

P-9 . 御荷鉾帯 , 田浪地すべりのすべり面評価

Sliding surface evaluation of TANAMI Landslide in the Mikabu belt of Shikoku

丹生谷太, 玉井克明 (愛媛県), 酒井俊典 (愛媛大学)
磯野陽子, 木村隆行 (エイトコンサルタント)

1. はじめに

地すべりや切土法面の調査においてすべり面の判定は, 適切な対策・設計施工計画のために最も重要である。しかし, 確実な判定には長期の動態観測で動きを捉える必要があり, 押さえ盛土など緊急対策を行った場合は動きが見られなく場合も多い。

コアの肉眼観察ですべり面を判定する場合は, 明瞭な場合を除き, 鑑定者の経験や主観に左右され, 必ずしも客観性があるとは言えない。そこで我々は, 肉眼鑑定に客観性を持たせるため, 鉱物・化学的特徴などからすべり面判定の検討¹⁾を行っている。

今回, 四国西部の御荷鉾緑色岩類の地すべり地において, 鉱物・化学的特徴からすべり面深度の予測を行ったので, ここで報告する。

2. 基盤岩の弱線抽出方法

当手法では, すべり面深度を予測するために, 鉱物および化学的特徴・色彩値などの深度方向の変化傾向に注目している。これらの変化傾向が不連続あるいは異常な傾向を示す箇所は, 岩盤中の破碎帯・変質帯・攪乱帯などに相当する。基盤岩の弱線であるすべり面も, それらの中に含まれると考えられる。そこで物性値の変化傾向を数値として評価するため, 表 1 に示す 9 項目について, 点数付けを行い, すべり面の抽出を試みる。

なお, 正規化 N 値・pH や酸化還元電位・色彩値など測定値を使用した評価では値の分布範囲を考慮し, 絶対値で 10 点の評価になるよう評価式を考案している。

表 1 評価項目一覧表

No	評価の項目	評価点絶対値の幅	測定値の幅	備考 評価式	評価手法		
					A	B	C
(1)	岩級	0~1		C級0:D級1			
(2)	正規化N値(N1)	0~10	0~100	(0=10:50=0:100=-10) $y=-0.2 \times N1+10$			
(3)	pH	0~10	5~10	(pH小ほど+) $y=-(pH1-pH2) \times 2$			
(4)	酸化還元電位Eh(mv)	0~10	100~600	(Eh大ほど+) $y=(Eh1-Eh2) \times 1/50$			
(5)	色彩L	0~10	40~100	(小さいほど+) $y=-(L1-L2) \times 1/6$			
(6)	色彩a	0~10	-10~20	(大きいほど+) $y=(a1-a2) \times 1/3$			
(7)	色彩b	0~10	0~50	(大きいほど+) $y=(b1-b2) \times 1/5$			
(8)	パーミキュライトの有無	0~1		なし0:あり1			
(9)	地下水位	0~1		なし0:水位以下1			

(1) 岩級

基盤岩の状態は岩級区分で判断する。D級岩盤の方がすべり面として選択されやすいと判断し, D級岩盤試料は 1 点, C級岩盤は 0 点とする。

(2) 正規化 N 値

軟岩のN値を正規化する手法は提案されていないため, 道路橋示方書の式を用いる(式1)。N1=0の時を10点, N1=50の時を0点とし, 式2より評価する。なお, N値のない試料に関しては, 岩級などを考慮し, 近接深度の値を採用する。

$$N1 = 170N / (v + 70) \quad \text{式 1}$$

v: 原位置の有効上載圧 kN/m² ただし下限 50

$$y = -0.2 \times N1 + 10 \quad \text{式 2}$$

ただし, N1>100 の場合は一律-10点とする。

(3) pH

一般に, 移動土塊部は攪乱しゆるみが生じているため, その化学的性質はより酸性・酸化状態にあると考えられる。そこである深度のpHが下位の分析値と比較して酸性にある場合, その深

度に点数を加算する。

$$y = -(pH1 - pH2) \times 2 \quad \text{式 3}$$

pH1：ある深度の pH 値
pH2：pH1 の 1 つ深部の pH 値

(4)酸化還元電位

pH と同様により酸化状態にある場合、点数を加算する。

$$y = (Eh1 - Eh2) \times 1/50 \quad \text{式 4}$$

Eh1：ある深度の酸化還元電位
Eh2：Eh1 の 1 つ深部の酸化還元電位

(5)～(7)色彩変化 (L*a*b*座標系)

基盤岩の色彩の変化は、含有する鉱物種の変化とともに、基盤岩の風化状況を表 2 のように反映している。地すべり移動岩塊は、ゆるみ攪乱しているため風化が進行していると推測できるため、色彩的により風化が進行した試料に点数を加算する。

