

パイピング孔周辺における人工散水による水の浸透過程の検討

紀伊山系砂防事務所 小竹利明・菅原寛明・田中健貴

国土技術政策総合研究所（大規模土砂災害対策技術センター） 木下篤彦

和歌山県土砂災害啓発センター 榎原伴樹・崎山朋紀

パシフィックコンサルタンツ株式会社

○野池耕平・松澤 真・田村友起夫・澤田悦史・斉藤泰久

1. はじめに

表層崩壊跡地の滑落崖において、パイプと呼ばれる空隙が存在することが知られており、これが水みちを形成して表層崩壊へ影響を及ぼしていると考えられている。たとえば、パイプの一部が閉塞することにより崩壊を誘発するモデル¹⁾、パイプ内において地下水圧が上昇しボイリング現象を伴って崩壊が発生することを指摘する事例もある²⁾。いずれの場合においても、表層崩壊の発生機構を解明していく上では、パイプの形成過程について議論することは非常に重要である。

本検討では、パイプが形成されている斜面の滑落崖上部において自然降雨前後、および人工的に散水を行い、水の浸透過程を把握した。水の浸透過程は、連続的に高密度電気探査を実施することで比抵抗の差分を捉えることから評価した。

2. 調査地概要

本調査は、和歌山県那智勝浦町にある那智川水系尻剣谷川上流部にある崩壊跡地頭部で実施した(図-1)。この流域は、2011年9月に表層崩壊が多く発生しており、この崩壊跡地も同様の時期に崩壊が発生している。崩壊の形状は、崩壊長57.2m、崩壊平均幅20.6m、崩壊面の平均傾斜31°程度であり、調査を実施した範囲の滑落崖は1mほどである。地質は熊野酸性岩類の花崗斑岩であり、地形は山頂緩斜面および開析が進行する斜面(開析斜面上部)との境界である開析前線付近に位置する。

3. 調査方法

3.1 自然降雨前後における雨水の浸透過程

散水実験前にパイプを含む地下の土層構造や水の浸透状況を確認する目的で降雨前後での電気探査を行った。散水1日前に総雨量40mmの雨(継続時間11時間、最大時間雨量7.5mm)であった。電気探査は、2測線で実施した(図-2)。

3.2 人工散水に伴う水の浸透過程

パイピング孔がある崩壊地滑落崖から5mほど離れた位置に長さ4mの有孔塩ビパイプを設置し、3L/分程度の水を4時間半散水した。塩ビパイプは、パイピング孔が中央に位置するように配置した。孔は径1.5mmとし、20cm間隔で施工した。

水の浸透過程を把握するため、塩ビパイプより斜面下部において電気探査を実施し、比抵抗の差分を解析した。L-1・L-2測線に測線10m、電極間隔0.25mで電極を配置し、散水用塩ビパイプ(パイピング孔)が中央部に配置されるよう留意した。電気探査は二極法により実施し、散水前に1回、散水中に4回(散水開始30分後から1時間おき(各測線で30分おき))、および散水30分後に1回実施した。

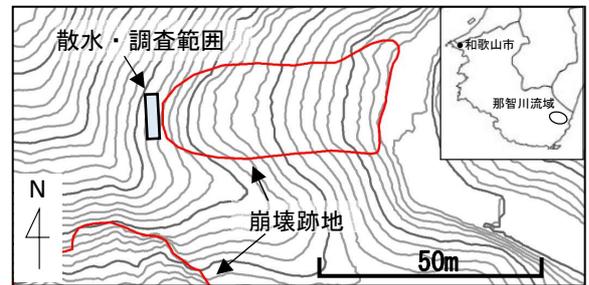


図-1 調査位置図

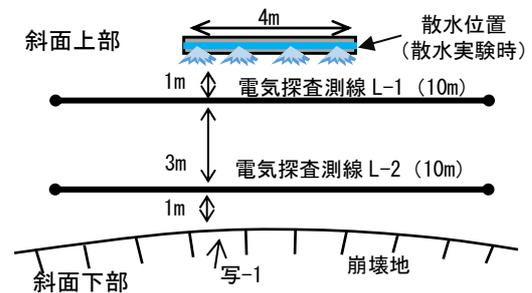


図-2 電極・散水装置配置図



写-1 パイプの写真(位置は、図-2に示す)

