

断裂による分断が起因となる斜面崩壊について

SLOPE COLLAPSE CAUSED BY PARTING OF FRACTURE

吉村 辰朗¹・吉松 史徳²・辛島 光彦³・澁谷 快晴⁴

Taturo YOSHIMURA, Fuminori YOSHIMTSU, Mitsuhiko KARASHIMA and Kaisei SHIBUYA

¹明大工業株式会社 (〒874-0922 別府市船小路 3-43)

E-mail: yoshimura@meidai-k.co.jp

²明大工業株式会社 (〒874-0922 別府市船小路 3-43)

E-mail: yosimatu@meidai-k.co.jp

³大分県西部振興局 (〒877-0004 日田市城町 1-1-10)

E-mail: karashima-mitsuhiko@pref.oita.lg.jp

⁴大分県西部振興局 (〒877-0004 日田市城町 1-1-10)

E-mail: shibuya-kaisei@pref.oita.lg.jp

Key Words: slope collapse, conjugated fracture, gamma-ray survey

1. はじめに

近年局地的な集中豪雨の発生増加に伴い、斜面崩壊が多く発生している。これまで斜面崩壊による災害を未然に防ぐため、発生場所を予測する方法がいろいろ考案されている¹⁾²⁾³⁾。従来崩壊発生危険箇所への予測は、地形や地質などの崩壊の素因を空中写真や小縮尺地形図により評価することで行われてきた⁴⁾。降雨による斜面崩壊の場合、主に地形と分布地質が崩壊発生の要因とされている。地質構造(流れ盤構造、節理、断層・破碎帯)を考慮した場合、崩壊発生場所と同様の地質構造は広範囲におよぶため、特定の場所で崩壊が発生する理由は必ずしも明らかではなかった。特定の場所を予測できるかは、崩壊発生機構と深い関係のある要因をいかに取り入れるかが最も重要である。斜面崩壊とは、斜面表層の土砂や岩石がある面を境にして滑り落ちる現象である。同一地形・地質条件で豪雨時に斜面崩壊が生じた場合の原因としては、“ある面”の存在が重要となる。今回は、豪雨で崩壊した切土のり面付近の断裂に着目し、新たに断裂による分断が起因となる斜面崩壊の発生機構を見出した。

2. 断裂を検出する γ 線測定

地球上の岩盤には自然由来の微弱な放射線(γ 線)が放出されている。地殻変動に伴う破断・変形・変質を受けた地質体では、その作用によって物質(地盤・岩盤)の磁性が変化し、 γ 線強度異常値が生じると考えられる⁵⁾。地表 γ 線測定での使用機器はアロカ社製 γ 線用シンチレーションサーベイメータTCS-151型を使用した。測定は、センサー部を地盤に密着させ10秒おきに5回読取り、その平均値を測定値とした。放射線の測定単位は、Sv/hである。また、破断面で γ 線異常値が出現することを利用して、ボーリングコアを測定対象にしてシンチレーションサーベイメータによって計測し、断裂を検出した。コア γ 線測定では測定機器としてHPI製5000型GMサーベイメータを用いた。各測点の計測は30秒積算線量(pSv)とし、測点間隔は10cmである。

3. 断裂による分断が起因となる斜面崩壊

3.1 2017年10月に発生したのり面崩壊

調査地は玖珠盆地の南端より約9kmに位置し、標高700m~800mの高原地帯である。調査地域に分布する地質は、約50万年前(第四紀更新世中期)の火山岩類で、万年山溶岩と称される。切土のり面崩壊地には、凝灰岩と火山灰質シルトが分布する。2017年

