

II-269 粘性土石流の流下における河床形状の影響に関する実験的検討

名城大学理工学部 正会員 新井 宗之
 京都大学防災研究所 正会員 高橋 保
 名城大学大学院 学生員 山谷 浩司

1.はじめに：土石流には中国で観測される粘性土石流と呼ばれる容積濃度 70%以上の高濃度で流下し、しかも間欠的に 100 波以上のサージとして流下する現象がある。このような間欠的な土石流の発生がどのようにして生じるのか明らかにされていないが、いくつかのことが考えられている。一つは河道堆積土砂が降伏応力を有し、それを上回る水深となった時、流動層が増大し、土石流化して流下する。また側岸ガリから河道上へ土砂流入があり、河道上の一部を堰止め、その天然ダム崩壊により土石流化して流下する。または河道の地形変化等によって流れの擾乱が発達し、流下する等が考えられる。ところで写真-1 は雲南省東川市蒋家溝で観測された土石流の一例である。段落部を流下した土石流が間欠的なサージとして流下している様子が認められる。そこで、ここでは粘性土石流の間欠的な流下に河床形状がどのように影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的として、粘性土石流の流下過程における河床形状の影響に関して実験及び数値計算で検討した。



写真-1 蒋家溝粘性土石流

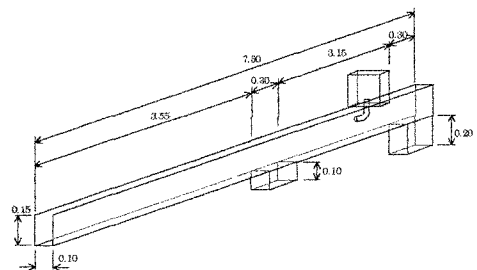


図-1 実験水路図

2.実験の概要：実験水路は図-1 ような水路長 7.30m、幅 10 cm、深さ 15 cm、水路上端に幅 10 cm、深さ 20 cm、長さ 30 cmの制水槽を有し、上流端より 3.15mの位置に幅 10 cm、深さ 10 cm、長さ 30 cmのプールを設けたアクリル製水路である。実験条件は水路勾配を 3.5° 、 5.3° 、 7.2° に変化させた。実験方法は、定常流の流れにプール上流側の小タンクから給水し、プール上流側でハイドログラフを変化させ、水路下流端でのハイドログラフの変化を測定した。

3.数値計算：流れの運動方程式及び連続方程式は漸変流近似をした次式の一次元

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \beta' \frac{\partial (uM)}{\partial x} = g \sin \theta_{b_0} - gh \cos \theta_{b_0} \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_m} \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\tau_{bx}}{\rho_m} = \frac{f}{8} u \cdot |u| \quad (3)$$

$$f = 8 \left\{ A_r + \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{h}{k_s} \right) \right\}^{-2} \quad (4)$$

方程式を用いた。ここで M ：流量フラックス、 u ： x 方向の平均流速、 $H=z+h$ 、 h ：流動深、 z ：基準面からの河床高さ、 θ_{b_0} ： x 軸の傾斜角、 τ_{bx} ： x 方向の底面摩擦応力、 ρ_m ：流体の見かけ平均密度、 β' ：運動量

キーワード：粘性土石流、土石流、実験、発達過程

連絡先：〒468-8502 愛知県名古屋市中白区塩釜口 1-501 Tel 052-832-1151 Fax 052-833-5850

補正係数, A : 定数(6.0), κ : カルマン定数(0.4), k_s : 相当粗度である. 数値計算は中央差分, スタッガード格子, (1)式左辺第 2 項の移流項は一次精度の風上差分を用いた. 従来, 粘性土石流は流れの中に降伏応力を有するビンガム流体と考えられていたが, 著者らの中国での土石流観測や実験的な検討から¹⁾, 後続の支配的な流れは一種の粘性流体であると考えられる. このため, 式中の底面摩擦応力は降伏応力を無視し, 主に流量フラックスの流下過程の変化を見ることを目的として実験を清水で行っている. このため, 対数則を用い, 相当粗度は実験からマニングの粗度係数 $n=0.017$ に相当する値を用いた.

