

地すべり防止施設集水管の閉塞防止器の開発

丸山清輝・石田孝司

1. はじめに

地すべり災害の発生件数は、3～4月の融雪期や6～7月の梅雨期に多い。これは、融雪水や降雨による地表水の斜面への浸透により、斜面内の間隙水圧が上昇し土塊のせん断強度が低下して、地すべりが発生するためである。このような地すべり機構で発生する地すべりでは、誘因である地表水・地下水を斜面から排除するために、地表水排除施設である水路、地下水排除施設である横ボーリング、集水井、排水トンネルなどの地すべり防止施設が数多く設置されている。この中で、地下水排除施設については、地すべり斜面内に集水管を挿入し、この集水管により集められた地下水を地表面に排水している。しかしながら、地下水中の鉄分含有量が多い場合、鉄細菌により集水管内に集水管を閉塞させる物質（以下「閉塞物」という。）が生成される。この閉塞物は、集水管の孔口に付着し始め、次第に集水管の奥の方へと付着が進んで行く。このため、集水管が閉塞し、集水管の地下水排水機能が低下する。現在、閉塞した集水管の機能を回復させるために、高圧水による集水管内の洗浄が実施されている。しかしながら、この洗浄により集水管の機能を回復させても、閉塞物の付着が止まるわけではない。集水管の機能を維持するためには繰り返し洗浄を実施する必要があり、集水管の機能を維持するためのコスト縮減が大きな課題になっている。

ここでは、地下水排除施設機能低下の実態調査、集水管閉塞までの期間の調査、集水管の機能維持のためのコスト縮減をめざした集水管閉塞防止器の現地試験について示す。

2. 地下水排除施設機能低下の実態調査

表-1は、全国地すべり・がけ崩れ対策協議会が実施した地下水排除施設である横ボーリング、集水井、排水トンネルにおける施設の機能低下に

表-1 地下水排除施設の機能低下調査結果

施設名	調査施設数	施設の機能低下発生数	施設の機能低下数の割合(%)
横ボーリング	5,130	1,620	32
集水井	1,808	687	38
排水トンネル	33	9	27

関する実態調査結果¹⁾を示したものである。調査した各施設には機能低下が発生しており、その割合は30%前後になっている。

図-1～3には、各地下水排除施設に発生した機能低下項目とその割合を示した。横ボーリングでは、集水マスへの土砂堆積、集水管孔口保護壁の変形、施設周辺の変動、集水管の閉塞等が生じており、集水管の閉塞の割合が一番大きい。集水井では、排水管及び集水管の閉塞、施設の腐食・変形・損傷、施設周辺の変動等が生じており、集水管の閉塞の割合が3番目になっている。排水トンネルでは、集水管の閉塞、施設の損傷、排水路の閉塞、施設周辺の変動等が生じており、集水管の閉塞の割合が一番大きい。これらのことから、集水管の閉塞が大きな課題になっていると言える。

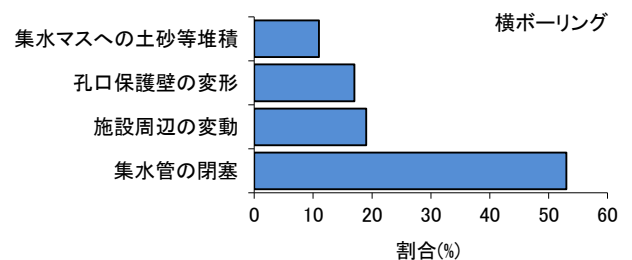


図-1 横ボーリングの機能低下

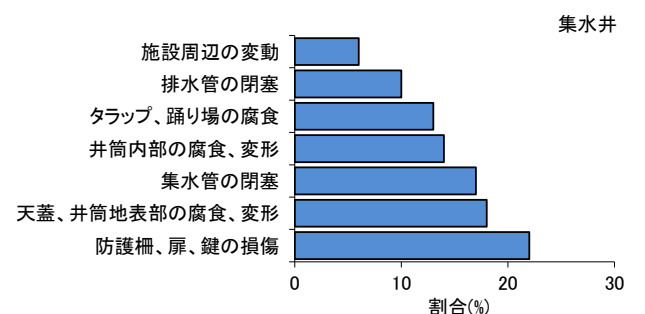


図-2 集水井の機能低下

Development of Devices for Prevention of Blockage at the end of Drainage Pipes in Landslide Sites

