

# 地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な健全度評価に関する研究(1)

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27～平 30

担当チーム：地すべりチーム

研究担当者：藤平 大、竹下 航

## 【要旨】

地すべり等防止法施行から 60 年が経過し、地すべり防止施設の老朽化が進んでいる。これまでに整備された地下水排除施設の集水ボーリングにおいては、閉塞が確認されているものもあるなど、地すべり防止施設の機能低下による地すべりの安定度低下が懸念されている。そこで、雪崩・地すべり研究センターとの分担研究により、H27 年度から 4 カ年計画で地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な健全度評価に関する研究を開始した。地すべりチームでは、地下水排除工の施設点検及び維持管理における課題についての実態調査を行い、その結果もふまえ、目詰まりの進行状況と水質の関係を調査するとともに、機能回復工実施前後における地下水排除工の定量的な健全度評価手法について提案した。

キーワード：地すべり、集水井、施設点検、健全度評価

## 1. はじめに

地すべり等防止法施行（昭和 33 年 3 月 31 日）から 60 年が経過し、この間に数多くの地すべり防止施設が設置されてきた。これらの施設には老朽化が進んでいるものもあり、施設の機能低下により地すべりの不安定化が懸念されている。地すべり斜面の安定を維持していくためには、地すべり防止施設の維持管理が重要であり、効率的な点検手法及び定量的な施設の健全度評価が必要とされている。

そこで、平成 27 年度から 4 カ年計画で地すべりチームと雪崩・地すべり研究センターとの分担研究により、地すべり防止施設の中の地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な施設の健全度評価に関する研究を開始した。地すべりチームにおいては、地下水排除工の施設点検及び維持管理における実態と課題を明らかにするためにアンケート調査に基づく実態調査を実施した。また、アンケートから機能低下事例が多く報告された地下水排除工(横ボーリング工等)の目詰まりについて、目詰まりの進行状況と水質との関係について調査するとともに、機能回復工として実施されている集水管の洗浄工実施前後における地下水排除工の定量的な健全度評価手法について提案した。

## 2. 地下水排除工の施設点検及び維持管理の実態調査

### 2. 1 調査方法

各都道府県および直轄地すべり対策事業に取り組む東北、関東、北陸、中部、近畿、四国の地方整備局を

対象とし、地表水及び地下水排除工の施設点検の実態、施設の更新・補修の概況、維持管理の取り組みと課題についてアンケート調査<sup>1)</sup>を実施した。

### 2. 2 調査結果

#### 2. 2. 1 施設点検の実態等の調査結果

##### (1) 点検実施の実態

点検の実施は、都道府県から回答を得た結果、図-1 に示すとおり「職員自ら豪雨、大きな地震の発生後に点検をする」が最多であり、次いで「点検マニュアルにしたがって点検する」といった回答が多かった。地方整備局では、「専門技術者（コンサル等）に委託し豪雨または大地震の発生後に点検をする」という回答が多かった。

##### (2) 施設ごとの機能低下の実態

施設ごとの機能低下の実態としては、図-2、図-3 に示すとおり横ボーリング工及び集水井における集水管（孔口）の目詰まりが共に最多であった。次いで斜面変動等の外的要因による集水管の変形、破損、集水管自体の腐食、錆、排水路等への土砂の堆積などが続いた。集水井においては、集・排水管の目詰まりといった集排水機能の事例と、本体を構成するライナープレート<sup>2)</sup>の腐食、天蓋、昇降設備、防護フェンスなどの設備の腐食、劣化といった、施設の老朽化事例がみられた。とりわけ、集排水機能の低下に関しては、集排水管の目詰まりによる集水井の湛水といった事例も報告された。

水路工においては降雨による水路周辺の土砂の浸

食および流入による堆積が最多、次いでコルゲート水路の腐食や降雨及び土砂浸食による破損と続いた。これらは、地表における土砂移動や地すべり変形の影響を直接受ける本施設の特性によるもの大きい。排水トンネルの事例は少なかったが、機能低下事例としてはトンネル内部の集水管の目詰まりが共通して挙げられた。

