

平成 23 年台風 12 号で深層崩壊が発生した熊野地区における崩壊斜面の水文特性に関する研究

国土交通省近畿地方整備局 木下 篤彦 北川 眞一
 国土交通省近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 大山 誠
 京都大学大学院農学研究科 小杉 賢一朗
 国土交通省国土技術政策総合研究所 内田 太郎
 中央復建コンサルタンツ株式会社 ○金村 和生 岡島 信也 奥出 哲也

1. はじめに

小川内¹⁾らは、奈良県の栗平、長殿、赤谷で発生した深層崩壊の原因の一つとして、崩壊斜面上部からの深層の地下水が影響していると指摘している。和歌山県田辺市の熊野(いや)地区で発生した深層崩壊も同様に、地下水が大きく影響していると考えられる。図-1 に熊野地区の地形図を示す。熊野地区の崩壊地の背後は集水地形を呈し、南北方向と東西方向に流下する沢水の合流付近に当たる。崩壊地内からは、現在もなお毎分数%の湧水が流出している。熊野地区の深層崩壊機構を解明する上で、崩壊地内の湧水と崩壊地背後の沢水や深層地下水との関係を把握することは重要である。ここでは、これらの関係を把握するために、電気探査から得られる比抵抗値、湧水・沢水等の水質、流域の比流量の水文特性に着目した。

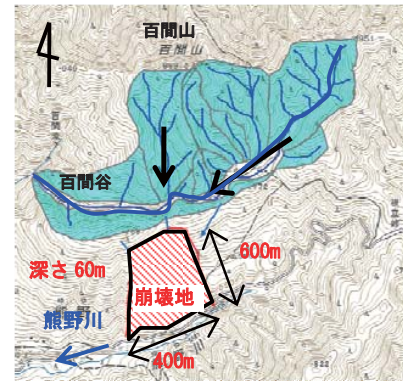


図-1 熊野地区地形図

本研究は水文調査および電気探査を行い、湧水の流出経路「水ミチ」を把握し、深層崩壊と水文特性の関係について考察したものである。

2. 地形・地質概要

崩壊箇所は紀伊山地南部に位置する山岳地帯で、百間山の南側、熊野川沿いの標高 400～800m の山腹斜面に位置する。崩壊地周辺は棚田状の崩壊地形を呈し、過去の崩壊を伺わせる。基盤岩は四万十帯傘婁層群の合川累層及び打越累層に属する泥岩、砂岩、礫岩からなる。基盤岩の上位には崩積土が被覆するとともに、境界部にはクリープ変形による緩んだ強風化岩が分布する。調査地域には、複数の向斜軸、背斜軸が並行しており、付加体特有の複雑な褶曲構造やせん断構造を有している。四万十累帯は全体的に北傾斜しているが、当該地では背斜軸の南側翼部に当たるため、局所的に南傾斜(流れ盤)となっている。



図-2 崩壊地周辺の地質

3. 水文調査結果

崩壊地内の湧水と沢水との関係を把握するために、崩壊地尾根部のボーリング孔を利用して多点温度検層を実施した。その結果、図-3 に示すように、地下水水面付近に流動層が確認された。また、崩壊地内の湧水(湧水-1、湧水-2)と崩壊地背後の沢水を対象にイオン分析を実施したと

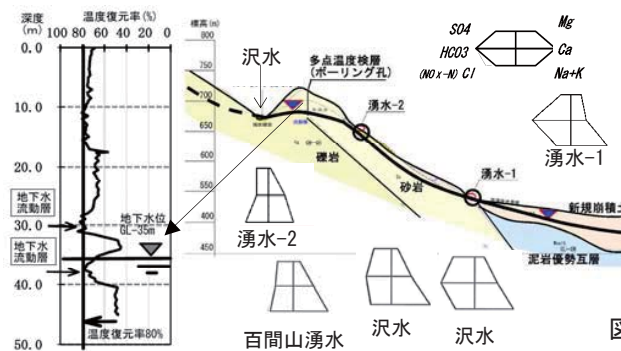


図-3 イオン分析、多点温度検層結果(崩壊断面)

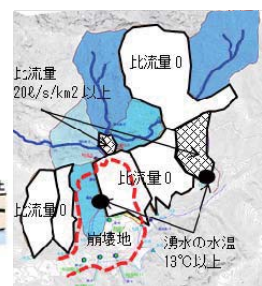


図-4 区間比流量分布図 (H24.12 測定)

ころ、各ヘキサダイアグラムの形状が類似することが判明した。このことから、崩壊地背後の沢水や湧水が浸透し、崩壊地内で湧水として流出している可能性が高まった。

一方、図-4 に示すように、崩壊地背後の周辺流域を集水域毎に区分し、流量観測を実施した結果、崩壊地背後の区間比流量は 100 l/s/km^2 と多いが、一部伏流する区間(区間比流量 0)を確認した。また、崩壊地内の湧水の水温が 13°C 以上に対して、他は 7°C 未満と低いことが明らかとなった。これは崩壊地背後で伏流(浸透)した沢水が、比較的深層部を流動し、湧水として流出しているものと考えられる。

4. 高密度電気探査

水文調査により、崩壊地背後の沢水等が崩壊地内に流入している可能性が高いことがわかった。これより、崩壊地内の「水ミチ」を面的に捕らえるために高密度電気探査を図-5 に示す 5 測線で実施した。

