

深層崩壊の崩壊規模（深さ）推定に関する研究

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 ○佐光洋一・森俊勇・亀江幸二・中村浩之・花岡正明
国土防災技術株式会社 遊佐直樹・大野亮一・寺田秀樹

1 はじめに

著者ら¹⁾は、崩壊土砂の運動シミュレーション手法（LSFLOW）による深層崩壊発生時の天然ダム（河道閉塞）形成の再現性を検証し、天然ダムの形状予測を試みた。その結果、LSFLOWを天然ダム形状の予測法として用いた場合、被害範囲を予測する上でより厳しい条件となる最大の堆積高さを得ることができ、深層崩壊対策の事前検討に適用できる見通しが得られた。

一方、未崩壊斜面において深層崩壊を事前に予測するためには、平面的な崩壊範囲と崩壊規模（深さ）の推定が必要となる。崩壊規模を推定するためには地質や地層構造の把握が本来必要だが、崩壊のおそれのある斜面は広域に渡るため、地層構造の把握には困難が伴う。そこで、地表面やその微地形特性から簡易的に崩壊規模を推定する手法について研究を進めており、本発表ではその内容を紹介する。

2 すべり面解析法

2.1 手法の概要

斜面安定解析はすべり面が既知であることが前提である。未発生地のすべりや崩壊を対象とする場合、地形、地質、土質条件等を基に安全率が最小となるすべり面を探索する手法がある。そのすべり面探索手法の一つとして、土木研究所（中村ら）²⁾の、「動的計画法を用いた臨界すべり面解析法」がある。動的計画法によるすべり面解析では、すべり面の存在範囲に探索候補点を設置し、どの候補点を通するすべり面が最小安全率となるかを調べる。

そこで、深層崩壊の崩壊規模を推定する手法として、崩壊が発生する可能性の高い推定崩壊面を本解析法による最小安全率となるすべり面と想定し、以下の解析を行った。

深層崩壊では非円弧の任意形状すべりが対象であるため、安定解析法に簡易ヤンプ法を採用し、すべり面形状が上に凸とならないようすべり面発生に対する制約条件を与える形で、動的計画法を用いた。図1に計算実行の流れを示す。

2.2 単純斜面への適用

手法の特性を把握するために、一定勾配、単層構造の斜面

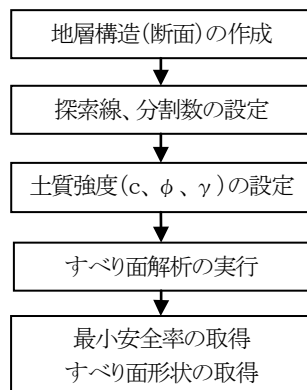


図1 解析の流れ

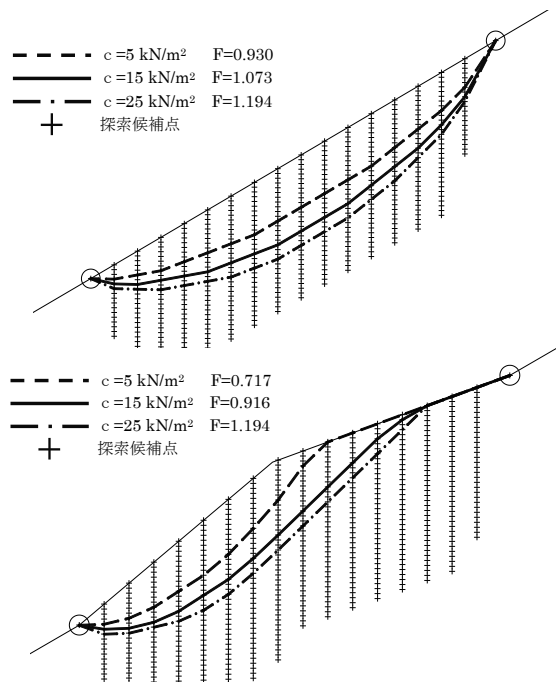


図2 単純斜面への適用結果（粘着力の影響）

に対してすべり面解析法を適用した。図2は内部摩擦角 $\phi=25^\circ$ に対し、粘着力 $c=5, 15, 25\text{kN/m}^2$ の結果の比較である。粘着力 c が大きくなる程、すべり面が深くなる結果が得られ、経験的に層厚が大きくなるにつれて粘着力が大きくなることと一致する。また、図2下図に示すように凸地形等の地表面形状に応じた最小安全率となるすべり面位置が、動的計画法により探索されている。

3 深層崩壊の崩壊規模（深さ）推定

3.1 再現性の検討

崩壊規模（深さ）が既知の深層崩壊事例に対しすべり面解析を適用し、得られるすべり面の比較を行った。解析対象として平成23年9月台風12号により崩壊した赤谷地区を取り上げた。なお、対象地では地質調査が実施されているが、未崩壊斜面への適用を考慮して、単層構造でモデルを作成した。土質強度は $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $c=5\sim 20\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=15\sim 35^\circ$ の組み合わせで試行計算を行った。

図3に探索候補点を設定した範囲と、その結果得られた探索すべり面を示す。2.2 単純斜面への適用でみたように、粘着力 c とすべり面深度は密接に関連している。図3では、すべての深度で粘着力 c が同一であるため、探索候補点を

