

II-11

落差を有する場における土石流の堆積に関する実験的考察

関西電力（株） 正員○中島 寿
 （株）ニュージェック 正員 大槻 英樹
 関電興業（株） 鉢鐵 勉

1. はじめに

土石流の流下、堆積域に落差地形が存在するような場における土石流挙動評価については、局所的な流れの複雑さのため未解明の点が多い。本報告では、一定の流下幅をもつ土石流が、落差にさしかかると同時に側岸の拘束から解放されて、堆積するときの挙動について、実験的に検討する。

2. 実験方法・条件

水路は長さ5m、幅10cmアクリル製矩形断面をもつ上流水路と堆積域の長さ2.7m、幅1.8mのベニヤ板製平面下流水路からなり、両者の接続点で落差を設けた。上下流水路とも底面に土石流材料と同一の実験砂を貼りつけた。

実験は、水路上流端より給水しながら、所定の濃度になるようほぼ一様な粒径の砂（比重 $\sigma/p=2.65$ ）を給砂して土石流を発生させ、下流水路への氾濫開始から、上流水路への堆積遡上開始までの間の流下・堆積形状を計測した。計測は、10cm間隔の格子目盛と10～20cm間隔に配置された計測ピンを用い、ビデオカメラと35mmスチルカメラによる撮影に基づいて行った。

実験条件は、表-1に示した変数を組み合わせて設定した。

3. 実験結果

堆積形状の諸元を図-1のように定義する。土石流は上流水路を流下して平衡状態となった後、落差部に到達し、下流水路に流出する。落差直前の土石流流動諸元が同一であっても、下流水路での堆積形状諸元は落差高の違いに応じて変化する。

表-1の条件のもとで得られた実験結果の概略を整理すれば、表-2のようである。以下では主なパラメータについて実験結果を解析する。なお、堆積形状は土石流の土量に依存することを考慮して、以下のデータ整理においては、落差高H以外の条件が等しい実験をひとつのグループとして、その中で最も早く上流側水路への堆積遡上が生じたケースの流出土量を基準に、当該グループのデータ解析を行った。

3.1 広がり角

α と H/h_0 の関係を図-2に示す（ h_0 ：供給土石流流動深）。 α は濃度 c_d が大きく、 H/h_0 が大きいほど大きくなる。前者は、濃度の増加にともなって土石流の抵抗が大きくなるからである。一方、 α に対する

上流水路勾配 θ_u	18°	平均粒径 d_m (mm)	1.4 2.8 4.2
下流水路勾配 θ_d	6° 8°	土石流流量 Q_T (cm/s)	2,136 3,900
落差高H (cm)	0 5 10	土石流濃度 C_d	0.2 0.3 0.4

表-1 実験条件

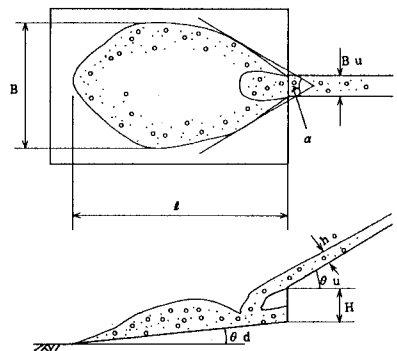


図-1 堆積形状模式図

落差直前流動深 h_0	1.3cm ~ 4.0cm		
落差直前流速 U_0	65cm/s ~ 123cm/s		
$Fr (=U_0/\sqrt{gh_0})$	1.2 ~ 4.8		
Bu/h_0	2.5 ~ 7.9		
流出時間	2秒 ~ 51秒		
落差高 H	0cm	5cm	10cm
H/h_0	0	1.3 ~ 3.9	2.7 ~ 7.9
広がり角 α	24° ~ 71°	51° ~ 83°	57° ~ 90°
B/Bu	3.0 ~ 8.5	3.5 ~ 10.9	3.0 ~ 10.9
l/Bu	3.8 ~ 33.0	3.1 ~ 26.6	2.6 ~ 19.5
l/B	1.2 ~ 4.5	0.7 ~ 3.5	0.6 ~ 2.1
l/H	—	6.2 ~ 53.2	2.6 ~ 19.5

