

簡易貫入試験から推定される表層土層厚と実績崩壊深の関係分析

-広島県広島市相田地区の事例-

国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室 ○吉田 拓海^{*1} 田中 健貴 鈴木 啓介
^{*1} 現 応用地質株式会社

1. まえがき

表層崩壊による被害を防ぐため、対策施設の設置が有効である。そのためには表層崩壊の発生場および崩壊生産土砂量を事前に推測する必要がある。

近年、表層崩壊の崩壊生産土砂量および発生場を推定・予測する手法として、斜面安定解析を用いた危険度評価手法が提案されている(例えば、内田ら, 2009)。ここで、崩壊する土層厚(崩壊深)は入力条件のひとつである。これまで、崩壊が発生した斜面における簡易貫入試験結果から、Nd 値 5~20 が土層厚を推測する指標とされてきた(小山内ら, 2005)。しかし、Nd 値は土層硬度を示しており、場所によって土層厚との対応が異なるため、特定の Nd 値によって土層厚として推測することが難しかった。一方、矢渡ら(2024)は Nd 値の深度方向への急変箇所(以後、変曲点)を崩壊する土層厚の指標とする方法を提案した。しかし、矢渡ら(2024)の方法は目視による抽出であり、客観性に課題があると考えられる。

そこで本研究では、Nd 値の深度方向への推移から客観的に変曲点を抽出する手法を検討し、実績崩壊深と比較することで妥当性を検証した。

設定した3手法の妥当性を検証するため、簡易貫入試験を行った地点で検土杖によって土層構造を調査し、土層と風化岩の境界を把握した。なお、調査地は土層と風化岩層の間に、白色層(強風化岩層)がみられたため、検土杖による土層-風化岩境界は下層土と強風化岩層の色相境界によって決定した(図3)。

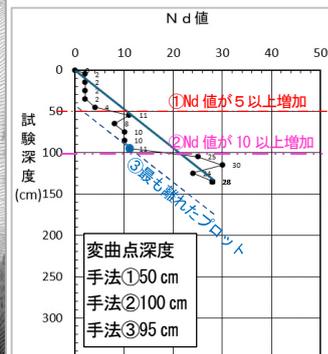
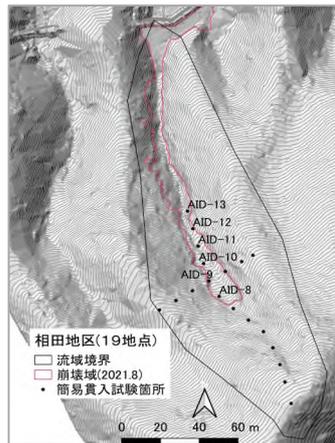


図1 簡易貫入試験箇所 (相田地区) 図2 変曲点抽出のイメージ

2. 方法

(1) 調査地概要

簡易貫入試験箇所として花崗岩地帯である広島県広島市相田地区19地点(2005年、2023年実施)と荒谷地区46地点(2024年実施)の合計65地点を選定し、実施した。なお、相田地区では2021年8月豪雨によって表層崩壊が生じた(図1)。

(2) 分析手法

まず、相田地区と荒谷地区を対象に Nd 値と土層構造の関係を比較することで客観的に変曲点を抽出する方法を検討した。さらに表層崩壊前後で簡易貫入試験が実施された相田地区を対象に Nd 値、土層構造、崩壊深の関係を分析した。

客観的な変曲点抽出方法は、簡易貫入試験で得られた Nd 値の推移を基に次に示す3手法(図2)を設定した。
 手法①: Nd 値が5以上増加するプロット
 手法②: Nd 値が10以上増加するプロット
 手法③: 簡易貫入試験の開始・終了時のプロットを結んだ直線から最も離れたプロット

