

立命館大学理工学部 学生会員 ○木林 幹
立命館大学衣笠総合研究機構 非会員 石田 優子

立命館大学理工学部 正会員 藤本 将光
立命館大学理工学部 フェロー 深川 良一

1. はじめに

三重県南部に位置する世界遺産熊野古道「横垣峠」は、山頂付近に火成岩体（熊野酸性岩類：神木流紋岩）、山麓に堆積岩体（熊野層群：風化泥岩）が分布する西ノ峯山を半周回する。2011年台風12号による影響を含め4箇所で斜面崩壊が発生しており、崩壊形態も①大規模崩壊（深層崩壊）、②地すべり、③表層崩壊、④土石流とそれぞれ異なる。周辺地質と崩壊位置を図-1に示す¹⁾。今後の斜面災害による被害を軽減するために斜面の危険度評価を行うことの必要性は高い。危険度評価の方法の一つに数値解析による斜面安定計算が挙げられる。本稿では、③表層崩壊が発生した斜面を対象とし、地下水位による感度分析を用いた安定解析を行うことで、崩壊発生当時の地下水位状態について考察を行った。

2. 現地計測および物性試験

簡易貫入試験から解析に用いる表層厚を決定し、ベーンコーンせん断試験、現場透水試験から解析に用いるパラメータ（ c , ϕ , k ）を決定した。試験位置、崩壊位置、現地調査から推定される崩積土（神木流紋岩主体）と風化泥岩の地質境界を図-2に示す。神木流紋岩主体の崩積土について、解析に用いるパラメータ決定および土の性質を把握する目的で物性試験を行った。実施した試験内容は、湿潤密度試験、液性・塑性限界試験、土粒子密度試験、粒度試験、一面せん断試験である。また、周辺で実施されたボーリング調査より、基岩は頁岩であると仮定した。これらから決定した各地盤のパラメータを表-1に示す。

3. モデル斜面作成

1/500 平面図および簡易貫入試験からモデル斜面の形状と表層厚を決定した。対象斜面では崩壊頭部付近に地質境界があるため、表層を神木流紋岩主体の崩積土と風化泥岩の2つに区分する。決定したモデル斜面を図-3に示す。

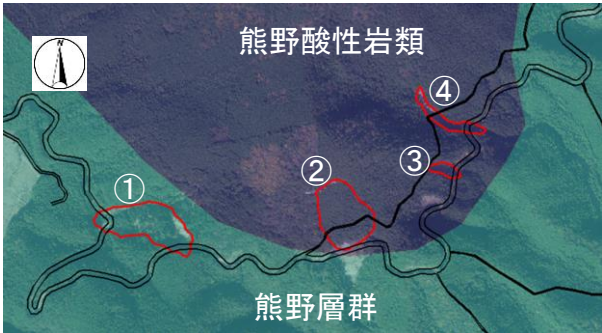


図-1 周辺地質と各崩壊位置

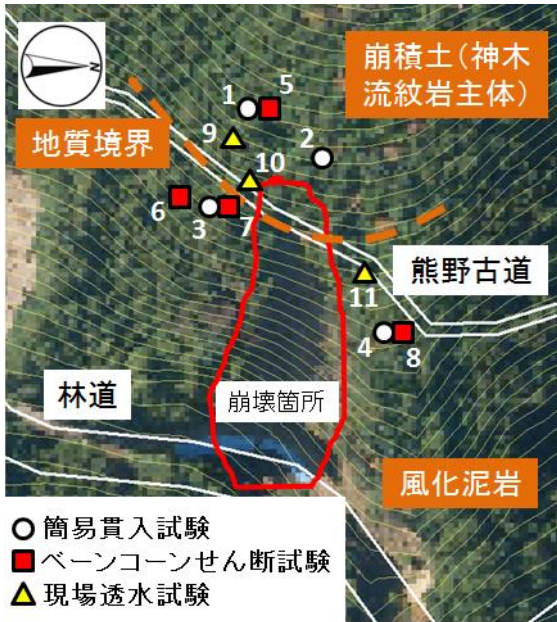


図-2 試験実施箇所

表-1 解析に用いたパラメータ

	流紋岩	風化泥岩	頁岩
γ_{unsat} (kN/m ³)	16.5	21	25
γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	22	25.5
E (kN/m ²)	50000	55000	600000
ν	0.35	0.35	0.3
c (kN/m ²)	2.37	9.5	600
ϕ (°)	33.2	27.8	40
ψ (°)	0	0	0
k (m/s)	1.355×10^{-3}	5.9×10^{-4}	1.0×10^{-5}