表 2 風化作用の進行に伴う一般的な色彩変化

未風化		←	→	風化	
深部		位置		地表付近	
白	値が高い	L*		値が低い	黒
緑	値が低い	a*		値が高い	赤
青	値が低い	b*		値が高い	黄

注) L*値は、岩石種によって逆に深部ほど黒くなる場合がある

$$y = -(L^*1 - L^*2) \times 1/6 \quad \text{式 5}$$

$$y = (a^*1 - a^*2) \times 1/3 \quad \text{式 6}$$

$$y = (b^*1 - b^*2) \times 1/5 \quad \text{式 7}$$

L*1・a*1・b*1：ある深度の色彩値

L*2・a*2・b*2：1 つ深部の色彩値

(8)パーミキュライトの有無

調査地の基盤岩は著しい熱水変質作用により、すべての試料にスメクタイトを含有し、上部は風化作用によりパーミキュライト帯が分布する。本地すべりの鉱物学的特徴²⁾より、地すべりはパーミキュライト帯で発生している。そこで、分析試料中のパーミキュライトの有無に注目する。

今回、パーミキュライトを含有する試料と色彩値の間に関連性が認められたため、これらのデータを用いて、判別分析を行った。この結果、表 3 の関係式により高い正答率で分析試料の色彩値から、パーミキュライトの有無の推定が可能であることが判明した。この式を用いて、パーミキュライトを含有すると判定された試料に 1 点を加算する。

表-3 判別分析結果式一覧表

y < 0 でパーミキュライトが存在する		
色彩値 L*	y = 0.266 L* - 20.595	正答率 85.1%
色彩値 a*	y = -0.608 a* - 0.100	正答率 84.5%
色彩値 b*	y = -0.296 b* + 4.877	正答率 85.1%

(9)地下水位

地下水位が地すべりの挙動に関与していると考えられるため、観測水位以下の試料に 1 点を加算する。

以上、点数の高い試料ほど酸性・酸化・風化が進行した基盤岩であり、すべり面となる可能性が高いと判断する。

3. 基盤岩の弱線抽出結果

動態観測によりすべり面が把握されているボーリング孔の分析結果を用いて、表 1 より弱線の抽出を試みる。(1)～(9)すべての因子を評価する場合(A)、岩級は考慮するが正規化 N 値を除く(1)(3)～(9)で評価する場合(B)、岩級+pH+酸化還元電位(1)(3)(4)で評価する場合(C)について、結果を図 1～3 に示す。なお、図中の紫色の深度は、動態観測で確認されたすべり面を示す。

この結果，(A)および(B)の因子で分析試料を評価すると，すべり面付近で点数が最も高くなる結果が得られた（図-1 および 2）。従って，幾つかの鉱物・化学的分析結果を点数評価すれば，本調査地のすべり面位置の推測が可能であると考えられる。さらに，正規化 N 値を考慮しない方法 (B)でも，(A)と同じ評価が可能であることから，本調査地では標準貫入試験のデータがなくてもすべり面の推測が可能であると言える。これは本調査地の場合，色彩・pH などの変化と，風化の進行に伴う岩盤のゆるみ（正規化 N 値）が密接に係わり合っているからと考えられる。