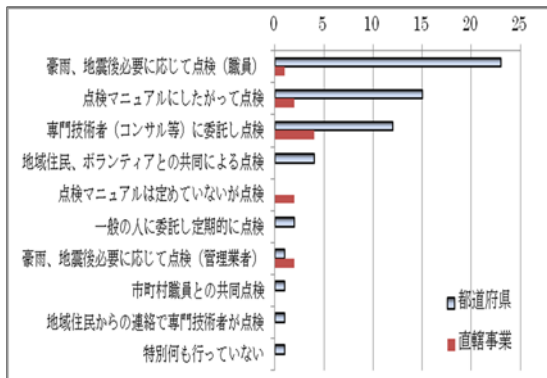


図-1 「施設点検はどのように実施していますか (複数回答可)」 への回答集計結果 (単位: 件)

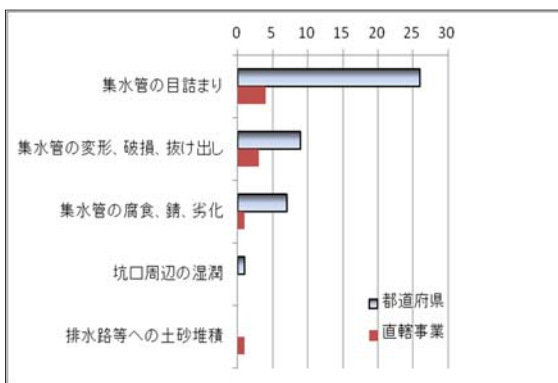


図-2 「横ボーリング工において代表的な機能低下の例があればご記入ください (複数回答可)」 への回答集計結果 (単位: 件)

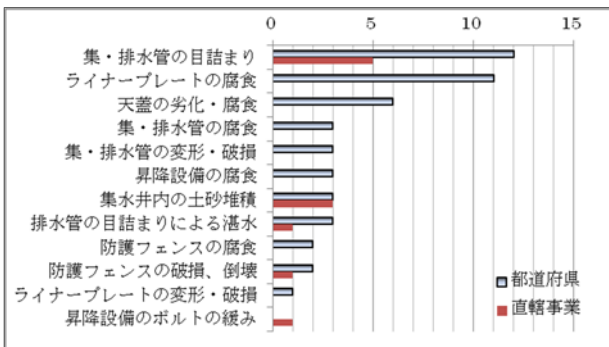


図-3 「集水井工において代表的な機能低下の例があればご記入ください (複数回答可)」 への回答集計結果 (単位: 件)

## 2. 2. 2 維持管理の実態等の調査結果

### (1) 施設の更新

更新等 (比較的大がかりな改築等) に関する回答は、図-4 に示すとおり集排水機能の回復も目的とする対策と、施設の更新に大別することができる。

集排水機能の回復事例としては、都道府県および地方整備局ともに集水管の目詰まりによる再削孔および再設置が多く、次いで排水管の大口径化、集水井下部の破断による排水管再設置が挙げられた。施設の更新を目的とした事例としては集水井の蓋の再設置という回答が都道府県および地方整備局ともに最も多かった。次いで都道府県では防護フェンスの再設置、集水管の変形・破損による再設置が続き、地方整備局では防護フェンスの再設置、昇降設備の撤去、再設置が続く結果となった。再削孔に関しては管内の洗浄で対応不可能な目詰まり、または外的要因による集水管の破断等により実施されたものと考えられる。その他、昇降設備、防護フェンスの再設置といった安全設備の更新、破損による再設置、ライナープレートの腐食による交換が挙げられた。

### (2) 施設の補修

補修 (比較的小規模なもの) 事例としては、図-5 に示すとおり集水管の目詰まりによる洗浄の実施といった集排水機能の回復に関するものが最多であった。地域別に見ると四国地方は地すべり防止区域が他地方に比べ多いにも関わらず目詰まりの洗浄の報告が無かった。その他集水井、水路の部材の交換、補修が行われていた。

