

土石流地形の形成過程に関する基礎的研究

信州大学工学部 学生員 ○ 竹内幹人 正会員 吉澤孝和

1. はじめに

山間部の急斜面に発生した崩落土砂は、集中豪雨等が誘引となって土石流化し谷を侵食しながら谷口に至る。この土石流は、谷口より下方に広がる緩斜面上を流動して、先端が盛り上がり後方に尾を引いた土石流堆を形成する。幾つもの土石流が、流下すると後続の土石流には、前の土石流堆を避けて流動する傾向が見られる。多数回の土石流により緩斜面上には、同心円的な等高線であらわされるような地形が形成される。

本研究は、谷口から下方の緩斜面上における土石流の流動により形成される地形の発達過程を数値解析により検討するものである。

2. 土石流のモデル化

筆者らのこれまでの研究¹⁾²⁾では、土石流を1つの流動体と仮定し、質点力学に基づいたモデル化による解析を行った、今回の研究は、1回の土石流の発生を図1に示すような断続的に流下する n 個の流動体（流動ブロック）で形成される一つの流動グループとして取り扱う。しかし土石流ブロックの流速および移動方向の決定法は、これまでと同様である。¹⁾²⁾ n 個の土石流ブロックは、先頭の流動ブロックを粒径の大きい石礫を主体とした流動体と考え、後続になるに従って粒径の小さい砂泥を主体とした流動体に漸変するものと考えて、個々の解析条件を与える。

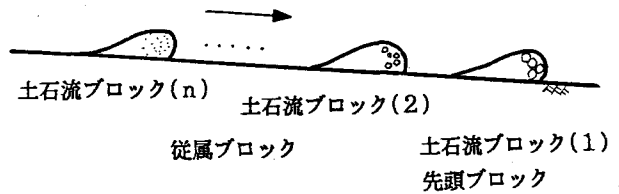


図1 断続的に流下するひとつの土石流グループの概念図

今回の研究では、1つの土石流グループの中で n 個の土石流ブロックを流動させ、すべてのブロックが停止するまでその土石流グループの内部において起こる個々のブロックの衝突作用の影響を考慮している。

3. 解析手法

質点力学に基づいたモデル化を行った個々の土石流ブロックを、ランダム・ウォーク・モデルにより、正方形格子区画で与えた数値地形モデル上を流動させて解析を進める。以下に解析手法の要点を示す。

- 1) 解析は、土石流グループ単位で行い、1つの土石流グループは5つの土石流ブロックで構成させ、微小時間 dt 刻みで解析を行い、時間の経過に伴う土石流の運動形態を数値解析により追跡する。
- 2) 先頭ブロックが流動を開始してから微小時間 dt 時間刻みで挙動を追跡する。従属ブロックは、先頭ブロックが流動を開始してから時間 ΔT を経過した後に、順次時間差 ΔT で流動を開始させる。
- 3) 先頭ブロックの移動方向は、区画の中心に到達したときに決定される。従属ブロックは、先頭ブロックと同一の流路を流動する。
- 4) 土石流ブロックが、区画の中心に到達した時点で次の区画に対する移動時の流速を決定する。
- 5) 土石流ブロックの流動による作用は、侵食・通過・堆積・停止の4つ形態が考えられる。しかし土石流の作用は、 dt 時間経過するたびに土石流の作用を考えるのではなく、各区画の中心に到達した時点でその区画全体に対しての土石流の作用を決定する。土石流の作用は、次の2つによって決定する：
 - ① 土石流ブロックが通過する各区画の流入時の流速に対する流出時の流速の変化率。
 - ② 連続した通過区画から得られる断面形状と溪床の傾斜角の組合せ。
- 6) 同一時点において同一区画にブロックが2つ以上存在する場合、その区画で衝突が起こったと考え、衝突後は一体化するものとして一つの流動ブロックに変換する。衝突後の流速は、運動量保存の法則により決定

する。また移動方向は、区画に流入するときの運動エネルギーの大きい方の移動方向に従うものとする。衝突後の性質は、2つのブロックの質量比による重み付き平均によって決定する。

7) 土石流ブロックの停止は次の3つの場合である： ①流速が0になった時 ②移動土砂量が0になった時 ③移動方向が存在しない場合。すべてのブロックが停止した時を、土石流グループの停止と考える。