4.1 探査方法

測定は水平方向の地質構造の把握に適したウエナー配列と垂直方向の地質構造の把握に適したエルトラン配列の 2 つの方法で行った。これにより両方向の地質構造を想定した解析を行うことができる。また、今回はジェイ・シー・アール製の測定器を用いて「差分測定」と呼ばれる手法を採用した。「差分測定」とは、異なる電圧で 2 回測定(電圧変化)することによって、土中水の流動に伴って発生する微弱な流動電位又は流動電流を増幅させ、得られた比抵抗値の差分を、比抵抗変化率として表現する方法である。1 回目の測定で、流動電流の発生箇所蓄電(チャージ)され、2 回目の測定で比抵抗値が小さく変化する。比抵抗変化率図では、比抵抗値の変化率が大きいところほど地下水の流動域「水ミチ」(比抵抗変化率 20%以上と仮定)があると判定した。

4.2 探査結果

図-6 に崩壊地中央の比抵抗変化率縦断面図(E-1+E-3)を、図-7 に尾根筋の比抵抗変化率横断面図(E-2)を示す。各断面図から GL-50m 前後に比抵抗変化率が大きいゾーンが確認されたため、GL-50m での比抵抗変化率平面図を逆解析により作成した(図-5 参照)。図-5 によると、水ミチと想定されるゾーン(比抵抗変化率 20%以上)が崩壊地背後から崩壊地内に分布する。図-6 で、崩壊地背後から崩壊斜面に沿って連続した水ミチがみられ、崩壊地内に地下水が流動していることが想定される。また、E-1+E-3 測線と E-2 測線の交差部(ボーリング孔)で認められる水ミチは、多点温度検層で得られた流動層やボーリング地下水位と整合する。これらのことから、崩壊地背後の沢水や深層地下水が、水ミチに沿って崩壊地内に集まっていることが考えられる。なお、本検討では、地下水の流動の程度、方向等詳細について把握できていないため、追加調査による検証が必要である。

5. 考察

崩壊地内の湧水と崩壊地背後の沢水や湧水の水質(ヘキサダイアグラム)が類似していることが明らかとなった。また、高密度電気探査結果(差分測定)では、崩壊地背後から崩壊地に向かって水ミチが形成されている可能性が高いことがわかった。熊野地区で発生した深層崩壊の特徴として、台風 12 号の豪雨と長雨によって集まった大量の沢水や地下水が「水ミチ」に沿って、崩壊地内の緩み領域(崩積土、風化岩盤)に、過剰に浸透・流入したことが原因と考えられる(図-7 参照)。

6. おわりに

今回、深層崩壊の発生機構と水文特性に大きな関係があることを示唆した。一方、崩壊地背後の沢水は堅固な塊状礫岩上(写-1 参照)を流れており、この沢水がどこからどの程度伏流(浸透)しているか現時点では未確認である。今後は、崩壊周辺の地下水性状を、ボーリング孔を利用したトレーサー調査や湧水の酸素同位体分析等から明らかにしていくとともに、台風 12 号時の降雨量や崩壊前 LP データを利用して、崩壊直前の地下水位を浸透流解析から逆解析し、深層崩壊発生機構の解明に研鑽していく所存である。

【参考文献】

- 1) 木下篤彦・神野忠広・小川内良人・真弓孝之・柴崎達也；平成 23 年台風 12 号で発生した深層崩壊の発生メカニズムについて、平成 24 年度 砂防学会研究発表会

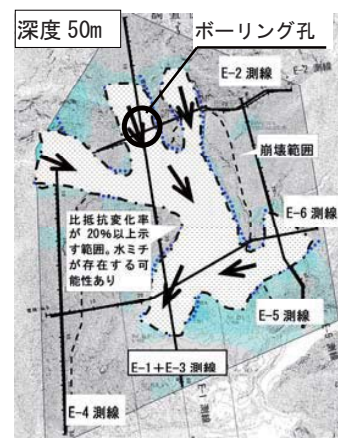


図-5 比抵抗変化率平面図

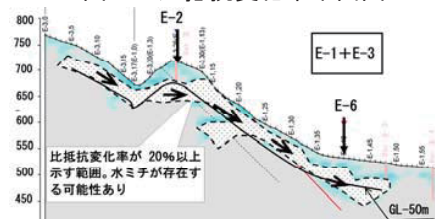


図-6 比抵抗変化率縦断面図(E-1+E-3)

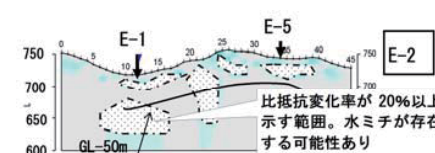


図-7 比抵抗変化率横断面図(E-2)

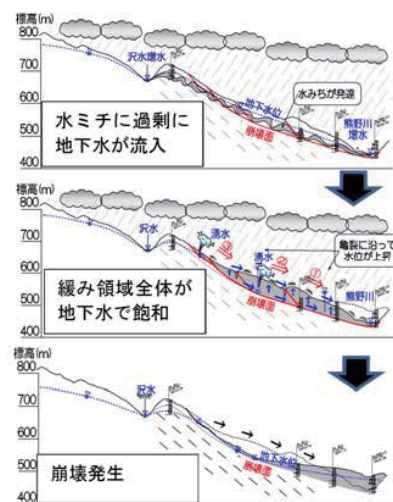


図-8 深層崩壊メカニズムの推定



写-1 沢底の状況