10月中旬の豪雨（最大日降雨量86.5mm，図-1）によって、のり面勾配1:1.2の切土のり面の一部が崩壊した（図-2～図-4）。

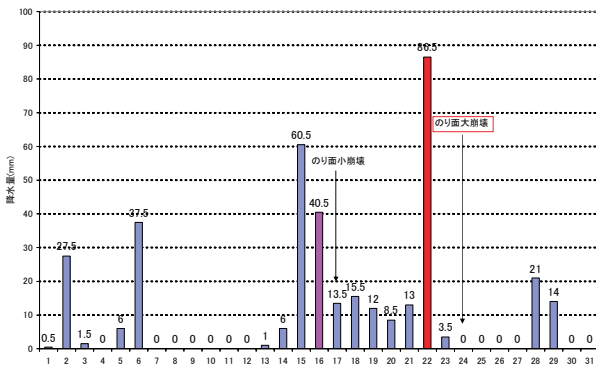


図-1 崩壊時前後の日降雨量 (2017年10月)



図-2 2017年10月17日に発生したのり面小崩壊



図-3 2017年10月24日に発生したのり面大崩壊

崩壊箇所付近ののり尻では断裂が認められた。断裂には節理・断層・裂かがあるが、当地では裂かである（図-5）。この裂かの分布を把握するために崩壊箇所周辺で地表 γ 線測定を実施した。 γ 線測定結果を図-6に示す。 γ 線測定結果図は縦軸に γ 線強度、横軸に測定点の位置を示し、断裂部の測定値は黒四角で示した。地表 γ 線測定の結果、3本の断裂（断裂A、B-1、B-2）が切土のり面を分断しており、その分断区域が移動土塊に相当することが判明した（図-4）。



図-4 調査位置図および断裂分布図



図-5 のり尻で認められた断裂A（裂か）

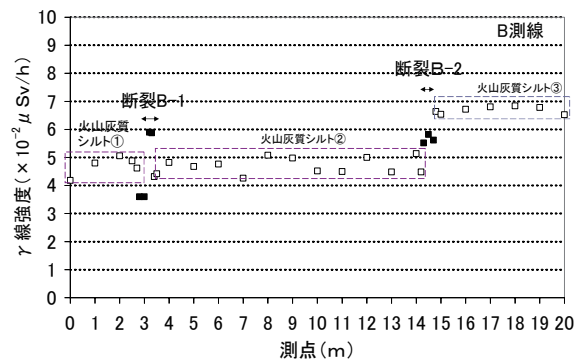
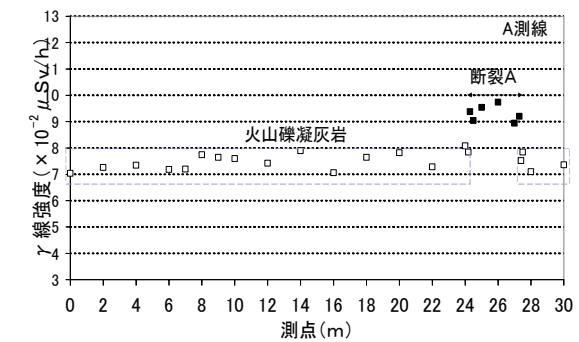


図-6 地表 γ 線測定結果図 (2017年崩壊)

崩壊のり面の地質断面を図-7に示す。火山灰質シルトの下位に難透水性の凝灰岩が分布する水理地質構造を呈し、崩壊時には地質境界で湧水が認められた。この水理地質構造より、透水性の高い火山灰質シルトの下に遮水ゾーンとなる凝灰岩層があり、火山灰質断裂シルトの水圧が高まった結果崩壊が発生したと考えられる。

