

第Ⅱ部門

粘性土石流の堆積過程に関する研究

京都大学防災研究所 正会員 高橋 保 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
京都大学防災研究所 正会員 里深 好文 京都大学大学院 学生員 ○緒方 正隆

1. はじめに 中国の蔣家溝で発生している粘性土石流は、土砂濃度 C がだいたい0.53~0.85という高濃度域で、4度という比較的緩い路床勾配の区間において2~5分間隔で繰り返し流下する。流下してくる土石流は、勾配が4度程度のところになると土石流の堆積物上では容易に流動するが、強く締まった路床上に流入すると直ちに堆積しはじめ、やがて停止する。その際、河床位は土砂が堆積することで初めは上昇するが、その上昇量が1m付近に達するとそれ以上は変化しない。このような堆積過程を明らかにするため、現地の粒度分布を再現した粘性土石流を繰り返し流下させる水路実験を行い、その結果から蔣家溝の土石流の堆積過程に関する検討を行った。なお、使用した実験水路は全長7.5m、幅9.0cmの長方形断面水路で、水路床は平均粒径3mmの砂礫を貼り付けて粗面とした固定床である。

2. 蔣家溝の土石流の粒度分布を再現した粘性土石流 土石流の材料としてパールクレイと珪砂を用いた。材料の粒度分布は図1のようである。このような土石流を実験水路に流したところ、勾配10度において $C=0.56\sim0.57$ という高濃度で流下した。この時、粒子は全層に分散していることが確認された。勾配8度のケースでは、わずかに流下するものの、すぐに堆積した。今回の実験では蔣家溝で見られるような $C=0.53\sim0.85$ という高濃度域で、しかも路床勾配4度においても流動する土石流は再現できなかった。

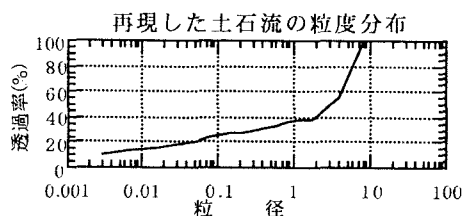
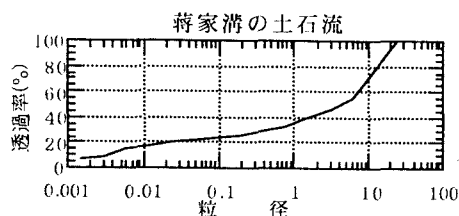


図1 粒度分布図

3. 粘性土石流を繰り返し流下させる水路実験

3.1 実験概要 図1のように蔣家溝の土石流の粒度分布を再現した材料を用いる。土砂濃度 C は0.57としている。実験は以下のような手順で行った。水路勾配の設定（8~12度）を行った後、実験水路の固定床上に上流端から約25000cmの土石流を流下・堆積させる（1本目）。その堆積物上に同じ材料を再び上流端から供給し、流下させる（2本目）。以後、同様にして3本目、4本目と同じ土石流を繰り返し流下させる。なお土石流を流下させる際、上流端から3m、6mの位置で水位の測定を行い、また高速度ビデオカメラで水路側面から流動状況を撮影した。

3.2 実験結果 水路床上に流下させた土石流は材料の供給終了後、流速が遅くなってから堆積しはじめ、停止・堆積した。このとき、堆積層の厚さは流下方向において一定であった。こうして形成された土石流の堆積物は非常に緩い状態であったため、再度流下してくる土石流にせん断されると、一瞬にして再び流動しはじめ、流下してきた土石流と一体となって流動した。この時、大きく2つのケースに分けることができた。

一つは堆積層全体が再流動化する場合（勾配11度以上の場合）で、土石流が堆積層上を流下後、一体となった流動層は粒子が全層に分散した状態で流れた。その後、流速が小さくなるにしたがい、前回と同程度の厚さの堆積層を形成し、やがて停止した（図2参照）。そのため、繰り返し土石流を流下させても常に一体となった流動層は粒子が全層に分散した状態で流れ、定常に近い状態での流動状況（流動深、流速分布）をみると、何本目においてもほぼ同様であった（図3参照）。

