

豪雨時の種々の観測と脆弱層が関与する崩壊発生形状の検討

鳥取県林業試験場

○小山 敢

独立行政法人 森林総合研究所 落合博貴, 三森利昭, 多田泰之

鳥取大学農学部

奥村武信, 本田尚正

1. はじめに

表層崩壊は豪雨時に先行現象を伴わず突発的に発生する特徴を有し、それに関する調査は崩壊後に実施される場合が多い。そのため、崩壊発生箇所を予測するために必要な崩壊発生前の地盤情報等が不足している。このことが表層崩壊の発生場予測を困難にすると共に表層崩壊の現地研究全般にとって大きな障害となっている。崩壊発生機構の解明を目指す自然斜面での観測研究にとっても、この問題は観測場所を決めることが出来ないという最大の障害となる。

著者らは、表層崩壊の発生に関与すると考えられる $N_c < 1$ なる軟弱層（以下、脆弱層）を発見し（小山ほか 2005a）、飽和・不飽和状態での種々の土質試験により、脆弱層が飽和するとコラプス沈下による骨格破壊が生じ内部摩擦角が著しく減少することを明らかにした（小山ほか 2005b）。さらに、脆弱層が多く存在する斜面に土壌水分と斜面移動量の観測機器を集中的に設置し、豪雨時における斜面移動の発生と斜面内の飽和帯の分布を観測した（小山ほか 2005c）。

本報では、将来発生する崩壊の発生位置と形状を正確に予測するために、観測された斜面移動発生時の飽和帯の分布と、飽和・不飽和状態の土質試験から得られた各土層の物性値を組み込んだ臨界すべり面安定解析により、脆弱層が関与する表層崩壊の発生形状を検討した結果を述べる。

2. 調査地と方法

2.1 解析対象斜面の概要

観測地は鳥取県東伯郡三朝町の標高550mに位置する上部は32~40度、中下部は40~50度の急斜面である。地質は黒雲母花崗岩で、1995年にヒノキ造林が行われた。

2004年台風21号の総雨量177mmの豪雨による斜面の移動が観測された。降雨ピークは9月29日16~17時の26.5mmであるが、累加雨量が80.5mmに達した17時40分に斜面移動が開始した。後日の観察で、伸縮計の移動杭の1m上方に、小さな亀裂を発見した。斜面移動はこの移動杭付近を頭部として生じたと考えられる。飽和帯の分布は非常に不均一であった。斜面上部には最も圧力水頭の高い飽和帯が生じたが、下方への移動は見られなかった。この飽和帯の発生と挙動には、その直下の岩盤帯の存在が関与した可能性が高い。岩盤帯下方には不飽和帯が大きく存在し、この不飽和帯と斜面下方の飽和帯の境界が亀裂の位置とほぼ一致した（図-1）。

2.2 解析方法

斜面安定解析は、久保田・中村（1991）が開発した「動的計画法を用いた臨界すべり面解析プログラム」を使用した。このプログラムは、すべり面が未知の斜面において、入力された地形、土質、飽和帯分布等の条件に対して簡便ヤンプ法を用いて安全率 F_s が最小となる任意の臨界すべり面形状を探索できる。探索点は1.25m間隔で配置した探索列を7~12cmの19のセグメントに等分割するように配置した。総探索点数は440点である。各探索列で $F_s < 1$ の最小点を結んだものが臨界すべり面となる。各セグメントの土層は簡易貫入試験結果を根拠に、脆弱層上部の[火山灰+マサ土層]、[脆弱層]、[脆弱層下部のマサ土層]に区分し、 $N_c \geq 50$ で[基岩]とみなした。各土層の土質パラメータは、飽和条件での土質試験結果（小山ほか 2005b）を豪雨時の解析に、平常時の解析には不飽和条件での土質試験結果（小山ほか 2005b）を用いた。また、現地観察により確認した上下2列の岩盤帯の存在を考慮するため、岩盤なし、上部に岩盤あり、上部と下部に

岩盤ありの3パターンを設定した。飽和帯の分布は、2004年9月29日から30日にかけて台風21号の豪雨による斜面移動時刻に観測された飽和帯の分布と、飽和帯のない平常時状態の2パターンとした。

