

地すべりにおける地形差分解析の活用事例

(株) みすず総合コンサルタント ○井上 賢治, 阿部 健
 長野県姫川砂防事務所 丸山 尊、小橋 茂和、山下 亨

1. はじめに

近年、航空レーザー測量の普及により高精度な地形データ(LPデータ)が入手しやすくなってきている。地すべり調査におけるボーリング、移動杭、物理探査といった従来の調査手法は点や線の情報が主体であるが、経年のLPデータを差分解析することにより広域の土砂移動の傾向を面的に且つ簡易に推定することができる。本発表では地すべり機構解析において従来手法に加えて差分解析を活用した事例を紹介する。

2. 調査地の概要

調査対象である外沢地すべりは、長野県小谷村の豪雪地帯にある姫川に面した幅200mの大規模な地すべりである。鮮新統の火山噴出物(主として凝灰角礫岩)を基盤とする風化岩すべりでCブロックを本体とし最大層厚は50m、末端にE・Dブロックの浅いすべりが発生し、Bブロックは本体内部の浅いすべりと考えられている。末端部の安山岩堅岩と左サイドの断層が地すべり滑動を規制している(図-1)。

地すべりは過去に大規模な滑動を繰り返しており大正時代には姫川を堰き止めた記録がある。近年では平成22年に活発化し抑止杭が地表に突出する被害を受けた(図-3、写真-1)。令和2年に事業が再開され調査ボーリング13箇所・解析・地下水排除工を主体とした対策工設計が行われた。本調査では地すべりの継続観測と地すべりにより流出した孔のリボーリング、機構解析・対策工の再検討を行った。

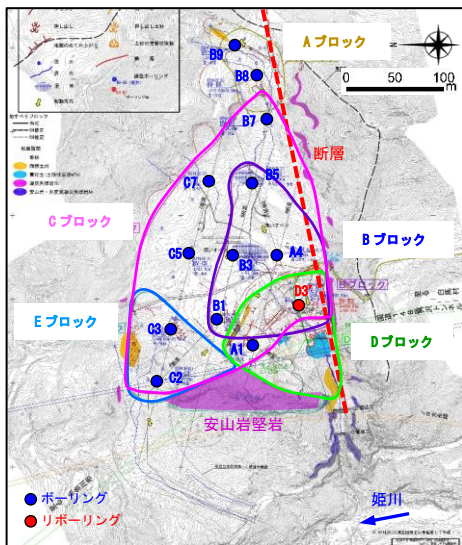


図-1 調査位置図

3. 調査方法

調査項目は地下水位観測・パイプ歪計観測(13孔)、移

動杭観測(16箇所)であり令和2年から継続観測されている。これに差分解析を加えて地すべり機構解析を行った。

4. 調査結果

(1) パイプ歪計観測

融雪期(3~5月)に各孔とも地下水位の上昇に伴い準確定~確定を含む顕著な変動を示す。夏季降雨時の変動は融雪期に比べて小さく豪雪の素因が大きい。

Eブロックを除く全てのブロックで動きがありCブロックは全域で活発である(図-2)。特に地すべり左末端の動きが大きく融雪期に観測孔が流出し今回リボーリングを行った。Cブロックのすべり面コンターをみると左末端の方向に等高線の谷があり、この方向への動きを示唆する。地下水は基本的にコンター方向からブロック内へ流入するため対策工はこれに従った配置とした。