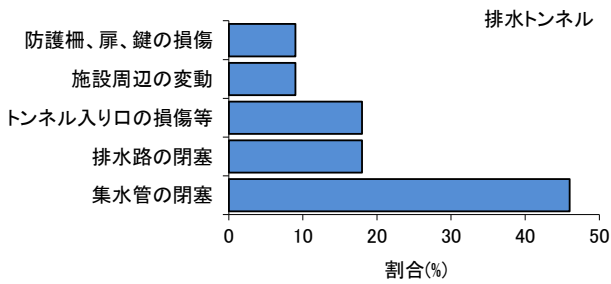


図-3 排水トンネルの機能低下

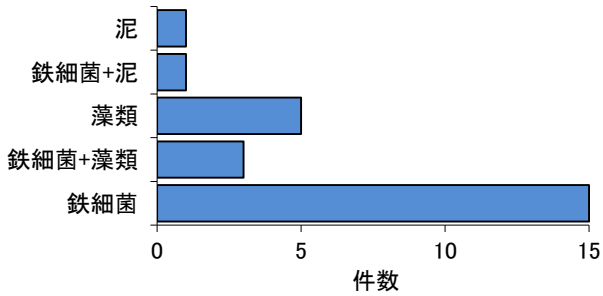


図-4 横ボーリング閉塞物の構成物

図-4は、全国から収集した横ボーリングの集水管孔口に付着していた閉塞物を顕微鏡で観察した結果を示したものである。横ボーリングの集水管の閉塞物には鉄細菌、藻類、泥によるものがあり、一番数が多いものは鉄細菌である。なお、閉塞物中には、鉄細菌と藻類が単独で認められる場合と両者が認められる場合、鉄細菌と泥が認められる場合がある。鉄細菌は、地下水中に生息し、2価の鉄イオン (Fe^{2+}) を3価の鉄イオン (Fe^{3+}) に酸化する時に得られるエネルギーを活動源にしており、その際に閉塞物(酸化第二鉄などを含んだコロイド状の有機物)を生成する²⁾。

3. 集水管閉塞までの期間の調査³⁾

この調査は、新潟県の上・中越地方の地すべり地において平成20、21年に新設した横ボーリン

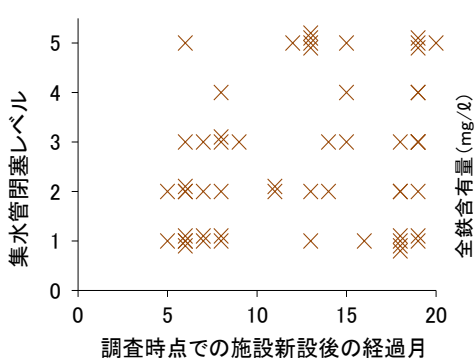


図-5 調査時点での施設新設後の経過月と集水管の閉塞レベルとの関係

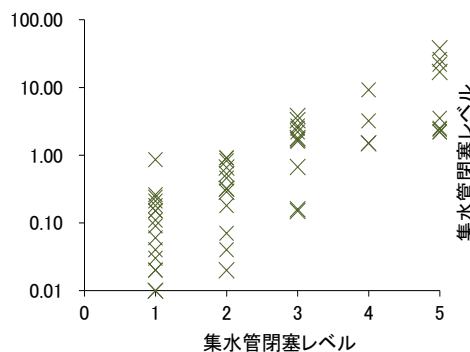


図-6 閉塞レベルと全鉄含有量との関係

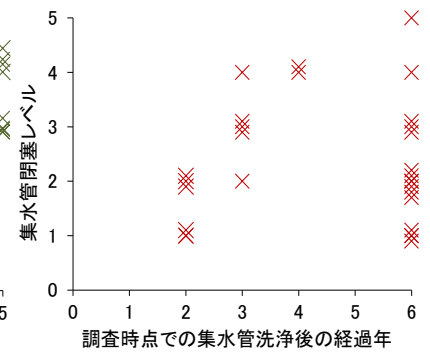


図-7 調査時点での集水管洗浄後の経過年と集水管の閉塞レベルとの関係

グ(地すべり地21箇所、施設数52箇所)と平成16~18年に集水管の洗浄が実施された横ボーリング(地すべり地4箇所、施設数20箇所)で実施した。

図-5には、調査時点での施設新設後の経過月と集水管の閉塞レベルとの関係を示した。なお、閉塞レベルは、表-2をもとに判定した。閉塞レベル4以上のものが、調査時点での施設新設後の経過月20ヶ月の期間に14施設で確認された。また、閉塞レベル4以上の閉塞が、6ヶ月で発生した事例が確認された。

