Japan Society of Engineering Geology

81. 比抵抗パターンから推定した深層崩壊の推定崩壊深度と岩盤破砕度区分による検証

The estimated depth of deep-seated landslide by resistivity-pattern and the verification by classification of crushing degree of rocks

○伊藤哲雄・松田隆・滝川義治（(株) キタック)、城ケ崎正人・石川一栄※1・宮澤和久※2（松本砂防事務所)、木下篤彦・高原晃宙・一色弘充※3（(独) 土木研究所）　（※1：現　北陸地方整備局　河川部、※2：現　北陸地方整備局　千曲川河川事務所、※3：現　応用地質株式会社）

○Tetsuo Itoh, Takashi Matsuda, Yoshiharu Takigawa, Masato Jogasaki, Kazuei Ishikawa, Kazuhisa Miyazawa, Atsuhiko Kinoshita, Teruyoshi Takahara, Hiromitsu Isshiki

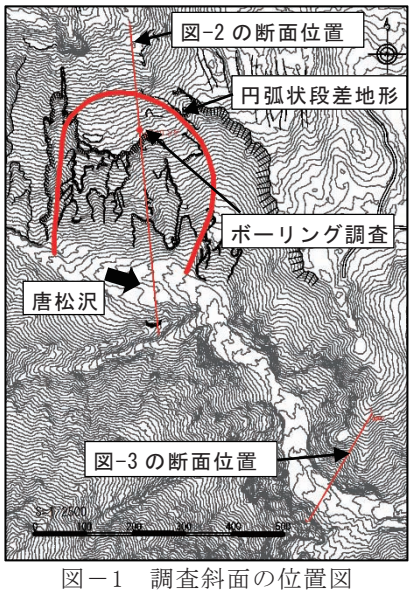
1. はじめに

深層崩壊のおそれのある斜面の抽出手法について、空中写真、レーザープロファイラ、空中電磁探査などを用いた研究が進められている[例えば 1)]。このうち空中電磁探査は、深層崩壊の発生メカニズムに関連する広域の地下構造を推定する有効な手段の一つと考えられるが、空中電磁探査によって得られた情報を活用し、いかに深層崩壊の規模（特に深度）を推定するかが課題である。今回、空中電磁探査の特異な比抵抗コンターのパターンから崩壊推定深度が示唆される結果が得られた。これについてボーリング調査により岩盤の破砕状況を確認し検証を行った。以下にこの結果を報告する。

2. 調査検討箇所の概要

調査地は、長野県北安曇郡小谷村に位置する姫川水系浦川の左支川である唐松沢の左岸斜面である（図-1)。本調査地は上流を直線的な沢で境され、緩斜面部の背後を取り巻くように円弧状段差地形が認められるなど、地形的に深層崩壊の発生のおそれのある斜面として抽出された。

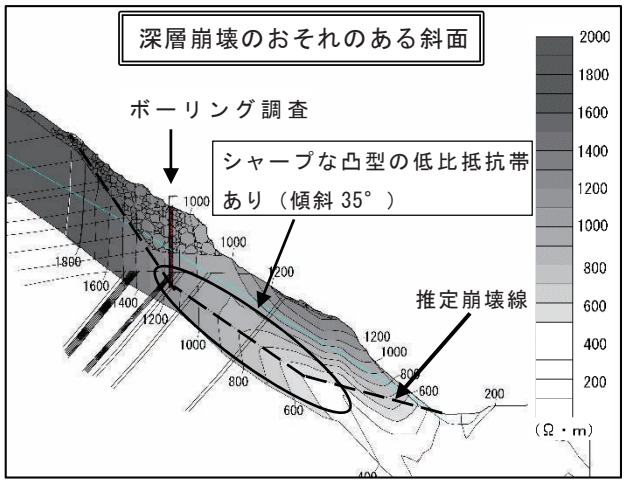
周辺の地質は、第四紀更新世の白馬大池火山噴出物（石英安山岩溶岩）が古第三紀～前期中新世の珪長岩を覆っている。ボーリング調査で上位の石英安山岩と下位の珪長岩を確認した。石英安山岩の大半は空隙の多い緩い岩盤状態であり、深度 45.5m 付近まで崩壊堆積物であると判断された。中性子検層の結果による湿潤密度は 1.0～2.0g/cm^3 と小さい値を示した。



