

1. 緒論

土石流が停止, 堆積するのは, 地形的には谷の出口の扇状地で, 勾配が15°程度以下の部分であることは, 災害資料より明らかである¹⁾。この領域の土砂の流れは図-1のように砂礫が水深いっぱいに分散する完全な土石流でなく, 明りょうな表面流を有し, 数粒径に及ぶ移動砂層を持つ流れである。この流れは掃流と土石流の両方の特性を有する中間的な流れで大同²⁾によって研究されたことがある。高橋³⁾はこれを土石流のタイプI, 芦田⁴⁾は掃流状土石流と呼んでいる。池谷の土砂流もこの領域と考えられる。土石流の堆積, 再浸食過程を辿跡しようとする, この領域での流砂形態をよく理解する必要があると考え, 流れの特性, 流砂量を検討したもので以下に報告する。実際の流れは濁っており, 典型的土石流と掃流状土石流を外見から区別することは困難であろう。

2. 実験の概要

高橋により³⁾この領域は勾配が約1/4以下であることがわかっているので, 水路勾配を1/20~1/4に変化させて実験した。実験に用いた水路は幅15cm, 長さ5mのアクリル製である。実験は平均粒径1.5mm(材料A)および7.0mm(材料B)のほぼ一様とみなせる砂礫を厚さ5cmに敷き上流より数種の流量を給水して, 側面より35mmE-タードライカメラで砂礫の移動状況を撮影するとともに, 下流端でフロントおよび等流部の採水を行ない流砂量を求めた。

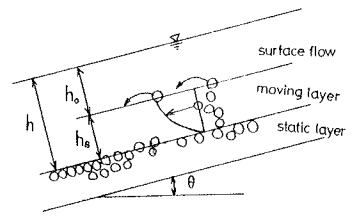


図-1 流砂形態

3. 移動砂層厚と表面流水深

写真より表面流の水深, 移動砂層の厚さを読み取った。(図-2, 3)図-2には着着の混合砂(0.84~25mm)による実験結果⁵⁾と大同²⁾の実験値を合わせて示した。実験結果はバラツキているが, 勾配の減少, 流量の減少とともに, 移動砂層厚が減少することがわかる。勾配が減少すると砂粒子の跳躍が顕著になって, 見掛け上移動砂層厚はそれほど減少しないが, 流砂の形態としては $\tan\theta \leq 0.10$ では砂礫の移動は表層の1粒径に限られ掃流とみなせる。一方, $\tan\theta \geq 0.25$ では砂粒子が流水の水深全体に分散し典型的な土石流となる。この変化傾向は高橋³⁾にならって, せん断面での力の釣合いを考えると次式で表わされる。

$$\frac{h_s}{h} = \frac{\rho \tan\theta}{C_s (\sigma - \rho) (\tan\phi - \tan\theta)} \quad \dots\dots (1)$$

$h_s/h=1$ であるためには, 移動砂層内の容積濃度 C_s は勾配の減少とともに小さくならなければならないが, C_s はある程度以下にはならないので, $h_s/h < 1$ となる。 $C_s = 0.3, \rho/\sigma = 2.60, \tan\phi = 0.75$ とした計算値を図-2に示した。(1)式を変形すると, $h_s/d = \frac{C_s}{C_s \cos\theta (\tan\phi - \tan\theta)}$ となる。 $h_s/d=1$ であるためには, $\tan\theta = 0.05 \sim 0.25$ では $C_s \geq 0.21 \sim 0.15$ で

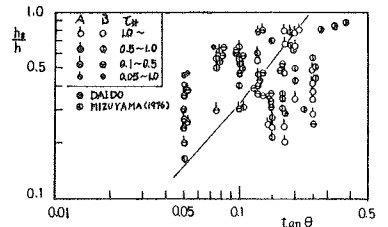


図-2 全水深と移動砂層厚の比

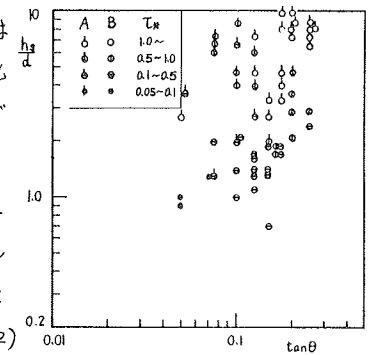


図-3 粒径と移動層厚の比

なければならぬ。

4. フロントと砂粒子の移動速度

フロントの移動速度を図-4に、砂粒子の移動速度を図-5に示す。粒径の大きい方が少し遅くなっているが、 $v_p/u_* \propto (h/d)^{0.2}$ の傾向を示している。ただし、表面流があるために移動砂層の表面の砂粒子は跳躍して速く移動する。

