

P9. 2013年山口島根豪雨による須佐トンネル周辺での 土石流の発生メカニズムの検討

A study of the generation mechanism of the debris flows around the Susa tunnel due to the 2013 Yamaguchi Shimane heavy rain

○藤田真也・川村喜一郎
(山口大学理学部)

1. はじめに

平成25年7月28日に、山口県東部および島根県西部の山陰側県境付近で記録的な豪雨が生じた。特に、山口県萩市須佐地区では、観測史上最高となる時間雨量138.5 mm、日雨量351.0 mmが記録された。また、午前11時からの2時間で242.5 mmの猛烈な雨が降った(気象庁, 2013)。このような豪雨により山腹斜面で多数の土石流が発生した(例えば、川村ほか, 2014)。

本発表では、山口県萩市須佐地区の国道191号線の須佐トンネル北側出口の西側斜面での土石流の発生メカニズムおよび流下プロセスを検討する。以下に、空中写真判読、現地踏査、土石流発生域での地盤物性を報告し、土石流の発生メカニズムを検討する。

2. 須佐トンネル周辺の地質概要

本発表の調査地域である須佐周辺の地質は、中生代白亜紀の阿武層群の流紋岩質・デイサイト質・安山岩質の凝灰岩が主体であり、それらを新第三紀の須佐層群の堆積岩が被覆している。特に、調査地域である須佐トンネルの北部斜面には、阿武層群の福賀層の凝灰岩が分布しており、それらは複数のドレライト岩脈に貫かれているとされる(村上, 1968)。

また、調査地域の北西の高山斑れい岩体がそれらに貫入することにより、周囲をホルンフェルス化させている。さらに、第四紀更新統の阿武火山岩の安山岩・デイサイト・スコリア・青野山火山岩の安山岩・デイサイトが調査地域の南部にある(西村ほか, 2012)

近年の山口県周辺の災害では、花こう岩地帯での地すべり・崩壊・土石流などの土砂災害が目立っており、古第三紀の火山岩地域でも、風化部ないし粘土化部からの崩壊が顕著であったとされている(一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部編, 2010)。このように、多少年代は異なるが、火山岩地域での災害の危険性は以前から指摘されてきた。

さらに、災害後の調査によって、阿武層群の凝灰岩の風化が深部におよび、切土時には地すべり性崩壊が発生するなど、崩壊を引き起こす危険性のある地層として認識されている(土木学会地盤工学委員会・地盤工学会中国支部, 2014)。

3. 空中写真判読・現地踏査

3. 1 空中写真判読

調査地域の西側斜面には、数本の谷地形が見られ、今回は北側の全長380 mの谷地形を報告する。図1に示すようにその谷地形は、西から東へ流下する本流の谷地形に対して、

標高 130 m 付近で北西から流下する 3 つの小谷地形が合流する。

災害前の 1982 年と災害後の 2013 年の空中写真を比較すると、土石流は、3 つの小谷地形において、元来、谷地形でない自然斜面で発生していたのに対して、本流の谷地形は、元々谷地形であった。

3. 2 現地踏査

図 1 は、調査地域の地形図に現地踏査より得られた情報を追記している。滑落崖が形成されている場所を太線で示し、標高 90 m 付近の地点 A では、土石流によって運搬され凝灰岩ブロックが中礫から大礫に変化する部分を示している。

凝灰岩の走向は、ほぼ南北であり、北西と南東の 2 方向の走向の断層が見られる。本流の谷地形と小谷地形が合流する場所では、対岸の木々がなぎ倒されていた。

それぞれの谷地形には、滑落崖がある。本流の谷地形には 2 つの滑落崖が標高 220 m の最上部に見られ、3 つの小谷地形には標高 200, 195, 170 m に滑落崖が見られる。滑落崖は、おおよそ幅 7 m, 奥行き 5 m, 深さ 2 m であった。

須佐トンネル北側出口の西側斜面で生じた土石流では、谷の上部に行くに従って、土石流によって運搬された凝灰岩ブロックが見られた。以下に調査で観察された地形・地質の特徴を記載する。

斜面傾斜：本流の谷地形は、標高 90 m 付近を境にして、上部が緩傾斜、下部が急傾斜であり、その境界には 2 ~ 3 m の崖があった。(図 1 における地点 A)

