

斜面災害初動調査に向けた 3次元点群データの活用事例

国土技術政策総合研究所 中谷 洋明, 瀧口 茂隆
 中央開発株式会社 ○田中 風羽, 西村 修一, 犬飼 唯人

1. はじめに

斜面崩壊等の土砂災害発生時、降雨や地震による更なる崩壊を想定し、警戒避難体制の確立や応急的な対策工事、地質調査の計画等が迅速に行われる必要がある。

しかし発災直後には、災害の全容を把握するための情報が不足することが多い。必要な情報の収集において、専門家・技術者による現地確認（初動調査）の果たす役割は大きい。準備段階で現象の機構や地盤の状況について相応の仮説を立て、調査目的を事前に共有することによる、タイムパフォーマンスの向上が求められる。

こうした初動調査は詳細な調査や対策等に先んじて行われるが、近年ではさらにその前段階で、SfM-MVS 写真測量やレーザ測量により災害現場の 3次元点群データが取得される事例が増えつつある。このようなデータについて地形解析を行うことで、初動調査前、机上段階での情報収集・整理過程で、より多くの情報を引き出すことができる可能性がある。

本稿では、崩壊後斜面の 3次元点群データを用い、初動調査に向けた事前机上調査としての、地形解析及び調査資料作成等の手法検討を行った事例について紹介し、災害直後に取られ得る手段のひとつとしての可能性について考察する。

2. 事例紹介

2022年度に斜面崩壊の発生した A 地点を対象に、3次元点群データを用いた机上調査及びその手法についての検討を行った（図-1）。

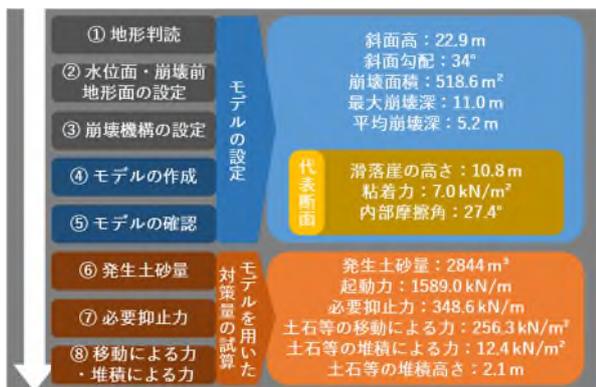


図-1 机上調査の流れと結果の例

崩壊した斜面は、台地の端、段丘崖の遷急線付近から生じている古い崩壊地形内に位置する。地質としては粘性土層を狭在する礫層が基盤岩として分布し、砂岩礫を主体とする礫層が不整合に覆う。

解析には災害後に取得された UAV 撮影画像による地形

データを主に用い、比較や検証のために自治体によるレーザ測量データや気象庁による降水量データ等を用いた。

(1) モデルの設定

①地形判読

SfM-MVS により、崩壊後斜面の UAV 撮影画像から高密度 3次元点群データ及び DEM (数値標高モデル) を作成した。オープンソースソフトウェアである QGIS を用いて DEM から微地形表現図・地形断面図を作成し、崩壊の履歴や兆候と考えられる微地形要素として、「崩壊の輪郭」「水みち痕跡・湧水痕」「残存土塊」の判読を行った。判読結果はベクタとして QGIS 上で整理した。

②水位面・崩壊前地形面の設定

斜面崩壊発生時において、調査地付近の実効雨量及び土壌雨量指数は、前後1ヶ月間のデータと比較して顕著に高い値を示した。また、過去10年間のデータと比較して同日雨量は2番目、1時間雨量は1番目に高い値であった。

崩壊発生時の水位は少なくとも平時以上に高いものであったと考えられたため、判読した水みち痕跡・湧水痕から特に高標高部に位置する湧水痕を、水位上昇可能範囲の下限として抽出した。QGIS 上で崩壊後地形の DEM からこれらの点の各位置における標高値を取得し、不規則三角網 (TIN) 法により3次元の面を生成し、崩壊時の推定水位面としてみなした (図-2)。

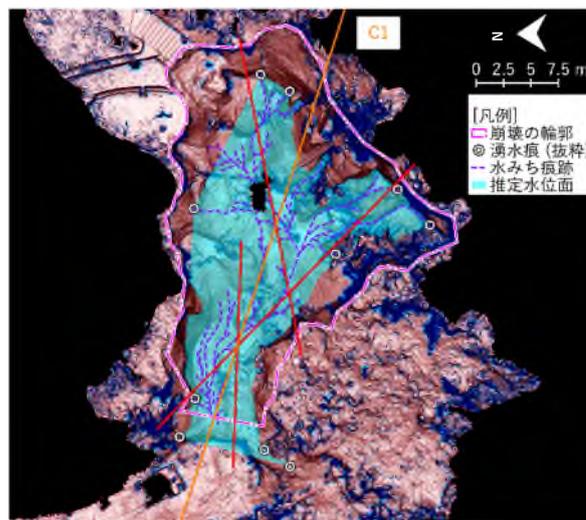


図-2 微地形判読結果と推定水位面 (背景図:SV マップ¹⁾)