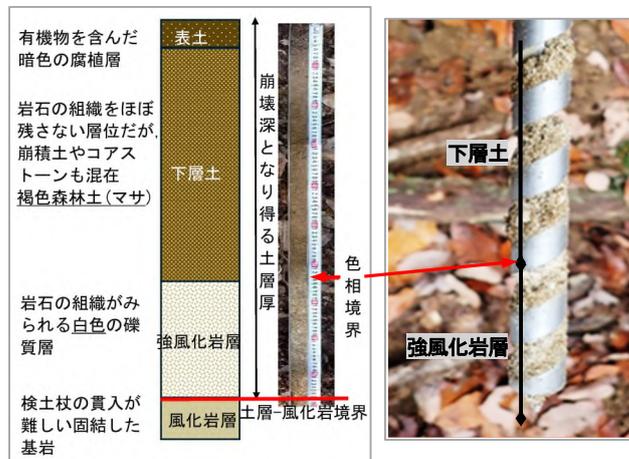
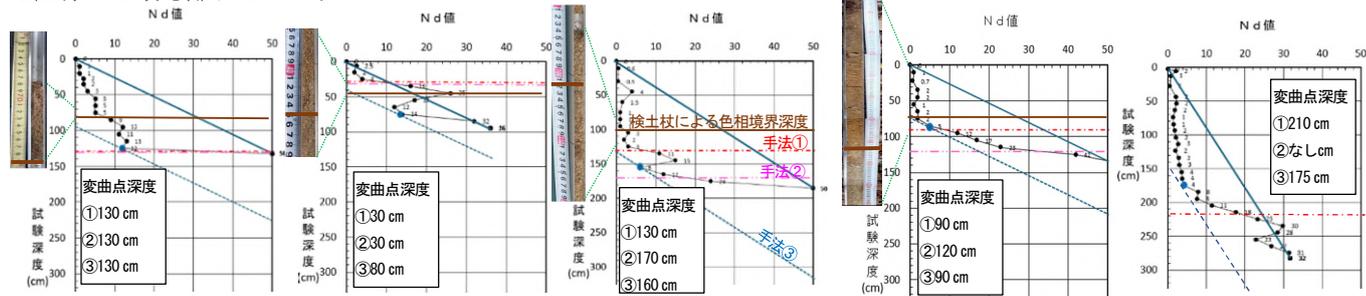


図3 対象地の土層構造と色相境界の位置



分類Ⅰ: 3手法ほぼ等しい 分類Ⅱ: 手法①<手法②<手法③ 分類Ⅲ: 手法①<手法③<手法② 分類Ⅳ: 手法③<手法①<手法② 分類Ⅴ: 手法②が未検出

図4 変曲点深度の類型分け

3. 土層構造と変曲点深度の比較

Nd 値の深度方向への推移と検土杖による土層構造調査結果を示す(図4, 5)。まず検土杖による色相境界はNd 値1~5の割合が45.3%, Nd 値5~20の割合が47.2%と小山内ら(2005)が示した土層厚の指標であるNd 値5~20より小さいNd 値もみられた。また, 色相境界付近は岩石の組織をある程度残した礫質層であることから(図3), 土層-風化岩境界は色相境界よりも深くに存在すると考えられた。

続いて, 変曲点と検土杖による土層-風化岩境界について述べる。3つの手法から得られた変曲点の分布は5つに分類された(図4, 6)。Nd 値1~10の範囲でNd 値の急変がある場合(分類II, III)は手法①の変曲点が浅く出現する傾向がある。一方, Nd 値0~10の範囲でNd 値が緩やかに増加する場合(分類I, IV)は手法③の変曲点が浅く出現する傾向がある。手法②の変曲点は手法①よりも深くなる傾向にあり, 分類VのようにNd 値が漸進的に増加するような推移形状を示すと変曲点が抽出されない場合もある。続いて, 変曲点と色相境界深度の大小関係を手法別に示す(図7)。ここで, 手法①は変曲点深度が色相境界深度より浅くなる割合が高いことから, 土層中の礫あたりを拾った可能性が考えられる。手法②は先述のとおり, Nd 値が緩やかに増加する場合には変曲点を抽出できない場合があったことから, 変曲点抽出手法としての汎用性が低いと考えられた。