ブロックの分布：本流の谷地形では、緩傾斜部に中礫サイズのブロックが見られたが、急傾斜部では、大礫サイズであった。小谷地形では、細礫のものが最上部に見られた。本流の土石流下部では、侵食による小崖が両岸にあり、そこには土石流堆積物の断面が観察された。土石流堆積物である凝灰岩ブロックは、層をなしていないように観察された。

パイピングホール：直径 3 ~ 15 cm のパイピングホールが上部 3 つの滑落崖において見られたが、下部 2 つの滑落崖では見られなかった。パイピングホールから水みちの跡が多

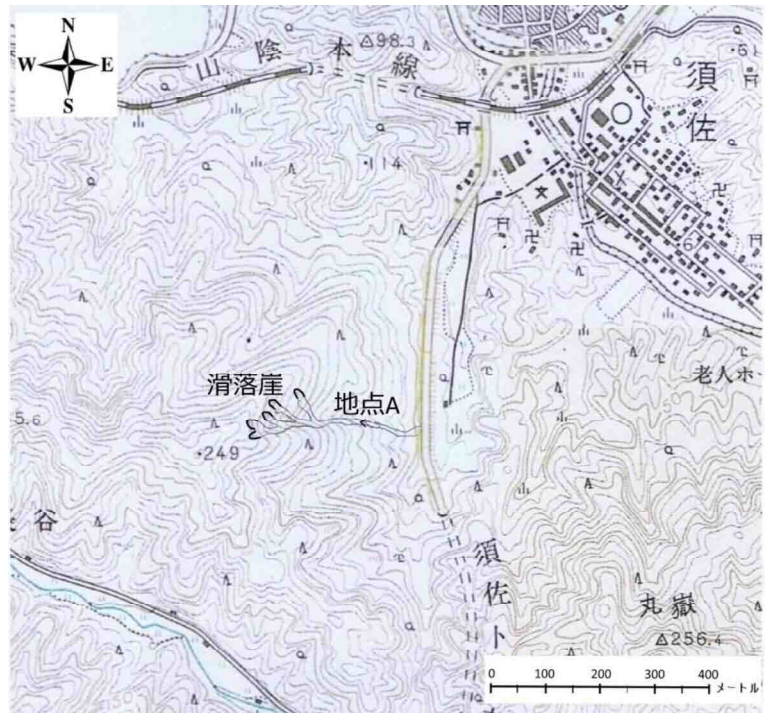


図 1 調査地域地形図

(国土地理院発行の 25000 分 1 須佐に現地踏査結果を追記して掲載)

数観察された。

赤色粘土：下部 2 つの滑落崖では、赤色粘土が斜面に沿って広範囲に渡って見られた。赤色粘土中には、白色の珪質脈が見られ、強風化したドレライト岩と推測される。

赤色粘土は、滑り面粘土である可能性が高く、もし、赤色粘土が滑り面粘土であるのなら、赤色粘土の物性や力学特性は、土石流発生メカニズムをひも解く鍵であると考えられる。以下に、赤色粘土の物性、力学特性を詳細に報告する。

4. 赤色粘土の物性と力学特性

土石流発生域で採取した赤色粘土について、液塑性限界、ペーンせん断強度を測定した。試料の液性限界は、43.05 % であり、塑性限界は、35.21 % であった。

剪断強度は、簡易ペーン剪断試験を行い、算出した。試験は、1) 採取したそのままの試料 (図 2 の天然試料)、2) 採取した試料を完全に乱した試料 (図 2 の乱試料) の 2 種類の試料を測定した。測定結果は図 2 に示す。

