

42 河口部における土石流の堆積・翹上のシミュレーション

建設省土木研究所

水山 高久

石川 芳治

福本 晃久

○八千代エンジニアリング(株)

井戸 清雄

永田 謙二

1. はじめに

土石流等による土砂災害の危険区域を設定するための手段として水理モデルにもとづいた平面二次元土石流氾濫シミュレーション手法の研究を行っている。このようなシミュレーション手法は様々な現象(災害)に適用することでモデルの向上がはかられる。今回、対象とした災害は下記に述べる桜島の野尻川に昨年8月に生じた土石流災害である。

この災害の特徴は、流路工を流下した土石流が河口部に堆積・翹上し河口から約0.7kmの区間に土砂が堆積した。従来の災害では氾濫開始点から扇状地状に土砂が氾濫した状況を再現したものが多かったが、この計算ではまず流路工を氾濫せず流下する状況を表現しなければならない。以下にその結果を報告する。

2. 野尻川の概要および昭和63年8月災害時の土石流氾濫状況

桜島は鹿児島県の中央にある周囲52km、面積約80km²の円形の火山島であり、現在盛んに噴火活動が続いている。桜島には計18の河川があり、流域面積が小さく河床勾配が急であり、土石流が発生しやすく、最も多い野尻川では年平均20回にも達している。野尻川は桜島の南西に位置し、鹿児島湾(錦江湾)に流入する。計算の対象とした区域は河口から1号副々ダム(1k/300)までの幅500m、長さ1500mの区域である。昭和63年8月22日～23日にかけて寒冷前線の通過に伴って、野尻川5号ダム(テレメータ)の降雨記録によれば、連続雨量214mm、

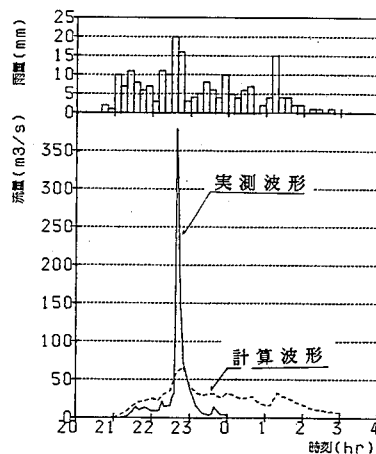


図-1 昭和63年8月災害時洪水流量

最大時間雨量67mm、最大10分間雨量20mmの相当強い雨が降った。この時、野尻川では3度にわたって土石流が発生した。まず、22日21:21に野尻川の5号ダム上流(2k/900付近)に張られたワイヤセンサが土石流によって切断された。続いて、同日22:13に第2波目の土石流が発生し、国道224号の検知線が切断、遮断機が下りて国道は通行止めになった。第二野尻橋は無堆砂状態で野尻川流路工の底盤から6.2mあるが、この2度にわたる土石流で第二野尻橋と河道内の堆砂面とのクリアランスは2m程度となった。第2波発生後もなお雷を伴った強い雨が降り続き、翌23日午前1:28に第3波の土石流が発生し、第二野

尻橋のクリアランスはなくなり、土砂が国道に流出した。流出した土砂は野尻地区の国道に450mにわたって広がり、第二野尻橋近くにあるドライブイン駐車場まで氾濫した。¹⁾これらの土石流氾濫概要を表-1に示し、図-1に実測流量波形および貯留関数法による計算波形を示した。

表-1 対象流域の土石流氾濫概要

溪流名	流域面積	主流路長	平均勾配	堆積土砂量	氾濫面積	氾濫開始勾配	氾濫末端勾配
野尻川	2.73km ²	4000m	1/5.4	79,200m ³	6,000m ²	1/18.6	1/18.6

