

P3. 神戸層群で多発する小規模流動型地すべりの運動像

Movement picture of small scale flow-like landslides occurred frequently in the Kobe Group

○村井政徳（高知大院・黒潮圏海洋），横山俊治（高知大・理），仲辻裕美（高知大・理）

○Masanori Murai (Kochi Univ.), Shunji Yokoyama (Kochi Univ.) Hiromi Nakatsuji (Kochi Univ.)

1. はじめに

神戸層群は古第三紀後期始新世～前期漸新世の地層で、湖成～河川成の砕屑岩とそれに挟在する凝灰岩からなる¹⁾（図-1）。神戸層群分布地域で発生する地すべりの発生源の大部分は凝灰岩であり²⁾，凝灰岩の物性・力学的性質の差異，地質構造などを反映して， 10^6m^3 規模の大規模地すべり， $10^3\sim 10^4\text{m}^3$ 規模の中規模地すべり， 10^2m^3 規模以下の小規模地すべりが発生している。

小規模地すべりは，いわゆる‘流動型地すべり’（以下，小規模流動型地すべりと呼ぶ）である。小規模流動型地すべりは主に，宅地造成や圃場整備などによって人工的に切土された斜面で発生する地すべりで，現在神戸層群分布地域でもっとも頻繁に発生しているタイプの地すべりである。その特徴は，きわめて狭い範囲で，明瞭なせん断面に沿って剛体が滑り落ちるというよりも，移動層全体が破壊され流れ出るように移動することである。

本論では，この小規模流動型地すべりの形態的特徴およびすべり層となる凝灰岩の各性質について検討し，小規模流動型地すべりの運動像について考察する。

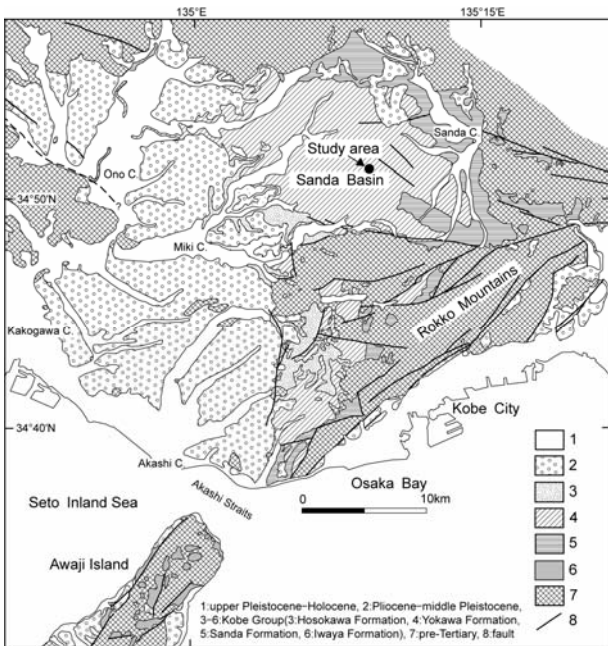


図-1 神戸層群の地質図²⁾

2. 豊岡北地区奥山上池脇の切土斜面の事例

<斜面地質>

美囊郡吉川町豊岡北地区の奥山上池脇の切土斜面は，斜面勾配 1 : 1.5 で切土されており，切土後数年が経過している。

切土斜面は，下位より上久米凝灰岩層ユニット 4 の粗粒凝灰岩層，軟質粘土化した細粒凝灰岩層，礫岩層が分布している（図-2；図-3）。このうち，軟質粘土化凝灰岩層がすべり層となって斜面を流下している。

