

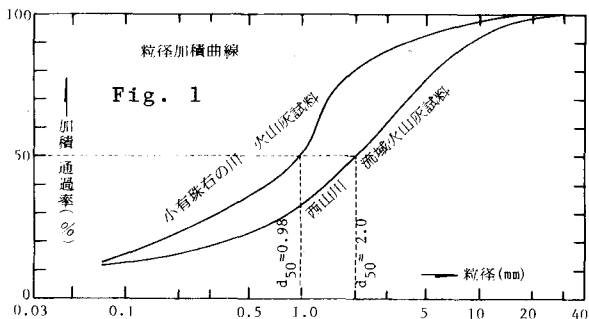
一 土砂混入率と水路勾配の影響 一

北海道大学工学部 正 山岡 勲 同 正 長谷川和義
 建 設 省 正 氏家清彦

1. はじめに 有珠山泥流の防災施設として下流扇状地に整備される流路工の設計には、砂防の流路工で使用されている Wang の平均流速公式が用いられている。しかし、泥流の土砂混入率 α は大きく (20~100%)、一方、Wang の式は、 α が 10% 以下の場合に妥当とされているので、実験によって $\alpha = 100\%$ 近傍での適合性を確かめ、要すれば、修正式を提案することにした。

2. 実験方法 新設した泥流発生小型実験水路を用い、上部水路の路床に火山灰を敷きならし、上流端より給水することによって泥流を自然発生させ (上流水路の勾配を可変にして発生泥流の土砂濃度 C_d を規定できる)、これを流路工のモデルである下部水路 (長さ 6m、幅 20cm) に流下させる方法をとる (下部水路の勾配も可変で、流速に及ぼす流路工勾配の影響を考察できる)。側面のアクリルガラスのほぼ中央で、流下速度 V と、泥流深 H を 16mm シネカメラを用いて測定し、同時に、下流水路の上下流部で流下泥流をサンプリングして、土砂容積濃度 C_d ($\alpha = C_d / (1 - C_d)$ が 20~100%) を測定し、 V と勾配 I (4~15%) の関係を C_d をパラメータに整理した。

3. 使用火山灰 用いた灰は、有珠山麓西山川のスリットダム直上流右岸斜面の表面から約 1m 深さまで (比重 $\sigma/\rho = 2.18 \sim 2.33$, $d_{50} = 2.0\text{mm}$) と、小有珠右の川スリットダム上流斜面の表面から数 cm まで ($\sigma/\rho = 2.51$, $d_{50} = 0.98\text{mm}$) であり、粒度構成は、Fig. 1 に示される。西山川の火山灰は、粒径の影響をみるために、20mm、10mm、5mm の各篩を通過する 3 種に分けて実験を行なった。



4. 実験条件の組合わせ 実験は、Table-1 に示す組合わせにより 46 回行なわれた。

Table-1 実験条件

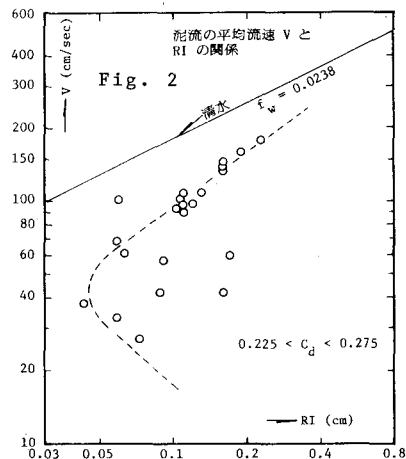
火山灰の種類	上部こう配	下部こう配
a. 西山川火山灰	5mm通過	1:3 0.04
	10mm通過	1:4 0.08
	20mm通過	1:5 0.111
b. 小有珠右の川火山灰	1:3	0.0716
	1:4	×
	1:5	×

5. 実験結果 測定された泥流流速 V は、土砂の容積濃度 C_d を 3 つのグループに分けると、例えば、Fig. 2 ($0.225 < C_d < 0.275$ の場合) に示されるように、どれも泥流表面の勾配 I と径深 R の積に対して 2 値をもつことが分る。これは、沈降性スラリーのパイプ輸送の実験でよく知られている V が圧力勾配 I に対して 2 値 (均質性と攪動性) をもつことと同様な現象と考えられる。また、粒径の影響は今回の実験範囲では明確には現われていない。

