

長谷川(松山市)土石流発生時の土砂流量解析

愛媛大学 工学部 正員 鈴木幸一
 阪神高速道路公団 正員 瀬川利明
 愛媛大学 工学部 正員 渡辺政広
 愛媛大学 工学部 正員 栗原 崇

1. はじめに

近年、山地河川では天災・人災による土石流・土砂流が多発しており、その下流域では多量の土砂の堆積によって被害を受けている。本研究では、土砂流の流砂量に関する実験的考察を行い、1991年7月松山市の小溪流で発生した土砂流による堆積土砂量を推定する。

2. 土砂流の流砂量に関する実験的考察

土砂流の流砂量を推定するため幅15cm、長さ7mの亚克力製の矩形断面水路を用い土砂の流送実験を行った。まず、粒径 $d=1.4\text{mm}$ の均一砂を水路に5cm厚で敷き詰め、勾配・流量を種々に設定し、定常状態になったと思われる時間と場所に限って、図-1の模式図に示す水深 h 、粒子移動層厚 hd 、流砂量 qs の測定を行う。実験条件および実験結果の一部を表-1に示す。

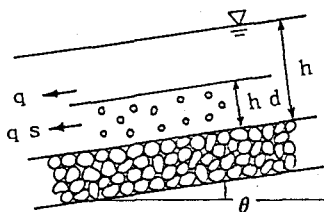


図-1 土砂流の模式図

従来、土砂流量の推定には高橋の式(1)が用いられている。

$$q_{s*} = \frac{2(4.2 - 0.75C_{dc})}{3\cos^2\theta(\tan\phi - \tan\theta)^2} \tau_*^2 \left(1 - \frac{\tau_*c}{\tau_*}\right)^2 \quad (1)$$

ここに、 $q_{s*}(=qs/u_*d)$ は無次元流砂量、 qs は単位幅流砂量、 $u_*(=\sqrt{gh\sin\theta})$ は摩擦速度、 θ は河床勾配、 $\tau_*(=u_*^2/sgd)$ は無次元掃流力、 s は砂の水中比重、 g は重力加速度、 $C_{dc}=0.271$ 、 $\tan\phi=0.8$ 、 $\tau_*c=0.05$ である。式(1)を用いて土砂量を推定する場合、摩擦速度 u_* を評価しなければならない。しかし、直接水深 h は与えられないので u_* は求まらず、実河道で通常推定される流量 q と抵抗則を用いて u_* を決めなければならない。そこで、連続式(2)と高橋による抵抗則式(3)

$$q = hu \quad (u: \text{平均流速}) \quad (2)$$

$$u/u_* = (0.23 + 0.65\tan\theta) \cdot h/d \quad (3)$$

を用いて、 qs を q 、 θ および d の関数として表せば式(4)のようになる。

$$\frac{qs}{q} = F_1(\theta) \left(\frac{q}{\sqrt{gd^3}} \right)^{-4/5} \left\{ F_2(\theta) \left(\frac{q}{\sqrt{gd^3}} \right)^{2/5} - \tau_*c \right\}^2 \quad (4)$$

ここに、 $F_1(\theta) = \frac{2(4.2 - 0.75C_{dc})}{3\cos^2\theta(\tan\phi - \tan\theta)^2} \left(\frac{\sin^2\theta}{0.23 + 0.65\tan\theta} \right)^{1/5}$ 、 $F_2(\theta) = \frac{1}{s} \left(\frac{\sin^2\theta}{0.23 + 0.65\tan\theta} \right)^{2/5}$

図-2は実験データと式(4)の比較を勾配ごとに行っているが、一致の程度は良好である。したがって、土砂流量の推定において高橋の式の適用性がある程度認められた。

表-1 実験条件と実験結果

No.	$\theta(^{\circ})$	$q(\text{cm}^2/\text{s})$	$h(\text{cm})$	$hd(\text{cm})$	$qs(\text{cm}^2/\text{s})$
1-1	10	66.7	1.37	0.56	9.40
1-2	"	100.0	1.67	0.67	20.76
1-3	"	133.3	1.85	0.74	23.22
1-4	"	166.7	3.00	1.17	35.48
1-5	"	200.0	3.00	1.53	31.87
2-1	8	66.7	1.41	0.70	5.88
2-2	"	100.0	1.67	0.67	11.18
2-3	"	133.3	2.22	0.67	15.41
2-4	"	166.7	2.41	1.04	19.23
2-5	"	200.0	2.33	1.07	21.85
3-1	6	66.7	1.80	0.80	3.74
3-2	"	100.0	2.00	0.72	7.29
3-3	"	133.3	2.32	0.80	8.67
3-4	"	166.7	2.40	0.88	11.37
3-5	"	200.0	2.48	0.88	13.14
4-1	4	66.7	1.80	0.63	3.07
4-2	"	100.0	2.00	0.67	3.87
4-3	"	133.3	2.67	0.70	4.77
4-4	"	166.7	2.33	0.77	6.00
4-5	"	200.0	2.43	0.83	6.83