## 2. 3 アンケート調査結果のまとめ

調査の結果、施設の更新については、目詰まりによる集排水機能の低下から回復を図る再削孔、集水井の蓋の再設置が多いという実態が明らかとなった。また、

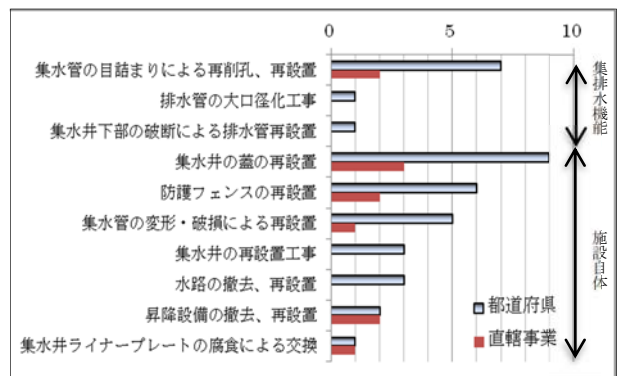


図-4 「施設を更新した事例をご記入ください (複数回答可)」 への回答集計結果 (単位: 件)

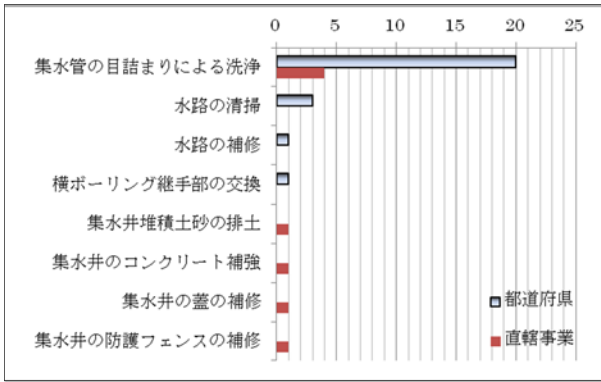


図-5 「施設を補修した事例をご記入ください(複数回可)」への回答集計結果 (単位: 件)

施設の補修については主に集水管の目詰まりによる洗浄が行われているが、各都道府県の回答の有無からその度合いは地域によって差があることが推測された。

### 3. 地下水排除工の目詰まりによる機能低下

維持管理における実態調査では、地下水排除工の目詰まりによる機能低下事例が多く報告<sup>1)</sup>されており、目詰まりの原因については、丸山ら<sup>2)</sup>によれば、全鉄が 1.00mg/l 以上の環境において鉄細菌生成物による閉塞が発生するとされる。一方、施設点検業務では集水管の目詰まり状況で健全度を評価することが多いものの、目詰まりの進行状況と水質の関係を経時的に追跡した研究事例は少ない。そこで、本調査では、目詰まりの進行状況の経時変化を把握することを目的に、洗浄工前後の孔口の目詰まりと水質の関係について定期的に調査した。

#### 3. 1 調査方法

調査対象の地すべりは長野県長野市篠ノ井地区に位置する茶臼山地すべりである。本地域では地下水排除工に多数の赤褐色の閉塞物が付着しているため、平成 28 年 12 月より翌年 1 月の期間において集水管の洗浄工、再ボーリング工が実施された。洗浄工が実施された 1 号ケーソンを対象に、洗浄工実施後から平成 31 年 2 月までの約 2 年間にわたり、洗浄工後の孔口の閉塞状態の変化を 1 ヶ月～2 ヶ月に 1 回の頻度で継続的に調査<sup>3) 4)</sup>した。

調査項目は、まず各集水管の孔口の目詰まりの程度を測定した。図-6 に示すように、野呂ほか<sup>5)</sup>では集水管の閉塞レベルとして 5 段階で判定する方法を提案しているが、より詳細に閉塞の進行状況を把握するため、孔口の閉塞を百分率により目視で評価し、閉塞度とした。質調査として、全鉄量の室内分析に替えて、

パックテストによる現地での全鉄濃度、Fe<sup>2+</sup>濃度を計測することにより、簡便に鉄細菌による閉塞の可能性を評価する手法を検討するための調査を行った。

### 3. 2 茶臼山地すべりにおける調査結果

#### 3. 2. 1 集水管の目詰まりの進行状況

洗浄工実施後からの時間経過と閉塞度の関係を図-7 に示す。洗浄工実施後、1 号ケーソン内の集水管 45 孔中 3 孔が 2 カ月で 80%を超える閉塞度まで進行した。一方、閉塞が進まない孔(10%以下)の割合は、期間を通してほぼ変化しなかった。