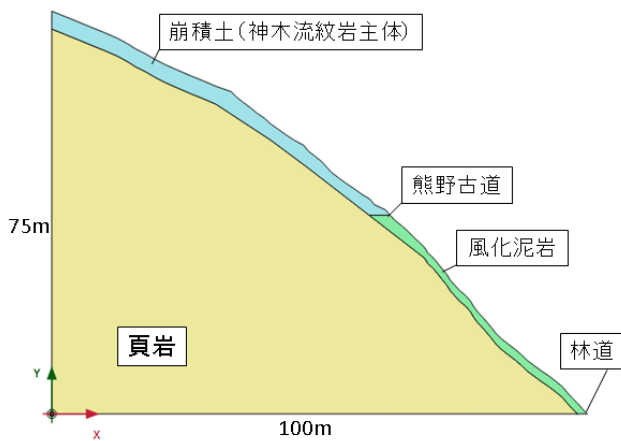


図-3 モデル斜面

4. 解析結果

地下水位と斜面の安定性について把握することを目的として、感度分析を用いた安定解析を行った。解析手法には有限要素法、降伏基準にモールクーロン、安定解析手法にはせん断強度低減法を用いる。まず、地下水位は表層と基岩の境界面と並行に変動していると仮定する。付近のボーリングデータより、平常時の地下水位は頁岩内にあり、GL-3.0mより深いと想定される。そこで、地下水位が境界から-2.0mの位置から、0.25mずつ上昇させたときの安全率の変化について計算した。解析結果から得られた安全率と地下水位の関係を図-4に示す。地下水位の上昇に伴って安全率が低下し、地下水位が境界から-0.1m付近まで上昇すると安全率が1.0を下回り地盤が崩壊する結果が得られた。地下水位の深度が境界から-0.1mの場合の全変位図に斜面崩壊後の現況線を書き加えたものを図-5に示す。解析結果から得られた崩壊の変位部分と実崩壊の変位部分に相違が生じる結果となった。このような相違が生じたのは、実崩壊が発生した崩壊頭部付近は神木流紋岩主体の崩積土と風化泥岩の境界に位置し、境界付近が周辺より地盤が脆弱であったこと、崩壊直後の滑落崖の2箇所で大量の湧水が確認されており、水みち等の条件がモデル断面で再現できていなかったことにより解析結果と異なる位置で崩壊が発生したことが原因であると考えられる。また、崩壊位置の相違を受け、林道付近（モデル斜面右下端）で削孔し地盤を確認したところ、風化泥岩が粘土化していたため、モデル下端に設定した解析パラメータが実際と異なっていた可能性があり、斜面下部についてはモデルをより細かく設定する必要があると考えられる。

5. おわりに

熊野古道「横垣峠」の表層崩壊を対象とした、地下水位変動による安定解析を試みた。地下水位が表層部に達する以前に崩壊が発生したという結果が得られ、地下水位と安全率の関係は把握できた。しかし、解析と実崩壊の変位部に相違が生じた。そこで今後、モデル表層部分の細分化および降雨浸透解析によって崩壊時の状態をより詳細に解明していく。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金（基盤(c)，(26350380)（2014～2016年度）の助成を受けて行ったものである。また、三重県御浜町役場古根川氏には多くの現場資料を提供していただいた。感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）
（2014）20万分の1日本シームレス地質図 2014年
1月14日版。

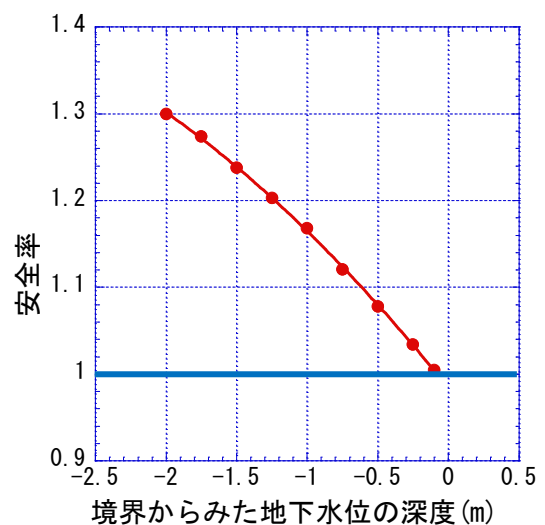


図-4 安全率と地下水位の関係

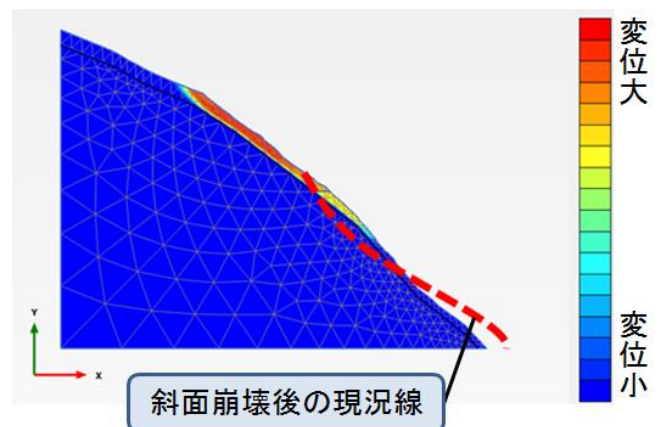


図-5 全変位図と現況線