

姫川流域における深層崩壊のおそれのある斜面での崩壊規模推定手法に関する検討

国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所 五十嵐祥二, 渡邊剛, 柳沢信繁
 国立研究開発法人土木研究所 木下篤彦, 高原晃宙, 瀬戸秀治, 野池耕平, 森加代子
 株式会社建設技術研究所 ○中野真帆, 松原智生, 田中智, 西口幸希

1 はじめに

深層崩壊による被害への対策を講じるためには、深層崩壊の発生のおそれのある斜面を明らかにし、その斜面からの崩壊土砂量を推定する必要がある。

現在、大まかな崩壊土砂量の推定手法として、実際に発生した崩壊の面積と崩壊土砂量の関係式 (Guzetti, 2009; 磯貝ほか, 2014) 等が使われる場合が多い。しかし、これらの経験式はある限られた地域で算出されたものであり、地形・地質状況の異なる地域では、その地域の特性を加味した土砂量推定式を検討する必要がある。

そこで、まず、姫川流域に分布し、比較的深層崩壊跡地の分布が多い火山岩、堆積岩、付加体^aの3つの地質帯において、深層崩壊発生のおそれのある斜面を選定し、地形・地質調査、水文水質調査、地上電気探査によって斜面内部に深いゆるみが発生しているかを確認するとともに、深層崩壊発生機構の検討を行った。次に、流域の土砂量を推定するために、広域の空中電磁法探査結果を用いた検討を行った。

2 斜面の選定と詳細調査結果 (平川)

平成27年度に調査を行った平川では、LP傾斜量図を用いた微地形判読によって重力変形斜面を抽出し、地形のタイプ分けによる危険度評価 (千木良ほか, 2014) に従って危険度の高い斜面を詳細調査対象として選定した。次に、斜面内部状況の把握、ゆるみ深度の推定を目的として地上電気探査を実施し、比抵抗二次元断面図を作成した。

平川の選定斜面の斜め空中写真を図1に示す。



図1 詳細調査を行った斜面の斜め空中写真 (平川)

平川で選定した2斜面は、いずれも頭部に逆向き小崖地形が存在しているため、トップリングタイプの重力変形地形であると考えられる。また、斜面脚部は河川による侵食で解放されており、脚部に小崩壊地形が確認できる。以上より、重力変形斜面のタイプに応じた危険度評価を行うと、いずれも危険度IVとなったため、詳細調査対象斜面として選定した。図2に斜面20 (上流側斜面) で地上電気探査を行った結果を示す。2斜面の比抵抗断面図を紀伊山地の事例と比較すると、斜面20, 21共に浅部に高比抵抗分離領域を有するタイプAとなり、深層まで風化した基盤岩が崩壊を起こした斜面 (木下ほか, 2013) と類似した比抵抗パターンを示した。また、比抵抗断面図から、斜面浅部に中～高比抵抗の分離領域が確認でき、この高比抵抗部を岩盤のゆるみの結果生じたものだとすると、ゆるみゾーンは2斜面ともに地表面から深さ30～40mに達すると推定できる。

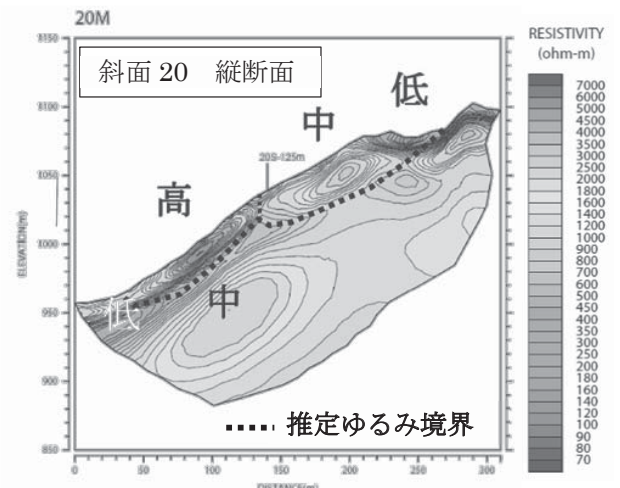


図2 比抵抗二次元断面図から推定したゆるみゾーン

3 空中電磁法探査を活用したゆるみ境界の推定

本研究では、長野県姫川水系の3流域 (浦川: 火山岩・堆積岩, 大所川: 堆積岩, 平川: 付加体) で調査・検討を行っているが、流域や調査実施年度によって斜面選定の方法・詳細調査の内容が異なっている。各流域の地質及び調査項目等を表1に示す。

