

浅層電磁探査による溪床土砂堆積物分布状況把握の試み

パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○伊藤 達哉、蔭山星、飛岡 啓之、船山 淳
国土交通省 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所 鈴木 啓介^{※1}、戸田 満^{※2}、川邊 三寿帆
※1 現所属：国土交通省 中国地方整備局 企画部、※2 現所属：国土交通省 北陸地方整備局 高田河川国道事務所

1. はじめに：

土石流・流木対策に係わる砂防計画を立案するうえで、計画流出土砂量の設定は合理的かつ効果的な配置計画や施設諸元を決定するうえで重要な条件であり、精度よく推定する手法が求められる。計画流出土砂量は、土石流により想定される侵食幅と侵食深を現地調査により想定し、延長を掛ける手法¹⁾が一般的である。このうち侵食深の推定は、平常時の状態を見て判断するため、技術者によるバラツキが多く、実際の災害時との相違が指摘されている²⁾。溪床における侵食深の精度向上を図るために、0次谷などでは簡易貫入試験が適用される事例³⁾もあるが、流域が大きくなると多くの時間と労力がかかるとともに、礫や玉石に試験機先端の貫入コーンが当たるとそれ以上の貫入が不可能となる場合が多く、侵食深を一定の精度を保ちながら効率的に調査する手法とは言い難い。

本稿では、湯沢砂防事務所管内において、20万分の1日本シームレス地質図を参考に地質区分を行った上で、浅層電磁探査により侵食可能深(溪床土砂の堆積深)の推定を行い、従来の手法と比較して有効性が確認されたので報告を行う。

2. 調査方法：

本検討では、浅層電磁探査による比抵抗エッジ抽出法(例えば、瀬戸ほか2016⁴⁾)を使用した。比抵抗エッジ抽出法は、微分フィルタを用いて深度方向の比抵抗の差分から比抵抗が急変する深度を求める方法である。類似した地質が分布する同一地域においては、比抵抗が急変する範囲は、物性の変化が急変する位置を表すものと考えられ、それが土層厚に相当するものと考えられている(野池ほか2017⁵⁾)。これまで本手法は山地斜面において表層崩壊を対象に崩壊の恐れのある土層厚の検討等では用いられてきたが、本検討では溪床部の侵食可能深を把握する目的で調査を行った。

2.1 調査手法の選定： 浅層電磁探査は、地中における誘導電磁場の応答から導電率や磁化率を測定する手法である。

浅層電磁探査は可搬性に優れ、測定時間も1箇所あたり十秒程度(定点観測法)と、簡易貫入試験に比較し迅速な調査が可能である。また、溪床部など、礫の多く分布する箇所においても調査が可能である。一方、直接的に土層を確認する手法ではないため、地盤の比抵抗値を適切に解釈するため、周辺の露頭の分布や地質調査結果等をもとに結果の妥当性を確認することが重要である。

2.2 調査地の選定： 本調査は、砂防基礎調査において土砂災害警戒区域等が設定されている溪流を対象に、社会的条件や分布地質を考慮して、主要な地質区分毎に各1溪流、合計4溪流を選定した。なお、検討対象地域に分布する地質は、第四紀火山岩、古期(新第三紀以前)火山岩、中生代堆積岩(以下、堆積岩)、花崗岩などの深成岩(以下、深成岩)である。ここでは特に、このうち露岩の分布から土層厚の妥当性が概ね確認できた堆積岩分布域と、基盤の比抵抗値のバラつきが火山岩に比較し小さいと考えられた深成岩分布域について記載する。

2.3 調査の考え方及び数量： 砂防基礎調査において設定された土石流基準地点より上流側に0次谷区間最下流部まで40mピッチで溪床部における浅層電磁探査を実施した。各谷次数の代表断面においては横断方向の調査も実施した。

