

地上型レーザ測量による第三紀層地すべりの高密度変位・変形計測

High density measurement of displacement and deformation of the Tertiary landslide using laser scanner

岡本 隆 [1]; 松浦 純生 [1]; 浅野 志穂 [2]

Takashi Okamoto[1]; Sumio Matsuura[1]; Shiho Asano[2]

[1] 森林総研・水土保全; [2] 森林総研・九州

[1] FFPRI; [2] FFPRI

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

1. はじめに

地すべりの移動にともなって生じる土塊の変形現象を正確に評価することは、的確な警戒避難体制の確立や対策構造物の検討などの防災の視点から重要である。地すべり土塊の変形は本来三次元的に扱うべきであるが、三次元変形はその地表面に現れると仮定して、地表面の二次元的変形挙動を計測して代替評価することが多い。その計測手法としては従来、光波測距儀を用いて地すべり地に設置したプリズムの位置変化を複数期間計測することが多かった。しかし近年、より高精度高速で計測が可能な地上型レーザスキャナを用いた計測技術が発達し、地表面の測量に用いられるようになった。本研究では、地すべり地に高密度に設置した移動杭を地上型レーザ測量によって計測し、地すべり地の変位・変形特性の把握を試みた例について報告する。

2. 計測方法

計測対象地は、新潟県上越市の東頸城丘陵内に位置する伏野地すべり地である。地すべりは長さ350m、幅30-60mの細長い形状をしている。移動土塊は過去の大規模地すべりによって生じた崩積土層を主体とし、典型的な再活動型地すべりの様相を示す。地質は、新第三系の椎谷・寺泊層および西山層に属する黒色泥岩を主体とする。既往の変位観測によれば、中部ブロックでは深度2.0-6.5mをすべり面とする0.2-1.8mの年間変位、下部ブロックでは深度約3.5mをすべり面とする1m以上の年間変位が認められている。地すべり運動は秋期から積雪初期にかけて活発化し、同期間に年間変位量の70-90%が生じる。その後積雪層が発達すると移動は急減し、融雪期に再び緩慢な移動が生じる。

既往の調査により活発な運動が記録されている地すべり地の中部ブロック全体および下部ブロックの上部を覆うように5m間隔で縦断30×横断13の基線を設定した。各基線の交わる390点のうち、地すべり地と直接関わらない外部点を除いた300点に移動杭を設置した。非計測時には移動杭の上面にネジが約5cm程頭を出すように差し込まれた状態を保ち、外部からの影響による杭の変動を最小限にした。計測の際には、長さ70cmの延長ネジと先端に白色の直径8cmの球体オブジェクトを据え付けたうえで両者の三次元形状を計測した。計測時期は計4回(2004年10月(a), 2004年12月(b), 2005年11月(c), 2006年6月(d))である。

3. 解析方法

計測結果から算出した球体オブジェクトの中心座標と延長ネジの傾斜角を用いて移動杭の地表面接点座標を決定した。それらを頂点する524個の三角形要素を作成し(移動杭流亡等により最終的に498個まで減少)、三角形要素の重心の水平・鉛直変位ベクトルおよび変形量(面積変化)を求めた。ここで、要素の変形には主ひずみの方向性を考慮する必要があるが、今回は暫定的に面積変化のみで評価した。

4. 結果と考察

各期間における平均水平変位量は、a-b: 3.9cm, b-c: 10.3cm, c-d: 10.1cmであった。全期間で地すべりの水平変位傾向は類似し、末端部から見て側壁の地形に沿うように逆「く」の字を描くように下方へ移動した。また側壁近傍斜面の変位方向は地すべり主方向と斜交していた。このように、側壁の存在が地すべりの変位方向を大局的、局所的に強く規制している。鉛直変位をみると、経過期間が2ヶ月と短いa-b間では中部ブロックの末端部がわずかに隆起し、すべり面の浅い末端へ向けた土塊の押し出しによる影響と思われた。積雪期間を含むより長期的な他の2期間は沈降が主となった。地すべり地全体としての大局的な変形、すなわち膨張域や収縮域は認められず、収縮域と膨張域が隣り合って局所的に分布した。これは地すべり土塊に作用する応力が局所的に変化していることを示している。

次に各ブロックごとに特徴的な変位・変形特性を考察した。中部ブロック左岸側の一部領域では前述のとおり膨張域と収縮域が上下に隣接した。上位の膨張域は水平変位、鉛直変位(隆起)とも大きいのが、下部の収縮域は変位が少なく沈降傾向にあった。以上からこの領域では次のような現象が起きていると推察した。上位領域の土塊は下位領域へ移動しようとするが、下位領域の土塊は不動地盤に近い領域に接しているため変位が伝播しない。そのため上位領域の土塊は下位領域の上へせり上がるよう変位して隆起し、上位土塊からの圧縮応力を受けた下位領域の土塊は収縮する。

下部ブロックでは右岸側に卓越変位が表れている。現地踏査によると、この卓越変位領域付近から下部ではガリー侵食が発達し、移動杭がガリー浸食に巻き込まれた可能性がある。