次に、1 号ケーソン内の集水管孔口の閉塞度と流量の時系列変化について、傾向が異なるいくつかの事例を図-8 に示す。(a)は洗浄工後急速に閉塞が進み、おおむね 2 カ月程度で 80%以上まで閉塞した。ただし、孔口がほぼ閉塞していても、0.5～1.0l/min 程度の流量が確認できた。(b)は、閉塞物の増減を繰り返すもの

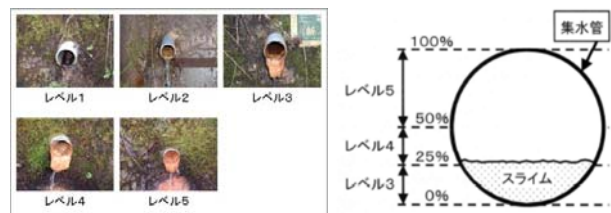


図-6 集水管の閉塞レベル<sup>5)</sup>

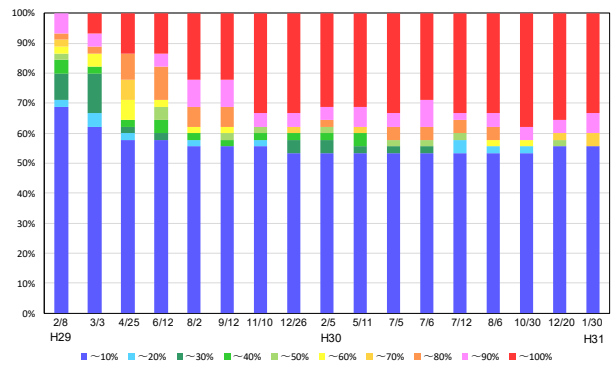


図-7 現地観測実施日における 1 号ケーソン内閉塞状況

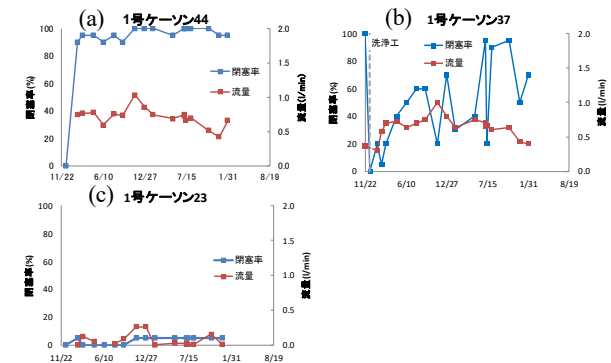


図-8 洗浄工実施後の閉塞度と流量の経時変化

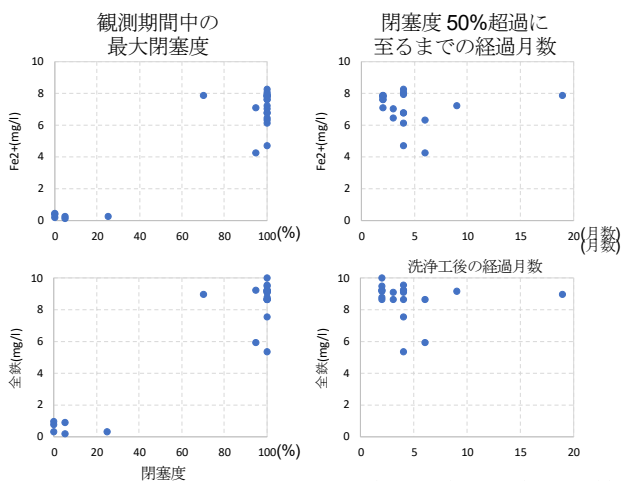


図-9 水質調査項目別の期間平均観測値と、観測期間中の最大閉塞度及び閉塞率 50%超過に至るまでの経過月数との関係（1号ケーソン）

である。(c)は、閉塞物が発生しない、または少量付着する程度のものであった。

### 3. 2. 2 目詰まりと水質との関係

パックテストによる現地での簡易な手法により計測された、全鉄濃度及び  $Fe^{2+}$ 濃度の期間平均観測値と、観測期間中の最大閉塞度及び閉塞率 50%超過に至るまでの経過月数との関係を図-9 に示す。 $Fe^{2+}$ 濃度 4mg/l 以上、全鉄濃度 5mg/l 以上の場合に閉塞が進行している一方、 $Fe^{2+}$ 濃度 0.5mg/l 未満、全鉄 1mg/l 未満の場合には、閉塞はほとんど進行していない。また、 $Fe^{2+}$ 、全鉄ともに濃度が高い場合に、閉塞の進行速度が速い傾向がみられた。

