

桜島・野尻川における土石流について

建設省大隅工事事務所 歳田正夫, 山内 修
九州大学 工学部 椿 東一郎, 平野宗夫

1. まえがき

幻の災害とよばれてきた土石流も、焼岳や桜島の諸河川における観測により、ようやくその流動状態が目の前に見られるようになってきた。桜島においては、昭和50年4月から、建設省大隅工事事務所により、南側斜面水系の流路工に、土石流観測施設が設置されており、土石流の波高、流速およびハイドログラフなどの資料がえられ、すでにくつがの報告もなされている。^{1), 2)}

本文においては、桜島の代表的な河川であり、データの豊富な野尻川について、流路工における流速、流砂量およびハイドログラフに関するその後の研究成果について報告する。

2. 土石流の流速と流砂量

(1) 流速係数 図-1は流速係数 $\phi = V/\sqrt{gRI}$ (V は流速, R は径深, I は水路勾配)を求めてピーク流量 Q_{TP} に対してプロットしたものである。横軸はぼうついでいるが土石流の規模に関係なくほぼ一定の値を示しており、その平均は $\phi = 12.3$ である。

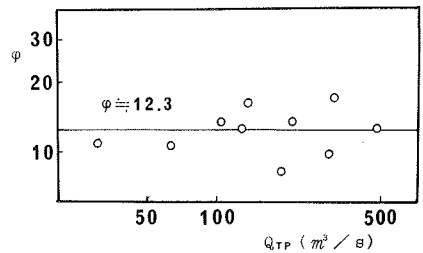


図-1 流速係数とピーク流量

高橋³⁾は Bagnold が提案したせん断応力式を間水路等流に適用して次式を導いた。

$$\phi \equiv \frac{V}{\sqrt{gRI}} = \frac{2}{5} \left\{ \frac{1}{a_i \sin d} \left\{ Cd + (1+Cd) \frac{\rho}{\sigma} \right\} \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{C_*}{Cd} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} \frac{h}{d_m} \quad (1)$$

ここに、 h は水深, Cd および C_* はそれぞれ土石流および堆積物の濃度, σ および ρ はそれぞれ土石および水の密度, d_m は土石の平均粒径, $a_i \sin d \doteq 0.02$ ⁴⁾ である。上式において、 h/d_m は岩塊がとりこまれた地質における無次元掃流力 $hI/(\sigma/\rho - 1) d_m$ によって規定されると思われるから、 $h/d_m \doteq \text{const.}$ したがって、 ϕ もほぼ一定となり、図-1の結果が説明される。

(2) 流砂量 土石流の流砂量を掃流砂量式で表示できることが椿ら⁵⁾によって見出されて以来、その妥当性についての議論がなされているので、野尻川について検討してみる。掃流砂量式として芦田⁶⁾の式を用い、掃流力が限界掃流力に比し十分大きく、かつ、Sand Wave が発生していないことと考慮すると、単位幅当りの掃流砂量 q_B は(2)式、流量 q_T を用いて変形すると(3)式となる。

$$q_B = 17 u_*^3 / (\sigma/\rho - 1) g \quad (2) \quad q_B = \frac{17}{\phi(\sigma/\rho - 1)} q_T I \quad (3)$$

一方、土石流では、平均濃度 Cd として(4)式³⁾を用いれば(5)式を得る。

$$\frac{\sigma - \rho}{\rho} Cd = \frac{I}{\tan \phi - I} \quad (4) \quad q_B = \frac{q_T I}{(\tan \phi - I)(\sigma/\rho - 1)} \doteq \frac{1}{0.8(\sigma/\rho - 1)} q_T I \quad (5)$$

野尻川においては $\phi \doteq 12.3$ であるから、(3)式と(5)式にはほとんど差異がないことがわかる。

3. 降雨と土石流の応答関係

まず、野尻川の資料より、降雨と流量の自己相関および相互相関係数を求めると図-2のようになり、相互相関は顕著なピークを示す。このピークの位置を遅れ時間 t_L とし、各流出について t_L を取めると、土石流の規模に関係なく、 t_L は15~20分程度であった。