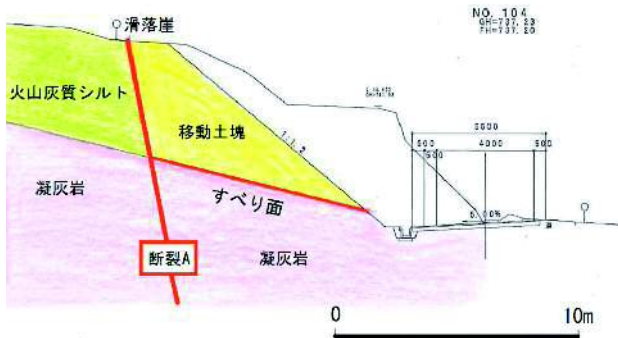


図-7 2017年豪雨時における崩壊のり面の地質断面

3.2 2011年6月に発生したのり面崩壊

2011年6月中旬の豪雨（崩壊前日の日降雨量93.0mm, 図-8）によって、前記の崩壊のり面の西側切土のり面の一部が崩壊した（高さ5m, 幅5m 図-9）。

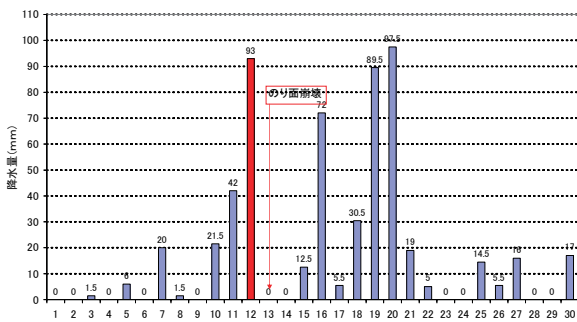


図-8 崩壊時前後の日降雨量（2011年6月）



図-9 2011年6月の豪雨によるのり面崩壊

前記の崩壊と同様な崩壊形態と推定されたため、崩壊箇所周辺で地表γ線測定を実施した（図-10）。

γ線測定結果を図-11に示す。地表γ線測定の結果、3本の断裂（断裂C, D-1, D-2）が前記崩壊と同様に切土のり面を分断しており、その分断区域が移動土塊となったと推定される。

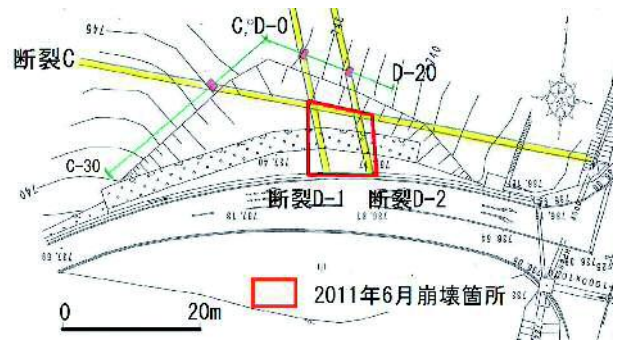


図-10 調査位置図および断裂分布図

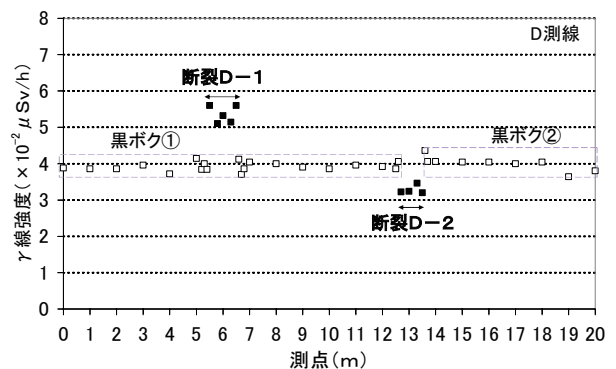
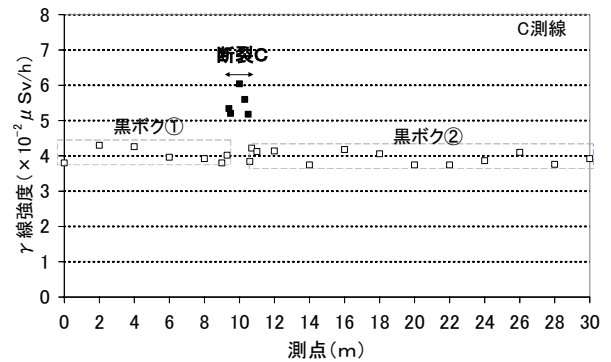


図-11 地表γ線測定結果図（2011年崩壊）

4. 斜面崩壊発生機構

4.1 断裂における歪変動

斜面変動（斜面崩壊・地すべり等）では、崩壊頭部の断裂に表流水が流入し、土塊を移動させようとする水圧が作用する⁶⁾。すべり面には、この水圧が間隙水圧として伝わり移動体は容易に不安定化する（図-12）。図-13(a)に安山岩分布域におけるコアγ線測定結果を示す。γ線測定結果図は縦軸に深度、

