

60 斜面崩壊発生条件の地形学的解析 — 東京都奥多摩地区について —

建設省土木研究所 ○下村 博之
笹原 克夫

1. はじめに

斜面崩壊発生を予測することは極めて重要であり、これまで様々な研究がなされている。そのなかで一般に斜面の安定性に関与する基本的な因子は、地形要因、物質要因（地質・土層等）、変動要因（降雨・地震・侵食・谷と斜面の発達史等）であると指摘されている。

著者らも、降雨による斜面崩壊の発生が、地形要因・表層土層および浸透流に支配されると考え現在検討中である。ここでは、実際の斜面崩壊の事例を用いて、崩壊発生条件がとりあえず地形的要因のみでどこまで説明できるかを検討した中で判明したことを報告する。

2. 調査地域の概要

平成3年8月の豪雨により奥多摩地区では土砂災害を起こし、林地や河川、道路等に被害をもたらした。このうち、特に斜面崩壊の集中した多摩川支川秋川最上流域を調査対象とした（図-1）。

調査地域の最大標高地は三頭山（1527m）、最下流は標高690mであり、流域面積は5.9km²である。地質は、中生代白亜紀の小仏層群の砂岩、砂岩泥岩互層および千枚岩質泥岩からなる。これらはWNW-ESE方向の走向を持ち、一般に急角度で傾斜している。また流域内に花崗閃緑岩体がNW-SE方向に貫入している。

平成3年8月の豪雨は、流域内の雨量計によると、連続雨量427mm、最大時間雨量73mmを記録している。周辺の雨量と比較すると、本調査地域付近が最も降雨が集中しており、強雨域と崩壊地の分布は概ね一致していると思われる。

3. 解析方法

災害後の空中写真を用いて、崩壊地および斜面の判読をおこない、地形図に記載した。空中写真は平成4年5月撮影のものであり、地形図は縮尺1/5000森林基本図（平成2年作成）を用いた。

空中写真判読内容は、崩壊区域、崩壊下端の位置、下端幅、集水域および集水域の縦横断形状である。地形図上では、崩壊高・崩壊長・幅・面積・平均傾斜、集水域斜面長・面積・平均傾斜を読みとった。ここで崩壊源は、崩土堆積域および剝剥をほとんど受けていない土砂流送部を含まない

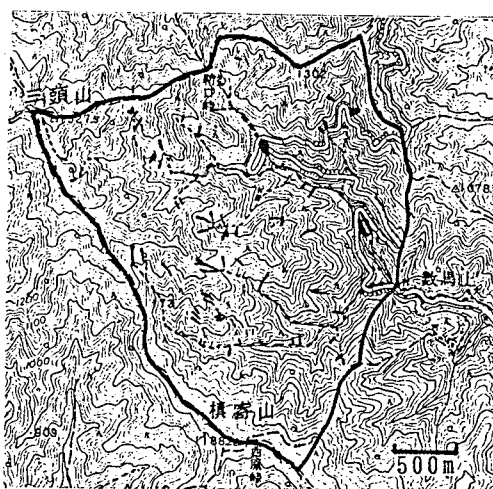


図-1 調査地域位置および崩壊地分布図
（塗りつぶしは崩壊地、破線は土砂流送部）

ものとした。また集水域は、崩壊地下端部を基準としてそこに集水する区域を空中写真および地形図から読みとった。

4. 解析結果

各種地形要因の関係を解析した。

4.1 崩壊発生斜面形状の特徴

判読された崩壊地は、63箇所である。このうち溪岸侵食による崩壊2箇所、道路盛土部の崩壊3箇所を除いた58箇所を検討対象とした。判読された崩壊地は概ね表層崩壊である。

集水斜面の縦横断形状をみると(表-1)、縦断形は凸型>直線型>凹型の順でみられる。横断形は凹型が半数以上を占め、残りは直線型で、尾根状地は1箇所のみである。組み合わせをみると縦断凸型-横断凹型が1/4強を占める。横断形状が凹型に集中するのは、斜面の集水性が高く、また不安定物質の集積も生じやすいことに起因するものと思われる、従来の認識ともよく一致する。一方縦断形は凸型が多いが、これらの斜面をみると崩壊地上方に遷急線が存在しており、遷急線より下位の急斜面、すなわち現在の斜面侵食領域において崩壊が多発した可能性もあるが、詳細な微地形分類をおこない非崩壊斜面も含めて解析をおこなってから言及したい。

表-1 崩壊斜面集水域の縦横断形状別数

		横断形状			合計
		凹型	直線	凸型	
縦断形状	凹型	6 (10.3)	3 (5.2)	0 (0.0)	9 (15.5)
	直線	8 (13.8)	6 (10.3)	1 (1.7)	15 (25.9)
	凸型	16 (27.6)	11 (19.0)	0 (0.0)	27 (46.6)
	複合	6 (10.3)	1 (1.7)	0 (0.0)	7 (12.1)
合計		36 (62.1)	21 (36.2)	1 (1.7)	58 (100.0)

