

II-36

土石流の堆積に対する濃度の影響

八戸工業高等専門学校 学員 ○横岡 雅之

八戸工業高等専門学校 正員 南 将人

1. はじめに

自然災害の中で多くの犠牲者を出す土砂災害は、崖崩れ、地すべり、土石流の3つに分類できる。その土砂災害の中でも一番被害が大きいのは土石流であり、山腹や川底の土砂が長雨や集中豪雨などによって一気に下流へ押し流される現象である。土石流の堆積距離には、流量や粒子濃度など多くの条件が影響してくる。その中で粒子濃度が堆積距離に与える影響を評価したものは少ない。

本研究の目的は、現在、青森県で指定されている土石流危険渓流 1130 箇所あるうちの 1 箇所を対象として、現地の河床勾配を元に「ダイラント流体モデル」を用いて、粒子濃度、及び河床勾配を変化させて堆積距離の評価を行った。

2. 数値計算方法

2.1 計算式

土石流を連続体として一次元で数値計算を行い、二段になっている上流側河床勾配を変化させて、粒子濃度や堆積距離を算定した(芦田ら¹⁾)。

$$c_{du} = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (1) \quad U_u = 3.33 \left\{ \frac{\sin \theta}{a \sin \alpha} \left(c_{du} + (1 - c_{du}) \frac{\rho}{\sigma} \right) \right\}^{0.2} \left\{ \left(\frac{c_*}{c_{du}} \right) - 1 \right\}^{0.4} \left(\frac{g Q^3}{d^2 B^3} \right)^{0.5} \quad (2)$$

$$G = \frac{(\sigma - \rho) g c_{du} \cos \gamma \tan \alpha}{(\sigma - \rho) c_{du} + \rho} - g \sin \gamma \quad (3) \quad V = U_u \cos(\theta - \gamma) \left\{ 1 + \frac{[(\sigma - \rho) c_{du} \kappa_a + \rho] \cos \theta}{2[(\sigma - \rho) c_{du} + \rho]} \frac{gh}{U_u^2} \right\} \quad (4) \quad X_L = \frac{V^2}{G} \quad (5)$$

ここで、 c_{du} : 上流側の粒子濃度、 c_* : 粒子の最密濃度、 ρ : 土粒子密度、 σ : 水の密度、 θ : 上流側河床勾配、 ϕ : 内部摩擦角、 a : 定数、 α : 衝突条件によって決まる角度、 γ : 下流側河床勾配、 g : 重力加速度、 Q : 流量、 d : 粒径、 κ_a : 主働土圧係数に相当するもの、 h : 上流側の水深、 B : 流路幅、 U_u : 流出土石流の流速、 X_L : 堆積距離(X_L は勾配が変化する地点から下流側への距離)を示す。

2.2 計算方法と対象地

青森県のある土石流危険渓流を対象とし、高さ 30m、長さ 350m、上流側勾配 5.7°、下流側勾配 3.8° を読み取った。土石流堆積距離 X_L の計算手順を以下の通りとした。式(1)の河床勾配を変化させ粒子濃度 c_{du} を計算する。断面平均流速と連続式から与えられた式(2)より流出土石流の流速を計算し、式(4)で V を計算する。式(3)で G を計算し、式(5)の堆積距離 X_L を算出する。

対象地点における堆積距離を算出する為の各諸元が不明なので、既往の研究結果より芦田ら¹⁾、本田ら²⁾によって用いられた以下の諸元を用いて堆積距離を計算した。それらは、 $Q=3\text{m}^3/\text{s}$ 、 $B=12\text{m}$ 、 $a=0.042$ 、 $\alpha=31^\circ$ 、 $g=9.8\text{ m/s}^2$ 、 $\kappa_a=0.276$ 、 $h=3\text{m}$ の条件である。さらに粒径 4.4mm と粒径 7mm の 2 種類で計算を行った。粒径 4.4mm では $c_*=0.60$ 、 $\sigma=2.60\text{g/cm}^3$ 、一方、粒径 7mm では $c_*=0.59$ 、 $\sigma=2.59\text{g/cm}^3$ とした。上流側河床勾配 θ を $1^\circ \sim 15^\circ$ と変化させ、礫の堆積距離を比較した。