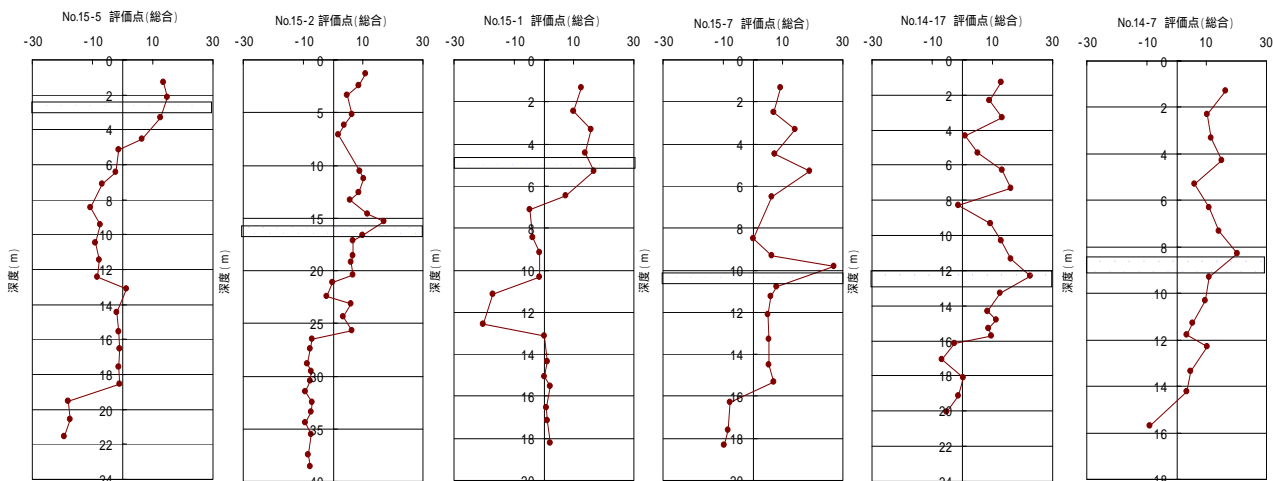


図-1 A 評価方法:(1)~(9)すべての因子を考慮 紫着色深度が動態観測で確認されたすべり面

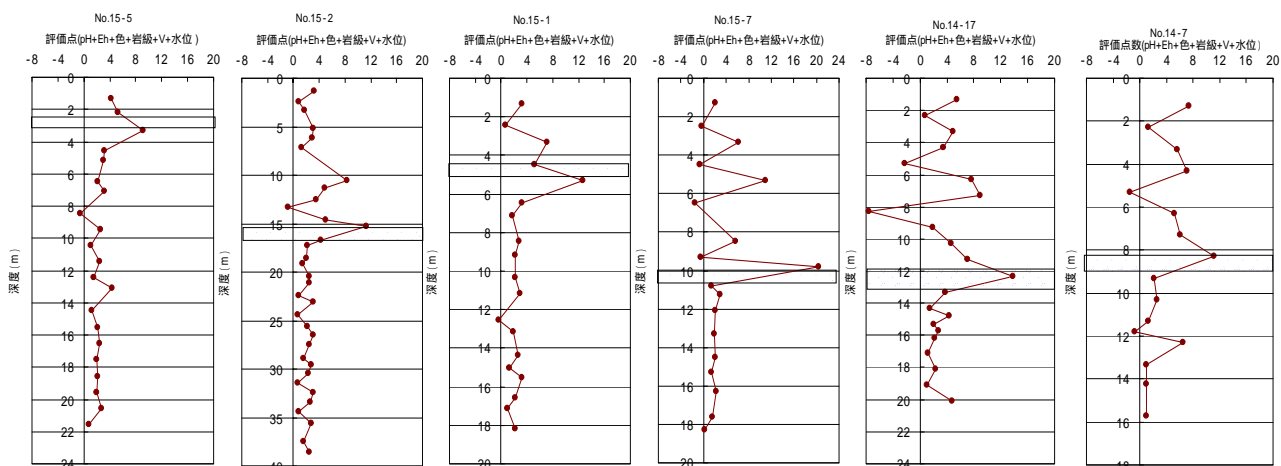


図-2 B 評価方法:(1)(3)~(9)の因子を考慮(正規化N値を除外)

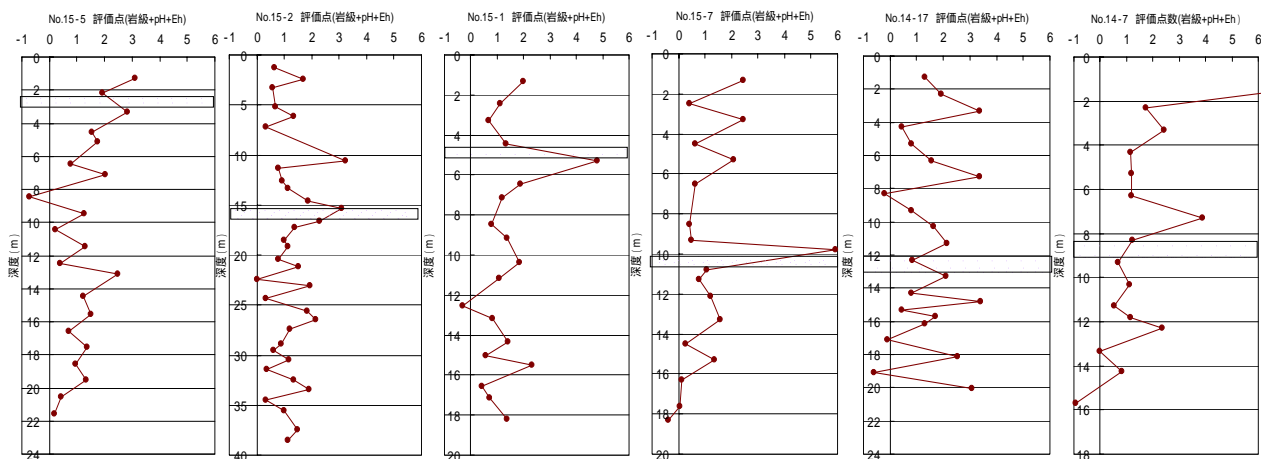


図-3 C 評価方法:(1)(3)(4)のみを考慮(pH・岩級・酸化還元電位)

