

大阪大学工学部 正 員 室 田 明
 大阪大学大学院 学生員 ○ 端 野 道 夫
 シ シ 多 田 博 登

1. はしがり

筆者らは、豪雨による山腹崩壊の発生とそれによる土砂生産量がほぼ一意的に流域貯留量で規定されるものとして、土砂生産モデルを確率統計学的に設定したが¹⁾、ここでは、さらに流域貯留量と山腹崩壊発生との関係を考察・検討し、先に設定したモデル降雨²⁾を基に時間単位の降雨を発生させることにより、山腹崩壊土砂生産量の超過確率分布を求める。適用地域は有田川上流域(198km)である。

2. 流域貯留量と山腹崩壊発生

時刻 t における流域貯留量 $S(t)$ と雨量 $r(t)$ 、流量 $g(t)$ との関係は(1)式で表わせるものとする。

$$\frac{dS(t)}{dt} = f \cdot r(t) - g(t) \quad (f: \text{流入係数}) \quad (1)$$

豪雨時の $r(t)$ 、 $g(t)$ のデータの解析と山腹崩壊記録より、土砂生産モデルの骨子である次のことを仮定した。¹⁾

すなわち、流域貯留量 S がある限界値 S_c を超えると崩壊が発生し、流域全崩壊土量 V はそのときの貯留量最大値 S_{max} によって規定される。(Fig. 1)

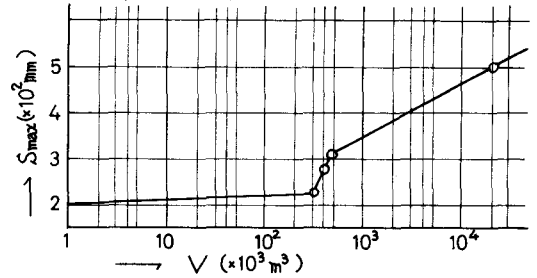


Fig. 1 S_{max} と V の関係

ところで、当初、初期貯留量 $S_0 \equiv 0$ として $S(t)$ を算定したが、 S_0 は豪雨前の降雨の有無により多少変化するであろうから、無降雨時・減水部の貯留量を(2)式で表わされる経験的関係式³⁾で求めることにする。したがって降雨直前($t=t_*$)の貯留量が(2)より $S_* = K g(t_*)^P$ であるなら、その降雨量に相当する流量が流出するまでの貯留量は(1)式を積分した(3)式で表わされる。(3)式中、 $g(t)$ の算定法として

$$S(t) = K g(t)^P \quad (2)$$

(有田川上流域では $K=115.1$, $P=0.1564$)

$$S(t) = \int_{t_*}^t (f \cdot r(t) - g(t)) dt + S_* \quad (3)$$

種種の方法が考えられるが、後述の計算では洪水流出の貯留関数法を用いた。なお、Fig. 1の S_c の数値は(2)式により修正して得たもので $S_c \approx 200 \text{ mm}$ となった。

山腹崩壊の発生の時刻とその土砂生産量は貯留量のパターンによって変化するであろうから、次のように考える。

ある期間の貯留量が、たとえば模式図Fig. 2のごとくであるとする。時刻 t_1 ではじめて $S=S_c$ となり、時刻 t_5 まで $S \geq S_c$ である。この間、極大値 S_2, S_4 ($S_4 > S_2$)をとる。崩壊発生は時刻 $t_1 \sim t_2, t_3 \sim t_4$ であり、土砂生産量は $S_4 = S_{max}$ で規定される。 $t_2 \sim t_3, t_4 \sim t_5$ での崩壊すべき箇所は、すでに貯留量増加時 $t_1 \sim t_2, t_3 \sim t_4$ において発生しているはずである。次に $S \geq S_c$ である時刻は $t_6 \sim t_8$ であるが、それまでの時間($t_5 - t_1$)で山腹の崩壊に対する抵抗力が十分に回復しているか、すなわち、 S_c の値そのものが前歴に左右されず不変であるかに問題が残るが、ここでは S_c は流域全体として不変と

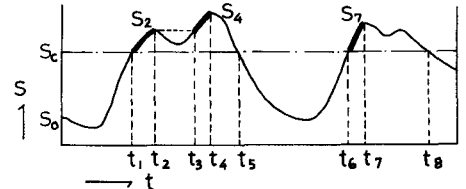


Fig. 2 貯留量の時系列の模式図

考える。それゆえ、 $t_6 \sim t_7$ 間でも崩壊が発生し、そのときの土砂生産量は $\hat{s}_7$ で規定される。結局、 $t_6 \sim t_8$ 間での全土砂生産量は極大値 $\hat{s}_4$ と $\hat{s}_7$ に対するそれぞれの土砂生産量の和である。