上段：箇所数 下段：全箇所中の百分率

4.2 崩壊地の傾斜と斜面の集水性

羽田野¹⁾は崩壊発生に必要な傾斜と斜面の規模の間には逆相関の関係があることを示し、崩壊源の平均傾斜角 θ の正接 $s = \tan \theta$ と崩壊源下端における集水域平均奥行 a (崩壊源下端部の幅を W 、 W に集水する面積を A とすると $a = A/W$)の関係をみると、崩壊したデータは $s \cdot a^{1/3} = 2.4 \sim 4.1$ の範囲に入るとし、これを地形的滑動力示数とした。また沖村^{2) 3)}は、上式において指数部が $1/3$ より小さくなることを指摘している他、集水面積と傾斜の関係についても言及している。

ここで集水面積と崩壊地傾斜および集水域平均奥行と崩壊地傾斜の関係を図-2、3に示す。本調査地においてもこれらの関係に逆相関が認められ、崩壊発生の場合として斜面規模と傾斜に密接な関係があることがわかる。回帰式を求めると、前者は $F = s \cdot A^{0.18}$ となり、 $F = 2.5 \sim 4.5$ の範囲内となる。後者

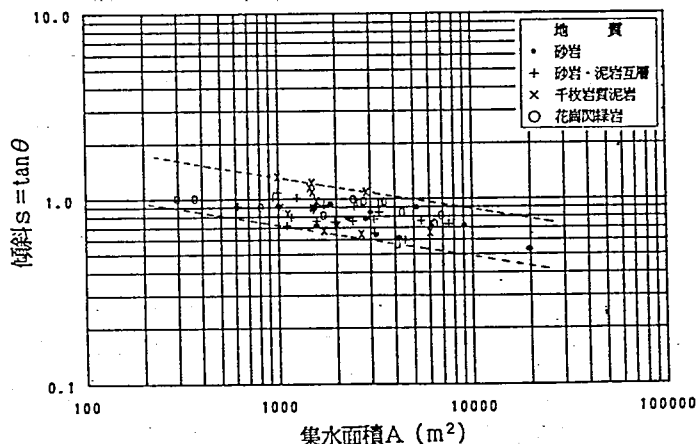


図-2 集水面積と崩壊地傾斜の関係

は $F' = s \cdot a^{0.12}$ となり、 $F' = 1.3 \sim 2.5$ の範囲となる。これは羽田野の示した指数部および地形的滑動力示数よりも小さい値を示しているが、沖村が六甲山系で解析した例とは近い値を示す。

地質別にみると、特に際立った差異はないものの、千枚岩質泥岩の F 値のばらつきが大きい。これは岩が強い異方性をもつことから、斜面の方向によって地形発達や風化に差異を与えているものと考えられる。

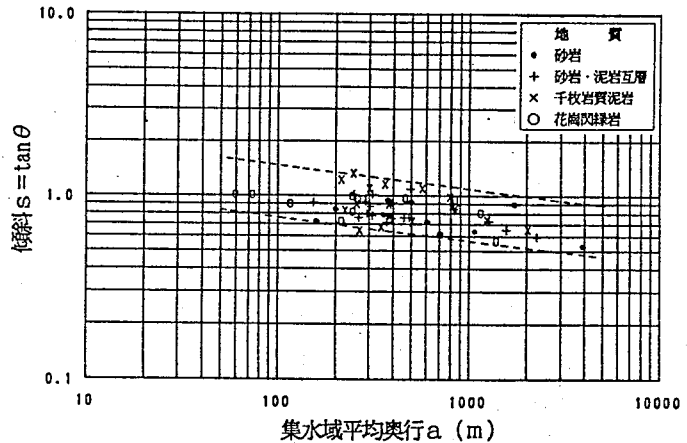


図-3 集水域平均奥行と崩壊地傾斜の関係

一方崩壊発生斜面に横断凹型が多いことから、集水域平均幅 w （集水域斜面長を L とすると $w = A/L$ ）を用いて検討した。集水域平均幅は、斜面の規模（奥行）には影響されずにいわば横断形状の凹型度を表す因子で、扇型地形等になるほど大きくなり、平行型や上方で閉じる斜面形ほど小さい値となる。この集水域平均幅と傾斜との関係を求めると図-4のとおりとなる。これらの間にも逆相関関係があり、いいかえれば集水地形（凹型）になるほど緩傾斜で崩壊し、集水性の低い平行斜面では急傾斜でないで崩壊しないことになる。この結果、地域に差別侵食が発生し一樣斜面を形成しないことからみても頷けることである。