表-2 閉塞レベルの判定基準

閉塞レベル	集水管閉塞状況
1	閉塞物なし。
2	孔口に赤褐色の付着物が少量認められる。
3	孔口の約25%以下に閉塞物が付着し、閉塞物の垂れ下がりが認められる。
4	孔口の約25~50%に閉塞物が付着している。
5	孔口の50%以上に閉塞物が付着している。

図-6は、集水管閉塞レベルと集水管からの排水中の全鉄含有量との関係を示したものである。集水管の閉塞レベルは全鉄含有量の増大にともない高くなっており、閉塞レベル4以上になるのは全鉄含有量が1mg/l以上である。これらのことから、排水の全鉄含有量が1mg/l以上ある場合、集水管の閉塞(閉塞レベル4以上)が施設設置後6ヶ月以内でも生じる可能性があると言える。

図-7には、調査時点での集水管洗浄後の経過年と集水管の閉塞レベルとの関係を示した。集水管の閉塞レベル4以上が、3年以上で生じている。

そこで、集水管閉塞防止器を考案し、現地試験を実施した。

そこで、集水管閉塞防止器を考案し、現地試験を実施した。

4. 集水管閉塞防止器の現地試験⁴⁾

4.1 現地試験を実施した地すべりの概要

集水管閉塞防止器の現地試験は、新潟県上越市の戸沢地すべりで実施した。本地すべりの規模は、



写真-1 現地試験を実施した横ボーリング

長さ約300m、幅約60m、勾配約8度である。また、基岩は新第三紀中新世樽田層の黒色泥岩・砂岩互層であり、崩積土の地すべりである。地すべり防止施設としては、水路と横ボーリングが設置されている。

写真-1は、現地試験を実施した横ボーリングを示したものである。この横ボーリングは、閉塞レベル5の集水管からの排水の全鉄含有量が38mg/lに達しており、集水管が非常に閉塞しやすい状況であることを確認している。なお、試験開始前には、集水管内に付着した閉塞物を孔口から奥行き約7mの区間をブラシで除去し、集水管に集水管閉塞防止器を装着した。

4.2 集水管閉塞防止器

集水管閉塞防止器は、集水管内に形成された閉塞物を速やかに排出する機能を、構造が簡単、電源が必要ない、壊れにくい、メンテナンスフリー、安価であるなどの条件を満たして発揮する必要がある。これらの機能・条件を考慮し考案したものである。

写真-2には、横ボーリングに装着した集水管閉塞防止器を示した。集水管閉塞防止器は、横ボーリングや集水井の集水管数本をパイプによりまとめ、まとめられた集水管孔口に取り付ける。今回は、写真-1に示した右の4本の集水管に閉塞防止器を取り付け、同左の4本と比較して効果を検証した。



写真-2 集水管閉塞防止器



写真-3 集水管閉塞防止器を装着していない集水管

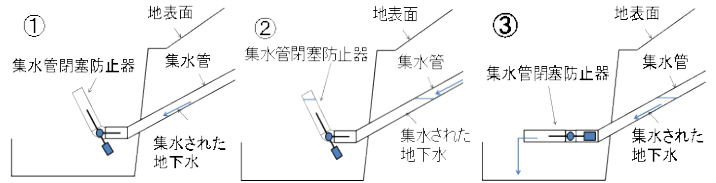


図-8 集水管閉塞防止器動作図

集水管閉塞防止器は、鹿威しの動作を応用したものである。集水管の閉塞防止は、孔口から約2m奥までに集水された地下水を貯留し、その後に排水するという動作を自動的に繰り返す。水流で閉塞物の集水管への付着を防止することで行う。

図-8は、集水管閉塞防止器の動作図を示したものである。集水管閉塞防止器は、①～③の動作を自動的に繰り返す。すなわち、①の状態では集水された地下水が集水管内に貯留される。次に、集水された地下水が集水管閉塞防止器の孔口まで貯留され、②の状態となる。この状態になると、③のように集水管閉塞防止器が貯留された地下水の重さで転倒し、貯留された地下水が閉塞物とともに勢いよく排出される。その後は、①に戻る。なお、転倒の時間間隔は、集水管の集水量の多少により変化する。また、集水管内への地下水貯留量と集水管閉塞防止器の動きは、転倒する管の長さや静止時傾角及びカウンターウエイトにより調整する。この他、集水管閉塞防止器は、その動作によりねじれないように短管とクランプで固定する。

