

## 深層崩壊の発生場の地形的特徴と谷の発達過程との関連性に関する研究

アジア航測株式会社 ○吉野弘祐  
国土技術政策総合研究所 内田太郎

### 1 はじめに

平成 23 年に発生した台風 12 号により、紀伊半島を中心に大規模な深層崩壊が多数発生した。紀伊半島には四万十帯(付加体)が広く分布しており、深層崩壊はこのような付加体で多く発生することが知られている。また、台風 12 号による深層崩壊の多くは、流れ盤斜面で発生しており、このような地質構造も深層崩壊の素因となった可能性の一つと考えられる。

著者らはこれまでに、天然ダムの越流侵食に伴う水みちの拡幅過程を、河床侵食に伴う土塊の力学的なバランスの変化による側岸崩落により表現できるものと仮定し、土塊の力学的なバランスを内部応力や土質強度に基づいて定式化した<sup>1)</sup>。さらに、平成 23 年台風 12 号により発生した深層崩壊や崩壊非発生斜面を対象に、台風 12 号前後に計測された詳細な地形データを用いて側岸勾配と比高等を整理し、深層崩壊に伴う谷の発達過程における本モデルの適用性の検討を行った<sup>2)</sup>。この結果、地質構造・土質強度が概ね等しいと考えられる領域では、提案モデルにより十津川流域の河道の側方斜面の勾配と比高の関係を良好に再現できる可能性が示唆された。一方上記の検討における土質強度に関するパラメータは、近隣斜面の調査結果を一律全斜面に適用して用いているが、同手法を用いて崩壊発生・非発生斜面を分類することで、これらのパラメータを逆算できる可能性がある。

本検討では、深層崩壊発生・非発生斜面の地形的特徴と谷の発達過程を整理することで、適切な土質強度に関するパラメータの設定や深層崩壊の危険斜面や規模を予測できる可能性について検討を行った。

### 2 検討内容

#### 2.1. 対象とした深層崩壊地

対象とした深層崩壊地は、図 1 で示す、赤谷、赤谷東および長殿の 3 箇所とした。この内、赤谷、長殿については、斜面直下に天然ダムが形成され、土砂災害防止法に基づく緊急調査の対象となった箇所である。なお、これらの斜面はいずれも流れ盤の地形を呈した斜面である。

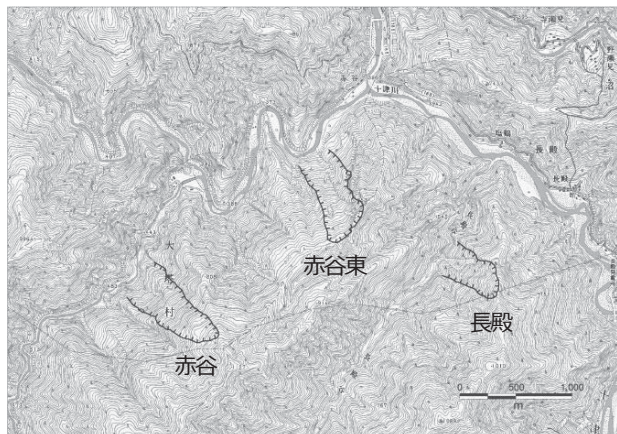


図 1 検討対象

### 2.2. 適用モデル

本検討では、著者らがこれまでに検討した谷の発達プロセスを定式化したモデル<sup>2)</sup>を適用した。斜面崩落の模式図を図 2 に示す。本モデルでは、はじめに斜面の隆起等により斜面の比高(図 2 中の  $H$ )が増大し(この時図 2 中の  $L$  は変化せず)、側岸部が不安定になった場合に楔形に崩落し、斜面の横断幅( $L$ )が広がると仮定した。なお、斜面の比高の増大、斜面崩落のいずれに際しても、河床部の幅は変化しないと仮定した。