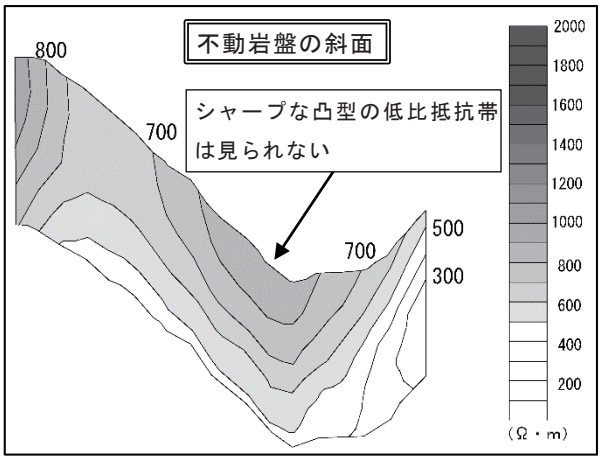
図－1　調査斜面の位置図

3. 空中電磁探査結果

空中電磁探査は、空中や地上から電磁波を発信し地下で発生する誘導磁場を測定することにより、地下の比抵抗構造を知る方法である。今回、浦川流域において計測し深度 100m までの三次元比抵抗分布データを取得した。空中電磁探査結果から得られた不動岩盤と判断される斜面と深層崩壊のおそれのある斜面の比抵抗断面図を対比した結果、深層崩壊のおそれのある斜面では、斜面内部において下方から上方に向けて低比抵抗値がシャープに突出し、突出部の軸線が斜面に平行となる比抵抗コンターのパターンが見られた（図-2)。一方、不動岩盤斜面にはこのような比抵抗コンターのパターンは見られなかった（図-3)。



図－2　調査斜面の中央主測線の比抵抗断面図 [1)]



図－3　近傍の不動岩盤の比抵抗断面図 [1)]

NII-Electronic Library Service

4. ボーリング調査による深層崩壊深度の検証

斜面に平行なシャープな凸型低比抵抗帯の上方延長部の位置(推定崩壊面付近)でボーリング調査を行い、岩盤の破砕状況を確認した。

ボーリングコア観察にあたって、破砕度区分指標(表-1)にしたがって、緩み領域の推定や深層崩壊の崩壊深度を予測する目的で破砕区分[2)]を行った。図-4 に、深度 55m 以下を抜粋して破砕区分の結果とシャープな亀裂面を一覧表にして示した。これらの要点を下記に示す。

・亀裂面は、深度 71.5m 付近を境に上位は高角度（約 60° 前後）が卓越し、下位は低角度（約 35° 前後）が卓越する。

・深度 74m～78.5m 間はボーリング掘進時において孔壁の押出しによる崩壊が著しい区間であった。

・破砕区分 Cr-2～Cr4 に相当する最も破砕化が著しい区間が、おおむね深度 75.5m～79.0m 間に集中する。

以上から、推定崩壊面傾斜と同一傾斜の約 35° の低角度亀裂が卓越する深度 71.5m～79.0m 間は厚さ約 7m のせん断帯を形成している可能性がある。このうちボーリング掘進時に孔壁の押出しが顕著であった深度 74m～78.5m の領域が破砕・応力集中領域になっていると考えられる。

なお、この領域の岩盤は全般に破砕化しており任意に崩壊面を形成しうる状態であると判断されるが、潜在的崩壊面の可能性の高い箇所の一例として、深度 74.40m～74.45m のボーリングコア写真を図-5 に示す。この箇所は、約 5cm の破砕部を挟む上下 2 枚のシャープな亀裂面（傾斜 35° ）をなし、低角度のせん断変形に伴って生じた引張亀裂の可能性がある高角度亀裂を上部に伴う。

