

図-1のような裸地斜面を考え、斜面長を L (m)、斜面幅を W (m)、斜面勾配を S_0 とし、斜面上端から x の点におけるリル流路一本の流量を Q とすると、斜面幅 W における雨水流量 Q_{Tr} は、

$$Q_{Tr} = nQ = g_x W x \text{ ----- (1)}$$

ここに n は斜面幅 W におけるリルの本数、 g_x は単位面積当りの雨水量であって、次式で与える。

$$g_x = (ri/3.6) \times 10^{-6} \text{ ----- (2)}$$

ここに r は流出率、 i は降雨強度(mm/hr)である。流量 Q は、図-2のような侵食性開水路内の流れであるから、

$$Q = \sqrt{8f} \cdot A \cdot \sqrt{gRS_0} \text{ ----- (3)}$$

とおける。式(2)、(3)を式(1)に代入して、

$$Q_{Tr} = nQ = n(\sqrt{8f} \cdot A \cdot \sqrt{gRS_0}) = (riWx/3.6) \times 10^6$$

したがって、リル本数 n は、

$$n = \frac{2.778 \times 10^{-7} riWx}{\sqrt{8f} \cdot A \cdot \sqrt{gRS_0}} \text{ ----- (4)}$$

一方、リル密度(Rill Density) $R_D(\%)$ は、次式で定義される。¹⁾

$$R_D = (nT/W) \times 100 \text{ ----- (5)}$$

を代入して、

$$R_D = \frac{2.778 \times 10^{-5} riTx}{\sqrt{8f} \cdot A \cdot \sqrt{gRS_0}} \text{ ----- (6)}$$

この式を簡単化するために、リル流路断面を近似的に長方形と仮定すると、 $A = Th$ であるから、

$$R_D = 2.778 \times 10^{-5} \sqrt{\frac{f}{8gS_0}} \cdot \frac{riTx}{hR^{3/2}} \text{ --- (7)}$$

となる。径深 R は、 $R = A/P$ で与えられる。ここに P は粗辺であ

る。この径深 R を $R = Ch$ ----- (8) とおく、ここに C は定数とする。この C の値は、自然流路に関するレジーム理論(Regime Theory)の結果を利用して決定する。Regime Theory

では、 $P = C_1 Q^{1/2}$ ----- (9) が成立し、²⁾ $m \cdot sec$ 単位で4.83である。一方、

水面幅 T は、 $T = C_2 Q^{1/2}$ ----- (10) で与えられ、自然流路に関するKellerhals³⁾の

結果を $m \cdot sec$ 単位に換算すると $C_2 = 3.26$ である。[Kellerhalsが求めた C_2 は、 T (ft)、 Q (cfs)のときに $C_2 = 1.8$ である]。式(10)を使用すると流積 A は、 $A = Th = C_2 h Q^{1/2}$ --- (11)

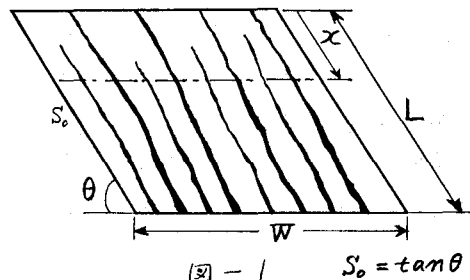


図-1

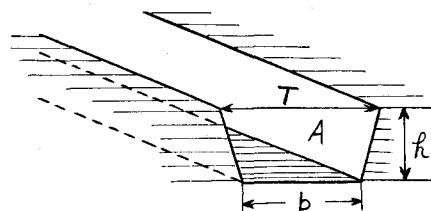


図-2

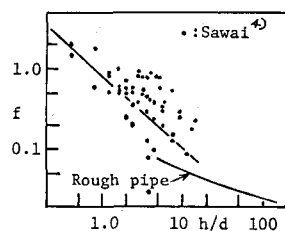


図-3

となる。したがって径深 R は、 $R=A/P$ より、 $R=(C_2/C_1)h=C_2h$ ------(8')
と表現できる。式(8)'で C を計算すると、 $C=C_2/C_1=3.26/4.83=0.675$ となる。

