

### 3 軽石の流動発生について

宮崎大学農学部 〇谷口義信・高橋正佑

#### 1. はじめに

桜島では火山噴出物の一つである軽石(ボラ)から成る土石流もかなり頻発しており、しかもその賦存量は  $5 \times 10^7 \sim 6 \times 10^7 \text{ m}^3$  とも言われているが、その見掛けの比重が水より小さいため、浮遊物的な考えからこれまでその流動発生は全く看過され未解決のままである。陶山等は火山灰・ボラ混合物の移動過程と実験の観察結果をもとに5ステージに分類し、それぞれの特性を述べている<sup>2)</sup>。ここでは軽石の堆積物がどのような機構で流動過程に到るかを実験的に追究することを試みた。

#### 2. 実験方法

水路の諸元は  $20 \times 20 \times 400 \text{ cm}$  で、上端に最大容量8ℓの貯水槽をもつ(図-1)。側面は透明アクリル板から成り、勾配は  $2^\circ$  である。使用実験材料の平均粒径は  $0.477 \text{ cm}$  と  $1.60 \text{ cm}$  の2種類で見掛けの比重は  $0.545$ 、内部摩擦角は  $47^\circ$  である。水路外への礫の充填方法は堆積厚  $H$  を  $H = 4, 5, 6, 7, 10 \text{ cm}$  の4種類とし、このときの堆積長をそれぞれ  $150, 120, 90, 60 \text{ cm}$  とし、全容積はいずれも等しくなるようにした。実験は水の供給形態によって図-2 および図-3 のような2種類に分けて行った。すなわち図-2は地下水を徐々に増加させた場合に起こる流動であり(Aタイプと呼ぶ)、図-3は水路上端の貯水槽の水を一挙に放出して清水段波を発生させ、これが堆積層に供給された場合に起こる流動である(Bタイプと呼ぶ)。Bタイプにおける供給水量は予備実験の結果から5, 6, 7ℓとした。流動に到る過程は高速度カメラで撮影し、その水深を読み取った。なお水路下端において土石流段波到達時の試料を採取し、濃度の測定を行った。

#### 3. 実験結果

図-4はAタイプにおける撮影結果を模式図化したもので、④は供給水量が少ないため流動が起こらない状態である。⑤は水量が増加したため末端から崩れ始める状態で、⑥はこれが次第に上流側に波及していく状態である。このタイプは礫の流動は起こっても水深は浅いので段波は形成されない。

図-5～7はBタイプの供給形態における模式図である。図-5の④は堆積層に清水段波が衝突して一挙に礫を取込みながら土石流化した状態である。図-6は  $H = 6.7 \text{ cm}$ 、 $L = 90 \text{ cm}$  のときの流動化過程で、⑤のように礫の移動は一旦停止し、地下水面のみが移動して末端まで達すると、再び一挙に流動を開始し⑥の状態となる。さらに堆積厚が増すと図-7のように清水段波が衝突しても堆積層にはほとんど変化が現われず、その後地下水面フロントが末端まで達した時点で流動が起こるが、規模は小さい。

#### 4. 考察

図-2のような場合の堆積層内の力のつり合いを考えるならば次式が導かれる。

$$H/H_w = \left(\frac{\rho}{\rho_w}\right) \left[ 1 + \left\{ 1/\rho_w \left( \frac{\tan \phi}{\tan \phi_0} - 1 \right) \right\} \right] \quad \text{----- (1)}$$

ここに  $H$  は堆積層厚、 $H_w$  は地下水の水深、 $\rho_w$  は堆積層の容積濃度、 $\rho$  は水の密度、 $\rho_s$  は粒子の密度、 $\alpha$  は重力加速度、 $\theta$  は水路勾配、 $\phi$  は礫の内部摩擦角である。(1)式の結果を示したのが表-1である。

図-3のように堆積層に水が段波形式で供給されたとき、堆積層内における力のつり合いから

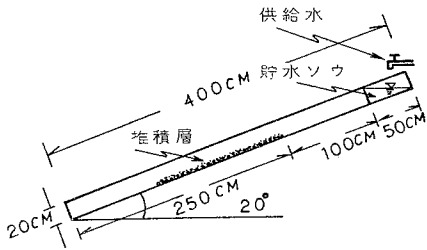


図-1 模型水路

表-1 定常型供給水による H と H<sub>w</sub> の関係

Exp.No	H (cm)	Q (l/sec)	C* (%)	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>1</sub>	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>2</sub>	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>3</sub>
1	6.75	0.612	52.3	3.5	2.7	1.4
2	5.75	0.643	47.9	3.7	2.8	1.9
3	6.47	0.620	51.2	3.5	2.7	1.9
4	6.22	0.515	40.9	4.0	3.2	1.7