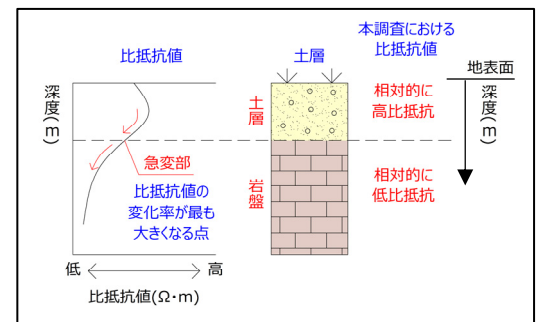


図1 比抵抗値急変深度の抽出

3. 調査結果と考察：

3.1 比抵抗断面： 図2及び図3に、堆積岩及び深成岩分布溪流の比抵抗断面を示す。比抵抗断面図より、堆積岩分布域では500Ω・m以下、深成岩分布域では250~1500Ω・mを主体とし、深成岩分布域の方が堆積岩分布域よりも高い比抵抗値を示す。また、いずれの断面も地表付近ほど高比抵抗となっている。なお、堆積岩分布域の比抵抗断面図より計測実施地点の地形条件から厚く土砂が堆積する箇所は深部まで高比抵抗となっている。

3.2 比抵抗急変深度抽出結果： 比抵抗断面より、対象地においては堆積岩、深成岩分布域ともに地表付近の溪床堆積物の比抵抗値が基盤岩よりも相対的に高比抵抗であった。このことから、深度方向に比抵抗値の減少率が最も大きくなる深度を抽出し、これを比抵抗急変深度と設定した。堆積岩分布域は土層厚の急変深度が概ね一定の深度にプロットされ(図4)、計測値の地形条件により土砂が厚く分布すると想定された箇所を除くと平均約1.4mとなる。なお、この急

変深度は、河床部で確認された露頭の分布状況から、概ね妥当な深度であると思われる。

一方、深成岩分布域は急変深度のバラつきが大きく（図5）、深度10m以浅に急変深度が抽出できない箇所もあり、堆積岩とは異なる傾向を示す。これは、堆積岩は岩盤自体が一般的に低比抵抗とされており⁶⁾、溪床堆積物との比抵抗値の差が明瞭であり、比抵抗値の急変部が抽出されやすい一方、深成岩は岩盤自体が高比抵抗とされており、溪床堆積物との比抵抗値の差が小さく、急変部が適切に抽出できないことが一つの要因であると考えられる。

なお、同様の調査を実施した第四紀火山岩分布域は、比抵抗急変深度がバラつく傾向を示した。この要因として、第四紀火山岩分布域は火山砕屑物の固結度が小さく、溶岩分布箇所との固結度の差異により基盤岩分布深度にバラつきがあること等が考えられるが、直接確認はできていない。また、古期火山岩分布域は堆積岩分布域と近い傾向を示した。調査地付近は火山砕屑岩（凝灰岩）が主体であり、基盤の比抵抗値が小さく比抵抗値の差が明瞭であった可能性があり、比較的固結度の高い凝灰岩や凝灰角礫岩など火山砕屑岩を主体とする古期火山岩分布域では、本手法は有効と考えられる。

