

II-265

不飽和移動床土上の石礫型土石流の先頭部の挙動特性

山梨大学 正会員 宮沢 直季

1. まえがき

土石流災害の防止・軽減のための対策として砂防施設を計画・設計するためには、土石流の流動機構を明らかにする必要がある。最近の研究によって土石流の流動機構は明らかになりつつある。しかし、非定常性の強い先頭部の挙動に注目した研究例は少ない。本研究は、PIVによる画像解析によって不飽和移動床土上の石礫型土石流の先頭部の挙動特性を把握することを目的とする。

2. PIVによる画像解析

(1) 相関法の概要

相関法の基本的な考え方は、時刻 $t=t_0$ の画像中に検出対象とする部分画像(テンプレート)を設定し、時刻 $t=t_0+\Delta t$ の画像中の各部分画像のうちこれと最も類似度(相関値)の高い位置を検索するというものである。 (x_0, y_0) を中心とするテンプレートの流体は、相関係数を最大とするような位置 (x_1, y_1) に移動したものと推定され、この間の移動速度は次式で与えられる。

$$u = (x_1 - x_0) / \Delta t, \quad v = (y_1 - y_0) / \Delta t \quad \dots\dots\dots(1)$$

こうして求めた速度ベクトルから過誤ベクトルを Fujita & Kaizu による連続条件判定法¹⁾で検出し、それを周囲の正常なベクトルから距離の2乗の逆数の重み付けで内挿して求めた。

(2) 実験装置及び実験方法

一様な材料からなる不飽和移動床に一定流量で水を上流から急激に供給して土石流を実験室で発生させた。実験水路は長さ 6m, 幅 10cm, 高さ 22cm の透明アクリル水路で、その水路に厚さ 10cm で砂礫を敷き詰めた。河床勾配は 17.2° に設定した。CCD ビデオカメラを先頭部の平均移動速度と同じ速度で移動させて、先頭部を側面より連続撮影した。ビデオカメラの移動は、水路に沿って架台を設け、カメラを固定した台車にワイヤを取

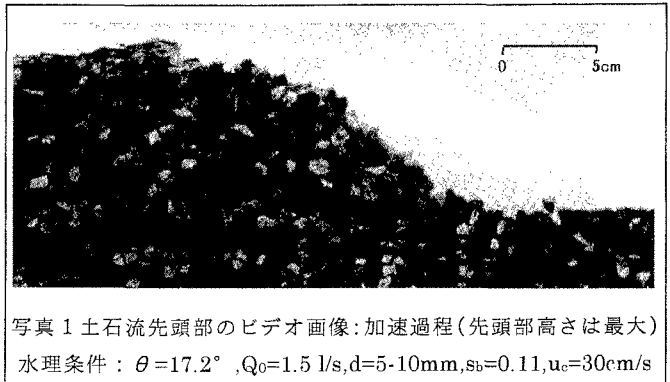


写真1 土石流先頭部のビデオ画像: 加速過程(先頭部高さは最大)
水理条件: $\theta = 17.2^\circ$, $Q_0 = 1.5 \text{ l/s}$, $d = 5\text{-}10\text{mm}$, $s_b = 0.11$, $u_c = 30\text{cm/s}$

り付け、モーターによって牽引した。撮影区間は水路の上流端から 1~6m である。そのようにして撮影したビデオ画像の一例(上流端から約 3.5m 地点)を写真1に示す。その連続画像をパソコンに取り込み、相関法によって先頭部の瞬間速度場を推定した。また、土石流と背景の輝度の違いから土石流表面の位置を検出し、先頭部の縦断形の空間データを得た。固定座標系は、y 方向は水路底から 7cm を $y=0$ として上方にとり、x 方向は水路の上流端を $x=0$ として流下方向にとった。

3. 実験結果

(1) 先頭部の最大高さと先端速度の時間変動

図1に先頭部の最大高さと先端速度($y=5\text{cm}$)の時間変動を示す。先頭部の最大高さは、基準線 $y=0$ (水路底から 7cm) からの高さとした。先頭部高さと先端速度はともに同じ周期で変動する。しかし、先頭部高

キーワード 土石流 先頭部 相関法 速度場 画像解析

〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL 0552-20-8523 FAX 0552-20-8773

さの変動のピークは先端速度の変動のピークとずれている．従って，先端部は上昇・下降，加速・減速を繰り返しながら流下する．

(2) 先端部の瞬間速度場

図2に流下方向の瞬間速度分布を示す．また，図3に図2の各断面の速度の最大値を示す．先端部の加速過程(a)では粒子群は速い速度で滑り落ちるが，減速過程(b)では粒子群はほとんど移動せず，そこに堆積する．