崩壊前の地形については、A 地点では 0.5m メッシュのレーザ測量データが自治体により公開されていたため、これをそのまま崩壊前地形面としてみなした。

③崩壊機構の設定

微地形判読結果や地形断面形状より、現在の地形は「すべり (slide)」による斜面崩壊とその後の侵食により形

成されたものであると推定した。

④モデルの作成

崩壊後地形の DEM、微地形判読結果、崩壊前地形面、推定した崩壊機構に基づき、崩壊前後の斜面の状態や崩壊時の挙動等について包括的な想定をたて、モデル（検討対象）とした。モデルは、斜面全体の地形変化が単一の崩壊によるとみなした場合と、複合的な崩壊の集合によるとみなした場合について作成した。それぞれのモデル上で崩壊面や滑落崖、水位面等の設定を行い、断面図を作成した（図-3）。

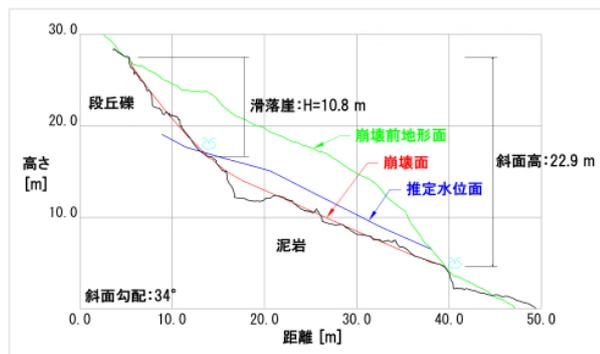


図-3 モデル断面図の作成例(C1断面)

⑤モデルの確認

妥当性の評価のため、各モデルについて水位や粘着力 C の条件を変えて斜面安定解析を行った。水位は、崩壊時水位として復元した推定水位面、または、平常時水位として崩壊面以下の水位面を設定した。粘着力は「平均崩壊深 $\times C$ 」とする経験的手法、または、崩壊後斜面における未崩落箇所地形から逆算される最小粘着力を C とする斜面安定解析的手法により設定した。また、それぞれのケース毎に崩壊時の地形変化から C - $\tan \phi$ 関係図を逆算し、設定した C から ϕ を求めた。

(2) モデルを用いた対策量の試算

⑥発生土砂量

崩壊前地形面と崩壊後地形の DEM との標高差分を各位置における「崩壊深」とし、「崩壊の輪郭」の内側の範囲でこれを積分し、崩壊による体積変化量を計算した。

⑦必要抑止力

モデルの断面図及び地盤定数等のパラメータを用い、最大抑止力の計算を行った。崩壊時の起動力を求め、安全率を満足させるために必要な抑止力を求めた。

⑧土石等の移動による力・堆積による力

モデルの断面図及び地盤定数等のパラメータを用い、土石等の移動による力 (F_{sm}) 及び土石等の堆積による力 (F_{sa})、堆積高さを計算した。

3. 考察

本事例では、SfM-MVS 写真測量による詳細な地形データから微地形表現図等を作成し、判読結果を重ね合わせて可視化することで、災害調査の初動としての現地確認

に向けて要観察箇所や不安定箇所を事前に整理することができた。また、データを GIS 上で一元的に管理することにより、机上調査と現地調査の結果の比較や、現地調査結果を踏まえたモデルの見直しが容易となった。

地形変化の比較対象として、今回の調査地では斜面崩壊前に取得された 0.5m メッシュの既往データを用いることができた。しかし、このような「災害前」データの無い場合には、水位と同様の方法を用い崩壊前地形面の推定・復元を行うこととなる。平時のデータが整備されていることは、崩壊前地形面の設定やそれを用いた各種推定の精度向上・時間短縮に寄与した。

本事例では斜面崩壊、UAV による撮影、現地確認踏査の間でそれぞれ数ヶ月の間が開いた。そのため「崩壊後」の地形データや現地で観察できた地形は、崩壊直後に比べて侵食や二次的な崩壊の進んだ状態であった。崩壊面等の、解釈上重要となる地形も多くが不明瞭であり、また、データと現地確認時とで地形の変わっている部分もあった。初動調査をはじめとした現地調査後の情報整理のためにも、発災後すぐにデータ取得を行い、並行して現地調査を計画・実施し、短期間のうちに必要な情報の取得を行う体制の構築が重要であると考えられた。

4. まとめ

災害発生後の初動調査は、警戒避難体制の確立や応急対策工事等の各種計画・対策を見据えて行われる。地形データを用いて崩壊機構や過去・現在の地盤状況を推定し、現地で確認するべき事項や二次災害の危険箇所を事前に整理することで、よりの確な初動調査計画やリスクアセスメントの策定が可能となると考えられる。また、初動調査の準備・実施と並行に、事前机上調査による推定設計外力等を用いて具体的な検討を早期に開始し、調査結果をもって条件等を確認・修正することで、検討の完了する時期を前倒しできる可能性が示唆された。

本事例の通り、机上調査のみから得られる結果は推定に推定の重なったものであり、これらをもって災害調査の最終的な成果とすることは決してできない。現地調査時の先入観に繋がり得る危険性も含め、机上調査の結果に重きを置きすぎることには注意が必要である。また、具体的な手法についても改善の余地はまだ多い。しかし、材料・根拠として用い得るデータの種類が増えることは、時間や情報の不足する災害直後において、欠けた情報を補い、過大な選択肢を削る判断の一助となり得る。非常時に利用可能なデータの幅を広げるため、データそのものの取得・整備に加え、解析手法や解釈方法についての検討を常時から進めることが重要である。

《引用・参考文献》

- 1) 上原大二郎, 王寺秀介, 鈴木雄介 (2022): 「地質 DX」の取り組み, 第57回地盤工学研究発表会, DS-6-01.