

阿武山周辺の溪流に対する地形解析と土砂災害

山口大学大学院 学生会員 ○猪俣 陽平
山口大学大学院 正会員 中田 幸男

1. はじめに

近年, 日本各地で集中豪雨による土砂災害が相次いで発生している. 平成 26 年 8 月に発生した広島土砂災害では人的・物的ともに甚大な被害を受けた. 今回の土砂災害被害の多くは土石流によるものであるが, 溪流の条件や性質によって, 土石流が発生した溪流・未発生溪流と分かれた¹⁾. この発生条件及び溪流の性質を知るために, 広範囲に渡り地形調査²⁾していく必要がある. 本研究では, 広島市安佐南区八木にある阿武山について土石流が発生した溪流と未発生溪流の源頭部の違いに着目し, 傾斜角と集水域の地形解析を行う. また斜面崩壊の危険度を地形解析の結果と降雨に対する斜面崩壊実験と安息角試験の実験結果から検討することを目的とした.

2. 地形解析から見る阿武山周辺の溪流源頭の地形

地形解析には国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスから得た 10m×10m の標高データを用いた. 取得した標高データを用いて傾斜角と集水域抽出を行った. ここで, 集水域とはある地点に流下してくる降水のもたらされる範囲を指す. 阿武山の溪流のうち, 土石流発生溪流・未発生溪流を対象に 11 溪流の調査を行った. 調査では源頭部の平均傾斜角を源頭傾斜角と, 源頭部に流下してくる降水のもたらされる範囲を指す源頭集水域を抽出した. この源頭集水域は源頭部に対して崩壊を誘発させるものと考えられる. ここで, 源頭部とは土石流発生箇所周辺の 30m×30m の範囲としている. この源頭集水域と源頭傾斜角の関係を図 1 に示す. 土石流発生溪流に対する源頭傾斜角の最大傾斜角は 42°, 最小は 31° であった. また未発生溪流の傾斜角は 30° 以下となり, 発生溪流と比較して緩傾斜であった. さらに, 崩壊箇所では傾斜角ごとに一定値以上の源頭集水域を持ち, 源頭傾斜角が減少するにつれて必要な源頭集水域は増加傾向にある. 源頭傾斜角 30° のとき源頭集水域は 8800m² と広い源頭集水域を持ちながら崩壊に至っていないことをふまえ, 破線で土石流発生・未発生の境界を示した. この境界は急勾配な源頭傾斜角を有していたとしても破線以下の狭い源頭集水域であった場合, 斜面崩壊が起こる可能性は低いことを示す. また広大な源頭集水域を有していたとしても破線以下の緩勾配な源頭傾斜角であった場合, 斜面崩壊が起こる可能性が低いことを示している. この結果から土石流は傾斜角 31~32° 以上の傾斜で一定値以上の源頭集水域を持つと発生する危険性が高くなることを示した.

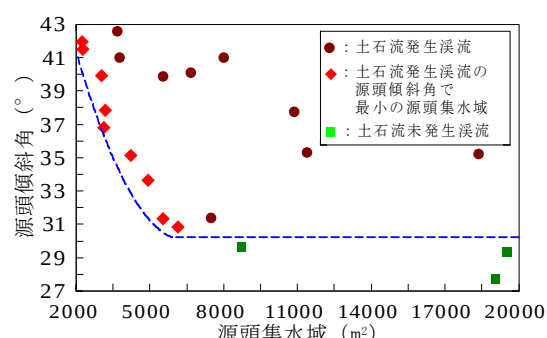


図 1 源頭集水域と源頭傾斜角の関係
表 1 試験条件

	試料	傾斜角 (°)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)
case3	まさ土	36	10.0	1.45
case4	まさ土	40	10.0	1.45

30m×30m の範囲としている. この源頭集水域と源頭傾斜角の関係を図 1 に示す. 土石流発生溪流に対する源頭傾斜角の最大傾斜角は 42°, 最小は 31° であった. また未発生溪流の傾斜角は 30° 以下となり, 発生溪流と比較して緩傾斜であった. さらに, 崩壊箇所では傾斜角ごとに一定値以上の源頭集水域を持ち, 源頭傾斜角が減少するにつれて必要な源頭集水域は増加傾向にある. 源頭傾斜角 30° のとき源頭集水域は 8800m² と広い源頭集水域を持ちながら崩壊に至っていないことをふまえ, 破線で土石流発生・未発生の境界を示した. この境界は急勾配な源頭傾斜角を有していたとしても破線以下の狭い源頭集水域であった場合, 斜面崩壊が起こる可能性は低いことを示す. また広大な源頭集水域を有していたとしても破線以下の緩勾配な源頭傾斜角であった場合, 斜面崩壊が起こる可能性が低いことを示している. この結果から土石流は傾斜角 31~32° 以上の傾斜で一定値以上の源頭集水域を持つと発生する危険性が高くなることを示した.

