

土石流扇状地の堆積形状

京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 名城大学理工学部 正員 新井 崇之
 京都大学大学院 学生員 〇八木 秀樹

1. まえがき 土石流の停止堆積機構の解明は、土石流災害の防止軽減に大きな役割を果たす。そこで、本研究では微細砂を含む材料を用いて谷出口での停止堆積機構に関する実験を行ない、微細砂の効果について考察する。また土石流流出のハイドログラフの形を変え、あるいは分割した場合についても同様に、その影響について検討する。

2. 微細砂の効果

土石流が堆積すると空けき率が流動している場合より小さくなるため、その減少分の水が堆積層上を流れる。その表面流の単位幅流量は浸透を無視すると

$q_0 = \{Q_w - Q_s(1 - C_s) / C_s\} / B$ (1) Q_w : 給水量, Q_s : 給砂量, B : 表面流幅 C_s : 堆積層の砂礫の容積濃度で与えられる。また堆積勾配 γ は次式で与えられる¹⁾。

$$\tan \gamma = \frac{C_s(\rho - \rho_s) \tan \phi}{C_s(\rho - \rho_s) + \rho_s [1 + 0.52 (\frac{\rho_s}{\rho})^2]} \quad (2) \quad \begin{matrix} \rho: \text{流体, 砂礫の密度} \\ \phi: \text{内部摩擦角 } d: \text{平均粒径} \end{matrix}$$

微細砂としては、平均粒径 0.15mm の珪砂を用いたが、実験の範囲では、これは完全に浮遊して流れ、流体の密度を増加させる効果があると考えられる。図1は(2)式の適用結果である。

ここで $d=0.3\text{mm}$, $C_s=0.6$, $\rho=1.339/\text{cm}^3$, $\rho_s=2.659/\text{cm}^3$, $\tan \phi=0.6$ 図1 中心軸上の堆積形状
 $B=30\text{cm}$ とした。このときの微細砂の給砂量は 0.3/s であるが、図中に示した Q_s は微細砂を除いた $d=0.3\text{mm}$ の砂のみの給砂量である。

微細砂の混合比をさまざまに変えたときには、微細砂の割合が増加するにつれ堆積勾配がゆるくなった。そして図1と同様に実測値と計算値がよく一致するので、微細砂が流体と同様に挙動し、その密度を増加させるという考え方は妥当と思われる。そこで以下この考え方に従って計算を行なう。

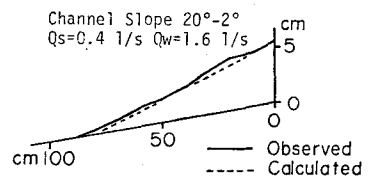
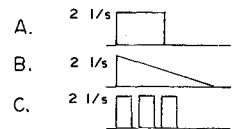
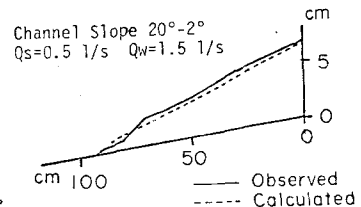
3. 流出ハイドログラフの形状の影響

図2に本研究で用いた土石流流出のハイドログラフを示した。ここではA型とB型、すなわち長方形と三角形の場合について検討する。図2. ハイドログラフの型
 なお総流量はA, B, C各型等しい。

実験によれば、長方形の場合よりも三角形の場合の方が堆積勾配が急であった。これは三角形の場合には流量が漸減するので、それにともない表面流の水深が漸減するためと思われる。三角形の場合の堆積勾配の計算については、

(2)式は表面流量が一定の場合の式なので厳密には適用でき 図3. 中心軸上の堆積形状 (B型)

