

大規模崩壊の予兆としての「斜面の膨らみ」の形成について

第一復建株式会社 ○ 正会員 吉村辰朗

1. はじめに

近年の集中豪雨の発生に伴い、大分県では大規模な地すべりが発生している。地すべり地形としては凸状台地状地形を呈し、渡・小橋(1987)¹⁾の地すべり地形分類によれば、「初生期の岩盤地すべり」に該当する。崩壊した切土のり面周辺において γ 線測定を実施し断裂分布を調べた結果、移動土塊の形成は主断裂・共役断裂による分断が原因であることが判明した²⁾。この「断裂の分断による移動土塊形成モデル」を大規模地すべりに関して検証した場合、移動土塊中央部に規模の大きい断裂が分布し、崩壊前には「斜面の膨らみ」が認められる。今回は、大分県で発生した大規模地すべりの事例を基に、大規模崩壊の予兆としての「斜面の膨らみ」の形成過程について考察した。

2. 大規模崩壊前にみられる「斜面の膨らみ」

2.1 杵築市の崩壊事例

調査地は標高 150m～350m の山間部で、北西-南東方向に伸びる山地の南斜面に位置する。崩壊地に分布する地質は、新第三紀後期中新世の火山岩類（安山岩・凝灰角礫岩）である。9月に切土のり面頂部から上位30mに滑落崖・陥没帯が東西方向に入り、幅 90m、長さ 75m の崩壊が生じた（図-1）。凝灰角礫岩は、のり面内のボーリング調査では GL-11m～16m まで強風化し、部分的に変質し土砂化している。滑落崖・陥没帯および側方崖付近に線状構造が見られたので、 γ 線測定を実施した。滑落崖付近に主断裂（断裂 A、断裂幅：1.5m）、側方崖付近に共役断裂（断裂 B・C-2、断裂幅：2.7m～3.3m）を検出した他に、凸状斜面中央部付近にやや規模の大きい断裂（断裂 C-1・D、断裂幅：3.2m～3.6m）が確認された。



図-1 断裂分布図（杵築市）

崩壊後ボーリング調査結果に基づいて安定解析がなされ、排土工・アンカー工の地すべり対策が実施された。排土工の施工時には、岩屑が凸状斜面を形成していたことが明らかになった（図-2）。

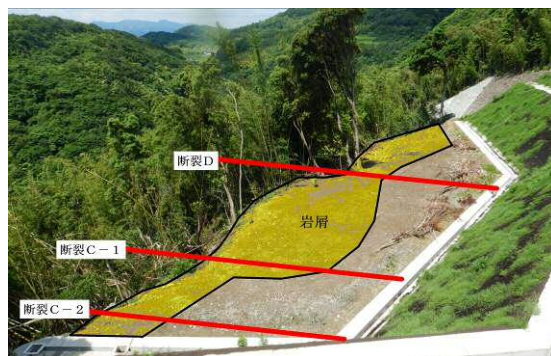


図-2 排土工掘削底面に認められた岩屑

2.2 耶馬溪の崩壊事例

平成 30 年 4 月 11 日未明に大分県中津市耶馬溪町金吉で大規模な斜面崩壊が発生した。斜面崩壊が発生した場所は、平成 29 年 3 月に大分県により「土砂災害警戒区域」に指定された所であるが、崩壊前にほとんど降雨がない状況であることから「発生誘因が不明確な斜面変動」として認識されたため、崩壊原因の究明が強く望まれた。図-3 の崩壊前の地形図では、いびつな凸状斜面（斜面の膨らみ）が認められる（出典：千木良雅弘・山崎慎太郎「耶馬溪の崩壊性地すべりの調査報告、平成 30 年 4 月 18 日」）。



図-3 崩壊発生前の地形（耶馬溪）※ 黄線で地すべり範囲を囲む

崩壊は耶馬溪溶結凝灰岩層が形成する急崖下の斜面で発生し、崩壊地の基盤岩は宇佐層群中の変質した安山岩である。移動土塊の中央部では表層部は凹地形を呈し、古期崖錐が堆積している。その下方の移動土塊は、崩壊土中に溶結凝灰岩の大転石を多量に含んでおり、また安山岩（不動層）との境界付近では湧水が見られた。滑落崖および側方崖付近に線状構造が見られたため、 γ 線測定を実施した。杵築市の断裂分布と同様に、滑落崖付近に主断裂（断裂 E-1、断裂幅：2.2m）、側方崖付近に共役断裂（断裂 E-2・G、断裂幅：1.6m～1.8m）を検出した他に、移動土塊中央部付近にやや規模の大きい断裂（断裂 F、断裂幅：3.1m）が確認された（図-4）。



図-4 断裂分布図(耶馬溪)

