

62 昭和40年奥越豪雨による大規模崩壊のメカニズム

(財) 砂防・地すべり技術センター○松村 和樹

緒続 英章

建設省越美山系砂防工事事務所 杉浦 信男

(有) 小川砂防技術事務所 小川 晃央

1. はじめに

大規模崩壊（ここでは 10^6 m³のオーダの崩壊とする。）は河道を埋塞する場合があり、その埋塞土塊が、決壊すれば土石流段波となり、下流域に大きな被害をもたらす。大規模崩壊の発生は希な現象であるが、揖斐川上流域では明治23年のナンノ谷の崩壊、昭和40年の奥越豪雨時の徳山白谷、根尾白谷の崩壊と約100年間に三つの大規模な崩壊が発生している。

大規模崩壊の発生は地質構造のような素因の影響が大きいと考えられ、地形的にも特徴がみられるので、その発生可能危険箇所の予測は砂防対策上重要な課題である。ここでは奥越豪雨時に発生した根尾白谷、徳山白谷の大規模崩壊を対象に降雨の浸透流解析と土塊の安定解析を行った結果、崩壊の発生時刻と透水係数、粘着力のパラメータに関して興味ある知見が得られたので報告する。

2. 大規模崩壊地の概要

先の三箇所の崩壊地の位置を図1に示す。それらの地形的特徴、発生原因の特徴を表1、2に示す。ナシノ谷、根尾白谷の崩壊は、大規模崩壊によくみられる地質構造が受け盤で上部に石灰岩のキャップロック構造をし、その下部は輝緑凝灰岩で構成されている。徳山白谷は輝緑凝灰岩で構成され、流れ盤でキャップロック構造がみられない。

2.1 德山白谷の大規模崩壊の特徴

図2に徳山白谷の崩壊前後の微地形的特徴を示す。大規模崩壊ブロックの先端付近に小クラックや小さな地すべりブロックが見られ、主崩壊ブロックに沿ってガリと崩壊地が発達しているのが特徴的である。この崩壊は脚部の地すべりブロ

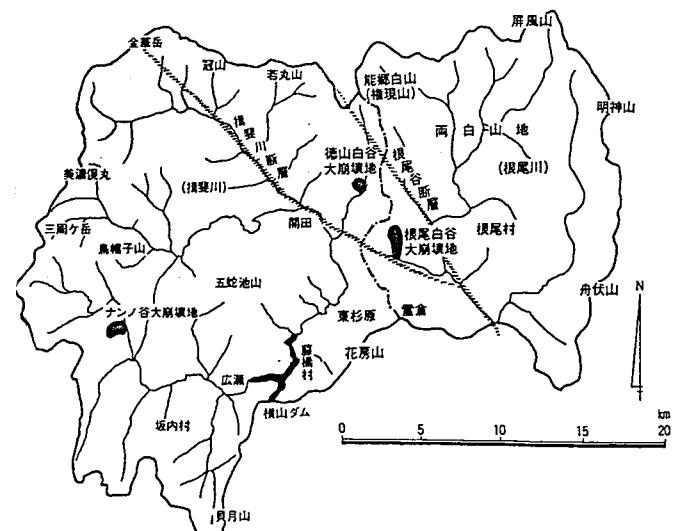


図1 大規模崩壊の位置図

ックが河川の侵食を受け安定を崩すとともに、崩壊ブロック沿いのガリの拡大、その頭部に発生した新たな崩壊が全体のブロックの安定を崩したと解釈される。

2.2 根尾白谷大規模崩壊の特徴

図3に根尾白谷の崩壊の特徴的な微地形を示す。この崩壊は源頭部の眉状の滑落崖に見られるように以前から崩壊の兆しがあり、平坦地、窪地、クラックがよく発達している。さらに湧水箇所が多く石灰岩のキャップロック構造とあいまって、湧水がその下部を侵食し崩壊に至ったと推定される。

3 解析方法

近年、斜面崩壊の解析方法として飽和・不飽和浸透流解析と斜面の安定解析を組み合わせ検討する方法の研究が盛んである。しかし、飽和・不飽和浸透流解析では降雨の降下浸透流が斜面のすべり面に到達する時間が降雨継続時間より長くなることが多く、実際には豪雨中に崩壊している現象にそぐわないといった欠点がある。特に今回のような大規模崩壊を対象とするとき、滑り土塊の深度が数10mにも達するとその傾向が強くなる。実際には、降雨の浸透現象を支配するのは土塊