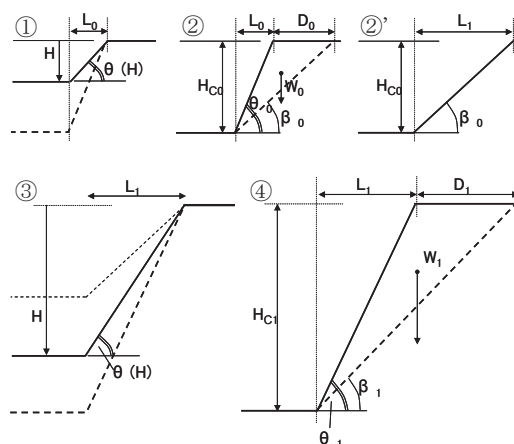


図 2 斜面崩落の模式図

### 2.3. 検討方法

対象とした各深層崩壊地及び深層崩壊地から上下流 500m の範囲について、以下の手順で整理・検討を行った。

① 上記の範囲に対して、尾根に沿って 20m 間隔で斜面脚部に向かって最急勾配となる直線を設定し、崩壊発生断面と非発生断面に分類した(図 3)。その上で、斜面の比高と勾配の関係を整理した。

② 土質強度に関するパラメータ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ )を複数変えて上記モデルに適用し、崩壊発生・非発生断面が最も正しく区分できるパラメータの組み合わせを調査した。

③ いくつかの代表的な断面について、断面上の微小区間毎に斜面の比高と勾配の関係を整理し(図 4)、崩壊の場所や規

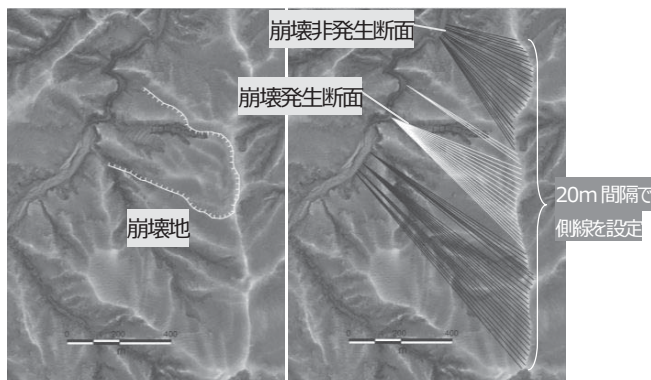


図 3 崩壊の発生・非発生断面の設定例(長殿)

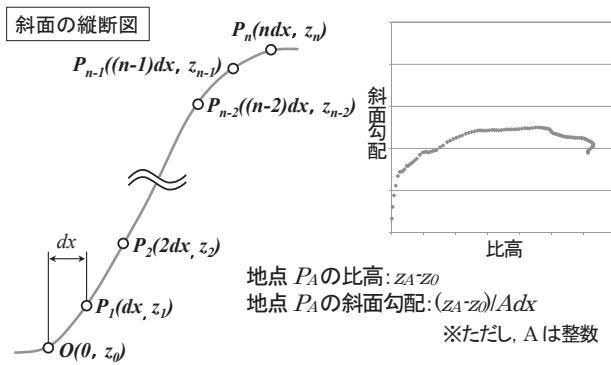


図 4 斜面の地形的な特徴

模の推定の可能性について検討した。なお、微小区間の起点と間隔は複数変えて検討を実施した。

### 3 斜面の比高と勾配の関係

抽出した斜面の比高と側岸勾配との関係を図 5 に整理した。比高が小さい領域では斜面勾配のバラつきが大きいですが、比高が大きくなるほど勾配は概ね一定の値に収束する結果となった。また、崩壊発生斜面は非発生斜面に比べて上部(勾配が大きい領域)に分布する傾向が示された。

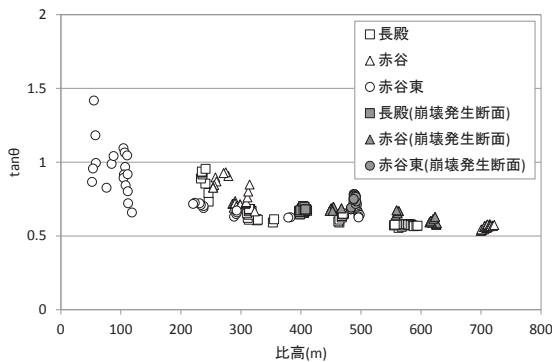


図 5 斜面の比高と勾配の関係

### 4 土質強度に関するパラメータの設定

3. で得られた斜面の比高と勾配のプロットの内、斜面脚部が同一の近隣斜面はまとめて平均化した(図 6)。ここで、図中のラインは斜面安定解析による  $Fs=1$  を表すものであり、このラインより上部の領域は、斜面安定解析上不安定な斜面を表している。さらに、土質強度に関するパラメータ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ )を複数変えて、不安定な領域に崩壊発生斜面が、安定な領域に非発生斜面が区分されている割合を比較し、最も正しく区分できるパラメータの組み合わせを調査した。