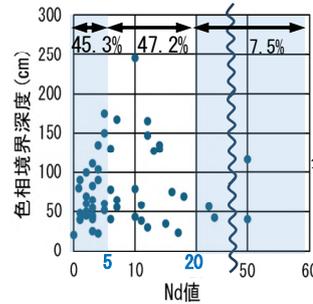


図5 色相境界深度のNd 値分布

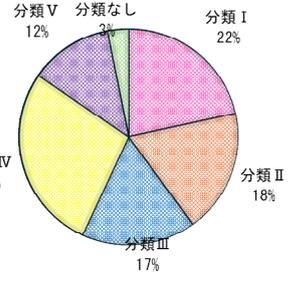


図6 変曲点深度の頻度分布

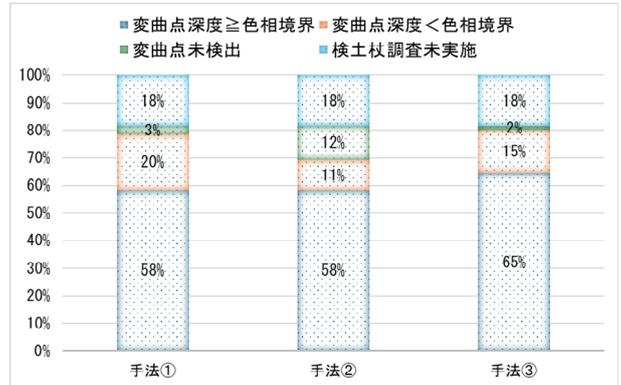


図7 色相境界と変曲点深度の分布パターン

4. 変曲点深度と実績崩壊深の比較

表層崩壊発前後に簡易貫入試験が行われた相田地区の崩壊地内6地点を対象に, 崩壊前に得られたNd 値を用いて変曲点と実績崩壊深を比較した(図8)。その結果, 手法①や②の変曲点は崩壊深より浅くなる場合や深くなる場合が確認された。これに対し, 手法③の変曲点は共通して実績崩壊深より深く分布する傾向にあった。崩壊が土層厚内で発生するという観点から評価すると, 手法③の変曲点が崩壊しうる土層厚を比較的良好に表現できる可能性が考えられる。

5. おわりに

崩壊前の簡易貫入試験データと実績崩壊深を比較した結果, 崩壊深が手法③による変曲点深度の範疇に収まっており, 当手法によって崩壊しうる土層厚を評価できる可能性が考えられた。ただし, Nd 値が50未満で打ち止めた場合の扱いについては検討を要すると考えられる。また, 今回は検土杖で土層内部構造を考察したが, 手法①の変曲点深度付近にみられる局所的なNd 値の急変については, 把握できなかった。そのため今後は, コアストーン分布状況等についてピット調査で把握するなどの詳細な分析を実施していきたい。

【謝辞】

研究を進めるにあたり, パシフィックコンサルタンツ株式会社蔭山様, 菊池様には調査データの分析に関して有益なご助言をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

【引用文献】

- (1) 内田ら(2009) 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル, 土木研究所資料, 第4129号
- (2) 小山内ら(2005) 簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究, 国総研資料第261号

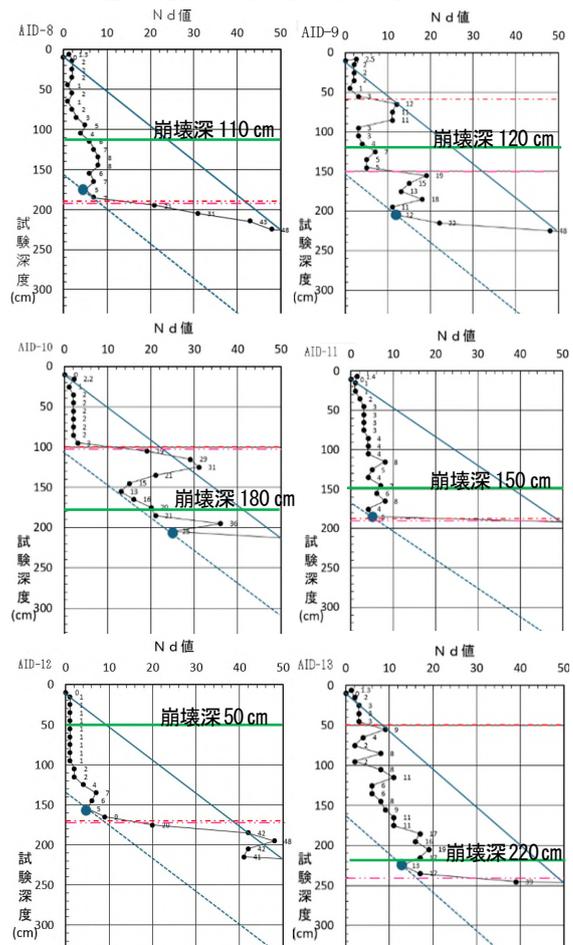


図8 変曲点深度と実績崩壊深の関係(相田地区崩壊域)

- (3) 矢渡ら(2024) 簡易貫入試験結果に基づく表層土層厚設定手法の検討, 砂防学会研究発表会