5. 流砂量

流水の先端と、その後の等流部で流砂量を計測したが、両者の間に差は見られなかった。流量に対して流砂量をプロットすると勾配毎にほぼ比例関係にあるので、上砂濃度(水,上砂混合物に対する上砂の容積比)で表わすと図-6のようになる。 $\tan\theta \geq 0.2$ では高橋の式³⁾、 $\tan\theta \leq 0.1$ で従来の流砂量式⁶⁾に一致する。実験式として、水に対する上砂の容積濃度として表わすと、 $0.05 < \tan\theta < 0.25$ で、

$$q_s/q_w = 5.5 (\tan\theta)^2 \quad \dots\dots\dots (3) \quad \text{となる。}$$

従来の表現で流砂量を表わすと、大同²⁾が示したように、流砂量式の傾向と一致する。

(参考文献)

- 1)建設省砂防課,土木研究所:流域の洗掘度判定に関する研究,第32回建設省技術研究会,S.54
- 2)大同環之:高濃度の上砂を含む流水の発生限界,昭和48年砂防学会概要
- 3)高橋保:上流流の発生と流動に関する研究,京大防災研報20-B,S.52
- 4)芦田和男:流砂量算定式について,砂防地に技術講義集刊,S.54
- 5)芦田,高橋,木山:混合砂礫の流送に関する研究,土木学会関西支部,S.51
- 6)芦田,高橋,木山:山地河川の掃流砂量に関する研究,新砂防107, S.53

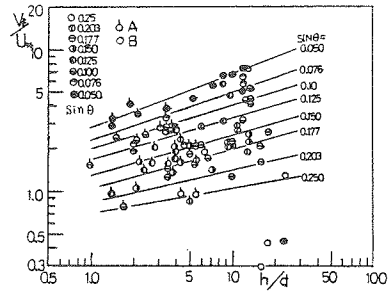


図-4 フロントの移動速度

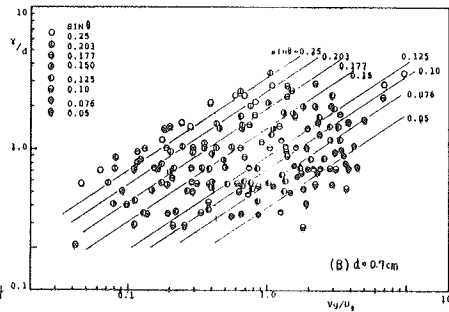


図-5 砂粒子の移動速度分布

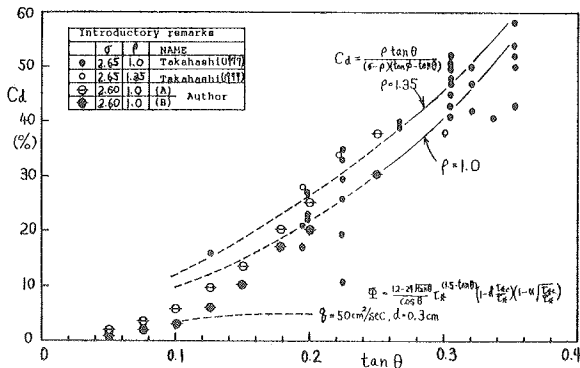


図-6 上砂濃度の勾配による変化

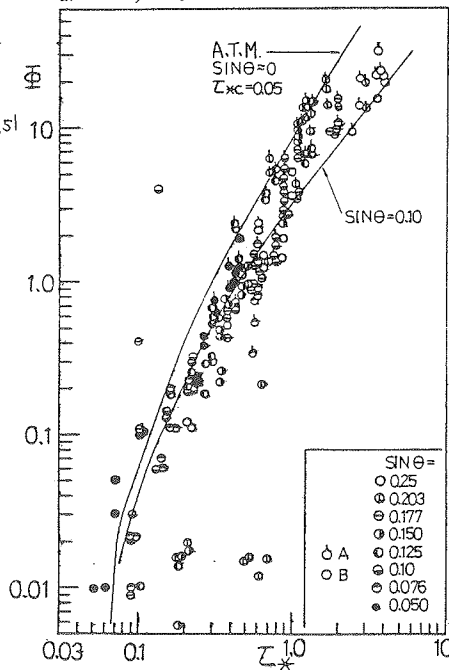


図-7 流砂量