

学 位 論 文 要 旨

SUMMARY OF DOCTORAL THESIS

氏名 Name: 小山 敢

題目 Title: 風化花崗岩斜面における表層崩壊発生に関する地盤特性の研究

Influence of Soil Characteristics on Surface Failure in Weathered Granite Slope

表層崩壊については従来からも多く研究されてきた。しかし、既往の現地研究で指摘された崩壊現象に関する定性的な説明を、十分に計画・準備することによって想定した結果を得やすく繰り返し可能な均質条件下の室内実験やコンピュータシミュレーションによって検証するだけの研究では、自然の不均質条件の斜面で生じる表層崩壊を理解するための新たな発見は得られないと筆者は常々考えていた。筆者は土層特性を詳細に調査した未崩壊斜面に崩壊が発生するという機会に偶然恵まれ、表層崩壊に関与する可能性のある土層を発見した。この土層を鍵として崩壊発生が予想される斜面部位の不攪乱サンプルを用いた土質試験や、斜面土層移動に関係する現象を把握するための集中観測を実施し、未解明な崩壊現象の理解に直結する多くの有益な知見を得た。

1. 表層崩壊発生箇所の特徴を把握するために鳥取県における66箇所の表層崩壊を調査した結果、遷急線下方側において多く発生しており、地形別では谷頭部凹型と谷側壁平行型でそれぞれ39, 42%と高い発生頻度であることがわかった。

2. 崩壊発生との関係が深いと考えられる“遷急線”の下方斜面に広い面積を確保できる谷側壁平行型地形において、表層崩壊発生に関与する地盤特性解明を目的とした集中調査地0.46haを設け微地形測量と簡易貫入試験を実施した直後に、調査地内で表層崩壊が発生した。①土層調査ならびに微地形測量の結果との照合からすべり面深度に N_c 値 < 1 の軟弱層が存在することが判明した。本論文ではこの土層を“脆弱層”と名付けた。②簡易貫入試験結果から脆弱層の存在が判読された未崩壊部位54地点のうち27地点では脆弱層底面が70~80cm深であること、調査斜面内に散在する15個の旧崩壊痕の崩壊深度が 77 ± 6 cmであることから、脆弱層は古い表層崩壊発生とも関与していた可能性があると考えられた。③脆弱層が残存する箇所で採取した非攪乱サンプルの一面せん断試験結果をもとに地表面飽和を想定した場合の斜面の安定度を検討したところ、すべり面発生の可能性が高い深度は70~80cm深であると判明した。④以上の結果から、脆弱層は表層崩壊発生に関与する土層であると結論付けた。

3. 豪雨時に発生する表層崩壊のすべり面付近は飽和か飽和に近い状態であると予想されるため、脆弱層が飽和することによって生じる土質特性の変化を検討した。①不飽和状態では約 50° であった脆弱層の内部摩擦角は、飽和状態では $11\sim 14^{\circ}$ と大きく減退した。非脆弱層では、飽和・不飽和によらず内部摩擦角は約 45° であった。②吸水過程にある脆弱層の土は、飽和に達した時点で急激に沈下した。③間隙解析と粒度分析により、脆弱層は上下の土層と比較して格段に高い空隙率をもつだけでなく、 $0.85\sim 2.0\text{mm}$ の粗砂の容積率が高く、 $2.0\sim 4.75\text{mm}$ の空隙の容積率がそれよりさらに高いこと、そのため脆弱層の骨格を作る粗砂は飽和に近くなると容易に空隙中へ転移することが明らかとなった。④このような脆弱層の飽和化にともなう変化は、雨の多い日本の自然地盤では珍しいとされるコラプス沈下と呼ばれる構造破壊と考えた。

4. 斜面崩壊は突発的に発生するため自然発生する表層崩壊現象の観測例はこれまで無く、崩壊発生までの先行現象や崩壊発生時に生じる現象などはまったく未知である。表層崩壊発生場を予測するための有益な判断材料となる脆弱層の分布箇所を把握したので、その分布箇所へ集中的に観測装置を設置し崩壊現象の観測を試みた。①観測期間中に崩壊は発生しなかったが、2004年台風21号の豪雨によって観測斜面にわずかな移動が観測され、小さな亀裂も現認された。②亀裂発生時に観測された斜面内の飽和帯分布と脆弱層と非脆弱層の飽和・不飽和での土質試験結果をもとに、任意のすべり面形状の探索ができる臨界すべり面解析を行った結果、実際の亀裂の位置から滑落し脆弱層をすべり面とする崩壊形状が計算された。③観測された斜面移動は崩壊の前兆である可能性が高いと考えられ、脆弱層の存在と飽和帯の分布を把握することにより正確な崩壊発生位置を予測できる可能性を示した。

5. 最後にこの脆弱層の成因を、現地観測や種々の土質試験結果を根拠に考察した。①脆弱層の存在深度に不飽和透水係数の不連続面があること、それがマサ土に火山灰が混入している限界深度と一致することがわかった。②不飽和透水係数の不連続面は地中水の挙動に影響する物理的不連続面であり、鉛直透下した浸透水が停滞し側方流となり、この側方流が地下侵食現象を伴うことが土層の脆弱化、脆弱層発達の要因になると考えた。③調査対象斜面は、数mの厚さで火山灰層が被覆する深層風化した準平原状台地を下刻する谷の側壁である。この活発な侵食運搬を伴う下刻の時期にマサ土に火山灰が混入する機会があったと考えられ、その堆積層が後の側方浸透による地下侵食で空隙の多い層に変化したという脆弱層形成機構の概念を示した。