次に、流域を *lumped system* とし、降雨と土石流流出の応答関係を次式で表わす。

$$Q(t) = \int_0^t a(\tau) h(\tau) Y(t-\tau) d\tau \quad (6)$$

ここに、 $a(t)$ は *system* の非定常性を表わすために導入した項、 $h(\tau)$ は応答関数、 Y は降雨強度である。図-2の自己相関をみると、流量の低減は降雨のそれに比しかなり速いので、簡単に、 $h(\tau)$ をデルタ関数で表わし、 $h(\tau) = \delta(\tau - t_L)$ とし、(6)式に代入すると、

$$a(t) = Q(t) / Y(t - t_L) \quad (7)$$

となる。 $a(t)$ はガリ斜面における泥流や土石流発生の場合の広がりを表わすものと考えられるので、データより $a(t)$ を求め、累加雨量に対してプロットすると図-3のようになり、ほぼ対数正規分布を示す。そこで、 $a(t)$ を累加雨量に対して対数正規分布とし、(6)式により流出量を計算すると図-4のようになり、実測値とよく一致する。なお、 $a(t)$ はガリ斜面における堆積物の量や分布によって規定され、降雨、斜面崩壊や土石流が発生する毎に変化するものと考えられるので、これらについての時系列的な研究が必要である。

参考文献

- 1) 椿・平野：桜島の土石流災害について、河川災害に関するシンポジウム(8852.2)
- 2) 田原：桜島の土石流流出の4特性、第23回水理講演会論文集(8854.2)
- 3) 高橋保：土石流の発生と流動に関する研究、京大防災研年報、第20号 B-2 (8852.4)
- 4) 片岡順也：土石流の発生機構に関する研究、自然災害特別研究成果、No. A-53-3 (昭53.12)
- 5) 椿・平野・内村：奥谷堆積土砂の流動(第2報)、第27回土木学会年次学術講演会(8847.10)

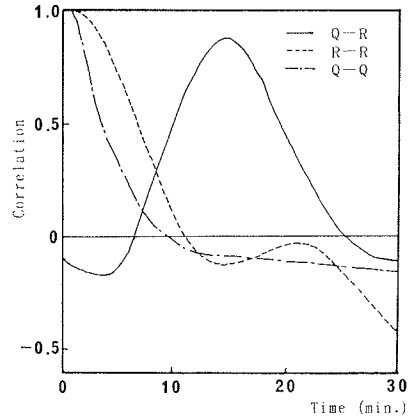


図-2 降雨と流出量の相関係数

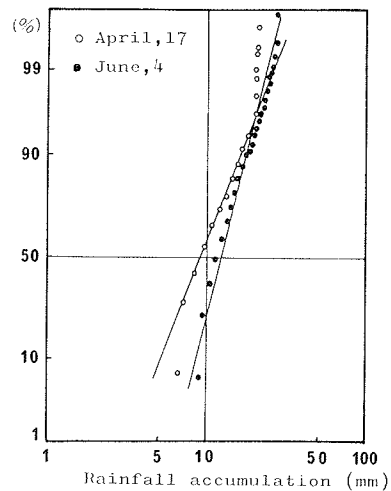


図-3 $a(t)$ の分布

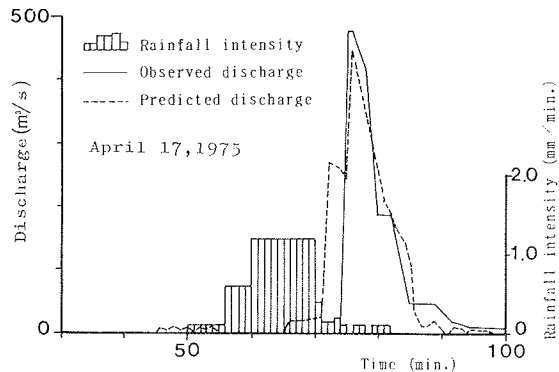


図-4 計算値と実測値の比較