岩級+pH+酸化還元電位のみで評価した(C)では、No.15-1 および No.15-7 孔で、すべり面の推測ができた(図-3)。この2孔に関して評価(C)は、評価項目の多い評価(A)・(B)の結果よりも、明瞭にすべり面を予測している。従って、場合によっては、pH・酸化還元電位と岩級のみでも、すべり面の予測が可能であると考えられる。

調査地は枕状溶岩・ハイアロクラストなど海底噴出溶岩やその二次堆積岩などが分布している。従って、もともと基盤岩の化学組成がほぼ同一で、色調も類似していたと考えられる。そのため、基盤岩の鉱物・化学的分析によるすべり面の推測が、より容易であったと推測できる。

4. 評価点の定量性

すべり面の評価点と変位量(mm/年)の関係を図4に示す。

まずこの図より、A法の14点以上、B法の9点以上でなければ、地すべりが発生しない可能性が考えられる。データ分布の傾向を見るとその大半は、変位量が大きいほど評価点が高い傾向を示し、この評価点にはある程度定量性があると考えられる。

しかし、その一方で、その傾向から大きく外れるものもあった。この値は、昨年(2017年)の9月以降の台風災害時にいきなり活発に活動した地すべりである。今回実施している分析は、基盤岩そのものが有する鉱物・化学的特性を評価している。すなわち、その地すべりの有する素因部分の評価と言える。そのため本評価方法では、未曾有な誘因による急激な変位を予測することは困難といえる。従って、図4の評価点から推定される地すべりの変位量は、比較的慢性的な地すべり活動時に想定される、最低に近い変位量と考えられる。

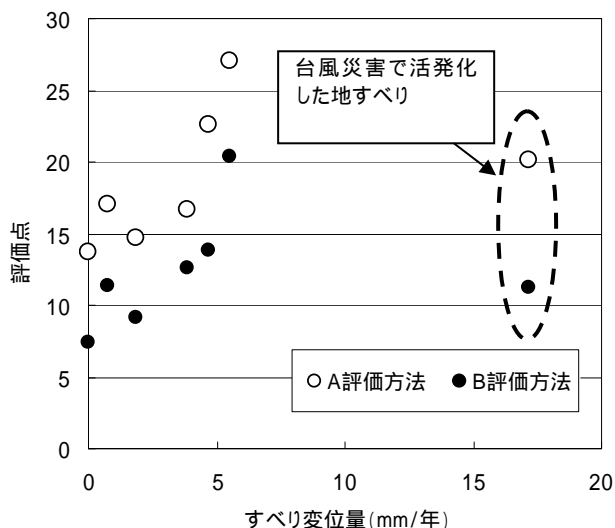


図4 すべり面変位量と評価点の相関

5. まとめ

pH・酸化還元電位・色彩値・鉱物種などのデータから分析試料を点数評価し、地すべりのすべり面の抽出を行った。その結果、

- (1) 動態観測により判明したすべり面と、点数の高い試料深度がほぼ一致し、この方法は本調査地のすべり面決定に有効であることが判明した。
- (2) 本地すべり地域においては、評価項目に正規化N値を用いなくても、すべり面の抽出が可能であった。また、ボーリング孔によっては、pHと酸化還元電位のみでデータですべり面を抽出することができた。
- (3) 地すべりの変位量とその評価点数に正の相関が見られ、緩慢な動きを続けるような地すべりの変位量を推定できる可能性が示唆された。さらに、地すべり発生の有無の評価にも利用できる可能性が示された。
- (4) 本調査地域においては、色彩値から特定の鉱物(パーミキュライト)の存在有無の判定が可能となった。これは本地すべりがパーミキュライト帯で起こっていることから、有効なデータとなった。また、分析時間短縮などの効率化に役立った。

本評価は、基盤岩が有する地すべり発生の素因を定量化し評価している。地すべりの発生予測を行うには、降雨量などの誘因を因子として整理されている事例は多いが、本評価手法とそれらを組み合わせることで、より確実に地すべり発生予測やその変位量評価が可能となるものと考えられる。

今後も同様の検討を行い、地質帯を超えた不変性・確実性を高めていきたいと考える。

参考文献)

- 1) : 諏訪陽子・磯野陽子・木村隆行・楠本岳志(2003)第43回日本地すべり学会研究発表会講演集・p45-p48.
- 2) : 木村隆行・丹生谷太・玉井克明・酒井俊典・磯野陽子・正岡久典(2005)H17年度研究発表会講演論文集・p5-8.