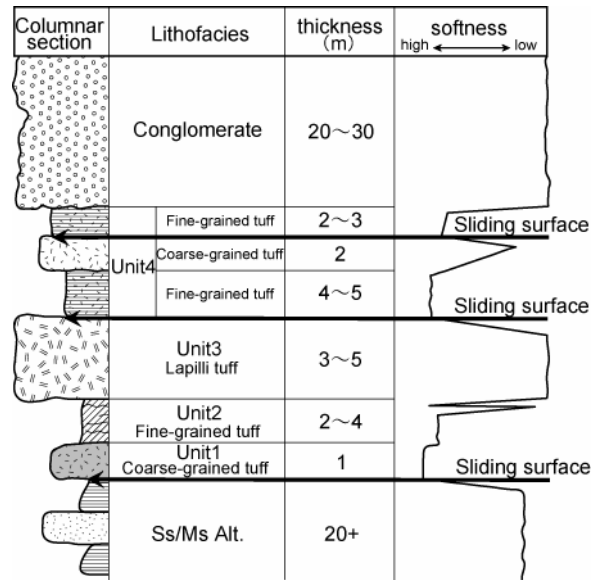


図-2 上久米凝灰岩層とその上下の砕屑岩層の岩相・層厚・軟質度合を示す模式柱状図³⁾

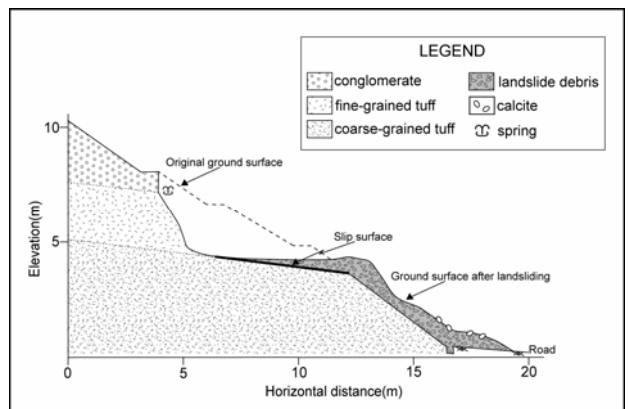


図-3 奥山上池脇の切土のり面で発生した小規模流動型地すべりの地質断面図

<地すべり発生経緯>

斜面変状は、2003年10月頃よりみられた。地すべり発生初期段階の変状としては、小段を頭部とした高さ20～30cmの滑落崖が形成され、表層部の数cmが斜面にへばりつくように流れ出した(写真-1)。移動体の輪郭は明瞭ではなかったが、次第に輪郭は明瞭となり、変形・移動する領域は深くなっていった。この地すべりの応急処置として、地すべり発生箇所への土羽付けによるり面整形およびフトン籠が設置された。

しかし、2004年5月頃には、高さ3m程度の滑落崖を有する地すべりに発展していった。

その後、2004年台風23号による豪雨の影響で、斜面上に留まっていた地すべり土塊はフトン籠を這うように乗り越え、道路面にまで達した(写真-2; 図-4)。

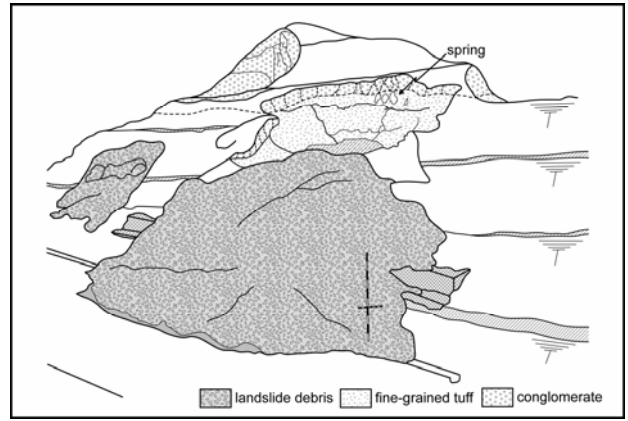


図-4 奥山上池脇の切土のり面で発生した小規模流動型地すべりのスケッチ



写真-1 奥山上池脇の切土斜面で発生した小規模流動型地すべりの全景写真(2003年11月撮影)



写真-2 奥山上池脇の切土斜面で発生した小規模流動型地すべりの全景写真(2004年12月撮影)

<地すべりの形状>

2004年台風23号による豪雨後の地すべりの形態を、上野⁴⁾の指標にしたがって計測した。その結果、長さ(L)=13.2m、幅(W)=7.6m、深さ(D)=0.6mであった。表面形状比L/Wは1.7を示す。縦断形状比L/Dは22.0と非常に大きい値を示し、横断形状比W/Dは12.7で、一般的な地すべりよりも少し大きい値である(図-5)。ここで特筆すべき点は、地すべり層厚に対し、移動距離が長いということである。これは、地すべり移動体が剛体として移動したのではなく、移動層全体が破壊され、塑性流動していることを示唆するものである。