3. 結果と考察

平常時にはすべり面は探索されなかった。脆弱層も不飽和状態では十分大きな内部摩擦角であるため、脆弱層が存在していても飽和帯が無い場合は崩壊には至らない計算結果となったと考える。豪雨時の飽和帯の分布での解析では、実際の亀裂の位置を滑落崖とし、脆弱層底面をすべり面とする崩壊形状が全ての岩盤分布パターンで探索された(図-1)。ただし崩壊末端部の位置は、下部に岩盤がある場合は下部岩盤上方となりやや小規模な形状となったが、下部に岩盤がない場合は探索終点である斜面最下端まで崩壊する形状となった。岩盤帯の存在は、強固な安定地盤として、あるいは、上部の飽和帯の下方への移動を遮る不連続面として、崩壊発生位置の決定に影響を与えていると考えられる。

このように、軟弱な脆弱層や強固な岩盤帯の存在による地盤強度の不均一性、あるいは飽和帯の不均一な分布を把握することが、自然斜面の崩壊発生位置を正確に予測する有効な手段であることを明らかにした。

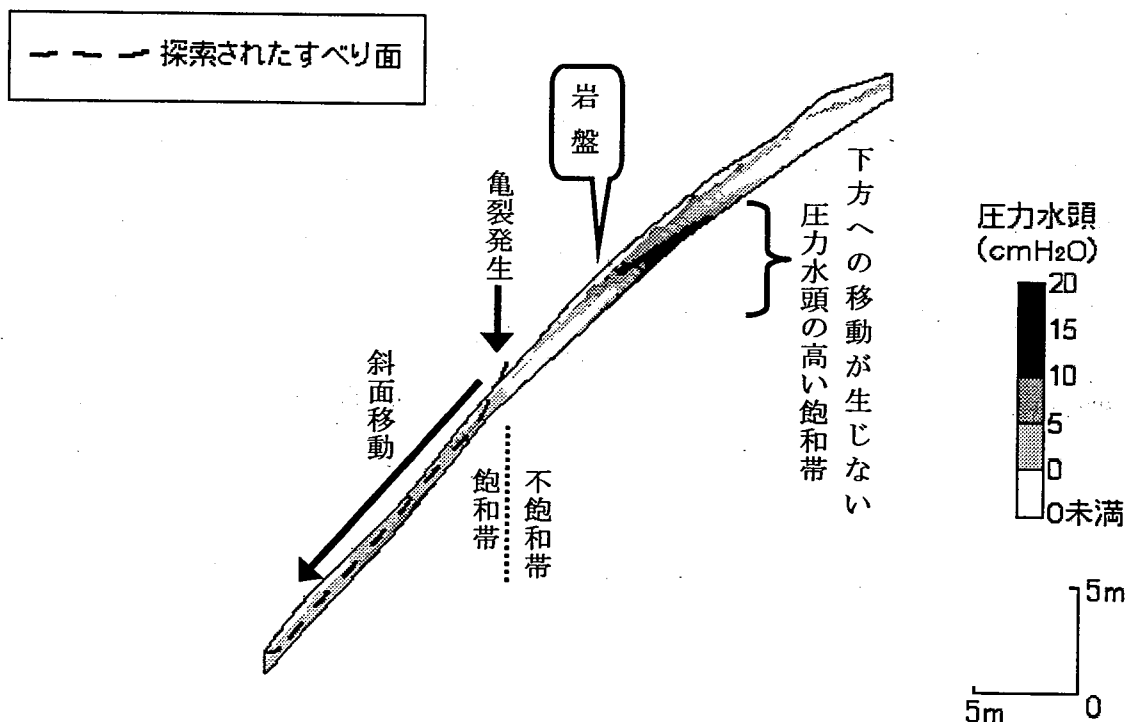


図-1 斜面移動が生じた時刻の飽和帯分布と臨界すべり面安定解析によって探索されたすべり面形状の例(斜面上部の岩盤のみの影響がある場合)

<引用文献>

- 久保田哲也・中村浩之(1991) 臨界すべり面解析と信頼性解析を応用した地すべり・崩壊危険度の判定法. 地すべり, 27(4): 18-25.
- 小山 敢・三森利昭・落合博貴・奥村武信・本田尚正(2005a): 風化花崗岩斜面の表層崩壊発生に関与する脆弱層, 日本森林学会誌, 87(4), 304-312.
- 小山 敢・西郡彩菜・三森利昭・落合博貴・奥村武信・本田尚正(2005b): 風化花崗岩斜面の表層崩壊発生に関与するコラプス沈下, 日本森林学会誌, 87(6), 457-464.
- 小山 敢・落合博貴・三森利昭・奥村武信・本田尚正(2005c): 平成16年台風21号で観測された地表変位量と土壌水分変動, 平成17年度砂防学会研究発表会概要集, 28-29.