3. 長谷川下流域における堆積土砂量

1991年7月5日午後 3時30分頃発生した長谷川の土石流は3名の命を奪い下流部の数個の家屋を全半壊させた。この土石流は、上流からの急な河床勾配がやや緩やかに変化する中流域で流木・石礫とともに停止し、その下流域で細砂を主体とする土砂流が発生している。長谷川は上流端に長谷池(流下距離: $x=0$ m)があり、この池の水が一時に越流したことが土石流の原因である。中流域($x=440 \sim 680$ m)では石礫や流木が堆積しているが、多量の畑土が侵食された形跡がある。その下流部($x=720$ m)では河床がコンクリートで固定された狭窄部となっている。下流端($x=760 \sim 800$ m)は小さな扇状地で土砂の堆積域となっている。いま、上流端での貯水池の水が一時に越流したことを想定し、四角堰のゲートが一時に開いたとして、洪水流追跡計算を行って得た流量の時間変化から、下流域で発生した土砂流による堆積土砂量 $Q_s (=q_s B, B: \text{河床幅})$ を式(4)を用いて推定すると図-3のようになる。かりに、 $x=680$ m地点より上流から十分な土砂の供給があったとしたら、 $x=720$ mでの最大流砂量は約 $8 \text{ m}^3/\text{s}$ であることがわかる。また、各河道を流し得る全流砂量は図-3を積分して得られ図-4のようになる。すなわち、 $x=680$ m地点では全流砂量は 600 m^3 程度となり、堆積部下流端の $x=800$ m地点の全流砂量はほとんどないので、その差 600 m^3 が下流域に堆積したことになる。

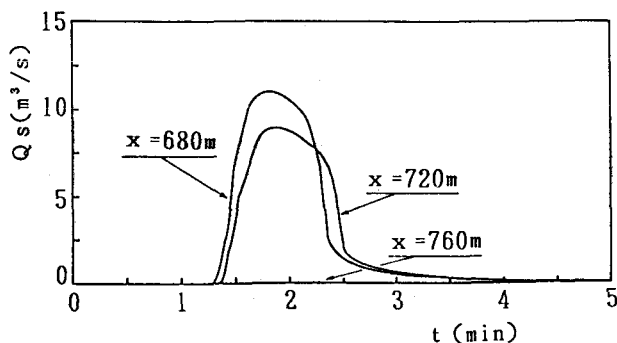


図-3 推定流砂量

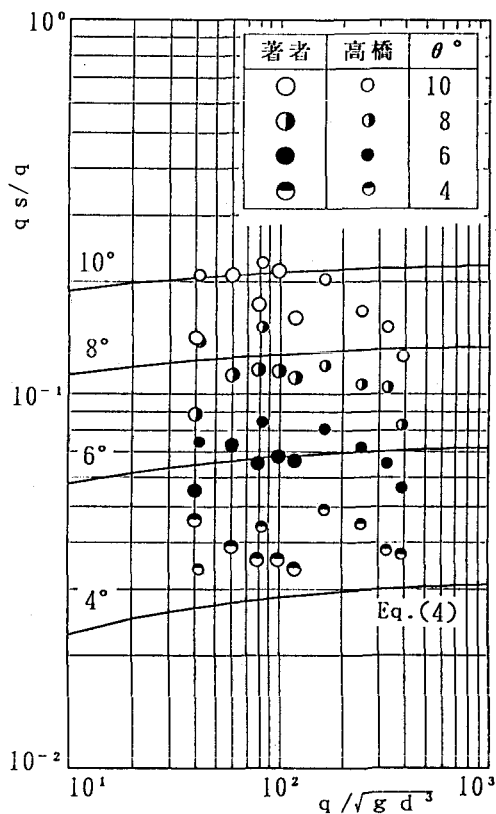


図-2 式(4)と実験値の関係

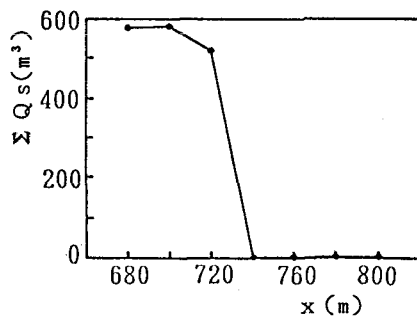


図-4 全流砂量

4. おわりに

本研究では、長谷川で発生し下流域で被害を与えた土砂流による堆積土砂量を推定した。現場の概則によると、堆積砂の実質量は 1000 m^3 程度と推定できた。計算結果の 600 m^3 はかなり過小ではあるが、種々の仮定を考えると堆積土砂量の見当はつけられるものと考えられる。

参考文献:

- 1) 高橋保: 土石流の停止・堆積機構に関する研究(3), 京大防災研年報, 第25号B-2, pp.327~348, 1982.