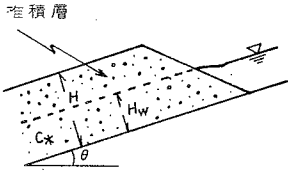


図-2 定常型供給水による礫の移動

表-2 段波型供給水による H と H<sub>w</sub> の関係

Exp.No	Q <sub>t</sub> (l)	L (cm)	H (cm)	C <sub>d</sub> (%)	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>1</sub>	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>2</sub>	(H/H <sub>w</sub> ) <sub>3</sub>
1	7	90	6.7	51.2	3.4	3.4	2.0
2	7	120	5.0	56.1	2.8	2.8	1.4
3	7	150	4.0	59.6	2.4	2.4	1.3
4	7	60	10.0	54.4	3.0	3.0	3.5
5	6	150	4.0	46.4	4.1	4.2	1.5
6	6	120	5.0	50.2	3.6	3.6	2.1
7	6	90	6.7	46.4	4.1	4.2	2.5
8	6	60	10.0	35.1	6.6	6.6	4.0
9	5	150	4.0	54.8	3.0	3.0	1.5
10	5	120	5.0	36.6	6.2	6.2	1.9

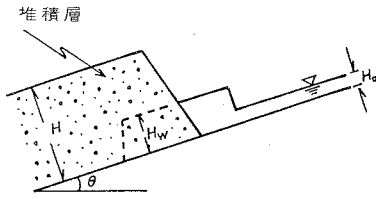


図-3 段波型供給水による礫の移動

$$H/H_w = \frac{\sigma}{\frac{1}{C_d} - 1} (\tan \phi + \tan \theta) / (\tan \phi - \tan \theta) \quad \text{----- (2)}$$

ここに C<sub>d</sub> は土石流の容積濃度である。(2) 式の結果を示したのが表-2 である。なお、両表において (H/H<sub>w</sub>)<sub>1</sub> は  $\sigma = 0.545 \text{ g/cm}^3$ , (H/H<sub>w</sub>)<sub>2</sub> は  $\sigma = 0.821 \text{ g/cm}^3$  のときの値で、(H/H<sub>w</sub>)<sub>3</sub> は実測値である。両表から知れるように計算値の方が実測値より一般に大きくなっている。

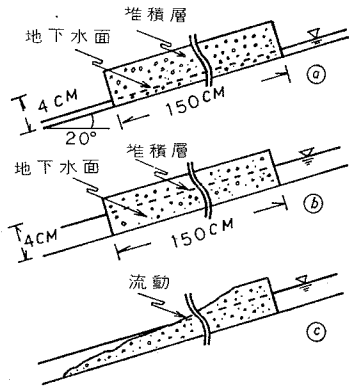


図-4 Aタイプ の流動過程

5. おわりに

軽石の流動発生に対し(1)式および(2)式を導いたが、実測値との相違が見られたので、今後はこれらの問題について検討する。

引用文献

- 1) 建設省大隅工事事務所：昭和56年度黒神川流出土砂対策検討業務委託報告書，37～39，1982
- 2) 陶山、真島、竹下、大谷：桜島火山噴出物の流動機構に関する実験的研究，昭和55年度砂防学会研究発表会概要集，71，1980

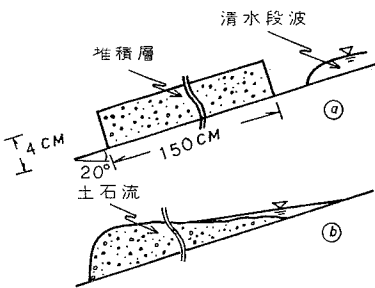


図-5 Bタイプによる流動過程I

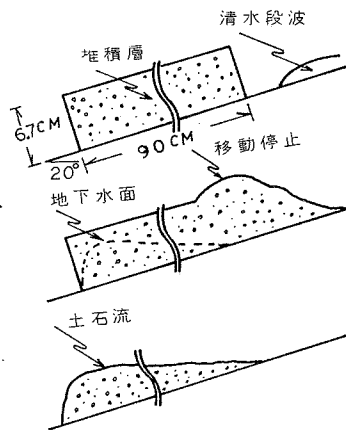


図-6 Bタイプによる流動過程II

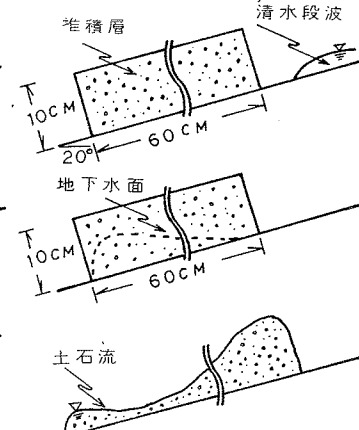


図-7 Bタイプによる流動過程III