

1. はじめに

山地崩壊に関する崩壊面積率を水文統計で用いられる超過確率雨量の概念を用いて検討した。

山地崩壊を全国的に調べる統計的解析では、一地域のみでの崩壊メカニズムの研究方法とは異なり、地域的な土質材料(地質)の相異や地域的な雨量の多寡の影響を解析の中に取り込まなければならぬ(図-1参照)。

一方、同種の地質においては、崩壊面積率 S_a は雨量 R に比例することが考えられる。打抜、難波等は次のような式を示している。

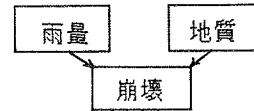
$$S_a = a(R - R_0)^b \quad (1)$$

ここに、 S_a :崩壊面積率、 R_0 :崩壊を発生させはじめの限界の日雨量、 R :最大日雨量(連続雨量)、 a, b :定数である。 b は、打抜によれば2であり、難波によれば1である。ところが、係数 a について難波は、多雨地帯で小さく、非多雨地帯で大きい値をもつことを示している。結局 a には、雨量の地域性の影響とさらに、地質の影響とが含まれることになる。

以下では、その地域に固有の(超過)確率雨量という言葉で代表される因子、つまり水文統計的要因から崩壊現象を解析し、その中で地質的要因の影響を調べる。

2. 崩壊面積率と超過確率

そこで、多雨地帯では多雨地帯なりに崩壊が発生する限界雨量より多い雨量が問題となり、非多雨地帯ではその地域なりにそれより多い雨量が問題となるのであるから、各地域ごとの雨量の特性を示す量を雨量の指標として用いればよい。まず考えられる雨量特性の指標は、その地域において発生した豪雨に対する日雨量の超過確率である。こういうことから、崩壊面積率に関するオーの検討に豪雨時日雨量の超過確率を用いた。



①同一雨量に対して:

地質によって崩壊率は異なる

②同種の地質に対して:

雨量の大小によって崩壊率は異なる

しかし

多雨地帯、非多雨地帯によって崩壊率は異なる

図-1 考え方

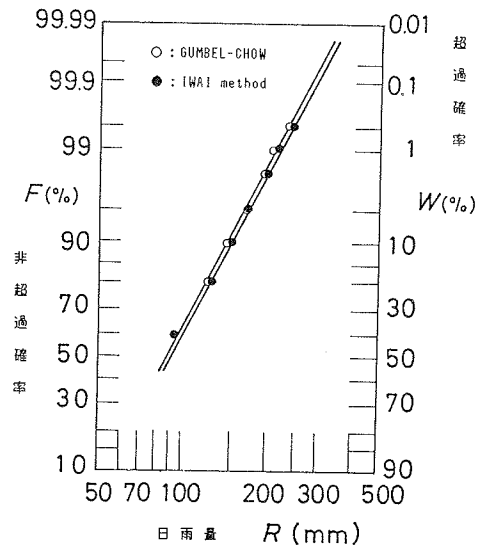


図-2 日雨量と超過確率(秋田県鷹巣村)

今回の調査資料は、主に参考文献(7)に示したデータ(日雨量, 崩壊面積, 全面積等)に基づいて行った。一方, 各調査機関から送付して頂いた極値データを岩井法とガンベル・チヨウ法によって超過確率の計算を行った。そうした計算例が図-2(秋田県藤里村)である。図の横軸は, 日雨量 $R(mm)$ 又は, $R+b$ (b : 岩井法の下限值)である。同図上より, 豪雨当日の日雨量がわかれば, それに対する超過確率の概略値が求まる。