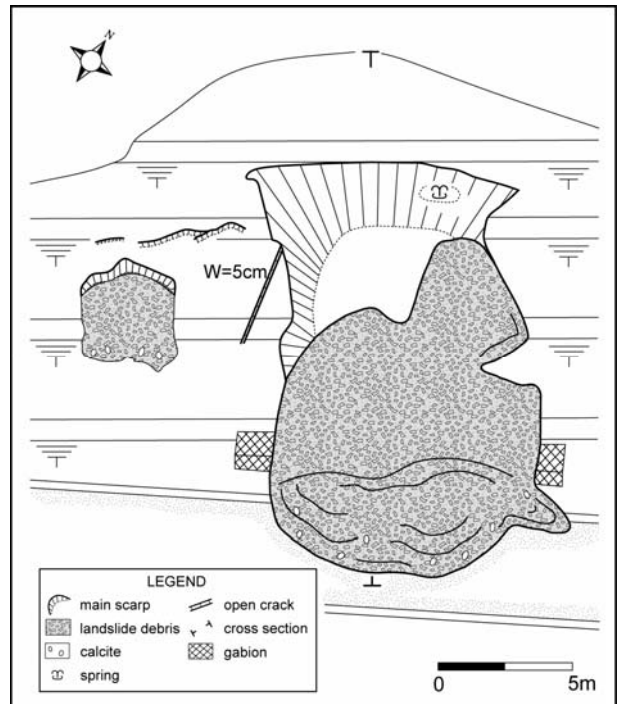


図-5 奥山上池脇の切土のり面で発生した小規模流動型地すべりの平面図

＜軟質粘土化凝灰岩の物性＞

小規模流動型地すべりの移動層は、軟質粘土化した凝灰岩層である。この凝灰岩のコンシステンシー特性を調べるために液性・塑性限界試験を行った。液性限界は 56.6～118.7%，塑性指数は 37.7～86.7 と高い値を示す。また、自然含水比も 21.1～50.7% と泥岩や凝灰質泥岩と比べても高い。

軟質粘土化した凝灰岩層は、地表面では乾燥して亀甲状の割れ目が発達していることがあるが、乾燥収縮した部分は厚くても表層 1cm 程度で内部はいつも湿潤状態で保水性が高い。これは、自然含水比が高いことを反映している。

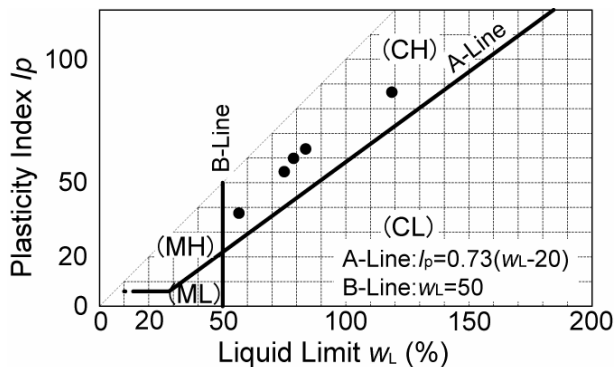


図-6 すべり層となる軟質粘土化凝灰岩の塑性図

＜軟質粘土化凝灰岩の力学的性質＞

軟質粘土化凝灰岩の力学的性質を明らかにするために針貫入試験と簡易せん断試験を行った。針貫入試験からは一軸圧縮強度、簡易ベーンせん断試験からはせん断強度を各々求めた。

針貫入試験は、現地において 90 箇所測定を行った結果、一軸圧縮強度は 40～1,380kN/m²である。

簡易ベーンせん断試験は、株式会社誠研舎製のトルクドライバーを用い、各試料の含水比を調整してせん断強度を求めた。その結果、含水比 50%としたときの軟質粘土化凝灰岩のせん断強度は、4.2～6.8 kN/m²である。

＜軟質粘土化凝灰岩の鉱物学的性質＞

軟質粘土化凝灰岩は、ほとんどが粘土鉱物から構成されており、水鏡試料による X 線回折分析の結果、粘土鉱物はほとんどがスメクタイトもしくはスメクタイト/イライト混合層鉱物（ほとんどがスメクタイト）である。また、本調査地のスメクタイトは Na と Ca がほぼ等量に含まれており、Na-Ca 型スメクタイトである。

3. 小規模流動型地すべり発生の要因

神戸層群の軟質粘土化凝灰岩には、多量のスメクタイトが含まれ、それが地すべりの素因のひとつとなっ

ていることは間違いないが、その他にも岩相の組み合わせが地すべり発生の素因として重要な役割を果たしている。神戸層群では、礫岩から砂岩、泥岩と上方に向かって細粒化し、その上位に凝灰岩が堆積するというひとつの堆積サイクルがある。凝灰岩の上位には、次の堆積サイクルの始まりである礫岩層が分布する。礫岩層は神戸層群の他の碎屑岩よりも風化、侵食に強いいため、地形的にキャップロックとして残存する。このキャップロックとなる礫岩層は地下水涵養層として下位に分布する凝灰岩に地下水を供給する。それにより凝灰岩は軟質粘土化が促進される。また、礫岩層から凝灰岩層への地下水の供給は間隙水圧も上昇させ、地すべり発生の誘因ともなると考えられる。

礫岩層と軟質粘土化凝灰岩層との境界部には、写真-3 に示すようなパイプ孔が存在し、水みちを形成している。降雨がない平常時もこのパイプ孔を伝って地下水は軟質粘土化凝灰岩層中に供給され、凝灰岩層中に多量に含まれるスメクタイトを膨潤させ、軟質粘土化をより一層促進させると考えられる。

軟質粘土化凝灰岩は高含水・高塑性であるので容易に塑性変形することができ、しかも高吸水・低排水であることから、塑性変形が持続しうる条件が継続的であると考える。このような軟質粘土化凝灰岩の物性が流動型地すべり発生を可能にしていると考えられる。