図-1 対象地点の等高線

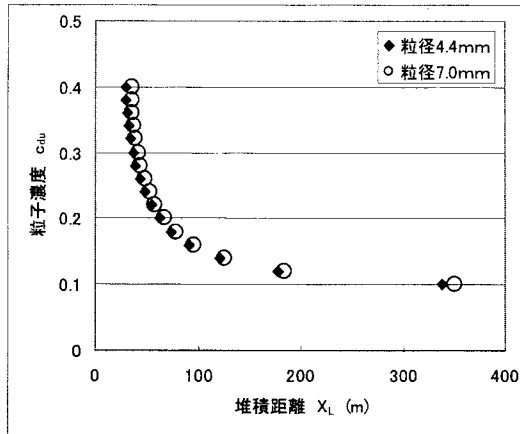


図-2 粒子濃度と堆積距離

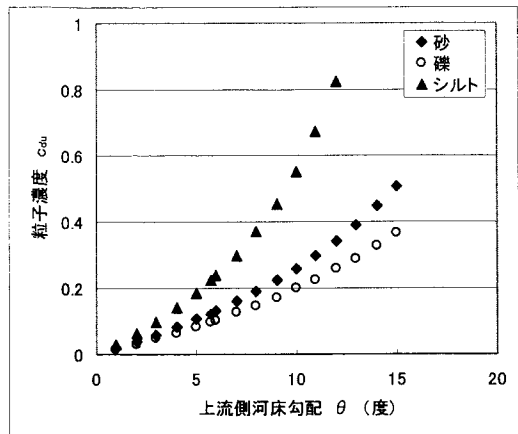


図-3 上流側河床勾配と粒子濃度

3. 計算結果および考察

3.1 粒子濃度と堆積距離

同一粒径とした礫の粒子濃度による堆積距離を図-2 に示す。粒径 4.4mm、粒径 7mm の 2 種類の粒径について計算を行ったが、両方とも粒子濃度が低い程堆積距離が長くなった。堆積距離は式 (5) から分かるように値 V によって変化してくる。 V には U_b が影響するが、 U_b は粒子濃度 c_{du} が高い程小さくなる傾向があるため、粒子濃度が高いほうが堆積距離は短くなる。また、ダイラント流体モデルでは粒子同士の作用を重要としているため、粒子濃度が大きいほど粒子間の衝突の作用により U_b が小さくなる為と考えられる。

3.2 粒径と堆積距離

粒径と堆積距離の影響を、粒径 4.4mm と粒径 7mm で比較してみる。粒径が大きい 7mm のほうが堆積距離は長い。粒子濃度が 40% では 29.3m に対して 35.8m と 6.5m 長くなるに対して、粒子濃度が 10% では 337m に対して 362m と 25m 長くなり、粒子濃度が低くなる程堆積距離に大きな差異が生じている。これは、粒径が大きい方が、質量は大きいので、流下する水の供給された運動量が大きくなるため、堆積距離は長くなると考えられる。

3.3 上流側勾配と粒子濃度

図-3 に粒子濃度と上流側河床勾配の関係を示す。上流側河床勾配が小さいと粒子濃度が低い値を示している。これより、図-2 を考慮すると、粒子濃度が低いという事は、上流側河床勾配が小さい程堆積距離が長くなり、上流側勾配が大きい程堆積距離は短い。これは、粒子濃度が高いほど土粒子量が多いために、勾配が変わる地点で堆積しやすくダムのような状態を作ってしまうため堆積距離が短くなるものと考えられる。また、下流側河床勾配が上流側河床勾配よりも緩くなるので作用している鉛直力が小さくなるために堆積しやすくなると考えられる。一方、粒子濃度が低い程土粒子量が少なく、流下する水によってより遠くに運ばれるためと考えられる。

上流側河床勾配が大きくなると、粒子濃度が大きくなる傾向を示している。礫 (図中○印) は、シルト (▲) や砂 (◆) に比べて粒径が大きいために、粒径が小さいのとは比べると巻き上がりや拡散しにくく、粒子濃度が低いと考えられる。

4. おわりに

堆積距離は、粒子濃度が低く、上流側河床勾配が小さく、粒径が大きい程長くなることが分かった。

参考文献

- 1) 芦田和男・高橋保・道上正規: 河川の土砂災害と対策, 森北出版株式会社, 1983.
- 2) 本田尚正・江頭進治・有村真一: 蒲原沢土石流の流動に対する微細砂濃度の影響, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, pp.526-527, 1998.