本論文では、データのそろっている浦川の調査結果を用いて、空中電磁法探査の結果を活用してゆるみ境界を推定する手法を検討した。具体的には、選定斜面で行ったボーリング調査、地上電気探査、地形の検討結果と空中電磁法探査結果から作成した比抵抗断面図を比較し、その特徴を整理した。

^a ここでの付加体とは、付加に伴う割れ目を伴った岩石を指す。平川で調査対象とした付加体は、付加体中に巨大な岩体として含まれる時代未詳の超苦鉄質岩でほとんど蛇紋岩化していないものであるが、クリープ地形や深層崩壊跡地地形が多く分布している。

表 1 流域ごとの地質と実施した調査

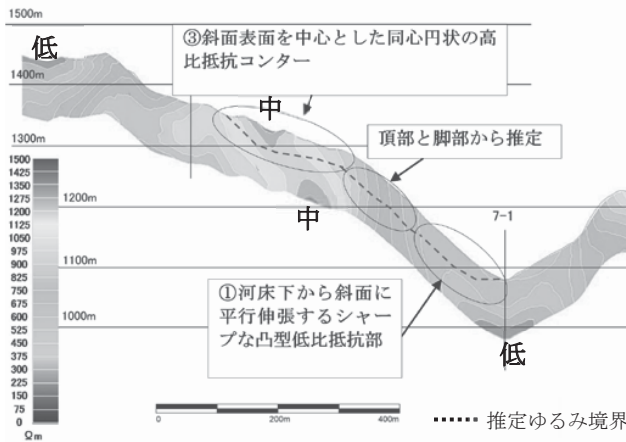
流域名	浦川			平川	大所川
地質大区分	火山岩	火山岩	堆積岩	付加体	堆積岩
地質状況	貫入岩を火山砕屑物が覆う	貫入岩(珪長岩)	来馬層群	超苦鉄質岩(付加体・非蛇紋岩化)	来馬層群
斜面抽出	空中電磁法探査結果の活用 ²⁾	地形解析 ⁵⁾⁶⁾	地形解析 ⁵⁾⁶⁾	微地形判読	空中電磁法探査結果の活用 ²⁾
危険度評価		ひずみ率	ひずみ率	斜面の類型化 ⁶⁾	
調査項目					
微地形判読	○	○	○	○	○
地形検討	○	○	○	○	○
ボーリング調査	○	×	×	×	×
水質調査	○	○	○	○	×
比抵抗	○	○	○	○	×
二次元探査	○	○	×	×	○
空中電磁法探査	○	○	×	×	○

○:実施 ×:実施していない

その結果、空中電磁法探査の大まかな比抵抗パターンは地上電気探査と同様であるが、岩盤のゆるみ境界を示すような比抵抗値のギャップは得にくいことが判明した。しかし、重力変形を起こしている斜面では、比抵抗断面図(空中電磁法探査)に以下のような特徴の比抵抗パターン(図4)を持つものも多く見られた。

- ①河床部からシャープに伸びる凸型比抵抗コンター
 - ②斜面に沿ったコンターの乱れ
 - ③斜面表面を中心とした同心円状の高比抵抗コンター、もしくは同心円状の低比抵抗コンター
 - ④頂部付近に分布する垂直系のコンター密集部
- ただし、④の条件は火山岩地帯で高比抵抗の火山砕屑物等のキャップロック構造を持つ場合のみ確認でき、このコンター密集部を頭部滑落崖とする崩壊跡地地形が認められる。

重力変形が起こっている斜面で上記すべての特徴が現れるわけではないが、一部の特徴であっても、地形形状を組み合わせることで、より高い精度でゆるみ境界を推定することが可能であると考えられる。