5. シャープな低比抵抗帯の成因と崩壊面の予測

ボーリング調査結果から、凸型低比抵抗帯の上方延長部の岩盤は、低角度亀裂が卓越するせん断帯の可能性があり破砕化している状況であることから、周辺に比べ空隙が大きく水分飽和率の高いことが考えられる。このような岩盤状態は一般に低比抵抗を示すことから、空中電磁探査の比抵抗断面図で示される凸型低比抵抗帯（図-2）は、斜面内に選択的に形成された破砕ゾーン（せん断帯）を検出している可能性がある。この凸型低比抵抗帯は、過褶曲構造様の比抵抗パターンを示しており、比抵抗コンターの軸部付近に着目することで推定崩壊面を予測できる可能性がある。

6. まとめ

空中電磁探査の比抵抗断面図から、斜面下方から伸張するシャープな凸型比抵抗帯が認められた。この特異な比抵抗パターンから推定される予測崩壊面の上方への延長部の岩盤状況についてボーリング調査を実施し破砕ゾーンを確認した。これより凸型低比抵抗帯の比抵抗コンターのパターンは、緩み領域と崩壊深度の予測に活用できる可能性があることが確認できた。一方で、凸型比抵抗パターンがどのような地質・地下水条件下で見られる現象なのか明らかにする必要があると考えられる。このため、今後は他の深層崩壊のおそれのある斜面における比抵抗値や岩盤状態を比較検討できるデータを蓄積し検討していきたい。

表－1　破砕度区分指標[2)]

破砕度区分	Cr-1a / Cr-1b	Cr-2	Cr-3	Cr-4
破砕状況	Cr-1a：開口割れ目 Cr-1b：割れ目を細粒物充填	角礫状		
基質の量		礫支持	礫支持～基質支持	基質支持
礫径		20～100mm	10～20mm	10mm以下
コア状況				

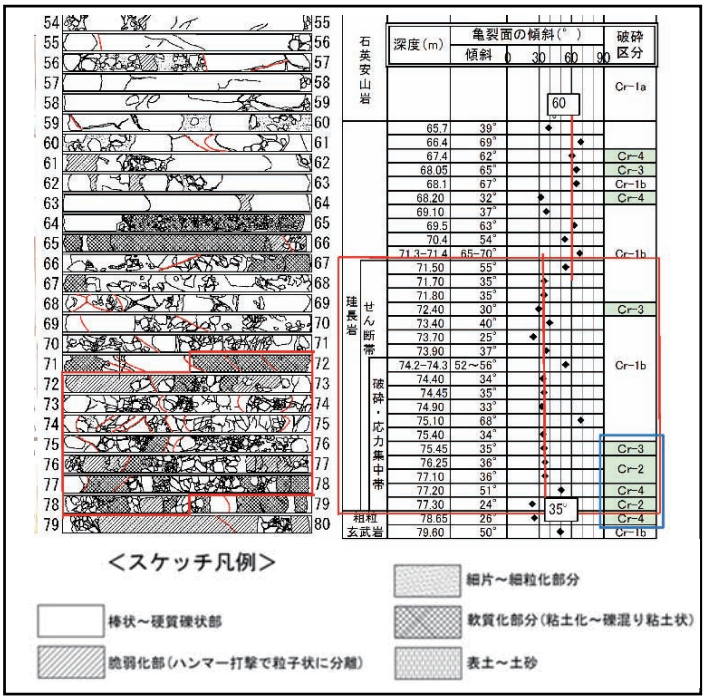


図-4　岩盤の破砕区分及び亀裂面一覧表
（本図は深度 55m 以下を抜粋）

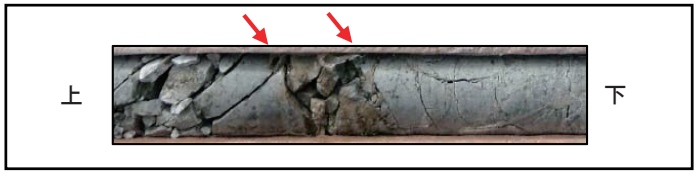


図-5　潜在的崩壊面の一例（深度 74.4m～74.45m）

参考文献

1)　城ケ崎ら（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会概要集、p.A-36－A-37

2)　脇坂ら（2012）：地すべり移動体を特徴づける破砕岩、応用地質、第 52 巻、第 6 号、p.231－247

NII-Electronic Library Service