### 3. 3 まとめ

茶臼山地すべりにおいて、目詰まりの進行状況と水質との関係について継続的に調査したところ、パックテストによる現地での簡易な計測手法により、既往研究<sup>2)</sup>と同様に、閉塞しやすい水質を把握できる可能性が示されたとともに、閉塞に至る速度にも濃度が影響する可能性があることが新たに明らかとなった。ただし、本手法を実用化するためには、他地区におけるさらなる事例収集等により精度向上を図っていく必要がある。

## 4. 地下水排除工の健全度評価手法の検討

地すべり防止施設の健全度は、部位毎の機能低下や性能の劣化の程度を把握したうえで、地すべり斜面の状況等を踏まえ、総合的に評価することとされている<sup>6)</sup>。ここでは、洗浄工や追加ボーリング等の機能回復工の実施前後における地下水位観測データから地すべ

りブロックの安全率を算出することで、地すべり斜面全体の状況をふまえた、施設の健全度を評価する手法を検討した。

### 4. 1 調査方法

調査対象とした地すべりは、富山県富山市に位置する白井谷地区である。本地区では、地すべり対策として、昭和 44 年度から平成 14 年度まで横ボーリング工等の対策を行っているが、横ボーリング工の目詰まり等により、施設機能の低下が懸念されており、平成 26 年度から孔内洗浄工等の緊急改築事業が実施されている。機能回復工前後における健全度の変化を評価するため、平成 28 年度の 10 月に集水井内の集水管の洗浄工と追加ボーリング工を実施している、当地区内の A-1 ブロックを対象とした。

健全度の評価を検討するにあたり、まず、ブロック内の地下水位と相関の高い実効雨量の半減期を求め、求めた半減期の実効雨量について、100 年超過確率実効雨量を算出した。次に、地下水位観測データから観測時の地すべりブロックの安全率を算出し、実効雨量との関係を整理した。最後に、機能回復工前後における安全率と実効雨量の関係式から、100 年超過確率実効雨量時の安全率をそれぞれ算出し、機能回復工による安全率の変化を確認した。

### 4. 2 機能回復工前後における安全率の比較

#### 4. 2. 1 地下水位と相関の高い実効雨量の整理

A-1 ブロック内で観測された地下水位データについて、各観測日における半減期期間の異なる実効雨量との相関係数を算出した結果を表-1 に示す。本ブロックにおいては、5 日半減期実効雨量と地下水位の相関が最も高い結果となった。

表-1 半減期の異なる実効雨量と地下水位との相関

実効雨量 半減期	3日	4日	5日	6日	7日
相関係数	-0.5890	-0.6203	-0.6298	-0.6290	-0.6232

#### 4. 2. 2 超過確率実効雨量の整理

地下水位と相関の高い半減期 5 日実効雨量について、白井谷地区から約 8km 離れたアメダス八尾の雨量観測データ 30 年分を利用し、各年における最大半減期 5 日実効雨量を算出し、岩井法を用いて 100 年超過確率半減期 5 日実効雨量 310.6mm を算出した。

#### 4. 2. 3 機能回復工前後における安全率の比較

地下水位観測実施日における A-1 ブロックの安全率



を算出し、同日の半減期5日実効雨量との関係を図-10に示す。機能回復工前と機能回復工後のデータを区別し、それぞれについて直線近似式を算出し、100年超過確率半減期5日実効雨量における安全率を算出した。その結果、機能回復工前の安全率は1.022であったが、機能回復工後の安全率は1.056となり、機能回復工による健全度の回復を評価できる可能性が示された。