4. 調査結果

4.1 崩壊地滑落崖の状況

崩壊地滑落崖は、右岸側(電気探査測線起点側)では、礫混じりの砂質シルト状であるマサ土から構成されている。左岸側(測線終点側)には、土検棒による調査から、礫やコアストーンが含まれている状況が確認された。

4.2 自然降雨による浸透過程

図-3に、降雨前後における比抵抗の差分解析結果を示す。地表付近、および起点・終点側の深部において、雨水が深部に向かって浸透し比抵抗が低く変化している様子が確認できる。L-1では地表から2mほど下に目玉状の低比抵抗帯の分布が確認されるが、L-2の右岸では分布せず、鉛直方向に線状の低比抵抗帯が分布するのみである。また、比抵抗が目玉状に高く変化している領域が確認された((a)・(b)の比抵抗が増加した領域)。これは、盛土で雨水の浸透過程を検証した事例³⁾を参考にすると、間隙中の空気が雨水の浸透により圧縮された箇所を観測した可能性がある。

4.3 人工散水結果

L-1, 2 の散水前における電気探査結果を、それぞれ図-4(a), 図-5(a)に示す。両者とも、地表から深度1m～2.5m程度の範囲に高比抵抗帯が分布し、特に右岸側の比抵抗は高い。これは、コラストーンや礫などが密集していることによると推定される。

L-1, L-2 の散水後における差分解析結果を、それぞれ図-4(b), 図-5(b)に示す。L-1 では、地表から1m程度の範囲において散水した範囲を中心に一樣に比抵抗が低く変化し、水が浸透している様子が確認された。一方、L-2 では、散水した範囲の右岸側、特にパイプが形成された範囲から樹木の周辺部にかけて水が浸透しており、散水範囲の左岸側には水の浸透が見受けられなかった。

自然降雨のL-2(図-3(b))と散水実験のL-2(図5(a))を比較すると水の集中帯(低比抵抗帯)が異なることが確認された。自然降雨の降雨継続時間は11時間、散水実験は4時間半であり単純に比較することはできないが、降雨継続時間と降雨の範囲の違いが水の浸透経路を変化させたと推察される。

5. まとめ

降雨および人工散水に伴う水の浸透過程について電気探査により検討を行った。ここでの成果を以下にまとめる。

- ・降雨及び散水実験時の比抵抗変化から、パイプ及びコラストーンが水の流れに影響を及ぼしていることが分かった。
- ・降雨時には、コラストーンの分布範囲で雨水が深部に向かい浸透している状況や、間隙中の空気が圧縮されていると推察される状況が確認された。また、降雨継続時間や降雨の範囲により水の浸透経路が変化する可能性が確認された。

・今後は、コラストーンの分布地域で同様の実験を行うことにより、時系列に雨水の浸透過程を考察し、表層崩壊の発生機構を考察していく必要があると考えられる。

参考文献 1) 太田ら：パイプフローと山崩れについての1 考察, 昭和56年度砂防学会研究発表会概要集, p327-333, 1981. 2) 西尾: ボイリング現象のメカニズムに関する研究, 日本森林学会誌, 60(9), p327-333, 1978. 3) 高倉ら: 比抵抗モニタリングによる盛土中の水分変化の推定, 物理探査, p223-236, 2012.

