

(財) 砂防・地すべり技術センター ○小川紀一郎 松村和樹

アジア航測株式会社

日暮雅博

建設省福井工事事務所

上島隆雄

1 はじめに

崩壊は、降雨、融雪、地震等の外力により突発的に発生する。崩壊発生に関する研究は、理論的・現象論的方法により数多くの報告がなされているが、発生要因については関連する要因数が多いため決め手となる指標を見出せるまでには至っていない。このため、これまで筆者らは崩壊可能地を対象として降雨と崩壊との関係について調査を行ってきたが、今回はその延長として、崩壊形態に注目し崩壊の発生要因との関係について検討を試みた。

2 研究方法

崩壊と発生要因との関係は統計学的手法を用いて解析したものが多い。そのおもな手法として、崩壊の実績から地形要素および降雨と崩壊面積占有率との関係を導いたもの⁽⁴⁾⁽⁶⁾、多数の要因も数量化法等を用いて解析したもの⁽²⁾、また崩壊を確率的に発生する現象として、傾斜、雨量、地質の崩壊発生に与える影響度を解析したもの⁽⁵⁾、地形発達を熱力学モデルで説明し、降雨、起伏量比と崩壊との関連性を解析したもの等⁽⁷⁾がある。しかし、いずれも崩壊形態について言及したものは少なく、崩壊形態は発生機構に規制されると考えられることから、筆者らは崩壊形態を表層崩壊、大規模崩壊、沿岸崩壊に区分し、形態別に発生要因との関係について検討した。

本調査は、空中写真判読から得られた情報をもとに行った。空中写真は、崩壊発生前後の比較判読を行うことにより、崩壊の面積、形態等の情報を得るのに有効である。調査対象地は九頭竜川支川の真名川流域である(図-1)。本流域は1965年9月の豪雨(いわゆる奥越豪雨)により多数の崩壊が発生した。本調査で使用した空中写真は1965年11月と1964年5月に撮影されたもので、これにより判読された崩壊は対象とする“ひと雨”にほぼ対応していると考えられる。

3 崩壊の発生要因と崩壊可能地

崩壊の発生要因として、これまで筆者らは誘因となる降雨に限定して検討を行ってきたが、今回はさらに素因となる地質と斜面傾斜に注目し検討を加えた。本流域の地質は、北部に中生代の手取層群、南部に古生代の砂岩・粘板岩が広く分布し、その他中生代から新生代にかけての花崗岩、変形安山岩等の火成岩類が分布している。そこで、地質は変形安山岩、花崗岩、中古生層に区分した。一方、斜面

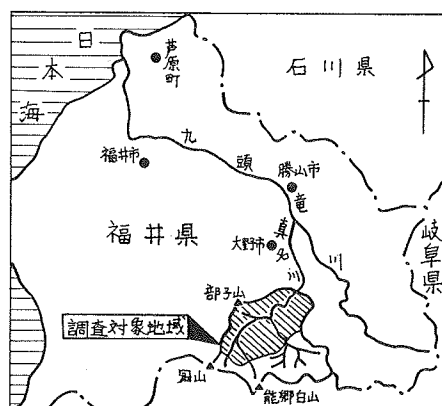


図-1 調査位置図

傾斜は、測定には意味の簡明さと作業の容易さから寺田法⁽³⁾を用い、 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 、 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 、 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 、 50° に区分した。

さて、図-2は斜面傾斜と崩壊頻度との関係を正規確率紙上に示したものであるが、崩壊の発生頻度は斜面傾斜に対してほぼ正規分布⁽¹⁾する。そこで、崩壊発生の場合である崩壊可能地が斜面傾斜によって規定されると仮定し、その範囲を $1X - \bar{X} < 2\sigma$ (X : 斜面傾斜) なる斜面とすれば、斜面傾斜の範囲は $20^{\circ} < X < 50^{\circ}$ となる。斜面傾斜が $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ および 50° の所は、河道、ダム湛水域、地すべり緩斜面、山頂緩斜面、極急斜面等にはほぼ対応しており、このような場所では崩壊は起こりにくいと考えられる。

4 崩壊の形態と発生要因

調査対象とした崩壊地は、2時期の経年変化のうち新規発生崩壊とした。降雨に対する崩壊率および崩壊頻度の関係を形態別、素因区別に示すと図-3～図-9のとおりとなる。なお、各雨量階における素因の面積占有率も同時に示した。ここで、崩壊率は崩壊可能地に対する崩壊面積の割合、崩壊頻度は崩壊可能地に対する崩壊個数の割合である。