ただし、本検討事例では観測データ数が少ないことや、100年超過確率に近い降雨を経験していないことなどもあり、本手法を実用化するためには、さらなる事例収集や分析により精度向上を図っていく必要がある。

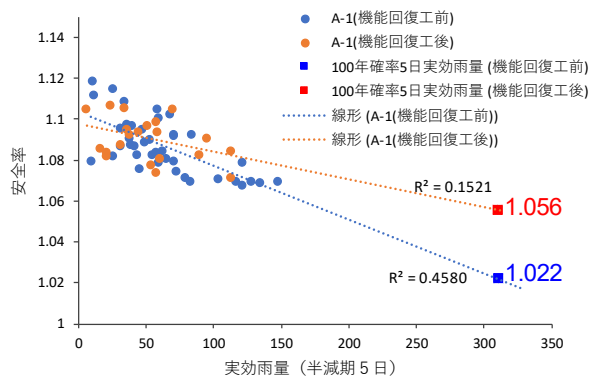


図-11 機能回復工前後の安全率と実効雨量の関係

## 5. まとめ

本研究で得られた主な成果を以下にまとめる。

- 1) 地すべり防止施設の更新において、目詰まりによる集排水機能の低下が課題であり、対策としては回復を図る再削孔、集水井の蓋の再設置、集水管の洗浄などが行われている実態を明らかにした。
- 2) パックテストによる現地での簡易な水質計測により得られる  $Fe^{2+}$ 濃度が高い場合には、閉塞しやすく、閉塞度の進行速度も速くなる傾向がみられた。
- 3) 機能回復工前後における施設健全度を評価するための手法として、水位と相関の高い超過確率実効雨量と安全率による評価手法を提案した。

今後、実用化に向けては、他地区の地すべりでの検証や観測データの蓄積など、さらなる事例収集が必要であると考えられた。

本研究を行うにあたり、国土交通省直轄地すべり担当事務所、都道府県には、実態把握のためのアンケート調査にご協力を頂いた。また、長野県土尻川砂防事務所、富山県富山土木センターには現地調査等に関し

てご協力を頂いた。ご協力頂いた皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 藤田哲、藤平大、石井靖雄：アンケート調査に基づく地表水及び地下水排除工の施設点検及び維持管理の実態調査、平成28年度砂防学会概要集、pp.B-324 - B-325、2016
- 2) 丸山清輝、石井靖雄、ハスパートル：「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、2010
- 3) 石黒梓、藤平大、杉井良平、後根裕樹、石井靖雄：「茶臼山地すべりにおける集水ボーリング孔の目詰まりと集水機能に関する調査」、第56回日本地すべり学会研究発表会講演集、p.37、2017
- 4) 石黒梓、竹下航、藤平大：「茶臼山地すべり地下水排除工の閉塞と機能低下」、第57回日本地すべり学会研究発表会講演集、p.124、2018
- 5) 野呂智之、丸山清輝、中村明、ハスパートル：「地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討-地表水・地下水排除施設-」、土木研究所資料、第4201号、2011
- 6) 国土交通省 水管理・国土保全局：「河川砂防技術基準維持管理編（砂防編）」、p.11、2014

# RESEARCH ON EFFICIENT INSPECTION METHOD AND EVALUATING QUANTITATIVE SOUNDNESS FOR MAINTENANCE OF GROUNDWATER DRAINAGE WORKS(1)

Research Period : FY2015-2018

Research Team : Erosion and Sediment Control

Research Group (Landslide)

Author : TOUHEI Masaru

TAKESHITA Wataru

**Abstract** : More than 60 years have passed since the Landslide Prevention Act came into force, and landslide control facilities become older. Some of groundwater drainage works that have been developed so far have been confirmed to be blocked, and there is concern about the instability of landslides due to the decline in the functions of landslide prevention facilities. Through the concern, 4-years collaborative research with the Snow and Landslide Research Center started in 2015. We did a questionnaire survey on the problems about facility inspection and maintenance of groundwater drainage works. Based on the results, we investigated the relationship between the progress of clogging and water quality, and proposed a soundness evaluation method for groundwater drainage works by functional restoration works.

**Key words** : landslide, water catchment well, facility inspection, soundness evaluation