4. 考察: 図-2 は水路勾配 $\theta=4.8^\circ$ でのプール上流側ハイドログラフとプール下流側 $x=1.2\text{m}$ でのハイドログラフの変化を示したものである. 図中の(a), (b), (c)はそれぞれプール長 30, 20, 10 cmと変化した結果である. プール長が長い程下流側ピーク値は小さい. (c) $L=10\text{ cm}$ の場合には上流側と同程度の値を示している. 図-3 はプール長 $L=30\text{ cm}$ で水路勾配を変化させた結果である. $\theta=5^\circ$ 程度で上流側のピーク値よりも下流側($x=3.55\text{m}$)で若干大きな値となっている. 図-4は図-2の実験とほぼ同じ条件の数値計算結果である.

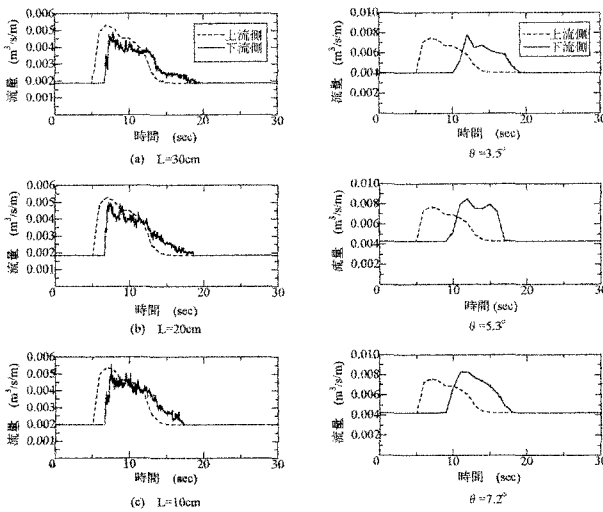


図-2 ハイドログラフ
($x=1.2\text{m}$ $\theta=4.8^\circ$)

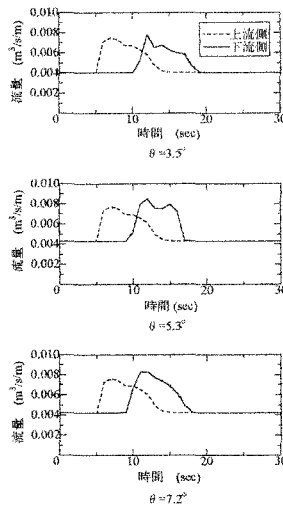


図-3 ハイドログラフ
($x=3.55\text{m}$)

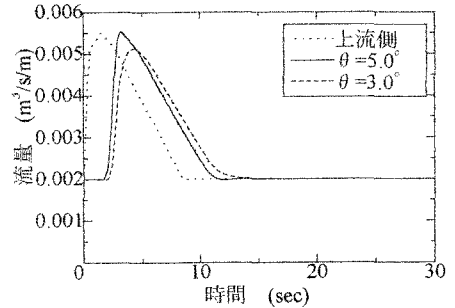


図-4 数値計算結果

ただし, 基底流量は $0.002\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ としている. 図中には, プール上流側のハイドログラフ及び下流側のハイドログラフが示されており, 水路勾配の変化による結果が示されている. 水路勾配 $\theta=3^\circ$ の場合, 下流側のピーク値は上流側ハイドログラフよりも小さくなっているものの, $\theta=5^\circ$ の場合には, 下流側でのハイドログラフのピーク値は上流側のハイドログラフのピーク値とほぼ同じかわずかに大きな値となっている. これはプールの存在により, それより上流側の擾乱が下流側で減衰せず, ほぼ同じかわずかに増大することのあることが示している.

5. 結論: 以上のことから, プールの存在とプールより下流側の河床勾配により, 流れに生じた擾乱が保たれるかまたは発達することが認められる.

参考文献: 1) SUWA H., T. SAWADA, T. MIZUYAMA, M. ARAI, and T. TAKAHASHI; Observational Study on Viscous Debris Flow and Countermeasures against them, International Symposium on National Disaster Prediction and Mitigation, IDNDR, Kyoto University, pp.225-230, 1997