4.3 現地試験結果

写真-3～6には、試験開始後204日の状況を示



写真-4 集水管閉塞防止器孔口の状況

写真-5 集水管閉塞防止器排水時の状況



写真-6 集水管閉塞防止器を装着した集水管

した。写真-3に示した集水管閉塞防止器を装着していない集水管には、閉塞物が多く付着している。写真-4に示した集水管閉塞防止器の孔口には、閉塞物の付着は認められない。写真-5に示した集水管閉塞防止器の排水時の状況では、地下水が集水管閉塞防止器から勢いよく排出されている。写真-6に示した閉塞防止器を装着した集水管孔口には閉塞物が付着しているが、その量は写真-3に示した集水管閉塞防止器を装着していない孔口と比べて非常に少ない。

写真-7は、閉塞防止器装着後204日の集水管内の状況を示したものである。奥行き0.75mと7.00mの地点では、閉塞物は管の内面に付着する程度である。また、奥行10m以上の地点では、閉塞物の付着が少ない。

これらのことから、集水管閉塞防止器により集水管の閉塞が抑制できる可能性があることが分かった。

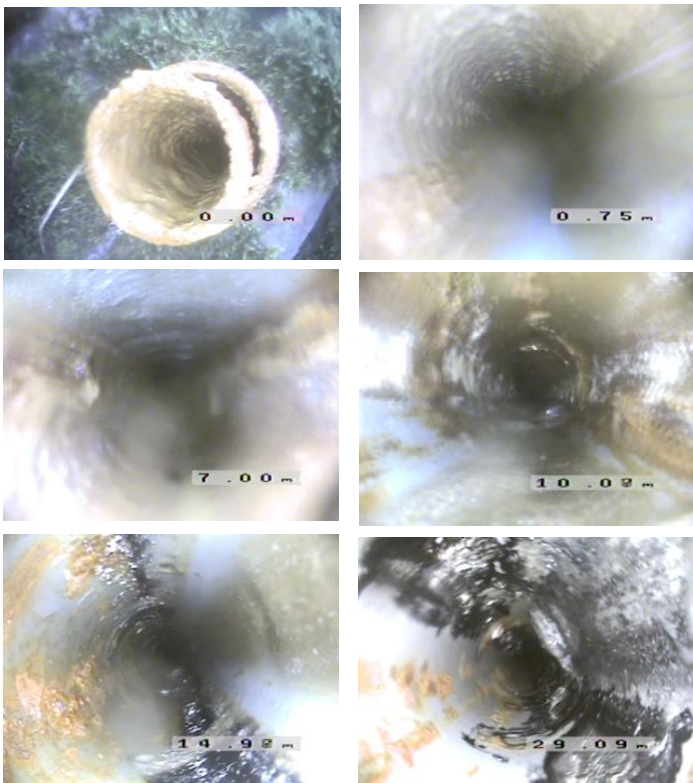


写真-7 集水管閉塞防止器装着後204日の集水管の状況

5. まとめ

地下水排除施設機能低下の実態調査結果では、集水管が閉塞しているものが数多くあり、その一番の原因は鉄細菌による閉塞物の生成であった。そこで、集水管内に生成された閉塞物を断続的に洗い流す集水管閉塞防止器を考案し、現地試験を実施した。その結果、集水管閉塞防止器により集水管の閉塞が抑制できる可能性があることが分かった。今後は、現地試験を継続し、集水管への閉塞物付着状況の観察、閉塞防止器の耐久性の確認などを行い、閉塞防止器の実用化を図る計画である。

謝 辞

現地試験に際しては、新潟県妙高砂防事務所にて地すべり地を使用させていただいた。ここに、記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 地すべり災害再発防止のための施設修繕について地すべり施設修繕資料とりまとめ報告、全国地すべり・がけ崩れ対策協議会資料、平成21年6月
- 2) 丸山清輝、安藤達弥、飯田正巳：地下水排除施設集水管の目詰まりに関する検討、地すべり第39巻第4号、pp.23～29、2003
- 3) 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ー地表水・地下水排除施設ー、土木研究所資料第4201号、2011年6月
- 4) 丸山清輝、木村 諤、畠田和弘、野呂智之：地すべり地における地下水排除施設集水管の閉塞防止に関する検討、平成25年度砂防学会研究発表会概要集B、B-374、2013年5月

丸山清輝



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 特任研究員、博士(学術)
Dr.Kiyoteru MARUYAMA

石田孝司



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
Koji ISHIDA