

島尻層群泥岩地すべりの発生・再滑動に關与する強度 -安里地すべり-

Shear strength in first-time activation and reactivation of Shimajiri-mudstone landslide
-Asato landslide-

木村 匠^{*}, 宜保 清一^{**}, 中村 真也^{**}, 佐々木 慶三^{***}, 周 亜明^{****}

Sho KIMURA, Seiichi GIBO, Shinya NAKAMURA, Keizou SASAKI, Yanming ZHOU

1. はじめに

沖縄本島中南部の島尻層群泥岩分布地域では豪雨による地すべりが多発している（例えば、宜保ら、1981）。著者らは、本地域の地すべり類型について、地形とすべり形態の調査より、4つに区分できることを示し（陳ら、2007）、準初生地すべりについてはその発生場の特徴についても検討を行っている（宜保ら、2009）。準初生地すべりは、本地域の特徴的な地すべり類型で、甚大な被害をもたらす可能性が高いとされ、発生場の特定および発生危険度判定の適切な手法の確立が求められている。

2006年6月10日に沖縄県中城村で発生した準初生地すべりの安里地すべりは、発生直後からの状況観測、発生から約2日後（6月12日）の現地踏査を始め、ボーリング調査、動態観測、強度測定試験等の詳細な調査が行われ、すべり形態を把握するための貴重な情報が得られている。調査、観測、強度測定試験等の結果を整理・分析し、特に強度特性に着目することにより、準初生地すべりのすべり形態および発生・再滑動に關与する強度を明らかにすることができる。

本研究では、準初生地すべりの安里地すべりについて、すべり面付近土の強度特性を勘案して安定解析を行い、すべり形態、すべり面状況と併せて地すべりの発生（初生）と再滑動に關与するすべり面の強度を明らかにした。

2. 地すべり再滑動時に關与するすべり面の強度

地すべり再滑動時の解析は二次元修正簡便法によった。すべり面は斜面の変状およびボーリングコアを基に確定し、地下水位は動態観測結果（Bv-9, 10, 11, 12）を基に決定した。安全率 F_s を 0.98 として、式 $c = -155.4 \tan \phi + 33.2$ を得た。すべり面の状況に注目すると、すべりブロックの上方部および中部の鏡肌面領域と末端部の完全軟化粘土領域からなる。前者に残留強度（ $\tau_r = 10.8^\circ$ ）が、後者に完全軟化強度（ $c_{sf} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\tau_{sf} = 27.8^\circ$ ）が關与すると想定し、「残留係数を導入した安定解析法」（宜保ら、1984；宜保、1996）を適用して、残留係数 $R = (\tau_{sf} - \tau_r) / (\tau_{sf} - \tau_r)$ （Skempton, 1964）およびすべり面平均強度定数（ c , ϕ ）を求めた。 $R = 0.93$ および $c = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 12.1^\circ$ が得られた。 R は過去の沖縄の泥岩地すべりの $R = 0.7 \sim 0.9$ （宜保ら、1986；

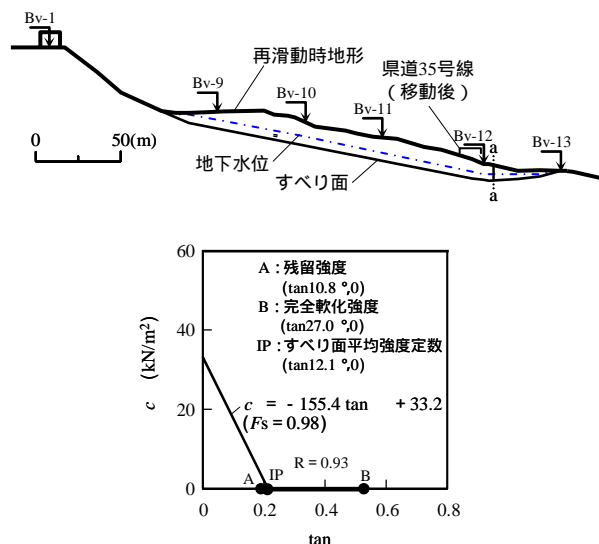


図 - 1 地すべり再滑動時の縦断面図および $c - \tan \phi$ 図

Fig.1 The cross section and $c - \tan \phi$ for stability analysis at the time of reactivation of the landslide

^{*}鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate school of Agricultural Sciences, Kagoshima University

^{**}琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

^{***}佐々木技術事務所 Sasaki engineering office

^{****}南城技術開発 Nanjyou Gijyutukaihatu Co., Ltd.