3. 斜面崩壊実験と安息角試験から見た斜面崩壊の発生

本研究では模型土槽に斜面を作成し, 降雨装置で実際の豪雨に近い降雨を再現し, 実験的に降雨による斜面崩壊を発生させた³⁾. 模型装置は斜面の勾配が変更できるようになっており, 斜面崩壊に対する傾斜角の影響を把握することが可能である. 試験には阿武山の土石流が発生した溪流の源頭部から採取したまさ土を用いて行い, 試験条件は現場の条件を参考にして決定した. 表 1 に試験条件を示す. case3 の傾斜角 36° の実験においては斜面崩壊が起こらず, case4 の傾斜角 40° の実験においては斜面崩壊が発生した.

キーワード 地形解析, 傾斜角, 集水域

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科

TEL 0836-85-9300

次に安息角の試験結果について示す。安息角は土や粉粒体を積み上げた時に自発的に崩れることなく安定を保つ斜面の角度とした。ここでも現場から採取した同試料を用いた試験を行った。試験方法は、モールドにシートを取り付け、漏斗で試料を流し込み、ある程度の高さまで試料を充填した後、シートを取り外し排出する手法で安息角を測定した。安息角は、上述した方法で作成した山の高さを求め、底面の半径で除して算出した。ここでは飽和度が異なるときの安息角について測定した。この結果を表 2 に示す。この結果から安息角は飽和度 $S_r=40\%$ を超えると減少する傾向にあることがわかる。この安息角を傾斜角とみなし、飽和度と傾斜角の関係を図 2 に示す。また図 2 には case3 と case4 の初期飽和度と実験終了時の飽和度をプロットしている。実験中の降雨により、実験開始から飽和度は上昇する。case3 の場合、地下水流出もあり飽和度の上昇は $S_r=69\%$ で止まる。傾斜角 36° の斜面が崩壊するには S_r = 約 80% が必要であるということから、斜面崩壊実験で崩壊しなかった結果は妥当といえる。case4 は、実験終了時に $S_r=71\%$ まで達していた。 $S_r=71\%$ 付近では傾斜角 40° の斜面は崩壊する可能性が高いことがわかり、case4 の結果も妥当と言える。また、図 2 から $S_r=100\%$ 付近の状態になっていても $31\sim 32^\circ$ の傾斜角を持つ斜面は崩壊しないと言える。しかし、現実には図 1 に示すように崩壊を起こしている。これについては以下のように考えることができる。広島土砂災害時は、梅雨や台風の時期が重なり斜面全体が先行雨量の影響で飽和度が高かったと考えられる。また、平時でも湧水が見られ、豪雨時には地下から多量の湧水が流入したと考えられる。さらに、源頭傾斜角が $31\sim 32^\circ$ の斜面は広大な源頭集水域を持ち、降雨がより溪流に集まりやすく、浸透流や湧水の影響を受けやすかったと考えられる。

4. まとめ

地形解析及び斜面崩壊事実験を行うことで、源頭傾斜角 $31\sim 32^\circ$ 以上の斜面では、ある一定値以上の源頭集水域を持つと発生の危険性が高くなることを示した。また、 $31\sim 32^\circ$ の源頭傾斜角では、源頭集水域が広大で、浸透流や湧水などの影響を受けることなどの条件がそろえば崩壊の可能性があることを示した。斜面崩壊の危険度は、源頭傾斜角及び源頭集水域が大きな因子であり、評価の指標になることを示した。

参考文献

- 1) 土木学会, 地盤工学会：平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団, 調査報告書
- 2) 土木研究所資料, 地すべり地における航空レーザー測量データ解析マニュアル（案）, 平成 21 年発行
- 3) 久田裕史他：降雨による模型斜面の崩壊挙動に与える細粒分含有率の影響, 第 63 回地盤工学会研究発表会講演概要集, 2013



写真 1 case3 実験終了



写真 2 case4 実験終了

表 2 飽和度が異なる条件での安息角

飽和度 (%)	0	10	20	30
安息角 (°)	40.3	45.8	48.8	52.7
飽和度 (%)	40	50	60	100
安息角 (°)	51.3	49.1	47.2	32.8

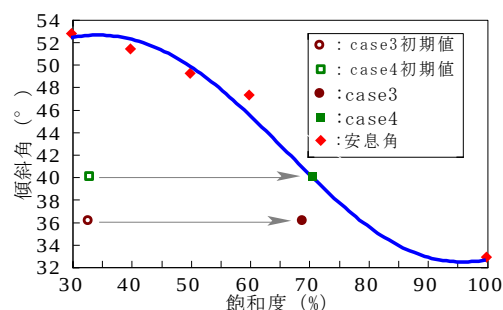


図 2 安息角に対する飽和度と傾斜角