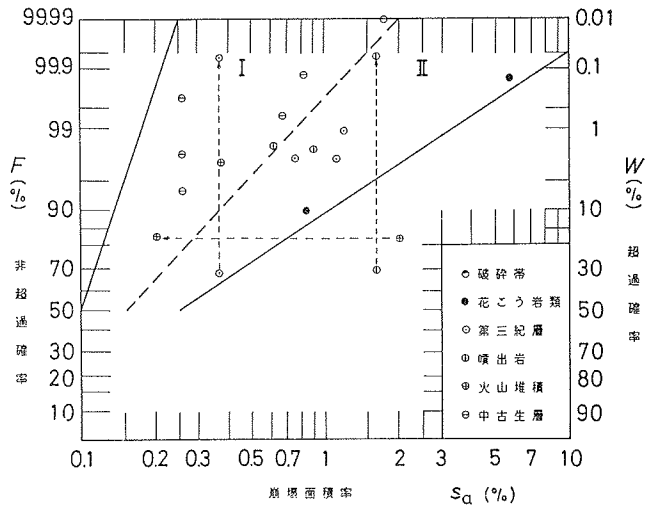


図-3 崩壊面積率と超過確率

上の二方法より得られた平均値を超過確率 W とし, この W とその区域に対する崩壊面積率 S_a との関係を図-3の対数確率紙に示した。また, 総崩壊面積率 S_a と W の関係を図-4に示したが, 総崩壊面積率 S_a とは, 今回まで既に発生している崩壊面積をすべて加えて, 面積率で表したものである。

図-3, 図-4のどちらの図からも, 花崗岩及びオセニ紀層を中心とする地質地域Ⅰと, 中生層地域Ⅱとに領域の区分が可能である。中には, ⅠとⅡの領域からはみ出すデータがある。一つは, 日光赤嶺山周辺の火山性地域であり, 他の一つは時間雨量が $135mm$ と非常に多く, そのため S_a , S_a が高いものである。

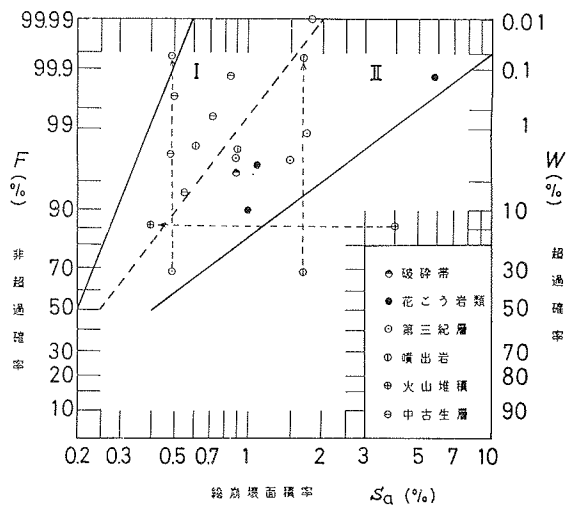


図-4 総崩壊面積率と超過確率

そこで, 時間雨量の大きいデータについて, 日雨量 R_{24} が与えられている場合の t 時間最大雨量強度を求める次のような式を逆に用いて調べてみた。

$$\text{物部式: } r_x = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{1/3}, \quad \text{川上式: } r_x = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}, \quad \text{高橋式: } r_x = \frac{R_{24}}{t} \left(\frac{t}{24} \right)^{1/2} \quad (2)$$

上式より, $t=1$ 時間として R_{24} を換算し, その平均値に対する超過確率 W を求めた。こうすると $W=0.06\%$ となり, 図-3, 図-4の矢印の点のようになる。これを見ると, 時間雨量だけが大きい場合には, 換算24時間雨量より超過確率を求めた値でも, 使えるであろうといえる。

2. 崩壊面積率と雨量相当力 (相対雨量)

ここでは、超過確率雨量に基づいた相対雨量による検討を行う。

豪雨による崩壊では、斜面を崩壊させようとする新たな外力は雨水によって付加されるのであるから、崩壊に関係する相当外力として日雨量に関する因子を取り上げるのが妥当であろう。ところが、日雨量そのものでは、前節で述べた雨量特性の地域性を取り除けないので、何か別の代表的な日雨量を用いて雨量相当(外)力とすることが必要になる。その代表的な日雨量にしても、崩壊に対する雨量の地域的偏在性の影響をなくすために超過確率雨量の代表値に相当するものが必要である。そこで、超過確率 W の値として、ここでは $W=50\%$ に対する日雨量を用いる。