(3) 先端部の力学的挙動

先端部の減速過程では，滑り落ちた粒子群と河床粒子との噛み合いによる摩擦によって，粒子群は先端下部から堆積を始める．堆積した粒子群の高い内部摩擦による抵抗によって，上流から速い速度で移動してきた粒子群はその上に乗り上がりさらに堆積する．その結果，先端は急になり，先端部高さは上昇する．一方，加速過程では，上流から移動してきた粒子群と堆積した粒子群との衝突及び堆積粒子群の自重の両方によって生じたせん断力が堆積した粒子群のクーロンの最大せん断力よりも大きいとき，先端部の粒子群は速い速度で滑り落ち（滑り面の形成），河床に達する．その結果，先端部高さは下降する．

4. おわりに

画像解析によって不飽和移動床上の土石流先端部の挙動を明らかにすることができた．今後は，瞬間速度場の時系列を解析し，速度変動の特性を検討する予定である．最後にご指導ご助言を頂いた東京工業大学池田駿介教授に深く感謝致します．

参考文献

- 1) I.Fujita and T.Kaizu; Correction method of erroneous vectors in PIV, Journal of Flow Visualization and Image Processing, Vol.2, pp.173-185, 1995.

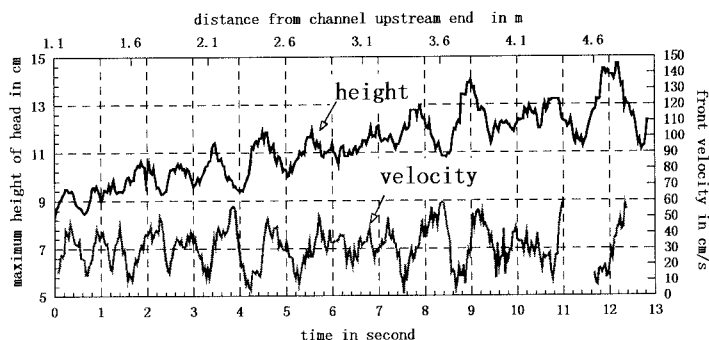


図1 先端部の最大高さと同先端速度（ $y=5\text{cm}$ ）の時間変動
水理条件は写真1と同じ

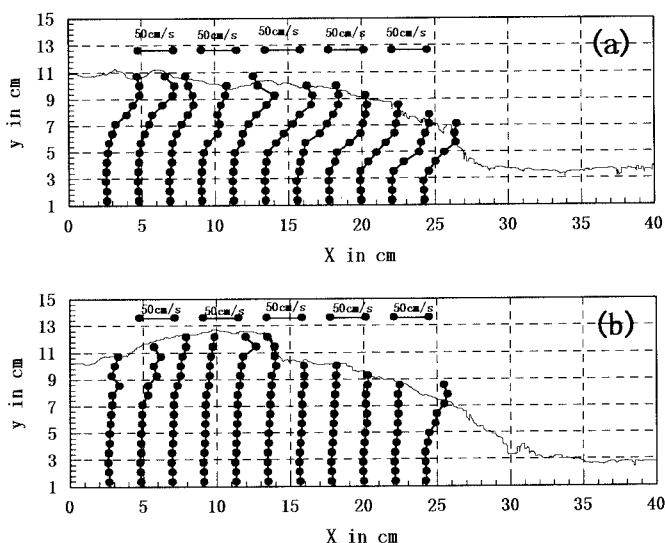


図2 流下方向の瞬間速度分布（水路上流端から3.5m地点）

(a) 先端部の加速過程 (b) 先端部の減速過程

水理条件： $\theta=17.2^\circ$, $Q_0=0.95\text{ l/s}$, $d=2\text{-}5\text{mm}$, $s_b=0.12$

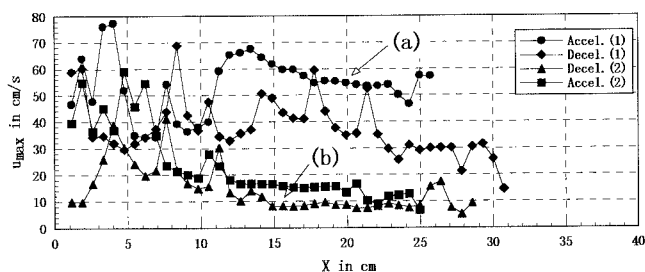


図3 流下方向の断面最大速度（図2の各断面の速度の最大値）