

那賀川上流域における豪雨型山腹崩壊に関する研究(2)

徳島大学工学部 正員 杉尾 捨三郎
 徳島大学工学部 正員 端野 道夫
 岡山県庁 正員 ○藤田 勝秀

1. まえがき 筆者らは、那賀川上流小見野ダム流域(正確には木頭村全域; 約230km²)を対象に、豪雨型山腹崩壊について航空写真と水文資料を用いて解析を行ってきた。解析に際し、対象流域を1km×1kmメッシュあるいは2km×2kmメッシュ分割を行い、各メッシュ単位での崩壊個数、崩壊面積率と素因(斜面勾配、谷密度、一次谷数、地質、伐採)、誘因(降雨量、流出高)との関連性について調べた¹⁾。用いた基礎資料及び整理方法の詳細については参考文献1)に譲り、ここでは省略する。本報告では崩壊に関連する素因としての斜面勾配、地質、伐採について総括するとともに、関連誘因の特性と崩壊との相関構造について二三の考察と解析を行う。

2. 関連素因の解析結果 1) 斜面勾配: 1km×1kmメッシュ単位で求めた斜面勾配($\tan\theta$)と対応するメッシュの崩壊面積率の平均値との関係を5期間(昭和23年4月～37年6月、37年6月～41年5月、41年5月～46年4月、46年4月～51年5月、51年5月～51年9月)について求めたところ、ほぼどの期間についても $\tan\theta=0.60\sim0.75$ ($\theta=30^\circ\sim37^\circ$)の間で最も崩壊が多く、従来の知見ともよく一致している。たとえば、上述の5期間の平均的関係を示せば図-1のようであり、曲線近似すれば図中のような式($y=-2.0|\tan\theta-0.675|^{1.4}+0.4$)で表わされる。

2) 伐採: 昭和51年9月17号台風による崩壊(個数、面積率)に対する伐採時期別頻度分布によれば、対象流域では伐採後5～10年の範囲で最も崩壊が多く抵抗力が低下していることが明らかとなった。そこで、伐採の影響を図-2のようにモデル化できよう。すなわち、伐採後の経過年 $\tau=\tau_p$ で崩壊の危険性が最大となり、 $\tau=\tau_c$ で伐採の影響がなくなる; という関数 $K(\tau)=a_1\tau\{e^{-a_2\tau}-e^{-a_2\tau_c}\}$ が考えられる。ここでのパラメータ a_2 は τ_p, τ_c から決定でき、パラメータ a_1 は崩壊資料より規定される。

3) 地質: 対象流域の地質を岩相の違いにより、①砂質泥岩、②塩基性火山岩層を伴う砂屑岩あるいは礫岩、③チャート・チャートを伴う石灰岩、④砂岩および砂岩を主とする互層、⑤砂岩・泥岩互層、⑥泥岩および泥岩を主とする互層、の6種の地質区分に分類し、各地質区分に対する崩壊個数と崩壊面積を調べた。その結果、流域の最北部(相対的に降雨量小)に位置する砂質泥岩①で、他に比べ大崩壊の発生が著しく高く、中央から南部(相対的に降雨量大)に位置する⑤、⑥の地質区分では小規模な崩壊が多数発生していることが明らかとなった。こうした地質の違いの影響も考慮する必要がある。

3. 崩壊モデルと誘因特性 上述の素因を考慮し、ある任意の時期に生じた豪雨によってもたらされる崩壊の面積率 $C_a(t)/A$ 、(A :メッシュ面積)は次式のような形でモデル化されるものとする。

$$\frac{C_a(t)}{A} = \left[a_3 + \int_0^{\tau} \frac{N(\tau-\tau_c)}{A} K(\tau) d\tau \right] \cdot y \cdot X + a_0 \quad (1)$$

ここに、 t : 豪雨の生起時期、 a_3, a_0 : 係数、 $N(\tau-\tau_c)$: 豪雨の起った時より τ 年前の伐採面積速度、 $K(\tau)$: 伐採による崩壊危険関数、 y : 斜面勾配の関数、 X : 誘因(豪雨あるいは流出)の崩壊に対する卓越特性量。

上式を用いて解析を行うにあたり、まず、崩壊に対してどのような誘因特性が卓越しているのかを検討する。流出を用いて説明すると、まず、図-3、1)ケースに示すような特定流出強度(q_c とする)を越える時間流出高の累積値 Q_c が考えられる。ここでは、 q_c は流域特性によって

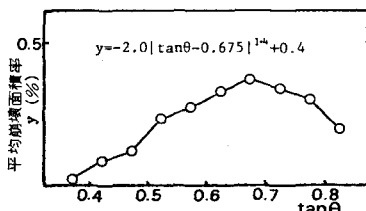


図-1 平均崩壊面積率と斜面勾配の関係

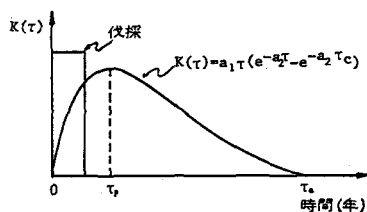


図-2 伐採による崩壊危険関数

定まる定数で、 q_c を越えない流出時には崩壊は発生しないと考えている。 Q_1 を図中の記号を用いて表わすと、

$$Q_1 = \int_0^t (q - q_c) dt \quad (q > q_c) \quad \text{あるいは} \quad Q_1 = Q_T - Q_c$$

