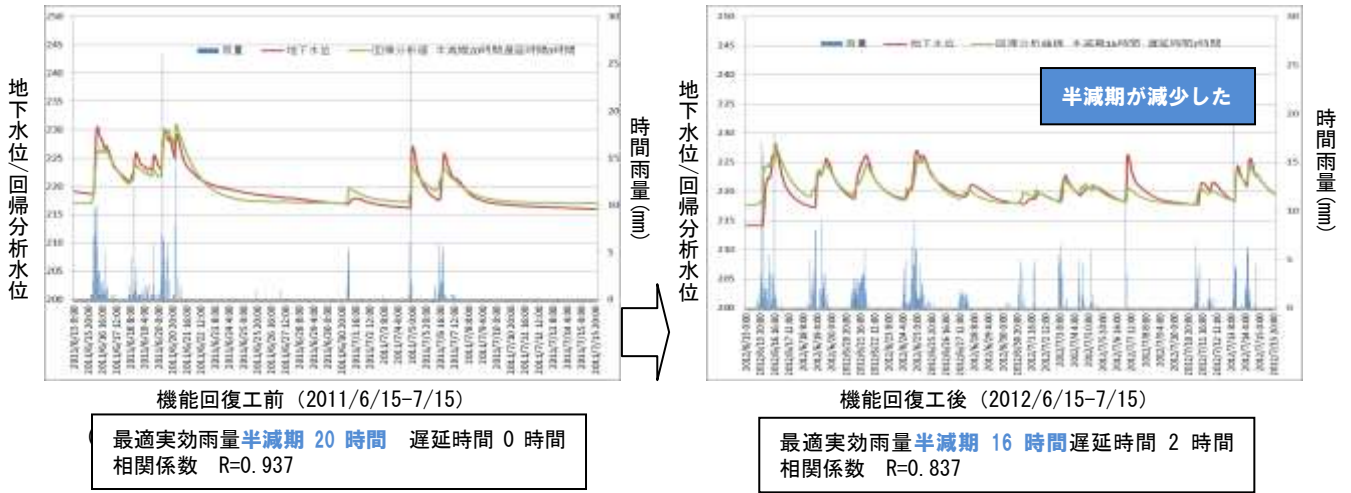


図 4.2.3 実効雨量半減期による効果評価事例

- ② 機能回復工前後で一定量の降水に対する水位上昇パターンが変化することから水みちの回復効果を評価する（検討方法の詳細は巻末資料の機能回復工の効果検討事例を参照）。



図 4.2.4 実効雨量による水位上昇パターン変化による効果評価事例