横軸に30秒積算線量を示し、断裂部の測定値は黒四角で示した。γ線強度異常値は断裂部（GL-34.0m～-34.5m）で生じ、相対的に低いγ線強度を示す。断裂部のコア状況は、裂かである（図-13(b)）。

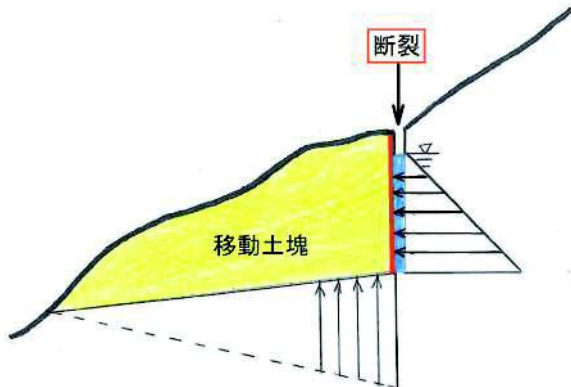


図-12 移動土塊に作用する水圧

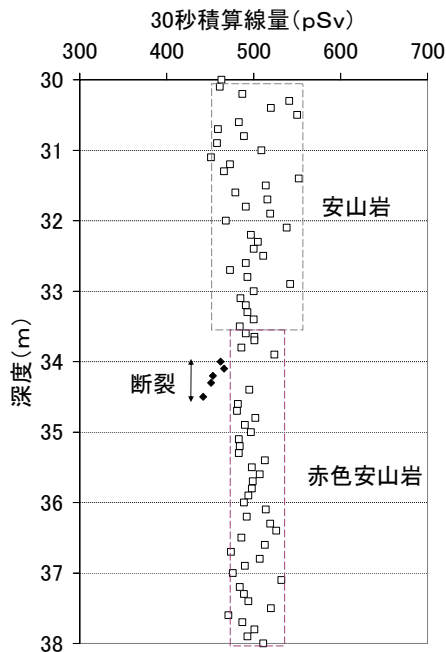


図-13(a) コアγ線測定結果



図-13(b) コア写真（裂か 深度GL-34.15m～34.35m）

図-14にパイプ歪計変動を示す。断裂区間では、降雨時に歪が生じる現象が認められ、降雨に伴う表流水が水圧として作用していると考えられる。

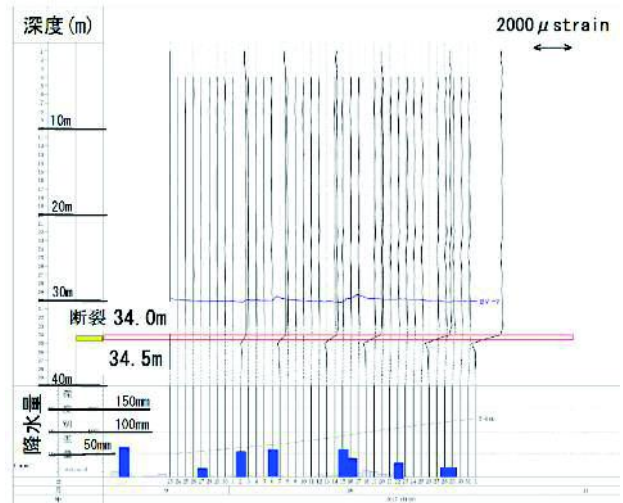


図-14 断裂におけるパイプ歪計変動

4.2 断裂による分断と水理地質構造に起因する斜面崩壊

崩壊事例で確認した断裂分布から、図-15に示す断裂による分断が起因となる斜面崩壊機構が考えられる。

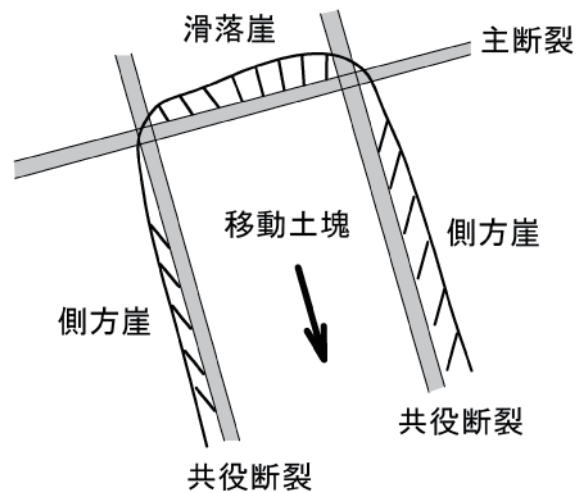


図-15 断裂に分断される移動土塊

この主断裂・共役断裂部は、地すべり地では地下水流路を形成している場合が多く、“地下水包蔵体”⁷⁾と称されており（図-16）、2011年の崩壊時には断裂部で湧水が認められている（図-17）。この地下水状況と地質構造から特定の場所で崩壊が起こったと推定される。

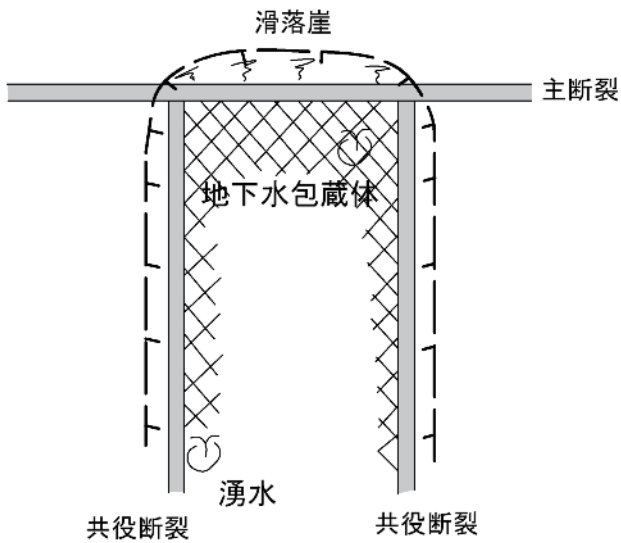


図-16 地すべり地の地下水流路⁷⁾



図-17 2011年崩壊時に断裂沿いに認められた湧水

5. まとめ