V の上の方の部分を V_1 、下の方の部分を V_2 とすれば、それぞれ (1) 式のように表わされる。

$$V_1 = f_1(C_d) R^m I^{n1}, \quad V_2 = f_2(C_d) R^m I^{n2} \quad \dots \dots (1)$$

C_d が一定範囲にあり、さらに、 I が等しいデータのグループで V と R の関係 (単位は cm, sec) を検討し (1) 式の m を最小二乗法で決めると Table-2 のとおりになる。次に V/R^m と I との関係を C_d をパラメータにして図示すると、例えば、Fig. 3 のように、 V/R^m は I に関して 2 つの部分に分かれ、Table-2 のように



n_1 と n_2 を決定できる。また、 $V_1/R^{n_1}I$ と C_d および $V_2/R^{n_2}I$ と C_d の関係から最小二乗法で(1)式の関数 $f_1(C_d)$, $f_2(C_d)$ を決定できる。

$$f_1(C_d) = V_1/R^{n_1}I = 547 - 636C_d \quad (\text{Units; cm, sec})$$

$$f_2(C_d) = V_2/R^{n_2}I = 6.27C_d - 1.316 \quad (\text{Units; cm, sec}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

Table-2における m, n_1 のばらつきはそう大きくはなく、実用上は平均値を用いることにすると V_1, V_2 に関する実験式は次式となる。

$$V_1 = (547 - 636C_d)R^{0.628}I^{0.646} \quad (\text{Units; cm, sec})$$

$$V_2 = (6.27C_d - 1.316)R^{0.628}I^{-1.628} \quad (\text{Units; cm, sec}) \quad \dots(3)$$

$$V_1 = (98.6 - 114.7C_d)R^{0.628}I^{0.646} \quad (\text{Units; m, sec}) \quad \dots\dots(3')$$

$$V_2 = (1.13C_d - 0.237)R^{0.628}I^{-1.628} \quad (\text{Units; m, sec})$$

6. 泥流速の修正実用式の提案

現在、砂防計画で含砂率の高い流水の流速を求める場合 用いられるWangの式¹⁾は(4)式の形で、上流の砂防工事がある程度完了して α が10%以下のとき適用するものとされている。実験式(3)とWangの式(4)および清水に対するManningの式がFig. 4に比較されている。

$$V = \frac{1}{1 + \frac{C_d}{1-C_d}(\sigma/\rho - 1)} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{1 + \alpha(\sigma/\rho - 1)} v \quad (4)$$

ただし、 n : Manningの粗度係数(使用実験水路の場合

0.00987 $m^{1/3}$ sec), α : $C_d/(1-C_d)$ 土砂混入率, v : 清水の平均流速 Fig.4から V_1 に限れば実験式はWang式の若干の修正で近似できると考えられるので、(3)式を改めてManning形式の(5)式にかえて、 V_1 の資料のみから見かけの粗度係数 N を算定し、 C_d と比較したのがFig.5である。

$$V_1 = \frac{1}{N} R^{2/3} I^{1/2}, \quad N = [1 + \frac{\epsilon C_d}{1-C_d}(\sigma/\rho - 1)] n \quad \dots(5)$$

ただし、 ϵ は修正係数で、 $\epsilon=1$ がWangの式¹⁾である。この式は実験値の下限を示し、設計上安全側を考えると $\epsilon=2$ を採るのが妥当と考えられる。今回行なった実験の n は一定であるが、 n が変っても同様な関係が得られるものと期待される。

7. むすび

有珠山関係で53年度末

までに造られた壮瞥温泉川流路工の断面を例にここに提案した修正Wang式($\epsilon=2$)を適用すれば、 $C_d=0.5$ ($\alpha=100\%$), $\sigma/\rho=2.60$, $n=0.02$ として(原設計では $\epsilon=1$, $n=0.05$), $I=1/15$, $R=1.403m$ の区間で $V_1=3.85m/sec$, $I=1/6.7$, $R=1.182m$ の区間で $V_1=5.14m/sec$ となる。

本実験は、昭和54年度文部省科学研究費試験研究(2)485135による。参考文献 1) 池谷浩: 流路工の計画と実際, 全日本建設技術協会, 昭和52年8月(p.175)

Table-2

C_d	m	n_1	n_2
0.171 - 0.265	0.614 - 0.708	0.606	-1.628
0.265 - 0.333	0.550 - 0.599	0.687	-1.628
0.333 - 0.413	0.575	0.644	-1.628
Mean	0.628	0.646	-1.628