表1 大規模崩壊地の地形的特徴

項目 崩壊名	標高 (m)	起伏量 (m)	斜面長 (m)	傾斜 (°)	クラック	斜面形	崩壊頭部位置	崩面 (m ²)	壊積 (m ³)	崩壊土量 (m ³)
ナンノ谷	985	305	515	31	有	上昇型	尾根部	210,000	1,530,000	
徳山白谷	865	247	330	37	有	上昇型	尾根部	75,000	1,830,000	
根尾白谷	719	269	335	39	—	上昇型	尾根部	85,000	1,070,000	

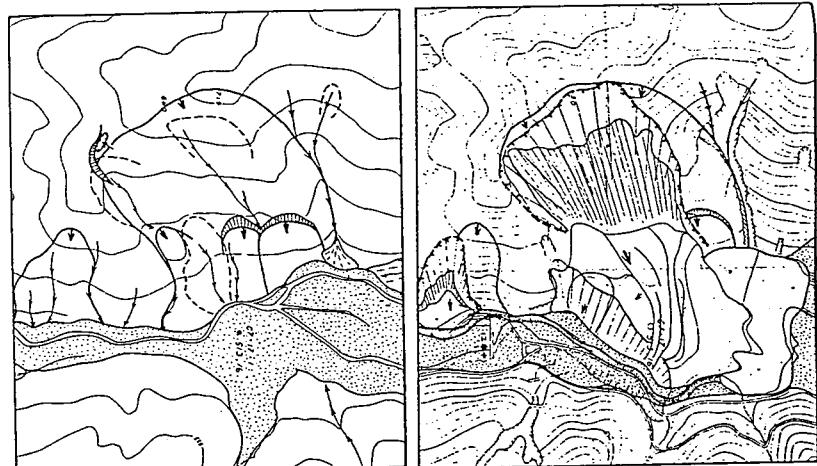


図2 徳山白谷の崩壊前後の地形

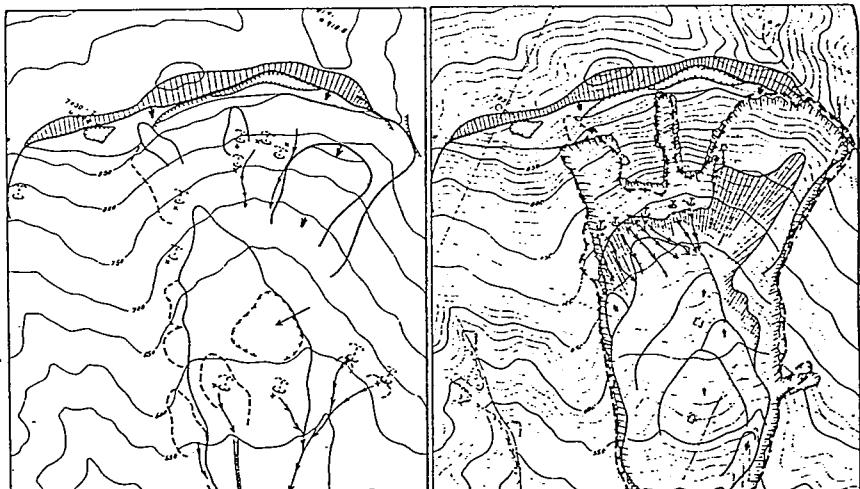


図3 根尾白谷の崩壊前後の地形

中の非常に透水の良いクラックの存在や表層の浅い土層では樹木の根系、小動物が作るパイプであることは一般に認められるところである。

このようなことから、降下浸透が無視されることにはなるが、今回の解析には「ダルシーの式」と連続式を組み合わせた一次元の飽和浸透流解析を用いた。

降雨の土塊中への浸透量はその時点までの総雨量と有効雨量の関係を表している「川上の式」を用いた。斜面の安定解析は「ヤンブ法」を用いた。

4 解析結果

解析に用いたそれぞれの定数の値は次の通りである。

内部摩擦角は、岩石の平均的な数値

$\phi = 30^\circ$ を採用し、土塊の単位体積重量は(湿潤) $\gamma = 1.5 \text{ g/cm}^3$ 、

(飽和) $\gamma t = 2.1 \text{ g/cm}^3$ の値を用いた。

透水係数は飽和浸透流解析を用いたことから、降下浸透の時間を含めた総合的な数値とする必要がある。すなわち、今回の透水係数は実験室で測定される厳密な、局部的な透水係数ではなく崩壊土塊の安定計算を行った断面の降下浸透を含めた平均的な透水係数で「等価透水係数」とでも呼ぶべきものである。この値はパラメトリックに決定され、最終的には、 $K_s = 10^{-3} \text{ cm/sec}$ となった。