これまでの斜面崩壊の「場所の予測」に関しては、崩壊が発生した場所の原因を後付けで見出すことはなされてきたが、ハザードマップ（災害予測図）に特定箇所を記載できるような予測までには至っていない。崩壊発生場所を特定するためには、新たな要因（主断裂、共役断裂）を加える必要があると考える。今回の事例で示したように、移動土塊を形成する主断裂・共役断裂を見出し、地形・地質特性を重ね合わせることによって崩壊発生機構と場所の予測が可能となると考えられ、この崩壊要因（小規模な断裂）を検出する手法としては、 γ 線測定が有効である。

謝辞：本稿の作成にあたって、3名の匿名査読者の方々からは原稿を改善するうえで貴重なご意見をいただきました。記してお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋 博, 大八木規夫, 大滝俊夫, 安江朝光(編纂): 斜面災害の予知と防災, 白亜書房, 526p, 1986.
- 2) 千木良雅弘: 地すべり・崩壊の発生場所予測-地質と地形からみた技術の現状と今後の展開-, 土木学会論文集C, Vol. 62, No. 4, 722-735, 2006.
- 3) 千木良雅弘: 深層崩壊-どこが崩れるのか-, 近未来社, 231p, 2013.
- 4) 国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム: 深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究, 土木研究所資料, 第4333号, 2016.
- 5) 吉村辰朗, 大野正夫: 断層破碎帯における帯磁率異常に伴う γ 線量の変化, 物理探査, **63**, 151-160, 2012.
- 6) 上野将司: 危ない地形・地質の見極め方: 日経 BP社, 92-101, 2012
- 7) 渡 正亮, 小橋澄治: 地すべり・斜面崩壊の予知と対策: 山海堂, 52-54, 1987.

(2018. 5. 18 受付)