整理の結果、 $\gamma$  が  $16 \sim 22 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 15 \sim 20^\circ$ ,  $c$  が  $100 \text{ kN/m}^2$  以上の時に崩壊発生・非発生が正しく区分されることが示された。検討の結果、 $c$  が比較的大きめに算出されたが、これは比較的比高の大きい領域で調査された検討結果<sup>3)</sup>とも整合している。

### 5 崩壊斜面の地形的特徴

2. 3. ①で設定した側線の内、斜面中央の断面について、微小区間の調査を行った。図 7 は、例として赤谷の斜面脚部からの比高と勾配をプロットしたものであるが、脚部からの比高約

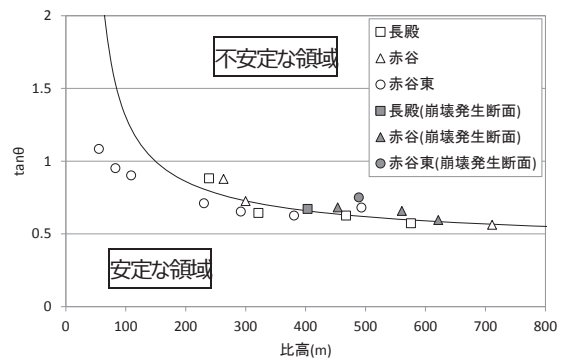


図 6 斜面の比高と勾配の関係

350m 以上で 4. で設定した  $Fs=1$  のラインを上回っており、不安定領域になっている。一方、崩壊後には比高約 350m ~ 500m で安定領域となっているものの、約 500m 以上の部位では不安定領域が残存している。

また、これ以外にも微小区間の起点や間隔を複数変えて検討を実施することで、崩壊斜面の微小な特徴を捉えられる可能性があり、今後検討をさらに進めるつもりである。

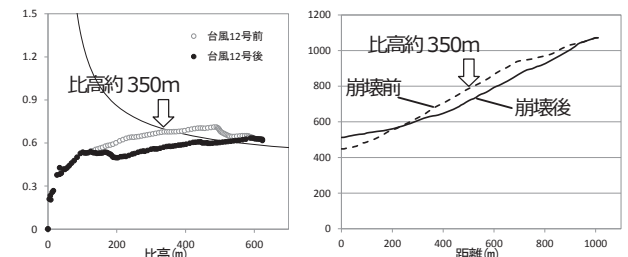


図 7 崩壊斜面の地形的特徴(赤谷)

### 6 おわりに

地質構造・土質強度が概ね等しいと考えられる領域では、提案モデルにより十津川流域の河道の側方斜面の勾配と比高の関係を良好に再現できた。また、崩壊発生・非発生の区分についても土質強度に関するパラメータを調整することで、ある程度可能であることが示された。このことは、適切な土質強度に関するパラメータの設定や、深層崩壊の危険斜面や規模を予測できる可能性を示唆していると考えられる。今後はサンプル数を増やすとともに、斜面の地形的な特徴をさらに詳細に分析するつもりである。

最後に、検討にあたって、国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所には LP 計測データを提供して頂いた。ここに記して謝意の意を表します。

### 参考文献

- 1) 吉野弘祐・内田太郎・石塚忠範・水山高久: 天然ダム越流侵食時に形成される水みちの発達過程に関する研究, 砂防学会誌, Vol.66, No.2, p.3~9, 2013
- 2) 吉野弘祐・内田太郎: 斜面崩壊に伴う谷の発達過程に関する研究, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, p.A-186.
- 3) Kevin M. Schmidt and David R. Montgomery: Limits to Relief, SCIENCE, Vol.270, No.27, p.617-620, 1995