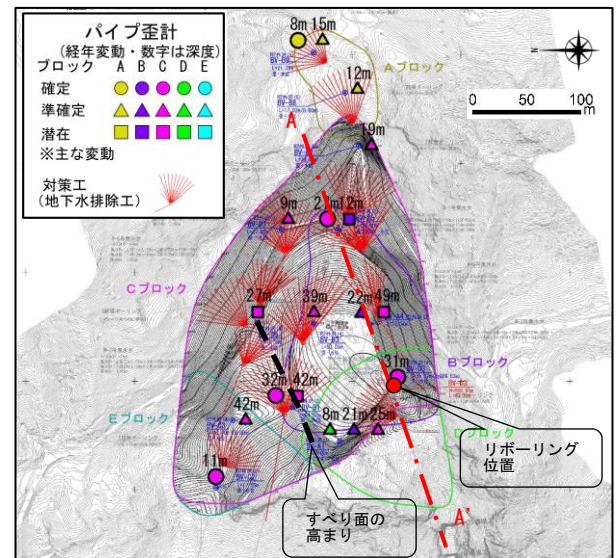


図-2 パイプ歪計変動箇所とCブロックすべり面コンター図

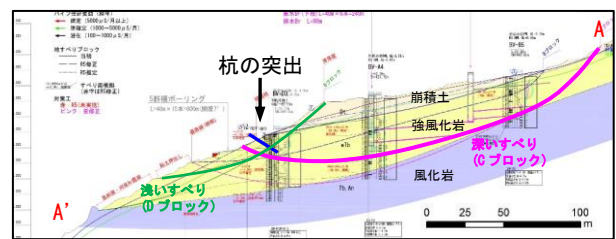


図-3 断面図



写真-1 杭の傾倒
 地表に突出し谷側に傾倒している

(2) 移動杭観測

Dブロックの変動が特に活発でR2~3は年間4m以上、R3~4はそれ以上（観測孔流出）の変動がある。他のブロックも年間1~4cm、多いときは10cm程度の変動がある。変動時期は融雪期が主体であり、融雪の多かったR3~4（最積雪深221cm）は特に変動が大きい。鉛直方向は全体に沈下方向に変動している（図-4）。

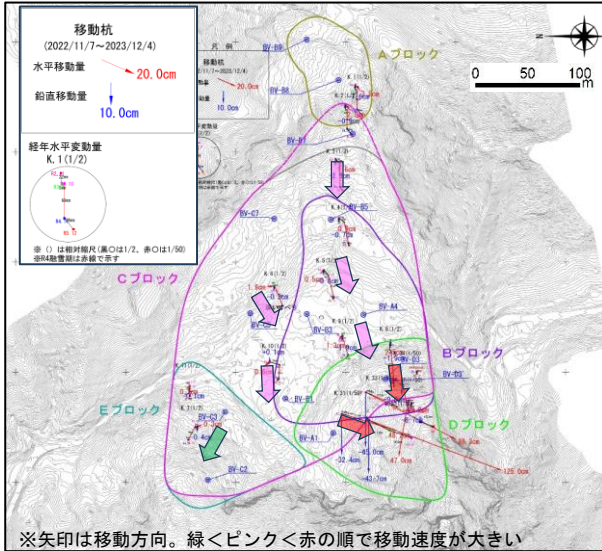


図-4 移動杭観測結果

(3) 差分解析

長野県では平成24年度と令和3年度に航空レーザー測量が県内ほぼ全域で実施されている（林務部は山間部中心）。今回はこれを用いて鉛直方向の差分解析を行った（表-1）。両者の時間差は8年である。杭の突出があったのは初期データ（H24）の3年前である。