3. 「斜面の膨らみ」の形成について

2 章の大規模地すべり事例では、主断層・共役断層の他に移動土塊中央部に規模が大きい断層が認められた。耶馬溪崩壊においては、崩壊中央部の断層(断層 F)の表層部は凹地形を呈し、古期崖錐が堆積している。その下方の移動土塊は、崩積土中に溶結凝灰岩の大転石を多量に含んでおり、また安山岩(不動層)との境界付近では湧水が見られ埋没谷の存在が示唆される。火砕岩まじりの崩積土で構成される埋没谷に関係する地すべりは、長野県北部のグリーンタフ地域で発生していることが報告されている³⁾。このような埋没谷の成因としては、断層による谷の下伏作用が主因と考えられる。2 章の崩壊事例では移動土塊中央部に規模が大きい断層が分布することから、この断層付近の侵食によって中央部分に深い谷が形成され崩積土や岩屑が堆積する。次に側方崖付近の共役断層付近の侵食によって“地形の逆転”⁴⁾が生じ、谷底が尾根になる(図-7)。この場合、移動土塊は旧谷地形に分布した地質体で、接触不整合面がすべり面となる可能性が高い。

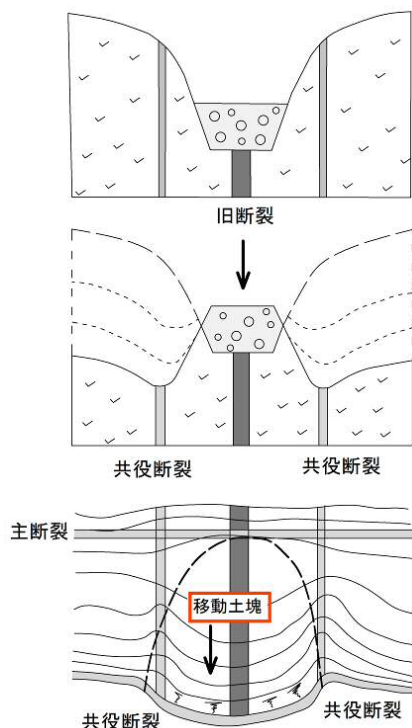


図-7 断層に伴う地形の逆転に起因する崩壊モデル

断層付近の地震動の振幅特性として、断層と直交する方向に地震動が卓越する可能性が高いと考えられている⁵⁾。また、和賀岳東面において「山体重力変形地形」⁶⁾の一つである小崖地形周辺の基盤岩の変位を調べた八木(1993)⁷⁾では、卓越する節理系に直交方向に前倒していたことから、基盤岩の前倒による小崖地形形成の引金として、斜面に加速度的な振動をもたらす地震動が考えられている。

2016 年 4 月に熊本地震が発生し、補強土壁が部分的に崩壊した。補強土壁は連続的な構造物であるが、崩壊箇所と残存箇所が隣り合っており、これに作用した地震動による外力が局所的に大きく異なったものと推察された。補強土壁付近には、2 章で述べた断層分布と同様に主断層と共役断層が検出された⁸⁾。図-8 に示すように、断層で分断された区間と崩壊区間がほぼ一致していることから、この区間のみが地震動によって射出的な崩壊をしたと考えられる。



図-8 断層分布と崩壊区間(肌色)の対応(補強土壁)

主断層と共役断層で分断された区間に地形の逆転によって基盤岩(不動層)と異なる旧谷部に堆積した地質体(例えば岩屑)が分布し、地震動によって主断層に直交する方向に加速度的な振動が加わった場合には、「斜面の膨らみ」が生じいびつな凸状斜面が形成されると考えられる。

参考文献

- 1) 渡 正亮・小橋澄治(1987): 地すべり・斜面崩壊の予知と対策, 山海堂, pp. 52-54.
- 2) 吉村辰朗・吉松史徳・辛島光彦・澁谷快晴 (2018): 断層による分断が起因となる斜面崩壊について, 第 9 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp. 1-5.
- 3) 中村三郎・望月功一(1973): 埋没谷の地すべりに及ぼす影響, 日本地すべり学会誌, Vol.10, No.2, pp. 24-34.
- 4) 鈴木隆介(2000): 建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・山地, 古今書店, pp. 927.
- 5) 地盤工学会(2010): ジオテクノート 9 地震動, 丸善株式会社, pp. 62-63.
- 6) 小嶋 智(2018): 応用地質学的視点からみた山体重力変形地形研究の進展と展望, 地質学雑誌, 第 124 巻, 第 11 号, pp. 889-897.
- 7) 八木浩司(1993): 真昼山地・和賀岳付近に認められる小崖地形の発達過程, 季刊地理学, Vol. 45, pp. 83-91.
- 8) 吉村辰朗・福田直三(2018): 地質的断層に起因する斜面崩壊の γ 線測定による事例的考察, 第 61 回地盤工学シンポジウム, <https://www.jiban.or.jp>.