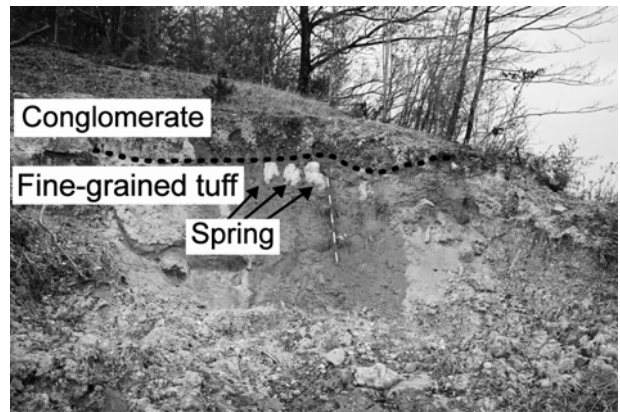


写真-3 奥山上池脇の切土斜面で発生した小規模流動型地すべりの滑落崖にみられるパイプ孔からの（凍結した）湧水（2005.2.5 撮影）

また、小規模流動型地すべりの発生に関連する重要な現象として写真-4 に示すような移動層となる軟質粘土化凝灰岩からの方解石の晶出が挙げられる。流動化した軟質粘土化凝灰岩中には、径 1mm 程度のものから、写真-5 に示すような大きなものまでさまざまなサイズの方解石が晶出していることがある。この方解石の晶出は、一種の塩類風化である。地表付近の Ca を含むスメクタイトと Na を含む地下水との間でイオン交換が行われ、その結果スメクタイトの層間イオンである

Caは方解石 (CaCO_3) となり、地下水中に含まれるNaはスメクタイトの層間イオンであったCaと置換され、Na型スメクタイトに変化すると考えている。Na型スメクタイトは、周りに水が十分に存在する場合、Ca型のスメクタイトに比べて層間での親水力が勝り、水が結晶間に限りなく入る状態になると層間は著しく広がる。膨潤したスメクタイトの強度は低下し、また塑性指数も増加するため、より流動型地すべりを発生させ易くなるものと考えられる。

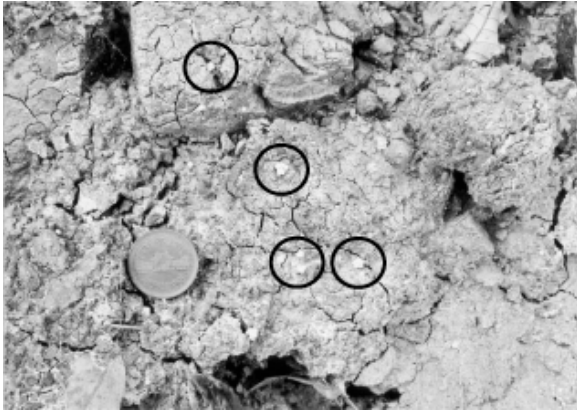


写真-4 奥山上池脇の切土斜面で発生した小規模流動型地すべり移動土塊中にみられる方解石の産状 (円で囲んだ部分に方解石が晶出している)

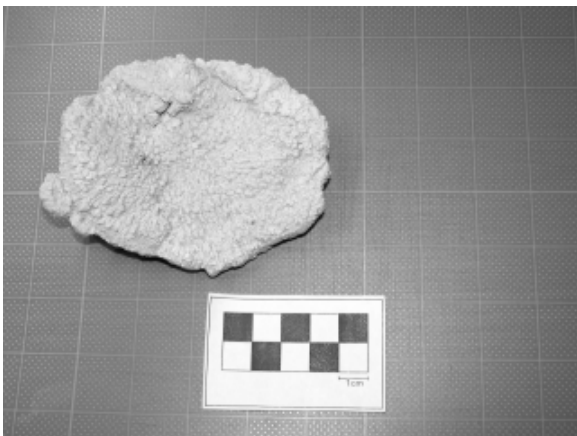


写真-5 軟質粘土化凝灰岩層から晶出した方解石巨晶 (9.6×7.9cmの楕円形を呈する)

引用文献

- 1) 尾崎正紀・松浦浩久 (1988) : 三田地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 89p.
- 2) 廣田清治・佐々木一郎・谷岡健則 (1987) : 神戸層群の地すべりと地形, 地質の関係 (兵庫南部地区・吉川町). 島根大学地質学研究報告, no.6, pp.119-130.
- 3) 横山俊治 (2003) : 神戸層群の凝灰岩地すべり発生

の地質的背景. 断層研究資料センター第16回セミナー「近畿の謎の地層-神戸層群の諸問題」資料集, pp.37-56.

- 4) 上野将司 (2001) : 地すべりの形状と規模を規制する地形・地質要因の検討. 地すべり, Vol.38, pp.105-114.