4.1 表層崩壊

表層崩壊は、斜面表層の風化物質が豪雨に伴う雨水の浸透によって支持力が失われ発生する崩壊だと考えられる。したがって、このような崩壊は斜面傾斜との対応関係が高いと予想される。

図-3によれば、全体的には降雨が増加すれば崩壊率も増加する傾向にあり、また斜面傾斜が増加すれば崩壊率も増加している。ただし、折線は2つのピークを持ち、最大の雨量階において崩壊率は減少している。

次に図-4によれば、全体的には降雨が増加すれば崩壊頻度も増加する傾向にあり、また斜面傾斜が増加すれば崩壊頻度も増加している。このように、崩壊頻度と崩壊率は同様な傾向を示しており、これは崩壊規模がほぼ同様であることに起因していると考えられる。

さて、図-3によれば雨量階の小さい所での崩壊率が比較的高くなっている。そこで、地質別に降雨と崩壊率との関係を示した(図-5)。これによれば、変朽安山岩については崩壊が雨量階の小さい所に集中している。

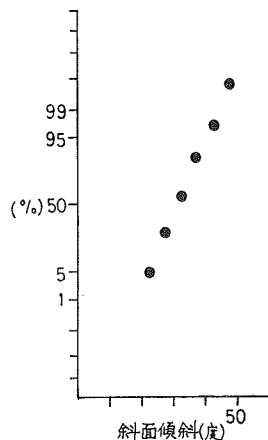


図-2 斜面傾斜と崩壊頻度

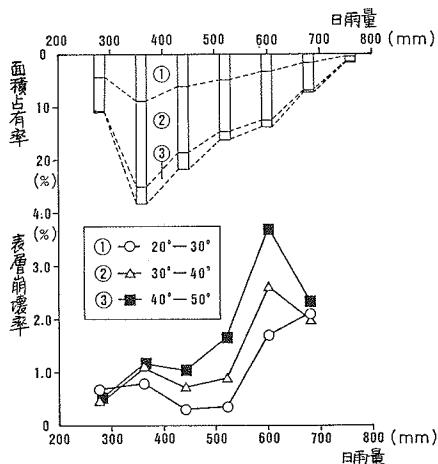


図-3 傾斜別の降雨と表層崩壊率

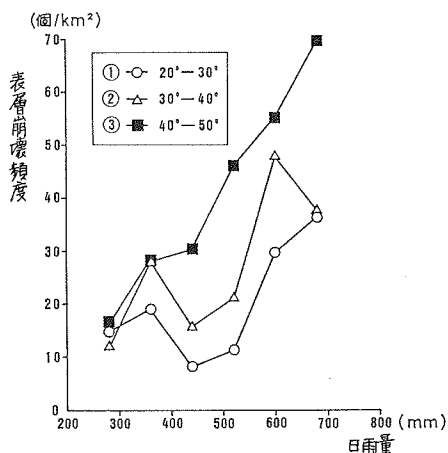


図-4 傾斜別の降雨と表層崩壊頻度

また中古生層については全体的に図-3と同様な傾向を示している。

4.2 大規模崩壊

大規模崩壊は、豪雨に伴ない地質および地質構造的な弱所にひずみが生じ、基盤を破壊面として発生する崩壊だと考えられる。したがって、このような崩壊は地質との対応関係が高いと予想される。

図-6によれば、変形安山岩における崩壊率は低く、ほぼ横ばいの傾向を示している。一方中古生層については、降雨が増加すれば崩壊率も増加する傾向にある。

次に図-7によれば、崩壊頻度と降雨との関係は変形安山岩、中古生層ともにほぼ横ばいの傾向を示しており、中古生層は大きく振動をおこしている。

ここで崩壊率が0(%)になる雨量に注目すると、表層崩壊に比較して大規模崩壊は大きな値を示している。これは、いわゆる崩壊発生に関する有効雨量を表現したものと思われる。

4.3 浸岸崩壊

図-8によれば、傾斜階③のものが雨量階560~600(mm)のところでピークが見られるが、全体的に降雨と崩壊率との関係はほぼ横ばい傾向を示している。また図-9によれば、降雨と崩壊頻度との関係は横ばい傾向がさらに顕著になっている。

浸岸崩壊は、斜面脚部が流水の側岸侵食によってえぐられ、上方斜面の安定が失われて発生する崩壊だと考えられる。したがって、これは流量の上昇に伴ない発生するものであるから、流量、水位、河道形状、砂礫堆の分布等、現地調査によって得られるような要因を用いて解析する必要があると考えられる。