粘着力(c)はコントロールパラメータとして斜面安定解析を行なながら決定した。すなわち、崩壊時刻が判明している根尾白谷の崩壊を対象にトライアル計算を行い、その時刻に適合する粘着力を決定した。その値は、崩土塊の平均土層

表2 安定解析結果

	徳山白谷	根尾白谷
地質	輝緑凝灰岩	輝緑凝灰岩、石灰岩
内部摩擦角 ϕ	30°	30°
透水係数 K_s	10^{-3} cm/sec	10^{-3} cm/sec
昭和40年出水時の崩壊発生時刻	不明	9/15 12:00 *
安定計算による $F_s < 1$ の時刻	9/15 11:00 (0.999)	9/15 12:00 (0.998)
$F_s < 1$ の時刻までの累加雨量	672mm	657mm
降雨のない時の F_s	1.029	1.082
最大層厚	60m	25m
平均層厚	42m	14m
粘着力 c	4.5kg/cm²	2.0kg/cm²

* 出典「昭和52年度 大規模崩壊地調査 報告書 昭和52年11月」

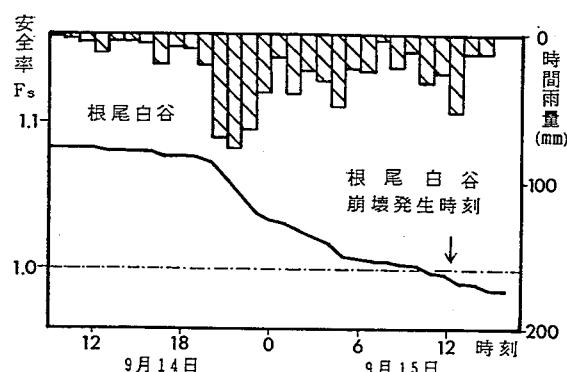


図4 根尾白谷の崩壊と降雨の状況

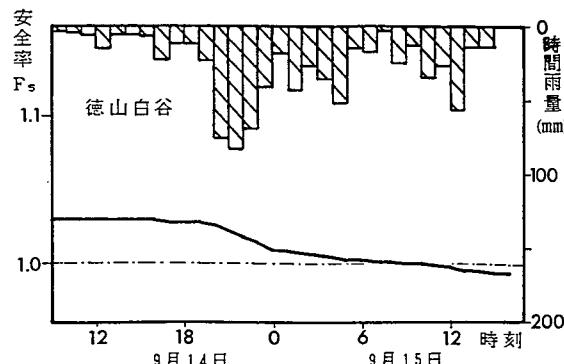


図5 徳山白谷の崩壊発生と降雨の状況

厚19.0mに対して $c = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ となり、地すべりの安定解析に経験的に用いられている ($c = 0.1 \times \text{平均土層厚}$) の関係となる。この関係を崩壊時刻が不明である徳山白谷の解析に応用する。すなわち、平均土層厚42mで $c = 4.5 \text{ kg/cm}^2$ として安定解析をすれば、図4のように降雨中に崩壊が発生している結果となり、時刻の詳細は判明しないが、降雨中に崩壊が発生したといった記録を説明できる。

5 まとめ

昭和40年の奥越豪雨の時に発生した2つの大規模崩壊の復元計算を行った結果、飽和浸透流解析といった簡単な解析方法で現象を説明できた。この解析のキーとなるのは浸透係数と土塊の粘着力であり、浸透係数は土塊全体の平均的な取扱いで「等価透水係数」といった概念を用い、粘着力は経験的に用いられている平均土層厚との関係が適用可能であった。

崩土塊の強度は粘着力と内部摩擦角との関連から議論すべきであるが、含水状態で数値が変動する粘着力をコントロールパラメータとすることにより崩壊の現象をうまくシミュレートできることは、これから崩壊現象の解析に対して示唆を与えるものと思われる。

特に、土塊の強度を粘着力に代表させることは、これから数多くの事例を検討することにより、その値と地質・土質に関する標準的な値が得られる可能性を示唆するものであり、今後の課題として残される。

参考文献

- 1) 建設省越美山系砂防工事事務書：平成2年度徳山ダム上流砂防計画業務委託報告書
- 2) 小川紀一郎、松村和樹他：山地河川における土砂生産・流出の実態と解析、新砂防161号、1989.3