3. 平面2次元土石流氾濫シミュレーション手法

野尻川の下流部の河床勾配は、約1/22であり、この勾配を用いて、高橋の土石流濃度式を適用し、 $\tan\phi=0.6$ 、 $\rho_n=1.0(t/m^3)$ として計算すると、濃度は5%程度であり、図-1の実績波形で約1万m³の土砂が流下するのみである。 $\rho_n=1.5(t/m^3)$ として計算しても濃度は11%程度、土砂量としては約3万m³である。しかし、水の密度の増大に寄与する細粒分の土砂濃度を次式から計算すると約30%であり、全土砂量、は約9万m³となり、災害の土砂量とはほぼ一致する。このときの全体の土砂濃度は約38%であり既往の土砂濃度測定結果と同程度の値となる。そこで、粗粒土砂、細粒土砂各々の土砂収支を追跡する計算モデルを考案した。下記に計算手法を示す。

$$Cf = (\rho_n - \rho) / (\sigma - \rho) \quad \dots\dots\dots (1)$$

平面2次元土石流氾濫シミュレーションは、①土砂を含む水流の運動方程式、②その連続式、③流量式④流砂の連続式、を離散化して差分計算²⁾を行っている。

二次元平面流れの運動方程式及び連続式は、式(2)～(4)のとおりである。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\beta \cdot u \cdot M) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot (\beta \cdot v \cdot M) = -g \cdot h \cdot \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{F_x}{\rho_0} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\beta \cdot u \cdot N) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot (\beta \cdot v \cdot N) = -g \cdot h \cdot \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{F_y}{\rho_0} \quad (3)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、M；x方向単位幅当り流量フラックス(M=u・h)、N；y方向単位幅当り流量フラックス(N=v・h)、β；運動量補正係数、u；x方向の流速、v；y方向の流速、H；水位(H=Z_b+h)、h；水深、Z_b；地盤高

F_x、F_yは、x、y方向の抵抗項³⁾であり、

$$F_x = (\sigma - \rho_n) \cdot g \cdot h \cdot C_{dn} \cdot \cos\theta_x \cdot \tan\alpha + \tau_{bx} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$F_y = (\sigma - \rho_n) \cdot g \cdot h \cdot C_{dn} \cdot \cos\theta_y \cdot \tan\alpha + \tau_{by} \quad \dots\dots\dots (6)$$

と表わされる³⁾。抵抗項の第1項は、粒子間の衝突によって生じるクーロンの摩擦力であり、第2項は、流体としての抵抗力であり、マニング型の抵抗則を用いると、以下のように示される。

$$\tau_{bx} = \rho_0 \cdot g \cdot n^2 \cdot u \cdot \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\tau_{by} = \rho_0 \cdot g \cdot n^2 \cdot v \cdot \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここに、ρ₀；土石流の密度、σ；砂礫の密度、ρ；水の密度、ρ_n；微細砂が浮遊することによって増加した水の密度、C_{dn}；土砂流中の粗粒分の容積濃度