となる。この式は、 q_c 以下の時間流出高を崩壊無効量として単純に分離したものである。しかし、 q_c 以下の時間流出高も先行降雨と同様に崩壊の発生に寄与していると考え、単純に分離することはできない。そこで、次式のように q_c 以下の流出高を分離することを考える。

$$X = Q_T - \alpha Q_c \quad \text{ここに、} \alpha: \text{パラメータ (1) 式による多変量解析に} \\ \text{(2) 式から係数として定まる。}$$

上式をさらに ($Q_T = Q_1 + Q_c$) の関係を用いて変形すると、

$$X = (Q_1 + Q_c) - \alpha Q_c = Q_1 + (1 - \alpha) Q_c \quad (2)$$

となる。この式は、 X を q_c を越える流出高と q_c 以下の流出高で表わしたものとなり、前者は直接的に、後者は間接的に崩壊の発生に作用すると考えられる。さらに、誘因特性量として図-3に示すようなものを考えると、2) ケース: q_c を越える時間流出高のうち増加する部分が崩壊の発生に関係すると考えたもの Q_2 、3) ケース: q_c を越える時間流出高のうち、ピーク時間流出高直後までに本来崩壊すべきところはずでに崩壊していると考えたもの Q_3 、4) ケース: q_c を越える時間流出高のうちある流出高のときに本来崩壊すべきところは崩壊し、まだ崩壊しないところはもっと大きな流出高のときに崩壊すると考えたもの Q_4 となる。3) ケースは 1) ケースと同様に q_c を越える流出高と q_c 以下の流出高の 2 つに分離することができる。また、2)、4) ケースについては、直接崩壊発生の原因となる流出高 Q_2 or Q_4 と q_c 以下の流出高 Q_c の中間的役割を果たす流出高 Q_2' or Q_4' を考えると、 X は次式のように表わされる。

$$X = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 \quad (3) \quad \text{ここに、} X_1: Q_2 \text{ or } Q_4, X_2: Q_2' \text{ or } Q_4', X_3: Q_c, \alpha_{1-3}: \text{パラメータ (2) と同様}$$

昭和51年9月17号台風時の崩壊について、1km×1kmメッシュ/81個において流出(後述の留置法による)のもつ誘因特性量 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 と崩壊面積率との相関を q_c を変化させて調べた。そして、相関係数の最も大きな値を比較した。その結果、 Q_2, Q_4, Q_3, Q_1 の順に大きな値を示した。また、同様に降雨について行くと、 Q_1 については流出と同程度の相関を示すが、それ以外では流出の方が高い相関となった。このため、流出のもつ誘因特性量を用いて(1)式により地質別に解析を行った。そして、図-4に2)ケースについて崩壊面積率の実測と予測の度数分布を比較した。この図によれば、崩壊面積率0.25%以上においては実測と予測の度数分布はほぼ一致している。しかし、それ以下ではかなり異なっている。このときの実測と予測の相関係数は $r=0.611$ ($q_c=23.4\text{mm/hr}$) となる。また、図より崩壊の発生と非発生の境界値を予測した崩壊面積率の値で-0.045と定めると、崩壊の発生と予測して実際に崩壊が発生している割合は0.730(108/148)、反対に、崩壊の非発生と予測して実際に崩壊が発生していない割合は0.606(29/33)となる。さらに、1)、3)、4) ケースについても同様な解析を行うと、崩壊面積率の実測と予測の相関係数はそれぞれ $r=0.586, r=0.559, r=0.628$ ($q_c=23.4\text{mm/hr}$) となる。このように、どのケースにおいても相関係数の値が低いので、さほど良い結果が得られなかった。このため、要因、誘因についてさらに検討する必要がある。

参考文献: 1) 杉尾裕三郎、端野道夫、藤田勝秀: 那賀川上流域における豪雨型山腹崩壊に関する基礎的研究、中・四学術講演会報告集 pp.47~49 (1979)

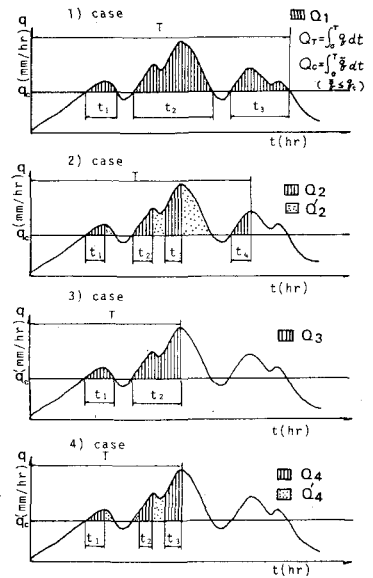


図-3 誘因特性

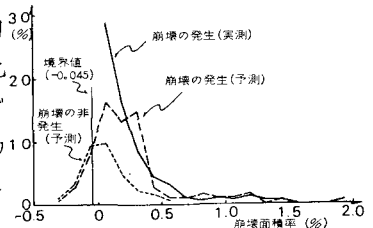


図-4 崩壊面積率の相対度数分布 (崩壊の発生121メッシュ, 非発生60メッシュ)