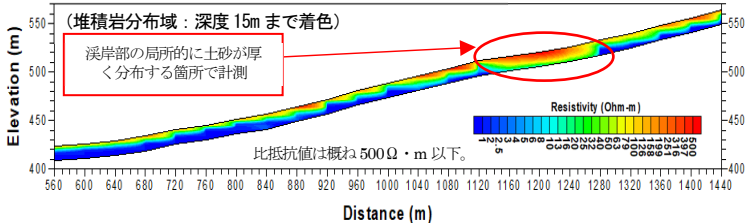


図2 比抵抗断面図（堆積岩分布域、土石流基準地点より560~1440m上流区間を抜粋）

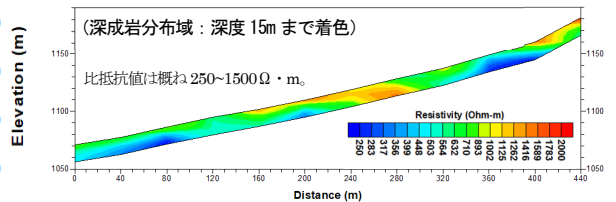


図3 比抵抗断面図（深成岩分布域）

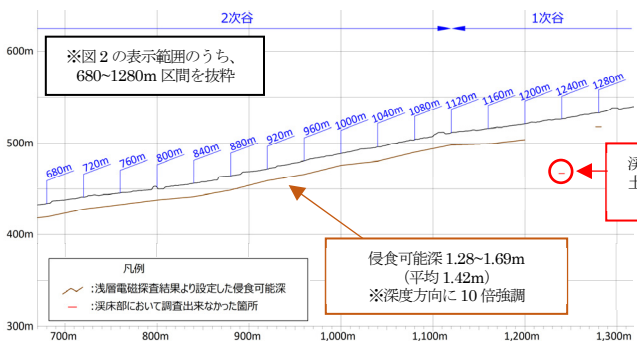


図4 比抵抗急変深度抽出結果（堆積岩分布域、土石流基準地点より680~1280m上流区間を抜粋）

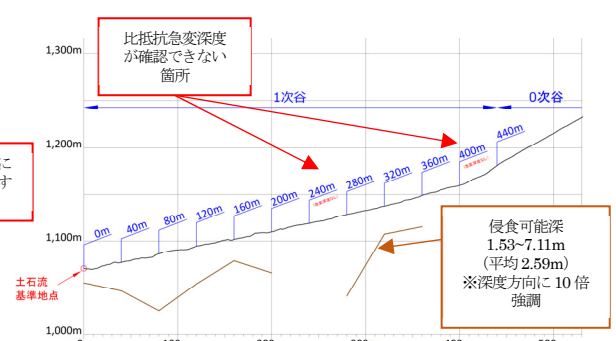


図5 比抵抗急変深度抽出結果（深成岩分布域）

4. まとめ：

浅層電磁探査により溪床部の侵食可能深の推定を行い、以下のことが明らかとなった。

- ・堆積岩分布域では本手法を用い、予め土砂の堆積が厚いと予測された溪岸部の計測箇所を除き、比抵抗急変深度のバラつきが小さい結果となったこと、現地の露岩状況からも概ね妥当な深度と判断されたことから、効率的に侵食可能深の推定が可能であると考えられる。また、古期火山岩分布域でも同様であった。一方、深成岩分布域は浅層電磁探査の適用が難しい可能性がある。第四紀火山岩分布域では溪床堆積物の分布深度がバラつく結果となったが、露頭等で直接確認はできていない。
- ・本手法の適用が難しい地盤として、溪床堆積物と基盤岩の比抵抗値の差異が明瞭でない場合（基盤岩の岩種・風化程度や風化特性・飽和度などにより比抵抗値の変化の境界が不明瞭である場合）が考えられる。

本手法を用いることで、特定の地質条件においては、比較的効率的に一定の精度を保ちつつ侵食可能深の推定が可能であると考えられる。ただし、同様の調査事例が少ないことから、多様な地質に応じて調査結果の蓄積と周辺のボーリングデータとの対比等により知見の蓄積を図ることで、地質に応じた侵食可能深の指標として活用されることが期待される。

【参考文献】1)砂防計画策定指針（土石流・流木対策編）解説、国総研資料第904号、2016、2)花岡ら：土砂災害警戒区域のための災害実態に基づく移動可能土砂量算定手法の検討について、平成27年度砂防学会研究発表会概要集、3)川邊ら：広島西部山系（大町地区）における小規模溪流対応型施設検討について、砂防学会誌 VoI67, No.2, 2014、4)空中電磁探査を活用した崩壊するおそれのある斜面における崩壊深度の推定手法に関する検討、平成28年度砂防学会研究発表会概要集、A-244-255、2016、5)：電気探査による比抵抗分布及び微分フィルタを用いた土層厚推定手法の検討、平成29年度砂防学会研究発表会概要集、P.614-615、2017、6)：建設・防災・環境のための新しい電気探査法 比抵抗映像法 pp.1~206、古今書院、1995