4. 解析条件

土石流ブロックの特性は、文献3)より動摩擦係数(μ)は0.085、内部抵抗係数(k)は0.0005を標準値として考える。そして先頭ブロックから順々に標準値の1.2, 1.1, 1.0, 0.9, 0.8 倍の数値を与えている。土石流ブロックの質量比(M)も上記と同一の比が存在すると仮定する。

土石流ブロックの作用条件の一例を表1に示す。

5. 解析結果と考察

上記で示した解析条件で、傾斜角 8° の一樣な傾斜面上に、100回の土石流グループ(土砂量として約11.7万(m^3))を流下させた場合の斜面上の土砂の堆積土砂量を図2に示す。堆積範囲は、楕円状にひろがっている。また幾つかの首振り現象が見られる。また流動域の末端部に土砂が高く積み上がる現象が生じている。以上のように土石流の流動における作用量を流速の変化率、斜面形態によって任意に与えて解析を行ったわけだが、妥当な結果が得られたと思われる。またグループの流動を細かく観察すると、前回の土石流によって形成された凸地形をさけて流動している。また高地などにより土石流の流動方向が制約される結果が得られている。

■ 発生区画

E1	洗掘された区画(69)
D1	堆積高さ 2.5(m)の区画(61)
D2	堆積高さ 2.5(m)～5.0(m)の区画(30)
D3	堆積高さ 5.0(m)～7.5(m)の区画(39)
D4	堆積高さ 7.5(m)～10.0(m)の区画(18)
D5	堆積高さ 10.0(m)～ の区画(17)

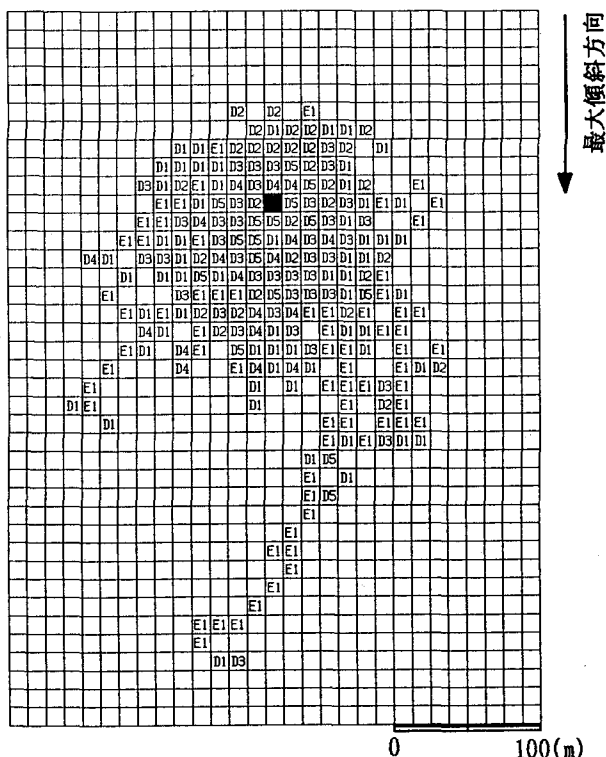
表1 土石流ブロックの格子区画通過時における浸食・通過・堆積の判定基準

単位(m)

断面形状 溪床の傾斜角(θ)	$VV = \frac{V - V_0}{V_0}$						加速
	減速	-1	-0.5	-0.1	0.1	0.5	1
凸断面	$15^\circ \leq \theta$	0.1	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4
	$10^\circ < \theta < 15^\circ$	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
	$\theta \leq 10^\circ$	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
平断面	$15^\circ \leq \theta$	0.1	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4
	$10^\circ < \theta < 15^\circ$	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
	$\theta \leq 10^\circ$	0.4	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
凹断面	$15^\circ \leq \theta$	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	$10^\circ < \theta < 15^\circ$	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	$\theta \leq 10^\circ$	0.4	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1

V_0 : 区画に流入する時の流速
 V : 区画から流出する時の流速

図2 傾斜面 8° 上における土砂の堆積状況



参考文献

- 1) 吉澤・竹内：数値解析モデルによる土石流地形の基礎的研究，J S C E 中部支部概要集，1989
- 2) 吉澤・竹内：土石流の流動による地形変化に関する数値解析，J S C E 中部支部概要集，1990
- 3) 芦田和男編：扇状地の土砂災害，古今書院，pp170-175，1985