表-2 実験結果の概略

落差高の影響については、次のように考えられる。
すなわち、相対落差高が大きくなると、下流側の水路床に対する土石流の入射角が大きくなるため、エネルギー損失が増加することによる。なお、本文に示していないが、 θ_a を大きくすると、入射角が小さくなり、その結果 α が小さくなる。

3.2 堆積長

ℓ/Bu と H/h_0 の関係を図-3に示す。 ℓ/Bu は H/h_0 が大きいほど小さくなる。これも前述したように、土石流の入射角の増加に伴う減勢・分散効果によるものである。なお、図中の各データに付されている数値は、堆積土量である。

3.3 堆積長と最大堆積幅の比

ℓ/B と $Fr(=U_0/\sqrt{gh_0})$ との関係をみると 図-4 のようである。なお、図中の各データに付されている数値は堆積土量である。

図-4より、 Fr が大きいほど ℓ/B が大きくなり、細長い堆積平面形状を呈することがわかる。落差高 H の影響に着目すると H 以外の条件が等しいとき、 H (または H/h_0) が大きくなるほど、 ℓ/B が小さくなり、堆積平面形状は円形に近づく。

以上、堆積形状の特性値に関する実験結果の一部について示した。なお、堆積時に水と砂礫との分離が容易に起こるような場合には、堆積形状に与えるその影響も顕著になることを付記する。

4. おわりに

谷出口に砂防ダム等による落差がある場合を想定し、落差による土石流堆積形状への影響を実験的に検討した。落差の存在によって土石流は横方向へ広がりやすくなり、短い流下距離で停止・堆積することを確認し、堆積形状におよぼす各パラメータの影響を把握した。

今回の実験領域における落差の影響は概略的には、表-2に示したとおりであるが、供給土石流諸元の違いによる落差の影響を個々に評価するためには、落差による土石流の減勢機構についてさらに検討を行う必要がある。この減勢機構は、落下時の河床との衝突や、その後の局所的な流れによるエネルギー損失に起因するものであり、それらの解明によって落差効果をより、汎用的に評価できるものと思われる。

謝 辞

本検討を行うにあたり、多大な御指導を受けた京都大学名誉教授芦田和男先生ならびに京都大学防災研究所助教授江頭進治先生に心より謝意を表する次第である。

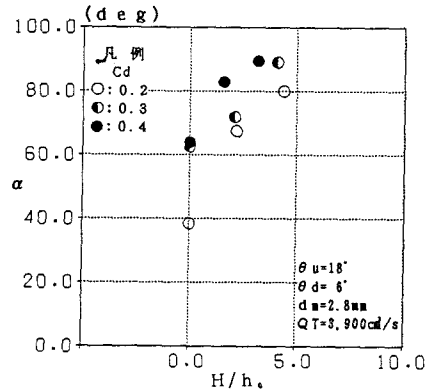


図-2 α と H/h_0 の関係

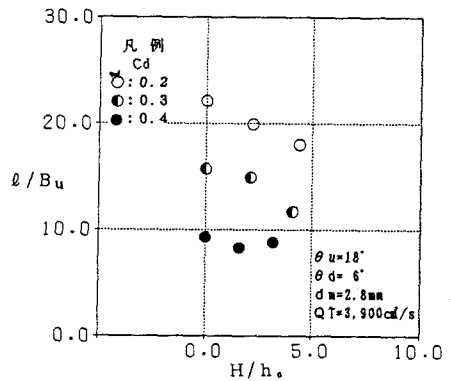


図-3 ℓ/Bu と H/h_0 の関係

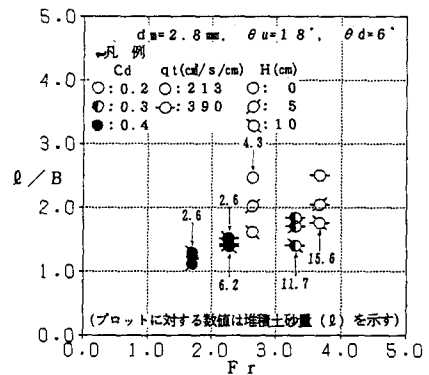


図-4 ℓ/B と Fr の関係