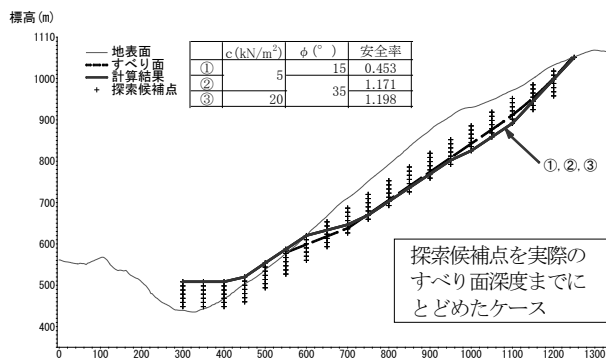
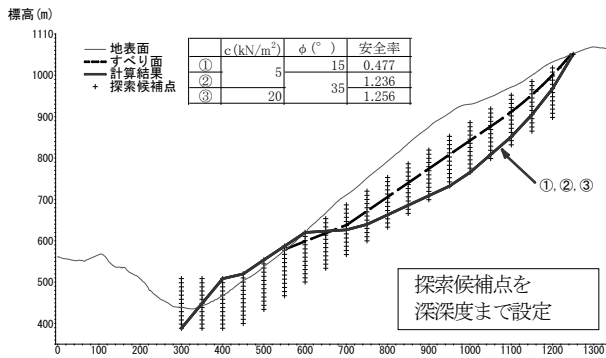


図3 再現性の検討結果（赤谷地区）

深くまで配置した場合、すべり面が深い位置に特定されやすい結果となった（図3上）。赤谷地区では、探索範囲を実際のすべり面深度までに規制することで、概ね適合するすべり面が探索される（図3下）。実斜面への適用時は、例えば図3上をみると、粘着力 c の大きさですべり面位置（①②③の深度）はほとんど変化せず、探索候補点を設置する範囲、すなわち規制面深度が重要となることが解った。

3.2 崩壊規模（深さ）推定のための考え方

動的計画法によるすべり面解析では、深さ方向の規制位置が重要となる。ここでは、崩壊長さに対する深さの比を基に、深さを推定することとする。

図4は、複数の深層崩壊事例³⁾から崩壊長さ/深さ比と土砂体積の関係を整理し、紀伊半島の事例を追加したものである。図より長さ/深さ比の最頻値が10前後であることから、崩壊深さ＝長さ×0.1により、崩壊深さを規制条件として与えることとした。

その他の探索候補点の設定条件として、次の1～4の条件を加え、赤谷地区に対してすべり面解析を試みた。

1. 現地踏査や微地形判読に基づき崩壊上端を指定する。
2. 末端は河道までを探索範囲とする。
3. 尾根～河道を結ぶ勾配で探索範囲を設定する。
4. 土質強度は一般値として、 $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $c=20\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=35^\circ$ を用いる。

図5に検討結果を示す。実際のすべり面と比較すると断面面積、深さはそれぞれ4割程大きく計算され、末端に長い

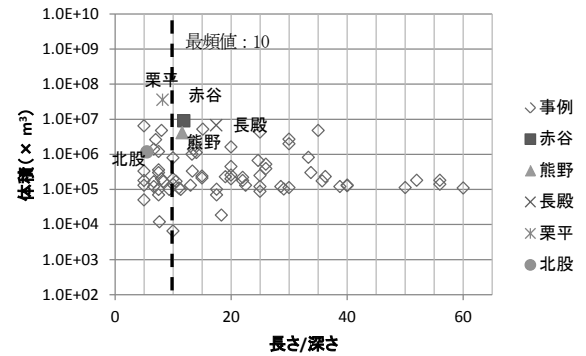


図4 長さ/深さ比と土砂堆積の関係

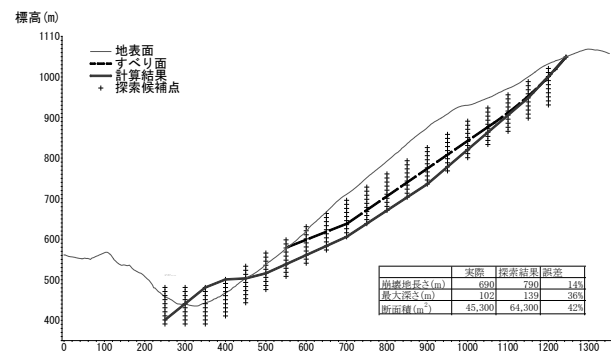


図5 崩壊規模（深さ）推定の検討結果（赤谷地区）

すべりが特定された。崩壊規模の推定結果としては過大予測であるが、地盤内部の情報がなく地表面情報のみに基づく想定としては、受容できる結果ではないかと考えている。

4 おわりに

動的計画法を用いたすべり面解析法を深層崩壊の崩壊規模（深さ）の推定に適用し、その有効性を検討した。

- ・ 動的計画法により、複雑な地表面形状においても、すべり面形状の検討が可能である。
- ・ 深度方向の層構造がない（均質斜面）場合、動的計画法ですべり深度を推定することは難しく、別途、規制面深度を設定することが重要となる。
- ・ 規制面深度は、崩壊長さとの崩壊深さの比に基づき、設定可能である。

今後は、三次元的な崩壊規模（土砂量）への拡張や、天然ダムの形状推定手法¹⁾との連携を目指す予定である。

参考文献

- 1) 佐光洋一・森俊勇・中村浩之・渡部文人・福田睦寿・遊佐直樹:LS-FLOW モデルを用いた深層崩壊に伴い形成される天然ダム（河道閉塞）形状の予測について、平成25年度砂防学会研究発表会概要集、p.B-60-61
- 2) 中村浩之・久保田哲也：動的計画法を用いた臨界すべり面解析法、土木研究所資料第2425号、1987
- 3) 土木研究所：過去の深層崩壊事例について
http://www.pwri.go.jp/team/volcano/deep_seated_landslides/shinsouhoukai-list.pdf