超過確率 W を 50% としたのは、この値が非超過の確率とも等しくなり、また再現期間も2年ということであり、災害に関する基本量として意味があると考えたからである。山口(1982)は、代表雨量として雨量データの分布をピアソンⅢ型分布にあてはめたときのモード値の雨量を用いている。著者の場合も、図-2にみられるように対数正規分布のあてはめによっているので、 $W(50\%)$ に対する雨量は、モード値にあっている。以後、こうして得られるその地域の $W(50\%)$ 日雨量を $R_{50\%}$ と書くことにする。

以上のようにして代表雨量を $R_{50\%}$ とすれば、該当する豪雨時日雨量 R との比より日雨量が相当する外力 X (雨量相当力)は

$$X = R/R_{50\%} \quad (3)$$

と表すことができる。この相対雨量による相当外力 X とその時の豪雨による崩壊面積率 S_a との関係を図-5に示した。

同図より、相対雨量 X と崩壊面積率 S_a との関係が地質ごとに、ほぼ次のように表される。

$$\left. \begin{array}{l} \text{中古生層地帯} : S_a = a_1 X^{1.5} \\ \text{オ3期層地帯他} : S_a = a_2 X^{1.5} \\ \text{花崗岩・破碎帯} : S_a = a_3 X^2 \end{array} \right\} \quad (4)$$

ここに、 S_a をパーセント表示で与えれば、乗定数 a_1 、 a_2 、 a_3 は次のような値となる。

$$a_1 = 1/11, \quad a_2 = 1/4.2, \quad a_3 = 1/3.7 \quad (5)$$

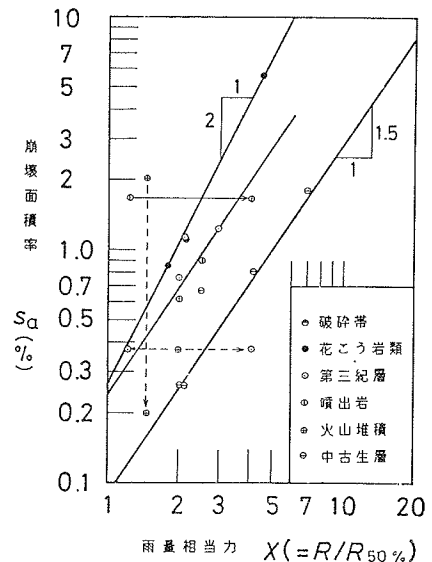


図-5 雨量相当力と崩壊面積率

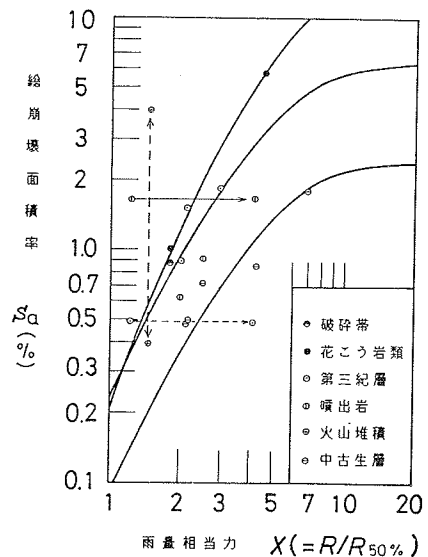


図-6 雨量相当力と総崩壊面積率

これらの関係と図-5より、中古生層地帯では崩壊が相対的に発生しにくく、それに較べて花崗岩地帯や破砕帯では、崩壊が発生しやすいことがわかる。

3. ワイブル分布による検討

ワイブル分布は、材料破壊強度の分布として導入され、1974年森田によって山崩れの発生件数の問題に適用された。ワイブル分布の確率密度関数は次式で与えられる。

$$f(x) = \frac{m}{\alpha} (x - \gamma)^{m-1} \exp\left[-\frac{(x - \gamma)^m}{\alpha}\right] \quad (6)$$