5 おわりに

本調査により、崩壊と降雨との関係を求める上で、①崩壊可能地を対象とした解析、②形態別の解析、③地質・斜面傾斜等の素因の整理を行なうことは有効であることが明らかになった。しかし、雨量の最大のところでは崩壊率、崩壊頻度ともに低くなる傾向が見られた。これは、本調査の場合雨量の分布面積が小さいためであると考え

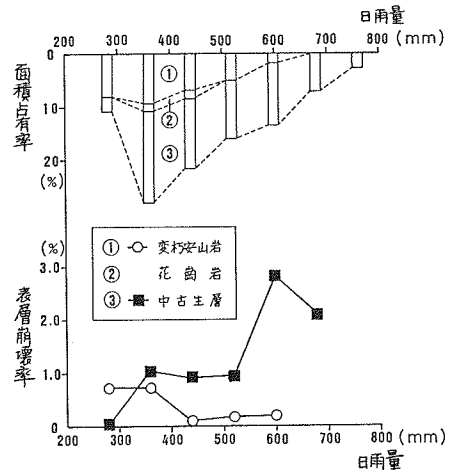


図-5 地質別の降雨と表層崩壊率

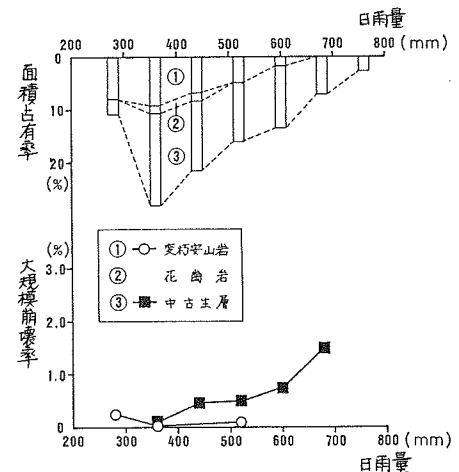


図-6 地質別の降雨と大規模崩壊率

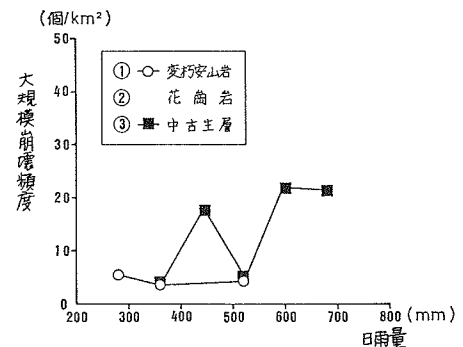


図-7 地質別の降雨と大規模崩壊頻度

られるが、このような傾向は従来からも指摘されており、今後の重要な課題となる。

参考文献

- (1) 日暮ほか：降雨と崩壊との関係について 昭和58年度砂防学会研究発表会概要集 1983
- (2) 小橋ほか：航空写真判読による斜面の安全度解析
 - (1) 新砂防 84 1972
- (3) 三野：自然地理調査法 朝倉書店 1968
- (4) 村野：福井・岐阜県境の山地崩壊に関する統計的研究 防災科学技術総合研究報告 15 1968
- (5) 大村：地形解析による山崩れの研究(1) 新砂防 99 1976
- (6) 打萩：ひと雨による山腹崩壊について 新砂防 77 1971
- (7) 吉松：山腹崩壊の予測式について 新砂防 102 1977

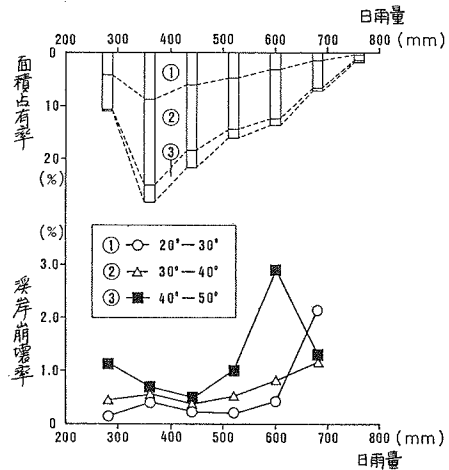


図-8 傾斜別の降雨と沿岸崩壊率

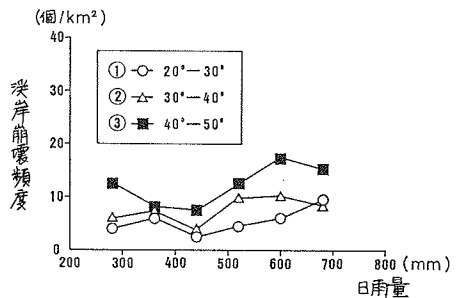


図-9 傾斜別の降雨と沿岸崩壊頻度