4 姫川流域での面積と崩壊土砂量の関係式

3章で述べた、地形と比抵抗断面図の特徴を組み合わせる方法により、浦川・大所川・平川の一部で「深層崩壊発生のおそれのある斜面」のゆるみ境界を引き、ゆるみ境界の平均深さに面積を乗じることで崩壊土砂量を推定した。また、空中電磁法探査を行っていない浦川の堆積岩分布域、平川全域では、詳細調査の結果に基づき土砂量を推定した。斜面の面積と崩壊土砂量の関係を地質ごとにとりまとめ、H23紀伊山地の式(磯貝ほか, 2014)と同様の方法である累乗近似により相関式を求めた(図3)。その結果、火山岩類が $y=2.297x^{1.26}$ (サンプル数: $n=11$)となり、H23紀伊山地の式より面積に対する体積が大きくなる傾向が認められた。一方、堆積岩類は $y=9.34x^{1.13}$ ($n=10$)、付加体(超苦鉄質岩)は $y=0.671x^{1.32}$ ($n=2$)となった。

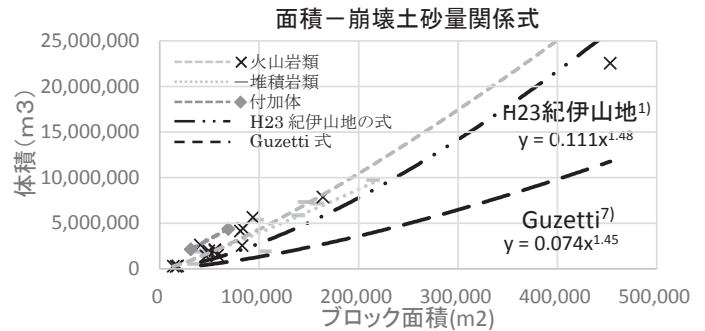


図3 面積-崩壊土砂量関係式(火山岩類, 堆積岩類, 付加体)と既往経験式(H23紀伊山地の式, Guzzettiの式)との比較

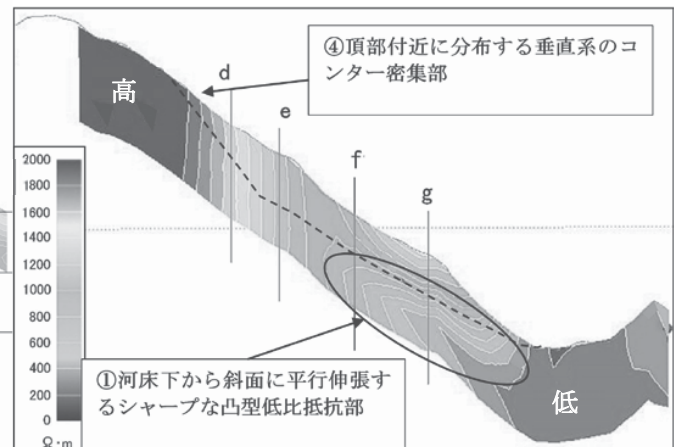


図4 比抵抗断面図(空中電磁法探査)の特徴(左:浦川・珪長岩, 右:浦川・珪長岩を第四紀の火山岩が覆う)

【参考文献】

- 1) 磯貝ほか(2014): 2011年台風12号により紀伊山地において発生した深層崩壊の面積と土塊量, 平成26年度砂防学会研究発表概要集B, p.B-276-277
- 2) 伊藤ほか(2014): 姫川流域における深層崩壊のおそれのある斜面の抽出方法の検討, 平成26年度砂防学会研究発表概要集A, p.A-36-37
- 3) 木下ほか(2013): 平成23年台風12号により紀伊山地で発生した深層崩壊周辺の広域比抵抗構造特性, 平成25年度砂防学会研究発表概要集B, p.B-356-357
- 4) 千木良ほか(2014): 深層崩壊発生危険斜面の地質・地形的抽出法について, 平成26年度砂防学会研究発表概要集A, p.A-16-17
- 5) 中野ほか(2015): 浦川流域における深層崩壊発生危険斜面の抽出と発生土砂量の推定手法の検討, 平成27年度砂防学会研究発表概要集B, p.B-118-119
- 6) 横山ほか(2012): レーザー測量データを用いた岩盤クリープ斜面の表面形状把握, 砂防学会誌 vol.64 No.6, p.13-24
- 7) Guzzetti F et al., 2009: Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy, Earth and Planetary Science Letters, 279, p222-229