ここに、 γ , m , α は位置、形状、尺度のパラメータである。 $f(x)$ を崩壊抵抗力（限界値）の確率密度とし、雨によって $X (= R/R_{50\%})$ なる外力が作用したとすると次式が成立する。

$$S_a = \int_0^X f(x) dx = 1 - \exp\left[-\frac{(x - \gamma)^m}{\alpha}\right] \doteq 1 - \left\{1 - \frac{(x - \gamma)^m}{\alpha} + O(x)\right\} = \frac{(x - \gamma)^m}{\alpha} \quad (7)$$

上式の式型は、打萩、難波が発表した式型と同一であり、打萩は花崗岩地帯で $m=2$ としている。なお、上式で $\gamma=0$ とすれば、先の(4)式に一致する。図-7は、(7)式中の厳密解（実線）と簡略解（破線）とを比較したものである。実用上(7)式のべき乗式で十分である。

次に、図-6の総崩壊面積について考えるが、これには豪雨時日雨量の度数分布が必要である。このような年数回発生する日雨量の度数分布に角谷が示した指数分布を与えることにすれば、総崩壊面積率 S_a は次式で求められる。

$$S_a = n_0 \int_0^X S_a(x) e^{-kx} dx = n_0 \int_0^X \left(1 - e^{-\frac{x^m}{\alpha}}\right) e^{-kx} dx \quad (8)$$

上式は、ある期間内での総崩壊面積率を表しており、 $n_0=3.5$, $k=1/2$ として数値計算をした結果が図-6中の曲線である。 S_a はある期間をとって考えれば頭打ち傾向になることになる。

参考文献

- (1) 打萩珠男：新砂防20(1), 16~20, 1967. (2) 河田五郎・片岡順・綱本皓二：昭和47年7月豪雨災害の調査と防災研究（科研自然災害）。
- (3) 森田浩：農業土木学会誌42, 371~381, 1974.
- (4) 角谷睦：水文統計論，工学シリーズ64. (5) 林野庁監修：治山調査法，千代田出版，1970.
- (6) 村野義郎：新砂防17(4), 1~8, 1965. (7) 林野庁治山課編：山地荒廃危険地の予測—荒廃危険地域対策調査才2部—治事調報告，1971.
- (8) 難波宜士：荒廃危険地域の判定法，(XI), 1968.
- (9) 打萩珠男：新砂防23(4), 21~34, 1971. (10) 山口伊佐夫：流域管理計画の立て方，水利科学研究所，1982.
- (11) 大村寛：静大農演習林報告7, 1~38, 1982.
- (12) 吉村弘行：新砂防29(3), 1~9, 1977. (13) 岩井重久・石黒政儀：応用水文統計学，森北。

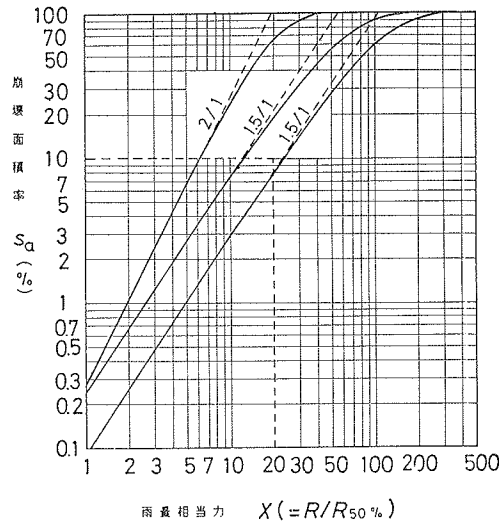


図-7 雨量相当力と崩壊面積率の理論的關係