表-1 差分解析使用図面

図面	撮影時期	精度
H24長野県林務部LP	2013/9	0.3m以内
R3長野県建設部LP	2021/11	0.3m以内

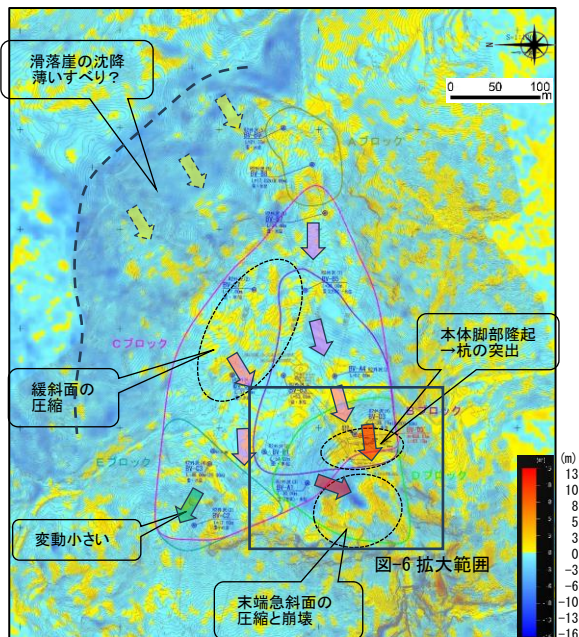


図-5 差分解析結果（矢印は地表の移動方向）

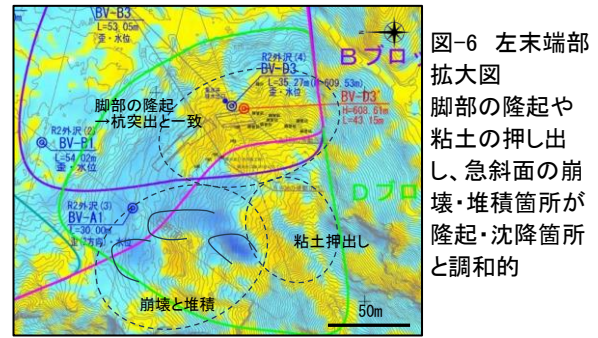


図-6 左末端部拡大図
脚部の隆起や粘土の押し出し、急斜面の崩壊・堆積箇所が隆起・沈降箇所と調和的

差分解析結果はB・Cブロック左脚部の隆起、Cブロック背後の沈降、Dブロック末端急斜面の圧縮と崩壊が顕著であり、Eブロック側末端は隆起が少なく圧縮は小さいと言える。左脚部の隆起域は杭の突出箇所と一致し脚部の跳ね上げが考えられる（図-6）。全体として移動杭と同様に近年はDブロック側への土砂移動が顕著なことを示す。Cブロック背後の沈降は滑落崖と一致し、薄いすべりが予想される（図-5）。

(4) 地すべり移動の変遷

滑落崖が差分解析の沈降帯と一致すること、滑落崖と地すべり堆の形状が一致することから図-7に示す地すべり移動の変遷を推定した。地すべりは① 南西方向に移動した後、②断層の尾根にぶつかり西へ向きを変え、③その後末端で岩盤に規制されて左右、④特にDブロック側に出口を絞られて抜け出す機構が考えられる。よって現在は左末端の変動速度が著しく大きくなっている。

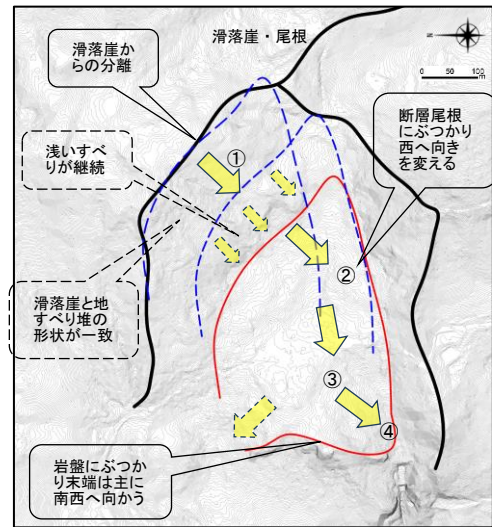


図-7 地すべり移動の変遷の推定

5. まとめ

実測値として重要な従来調査手法をベースに差分解析を加えることで隆起・沈降箇所の面的な分布が広範囲で明らかとなり、個々の観測結果が示す地すべりの移動方向やブロック毎の活動度を説明するのに整合的な結果が得られた。差分解析は地すべり機構を総括する手法として、また地すべりの経時的なモニタリング手法として比較的容易に広範囲を解析できる点で特に有効と考える。

課題としては測量精度が同等であること、有意な変動を得るための測量精度を閾値としたデータ解析、植生による影響の緩和（落葉時期に合わせる）等が挙げられる。