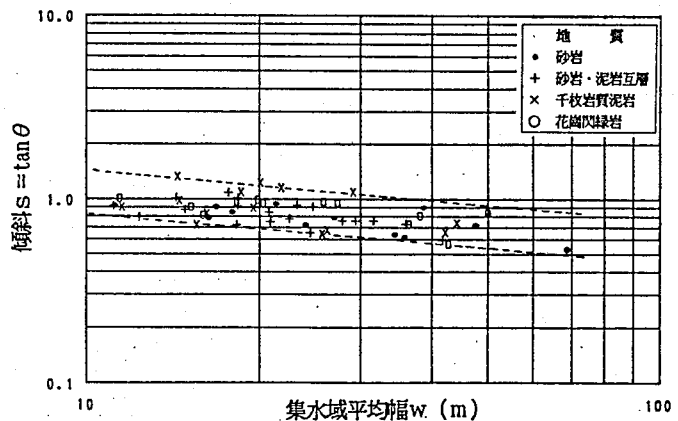


図-4 集水域平均幅と崩壊地傾斜の関係

4.3 崩壊発生規模

前項では斜面崩壊発生の場合として、斜面の規模と傾斜および集水性と傾斜の関係について論じた。一方崩壊がどの程度の規模で発生するかということも予測すべき重要な項目である。一般に表層崩壊発生過程の最終的な鍵は削剥部下半の圧縮領域におけるせん断破壊であり、削剥部上端は引張破壊の到達点にすぎないといわれる。しかしながら、その到達点が傾斜変換点や表土層厚変換部に現れやすいことは容易に認識できることであり、それならば崩壊上端部すなわち崩壊規模が、何らかの地形的要因で表現できる可能性がある。

ここで崩壊下端部における集水面積と、崩壊地の面積の関係を図-5に示した。同図をみると、集水面積と崩壊面積の関係は、ばらつきは大きいものの、集水域面積に対する崩壊地面積の比の上限が規制されていることがわかる。横断形状別にみると、凹型斜面と直線型（凸型）斜面の上限に差が認められる（図中実線が直線型、破線が凹型斜面の上限ライン）。地形形状を考えれば凹型斜面の方が崩壊面積率が小さくなるのは当然

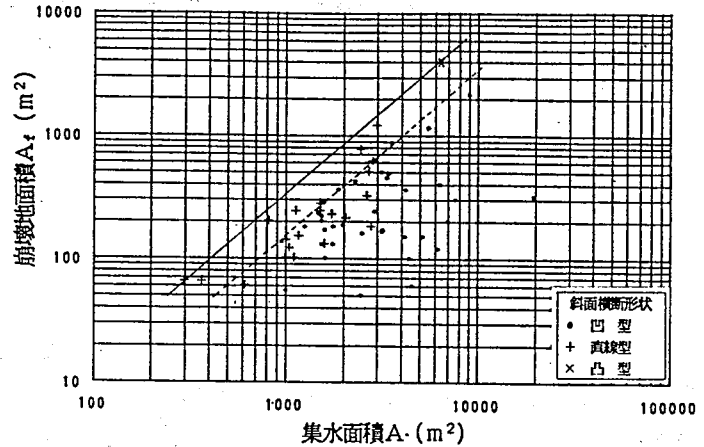


図-5 集水面積と崩壊地面積の関係

と考えられるが、斜面形により別個の上限値を設定できることは、崩壊規模予測に際して有意義なことである。さらにばらつきは地形的要因や表層土厚等により引張領域が規制されたものと考えれば、何らかの補正をすることで崩壊規模を設定できることになる。

5. まとめと今後の課題

奥多摩地区の崩壊発生斜面の地形学的解析をおこなった結果、崩壊発生に必要な傾斜と斜面の規模（集水面積、集水域平均奥行）、および斜面の凹型度（集水域平均幅）に逆相関の関係が見いだされた。また、集水面積および斜面形状から崩壊規模（の上限）を推定できる可能性を示すことができた。

今回は地形要因として斜面規模や横断形状を示す因子で検討したが、縦断形状については考慮していない。崩壊発生場と傾斜変換線の間があることが指摘されており¹⁾、さらにこれと地形発達史—地質—表層土層（厚さ・密度）に関係があることが推測されるが、この点については今後検討していきたい。

また今回は崩壊発生斜面についてのみ検討したが、非崩壊斜面も同一のステージで検討する必要がある、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 羽田野 誠一(1974): 崩壊性地形(その2). 土と基礎, 22-11, pp. 85~93
- 2) 沖村 孝(1983): 地形要因からみた山腹崩壊発生危険度評価の一手法. 新砂防, 35-3, pp. 1~8
- 3) 沖村 孝・中川 雅勝(1988): 数値地形モデルのみによる表層崩壊発生位置予知の一手法. 新砂防, 41-1, pp. 48~56
- 4) 笹原 克夫他(1992): 平成3年9月南伊豆土砂災害について. 第31回地すべり学会研究発表講演集, pp. 115~118