リル流路は雨水の流下時には、限界掃流力の状態に近いと考えられるので、摩擦速度を u_* とすると、 $u_*=\sqrt{ghS_0}$ 、限界掃流力については岩垣の式を使用すると、 $u_*^2=C_5(\gamma_p-1)gd=u_*^2=ghS_0$ とおくことができるから、 $h=kd/S_0$ ------(12) となる。ここに k は $k=C_5(\gamma_p-1)$ である。式(7)の摩擦損失係数 f については、図-3の結果から、 $f=(h/d)^n$ ------(13)とおくことができる。ここに d は流路を構成している土砂の平均粒径とする。図-3の澤井⁴⁾の研究データから判断すると、 $n=-1$ としてよい。式(8)',(13)を式(7)に代入して整理すると、

$$R_D = \frac{2.778 \times 10^{-5}}{\sqrt{8gCS_0}} \left(\frac{d}{S_0} \right)^{1/2} \frac{f i L}{h^{1/2}} \text{---(14)} \quad R_D = \frac{2.778 \times 10^{-5}}{\sqrt{8gC}} \frac{r}{k^2} \left(\frac{S_0}{d} \right)^{3/2} i L \text{---(15)}$$

さらに、式(14)に式(12)を代入して式(15)を得る。式(15)に $C=0.675$ 、 $r=1.0$ 、 $g=9.8 \text{ m/Sec}^2$ 、 $k^2=(0.05)^2(1.65)^2=6.81 \times 10^{-3}$ を代入して整理すると、次式が得られる。

$$R_D = 5.6 \times 10^{-4} \left(\frac{S_0}{d} \right)^{3/2} i L \text{---(16)}$$

$$R_D = 2.8 \times 10^{-4} \left(\frac{S_0}{d} \right)^{3/2} i L \text{---(17)}$$

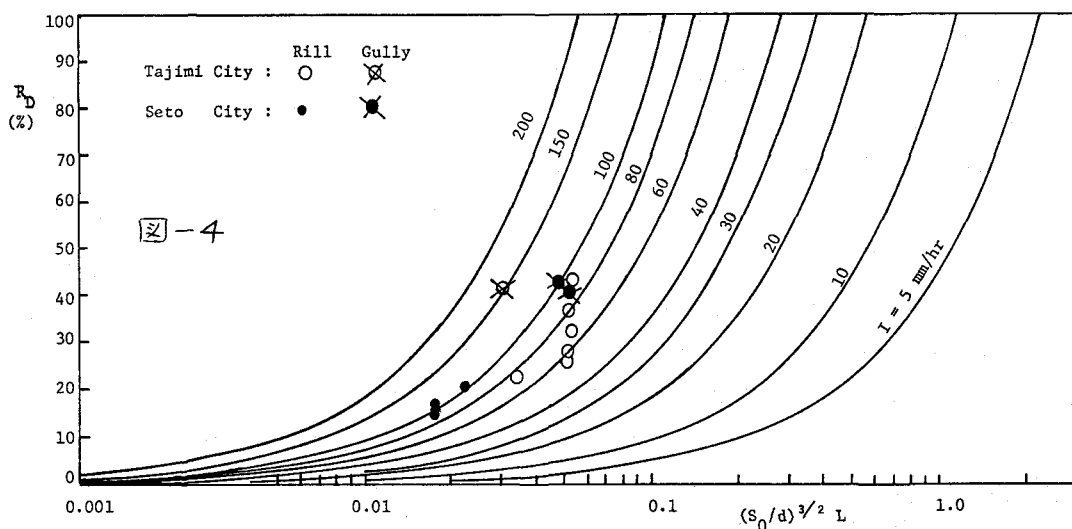
$$R_D = 8.9 \left(\frac{S_0}{d} \right)^{3/2} i L \text{---(18)}$$

平均値的な取り扱いをするために、 $n=1/2$ を代入すると、式(17)が得られる。なお、 d と L は m 単位であり、 i は mm/hr である。 d を mm 単位で与えるときは式(18)になる。図-4は式(18)の関係と多治見市及び瀬戸市の実測データを示したものである。なお、実測の T の値は、

$$T = (b + \text{地表面流路幅}/2) \text{とした。}$$

参考文献

- 1) Li, R. M. et al, "Modeling Rill Density", Proc. ASCE, Vol. 106, No. IR1, 1980, PP. 63-67.
- 2) Raudkivi, A. J., "Loose Boundary Hydraulics", Pergamon Press, 2nd Edition, 1976, P.238.
- 3) Kellerhals, R., "Stable channels with Gravel-Paved Beds," Proc. ASCE, Vol. 93, No. WW1, 1967, PP.83-84.
- 4) 澤井建二, "粘着性流路床の変動機構に関する土砂水理学的研究," 京大学位論文, 1977, P.77



この研究は、自然災害特別研究(1)“傾斜農林地の開発に伴う自然災害の防止に関する研究,”の研究成果の一部である。