Tamotsu TAKAHASHI, Muneyuki ARAI, Hideki YAGI



ないが、平均流量の $1/5$ が定常的に流出するとして計算すると実験値とよく一致している(図3)。

先端到達距離は流出が定常的な場合には、 $X_L = V^2/G - (3)$ で与えられる。

ただし $G = [(1-p) \rho C d u \cos \theta \sin \theta] / [(1-p) C d u + p] - \rho \sin \theta$, $V = v_u \cos(\theta_u - \theta)$

$C d u$: 上流水路の土石流濃度 v_u : 上流水路での流速 θ, θ_u : 上流、下流の水路勾配
 右の式は運動量解析から求められるが、ここでは静水圧と土圧の項は無視した。ハイドログラフの形状がB型のような三角形の場合について、(3)式と同様の考え方で X_L を導くと(4)式のようである。 $X_L = V^* \cdot T_0^* - (4)$ ただし $V^* = v_u \cos(\theta_u - \theta)$, T_0^* : 流出継続時間

$$T_0^* = \int_0^{t_0^*} \frac{1}{x(2-x)} \left[\frac{1}{3} (1-(1-x)^3) - \frac{G T}{V^*} (1-x^2 - \frac{x^3}{3}) \right] dx$$

v_u : 下流水路での流速 t_0^* : 流出開始後の経過時間 t_0 : 下流で土石が停止するまでの時間、 $x^* = x/t_0$
 (3)式(4)式を用いてハイドログラフが長方形と三角形の場合の X_L を比較すると、表1に示すようにはほぼ同じ値である。これは流出初期の流量が先端到達距離に大きく影響するためと考えられる。

Type	A	B
X_L cal. (cm)	109	106
X_L exp. (cm)	132	94

表1. 先端到達距離

表1によれば実験値と計算値は少し違っており、その差はA型の場合の方が大きい。これはA型の場合では流量は厳密に一定ではなく先端停止前に転波列が到達して先端をより遠方にまで到達させる作用があるためであると考えられる。すなわち、長方形の場合には後続の転波列の影響が大きいので計算値よりも大きな値が出る傾向があり、三角形の場合には流量が漸減するため、後続の転波列の影響が少なく先端到達距離と同じ程度の最終到達距離になると考えられる。

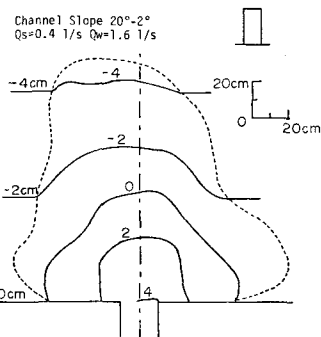


図4. 最終堆積形状(等高線), A型

4. ハイドログラフの分割の影響

図4, 図5にハイドログラフを分割しないもの(A型)と分割したもの(C型)について最終堆積形状を示した。

流出を分割した場合は、分割しない場合に比べて先端が前進し、急拡部付近での横への拡がりが小さくなっている。

これは、2回目以後の流出のときにはその前の流出のときとの土石が堆積しているの、谷出口での水路勾配の変化が小さくなる結果、主に土石流が前進し、側面へはあまり流れないためと考えられる。

また堆積勾配については、分割した場合の最終状態と分割しない場合の違いはほとんどなかった。(図6)

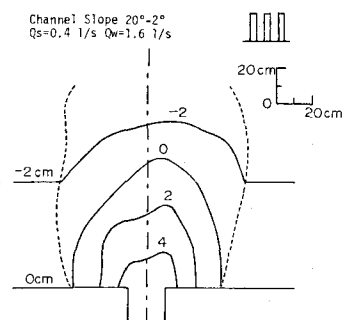


図5. 最終堆積形状(等高線), C型

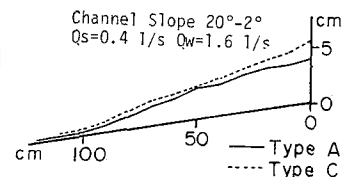


図6. 中心軸上の堆積形状(A型とC型)

参考文献 1) 高橋保; 土石流の停止堆積機構に関する研究, 京大防災研年報 1980.