Tamotu TAKAHASI, Hajime NAKAGAWA, Yosifumi SATOFUKA, Masataka OGATA

次にもう一つのケースは、堆積層の大部分が再流動するものの、水路床付近で流動しない部分が残る場合である（勾配8～10度の場合）。この場合、一体となった流動層は流動しない材料上を流れる、移動床上の流れとなっている。その際、流動している部分に存在する粒子は全層に分散していた。固定床上に材料を供給するとほとんど流動できなかった勾配8度の場合でも、一度堆積層が形成された後に土砂が供給されると、容易に流動することができた。なお、固定床上に流下させた土石流においては急速に粒子が沈降し、土石流の流速も遅かったが、堆積物上に流下させた場合は、粒子の沈降は確認できず、流動層の流速はかなり速かった（図4参照）。

このようにして堆積層の厚さも徐々に増加していったが、やがてある厚さに落ちつくことが確認された（図5参照）。

4. 繰り返し流下する粘性土石流の堆積過程に関する考察

1.で述べた蔣家溝の土石流の堆積過程を実験結果から以下のように考えた。

蔣家溝上流で発生した土石流は、流下にもなっても河床勾配が緩くなるにしたがい減速し、やがて停止する。このとき土石流はゆるい堆積層を形成する。いま、上流からの土石流が間欠的に複数流下してくるとする。堆積層上に新たな土石流が流下してくると、ゆるい堆積層はせん断を受け、全体あるいは大部分が再流動化し、上流からきた土石流と一体となって流動する。この土石流が固定床（ずっと以前から河床として存在してきた堅く締まった河床面）上に流れ込むと、再び砂礫は沈降しはじめ、土石流は減速し、堆積層を形成して停止する。このようにして土石流は繰り返し流下を重ねるたびに下流へと堆積層を形成してゆき、かなり勾配の小さい領域にまで流下するようになる。形成される堆積層の厚さは現地では勾配4度程度のところで約1mを上限としている。水路実験においても同様の傾向がみられたが、この厚さがどのようにして決まってくるのかという点に関しては今後のより一層の検討が必要である。

5. おわりに 本実験によって繰り返し流下する際の蔣家溝の土石流の堆積過程はある程度説明できた。しかしながら、本実験では土石流を繰り返し流下させても勾配4度において高濃度な土石流を起こすことはできなかった。これについては今後検討する必要がある。

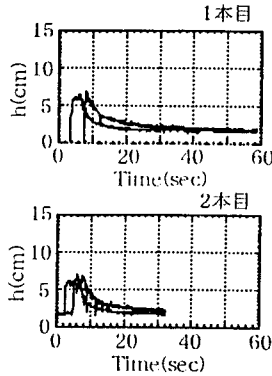


図2 水位計測結果(11度)

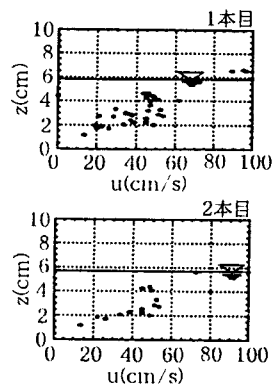


図3 流速分布(11度)

注) 水面より上のデータは表面流速を示す

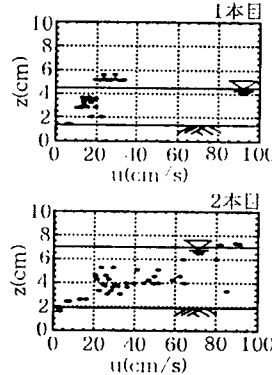


図4 流速分布(8度)

注) 水面より上のデータは表面流速を示す

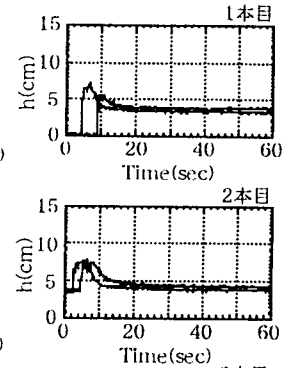


図5 水位計測結果(9度)