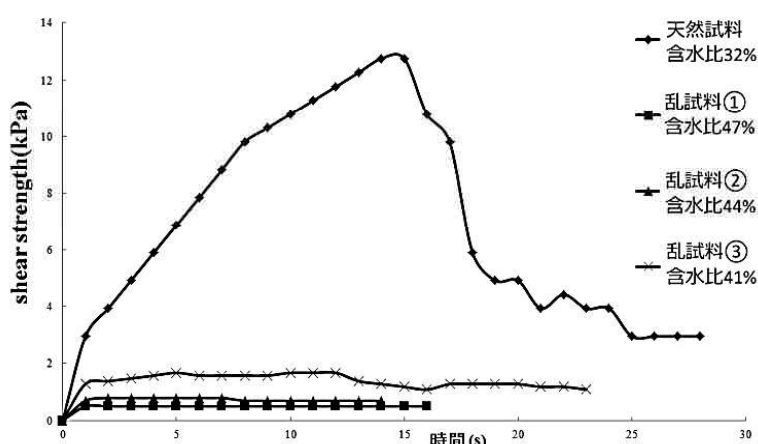


図 2 天然試料・乱試料の剪断強度

- 1) 天然試料のピーク強度は、約 13 kPa、残留強度は、約 3 kPa である。
- 2) 乱試料の強度は 2 kPa 以下であった。

5. 土石流の発生メカニズムと流下プロセス

本発表では、2013 年山口島根豪雨によって須佐トンネル北側出口の西側斜面の阿武層群で生じた土石流を空中写真判読、現地踏査、物性・力学特性を詳細に報告した。それらをまとめると、

- 1) 滑落崖が 5 つある。2 つの滑落崖は、本流の谷地形に沿っているが、残りの 3 つの滑落崖は、元々谷地形を形成していない自然斜面で発生している。本流の谷地形と小谷地形とが合流する地点では、木々がなぎ倒されている。
- 2) 上部 3 つの滑落崖 (すなわち本流の 2 つと小谷地形の 1 つ) でパイピングホールが観察されるが、下部 2 つでは見られない。下部 2 つの滑落崖には特徴的に赤色粘土が見られる。

- 3) 標高 90 m 付近を境として、土石流由来の凝灰岩ブロックは、上部の緩傾斜部で中礫、下部の急傾斜部で大礫である。また、小谷地形の最上部で細礫である。
- 4) 赤色粘土の液性限界は、43.05 %であり、塑性限界は、35.21 %であった。
- 5) 赤色粘土のベーン剪断強度は、約 13 kPa、残留強度は、約 3 kPa であった。また試料を乱すと強度は 2 kPa 以下であった。

これらに基づく、土石流発生メカニズムは、以下のように考察することができる。

まず、上部 3 つの滑落崖において、パイピングホールが観察されたことから、多量の降雨が土石流発生要因であったことが推測される。

次に、下部 2 つの滑落崖において、赤色粘土が滑り面として機能することにより、土石流が発生したのかもしれない。

今後、現地踏査を進めるとともに、赤色粘土を滑り面としたときの斜面安定性を評価する。それらに基づいて、2013 年山口島根豪雨の土石流の流下プロセスと発生メカニズムとを解明する。

引用文献

- 土木学会地盤工学委員会・地盤工学会中国支部，2014，平成 25 年 7 月山口・島根豪雨災害現地調査結果報告書．46p.
- 一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部編，2010，中国四国地方の応用地質学．一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部，島根県，264p.
- 川村喜一郎・金折裕司・坂口有人・仁田彩・藤井美南，2014，2013 年（平成 25 年）山口・島根豪雨災害の概要と調査報告．日本地質学会 News，17，12，8-9.
- 気象庁，2013，災害時気象速報：平成 25 年 7 月 28 日の島根県と山口県の大雨．災害時自然現象報告，2013 年第 1 号，気象庁，20p.
- 村上允英・岡村義彦，1968，山口県地質図（5 万分の 1，防府図幅）．山口県．
- 西原晃・太田秀樹・片山周平，1993，ベーンせん断強度の地盤の破壊解析への適用について．福山大学工学部紀要，17 号，No. 2，福山大学，47-55.
- 西村裕二郎・今岡照喜・金折裕司・亀谷敦，2012，山口県地質図-第 3 版（15 万分の 1）および同説明書．山口県地学会，山口県，80p.
- 山田真悟・山田孝・菊地英明，2013，豪雨時に溪床堆積物から噴出する伏流水の閉塞と RBFN を用いた土石流発生限界雨量．砂防学会研究発表会，B-282.
- 安川郁夫・今西清志・立石義孝，2000，絵解き土質力学改定 2 版，オーム社，216p