3. 時間単位モデル降雨の発生

流域貯留量算定の精度を上げるため、日単位のモデル降雨²⁾を基に、次のごとく時間単位の降雨を発生させる。

今、日単位のモデル降雨の降雨特性(降雨日数、降雨間隔日数、日雨量)を表わす分布に従う乱数を発生させ、得られた日雨量を $X(>0) \text{ mm/day}$ とする。 X は $\sum_{i=1}^m X_i = X, (m = \frac{X}{\bar{X}})$ なる m の M 時間単位の雨量 $X_i (>0)$ の和である。

そこで M 時間単位の雨量分布に従う乱数を発生させ、 $X_1, X_2, \dots$ と順番に X_i を求め、 $\sum_{i=1}^m X_i < X$ であれば、最後の X_m をその差だけ増し、 $\sum_{i=1}^m X_i > X, (k \leq m)$ であれば、その差だけ最後の X_k から差し引く。単位時間 M を小さくとれば雨量 X_i の自己相関性が強くなると考えられるが、だいたい $M=4 \text{ hrs}$ では自己相関がないとして、豪雨時の時間雨量データより得られた4時間単位の雨量分布を用いる。

山腹崩壊の発生時期は、実際には7~9月がほとんどであることを考え、降雨発生期間を5~10月の降雨強度の高い期間とし、降雨母集団を各月ごととするモデル降雨を八幡地点で188年間にわたり発生させた。その年最大日雨量 R_m を Gumbel 紙にプロットしたのが Fig. 3(a)であり、観測値(75年間)のそれとの適合度はほぼ満足されよう。

4. 貯留量および土砂生産量の超過確率

貯留量の初期値 s_0 を各年の5月はじめにおいて、 $s_0 = 64 \text{ mm} (q_0 = 0.02 \text{ mm/hr})$ なる一定値にし、時間単位のモデル降雨を発生させると同時に貯留量を計算する。その結果、年最大貯留量 $\hat{s}_m$ の超過確率分布を Fig. 3(b) のごとく

得る。求める年最大土砂生産量の超過確率分布は、Fig. 3(b) と $\hat{s}_{\max} - V$ の関係 Fig. 1 より、Fig. 4 のごとくなる。Fig. 3に見るごとく日雨量と貯留量の超過確率の分布形はよく類似している。また崩壊の発生しうる日雨量のリターンペリオドは約2年である。Fig. 4によれば、一豪雨による比較的小規模な土砂生産($\text{土砂生産量 } V \leq 3 \times 10^5 \text{ m}^3$)は、リターンペリオド5年以下で起りうる。また大規模な土砂生産($V \geq 10^7 \text{ m}^3$)でもリターンペリオド30年以上で起りうると言えるだろう。たとえば、昭28年災害時の土砂生産($V = 2 \times 10^7 \text{ m}^3$)のそれは約40年になる。

土砂生産量の推算は、モデル降雨の発生精度、貯留量の算定精度、および土砂生産モデルの妥当性にかかっているが、貯留量限界値 s_c と山腹の崩壊に対する抵抗力の関係の物理的裏付けが今後の問題であろう。最後に、必要とした計算は京都大学大型計算機センターによったことを付記する。

参考文献 1) 室田・端野・多田、豪雨による山腹崩壊土砂生産のモデル化、昭44年度関西支部年次講演概要

2) 室田・端野、モデル降雨による土砂輸送量の確率分布の推算、第23回土木学会年次講演会概要、昭43

3) 金丸・星・三島、山腹の保水能力に関する一考察、第23回土木学会年次講演会講演概要、昭43

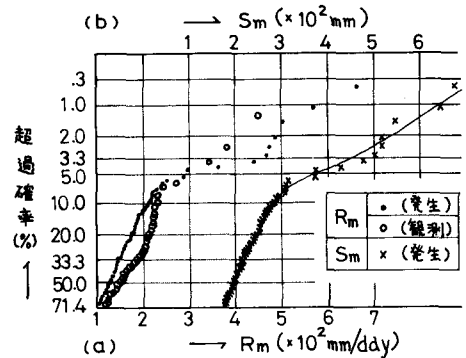


Fig. 3 年最大値の超過確率分布

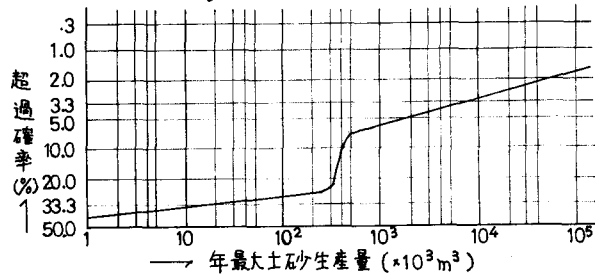


Fig. 4 年最大土砂生産量の超過確率分布