

粘性土石流の間欠性における河床形状の影響について

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：中国で観測される土石流には粘性土石流と呼ばれる高濃度で間欠的に 100 波以上のサージとして流下する土石流が観測される。¹⁾ 写真-1 は雲南省東川市蔣家溝で観測された土石流の一例写真中央部に先端部が見られるが、さらに上流側に次のサージが生じている。このような土石流の間欠的な発生がどのように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る。一つは河道堆積土砂が降伏応力を有し、それをうわまわる水深となったとき、流動層が増大し、土石流となる考えである。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る土石流発生。さらに、河道上に地形変化等による流れの擾乱の発生等が考えられる。写真-1, -2 は観測された土石流（粘性泥石流）の例である。ここでは粘性土石流の流動機構を解明する 1 つとして、この間欠的な流下の発生に河床形状がどのように影響を及ぼすものかを明らかにしようとするものである。写真-2 は写真-1 より下流側の河道での土石流の流下状況である。二つの土石流先端部と、その上流側に段落部のあることが認められる。そこで、本研究では、粘性土石流の間欠性について河床形状の影響を実験及び数値計算で検討した。

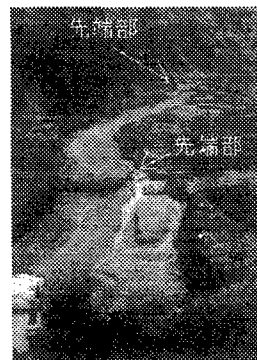


写真-1 粘性土石流

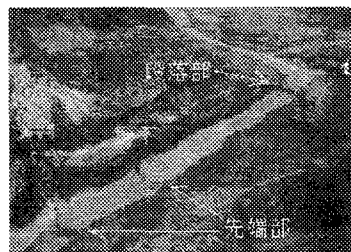


写真-2 粘性土石流

2.実験の概要：実験は実験水路を用いて水路実験を行った。実験水路は図-1 ようにアクリル製で、水路長約 2.15m、幅 10 cm、深さ 15 cm、水路上端に幅 10 cm、深さ 20 cm、長さ 15 cmの制水槽を有し上流端より 50 cmの位置に幅 10 cm、深さ 20 cmのプールを設けた水路である。実験条件は水路勾配を約 0°, 5° に変化させ、プール長は 30 cm, 20 cm, 10 cmと変化させた。実験方法は、定常流の流れに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、水路下流端での変化を測定するものである。

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一次元方程式で表せば、

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

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0$$

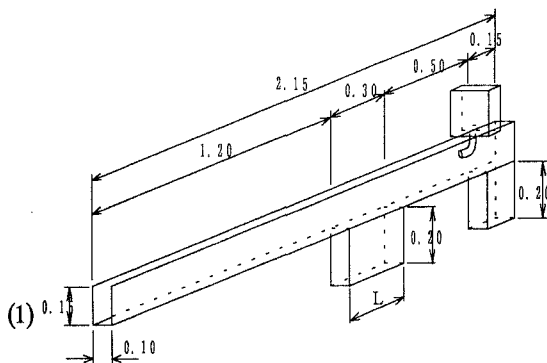


図-1 実験水路図

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' : 運動量補正係数である. 数値計算は中央差分, スタッガート格子, (1)式左辺第 2 項の非線形項は風上差分を用いた. 粘性土石流は従来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, 著者らの観察や実験的, 理論的な検討から, 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, 対数側を用い, 相等粗度はマンニング式における粗度係数 $n=0.017$ に相当する値を用いた.

4.考察: 図-2 はプール上流側ハイドログラフと水路下流端での実験によるハイドログラフの変化を示したものである. (a), (b), (c)はそれぞれプール長が 30, 20, 10 cmの実験結果である. 実験結果によると, 小さなピークが何度か生じる流れがあることが見受けられる. 特に, (c)の場合, ピーク値が流入量とほぼ同じかわずかに大きな値となっている. 図-3 は実験とはほぼ同じ条件の数値計算結果である. 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, 数値計算結果の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. 実験と同じ水路勾配 $\theta=5^\circ$ の場合, 下流側でのハイドログラフのピーク値は流入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. $\theta=3^\circ$ の場合にはピーク値は小さくなっている. 以上のことから, 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されており, 土石流への発達の可能性があることが示された.

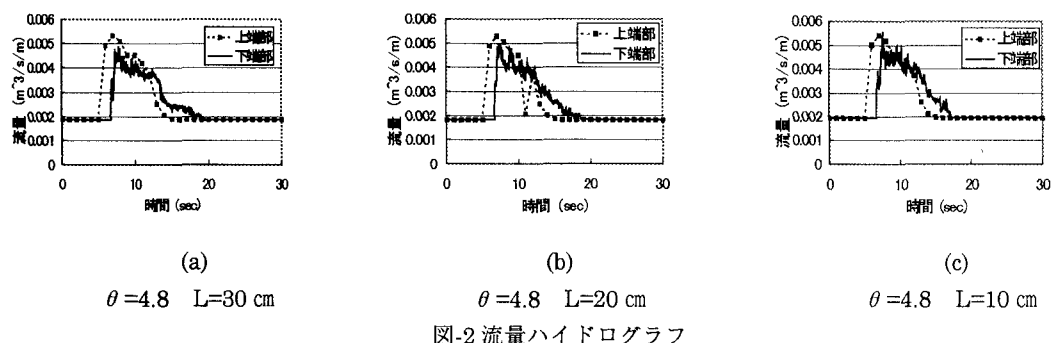


図-2 流量ハイドログラフ

5.結論: 以上のことから, 河床形状変形とそれ以下の河床勾配により, 流れに生じる擾乱が保たれるかまたは発達することが実験及び数値計算よりその可能性があることが認められた. しかしながら, どのような条件によるのか十分明らかではない. 今後その検討を進めたい.

謝辞: 本研究の遂行にあたって, 実験に御協力頂いた名城大学 夏目 貴広君, 山田 浩志君に対して感謝の意を表します.

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

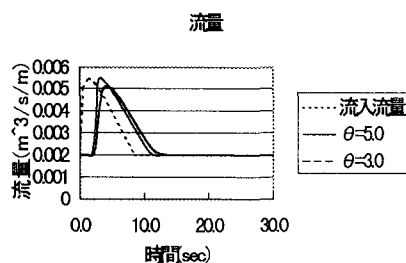


図-3 数値計算結果