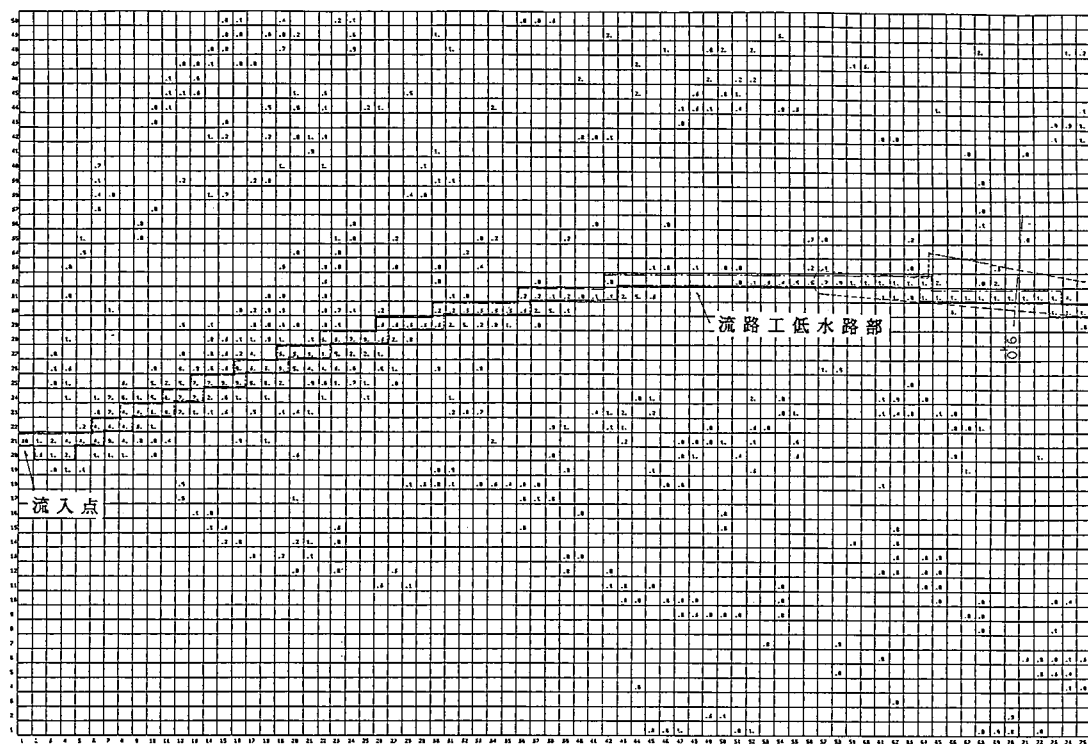


図 - 2. 1 上流部の土砂堆積深分布 (単位 m)

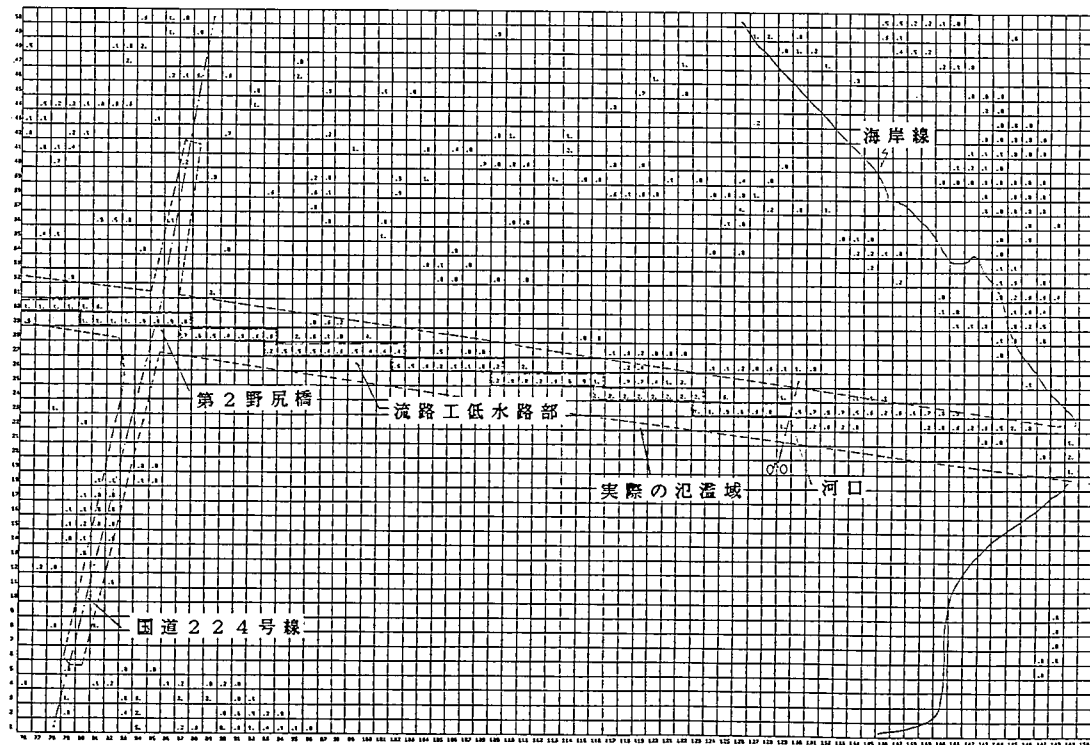


図 - 2. 2 下流部の土砂堆積深分布 (単位 m)

10m