キーワード：土の静力学的性質、残留強度、準初生地すべり

中村ら, 2004) の範囲の大きめの値となった。この場合の大きめの R は, すべり面の大部分で残留強度が, 一部域に完全軟化強度が関与することを意味する。

3. 地すべりの発生 (初生) とすべり面の強度の関係

3.1 地すべり移動時に関与するすべり面の強度と地下水位

地すべりは, まず既往地すべりが再滑動し, 次に既往地すべりの再滑動に伴い末端の抑止領域を失った上方斜面が不安定化したと考えられる。

図 - 2 に地すべり発生前の縦断面地形図と地すべり再滑動時のすべり面を基に作成した地すべり移動時の縦断面図および $c - \tan$ 図を示す。地すべり滑動中を想定し, すべり面全域に残留強度 ($c_r = 0$, $\phi_r = 10.8^\circ$) が関与するとした。極限平衡法は単一の F_s を指標としているため, 実際の地すべり移動の挙動を表現することは困難であるが, 縦断面形状およびすべり面の強度が決定している場合は, 地すべり推力と抵抗力 (強度) のバランスの度合いを表現できると考える。 F_s を 0.50 として地下水位を逆算した。繰返し計算により得た $F_s = 0.50$ の場合の地下水位 (すべり面から +6.1m) を地すべり移動時の推定地下水位とすると $c = -138.4 \tan + 26.4$ が決まり, $c = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 10.8^\circ$ ($R = 1.00$) となる。

3.2 上方斜面滑動時 (初生) に関与するすべり面の強度

図 - 3 に地すべり発生前上方斜面の縦断面図を示す。 $F_s = 0.98$ とし, 地下水は 3.1 で算出した上方斜面領域における推定地下水を充てて $c = -148.1 \tan + 89.5$ を得た。発生前の斜面内部では, 末端に位置する既往地すべりの再滑動に伴う横圧解放 (応力解放) による進行性破壊や変形破壊が加速し, 弱面 (潜在すべり面) の強度は残留強度あるいはその付近まで低下していたと考えられる。そこで, すべり面の強度として風化破碎泥岩のピーク強度 ($c_f = 52.8 \text{ kN/m}^2$, $\phi_f = 33.0^\circ$) および残留強度 ($c_r = 0$, $\phi_r = 10.8^\circ$) が関与するとして, 残留係数を導入した安定解析の考え方に基づいて $R = 0.49$, $c = 26.8 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 22.9^\circ$ を算出した。想定すべり面領域に破碎ピーク強度を単独で適用した場合 $F_s = 1.63$ となることから, 上方斜面の滑動は残留強度関与の弱面の存在が不可欠であるとの証になる。

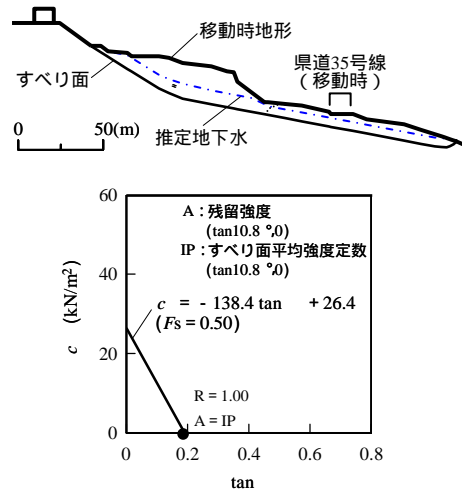


図 - 2 地すべり移動時の縦断面図および $c - \tan$ 図

Fig.2 The cross section and $c - \tan$ for stability analysis during the time of activation of the landslide

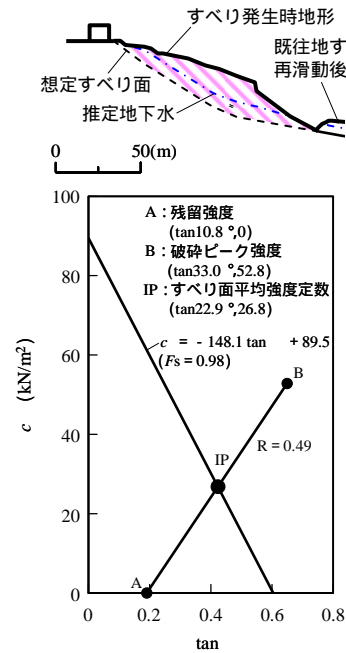


図 - 3 上方斜面のすべり発生時 (初生時) の縦断面図および $c - \tan$ 図

Fig.3 The cross section and $c - \tan$ for stability analysis at the time of occurrence of the landslide in the upper slope

参考文献 陳ら(2007): 地すべり, 43(6), pp.1-12. 宜保(1996): 地すべり, 33(2), pp.46-50. 宜保ら(1981): 地すべり, 18(2), pp.11-18. 宜保ら(2009): 地すべり, 45(1), pp.27-34. 宜保ら(1986): 地すべり, 23(3), pp.15-20. 宜保ら(1984): 地すべり, 20(4), pp.1-6. 中村ら(2004): 農土木学会論文集, 229, pp.47-53.