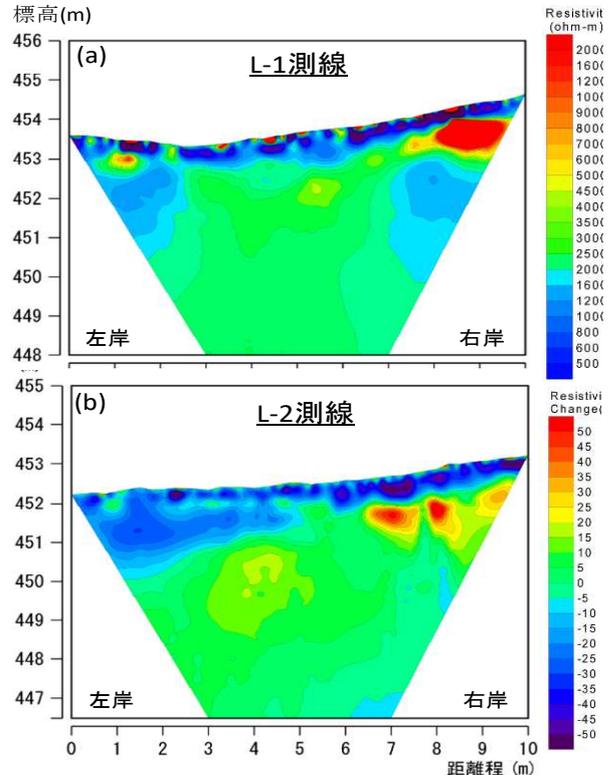


図-3 自然降雨前後における比抵抗差分解析結果

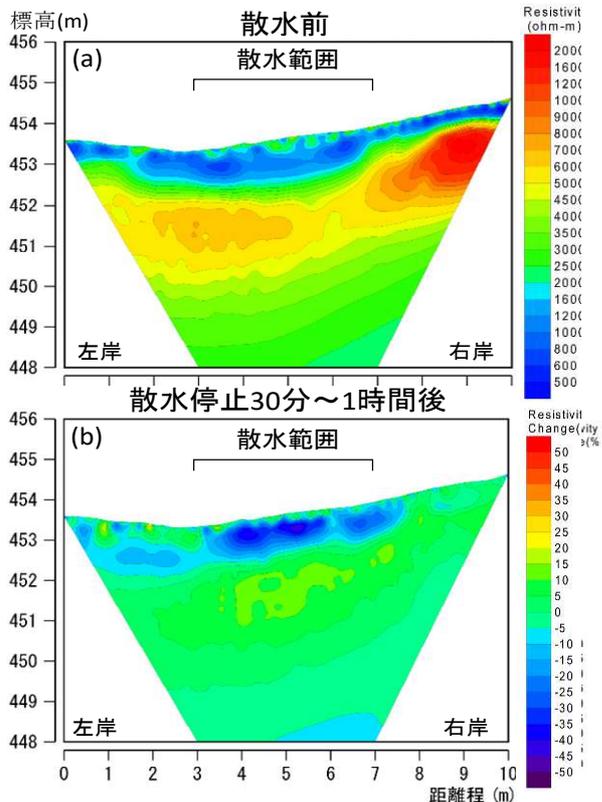


図-4 L-1 測線の電気探査結果((a): 散水前の比抵抗, (b)散水停止30分～1時間後と(a)の比抵抗値の差分)

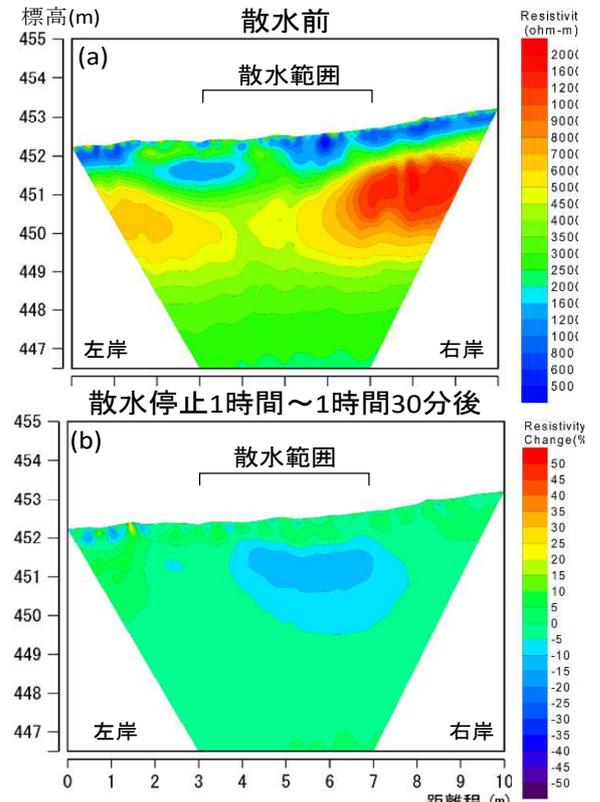


図-5 L-2 測線の電気探査結果((a): 散水前の比抵抗, (b)散水停止1時間後～1時間30分後と(a)の比抵抗値の差分)