

九州大学 農学部 学生員 岩元 賢

I. まえがき

我々が砂防工学で対象とする荒廃溪流(野溪)は、一般に勾配が急で、河床変動は著しく、非定常な流れを有し、かつ河床は色々な形状、粒径の石礫で構成され不均一である等の不確定因子が多数存在している。

また、その流れは射流状態を呈することが多く、流速の加速およびマサツカ等においても緩勾配の流れとはその性質に相違がある。近年、急勾配と称して勾配が $1/100$ 程度の条件で少数の実験例がみられるようになったが、いまだ、これら荒廃溪流に対して適切な水理的説明は十分でないように思われる。

そこで、筆者は荒廃溪流の諸性質を解明する一歩として、勾配が約 $1/100 \sim 1/10$ 程度の急勾配水流における流れの特性について、各種の人工粗度を用いた固定床水路模型実験を行なってきた。そして、今回は流れに対して点状の粗度要素配置を有するイボ型粗度について、その抵抗を実験的に吟味してみた。

II. 実験方法

鋼製可傾水路($0.5 \times 0.6 \times 18.8 \text{ m}$, $I = 1/100 \sim 1/10$)の床面に、高さ K 、幅 W 、長さ L とともに等しい2種類の本製立方体 ($K = 2.5, 4.3 \text{ cm}$) を所定の間隔 S_1, S_2 で、千鳥状および格子状に図-1 のように張り付けて測定を行なった。

ここで、相対粗度密度(S/F)は粗度要素1個当りの水路壁面面積(S)と粗度要素の流水に対する投影面積(F)との比である。

III. 実験結果と考察

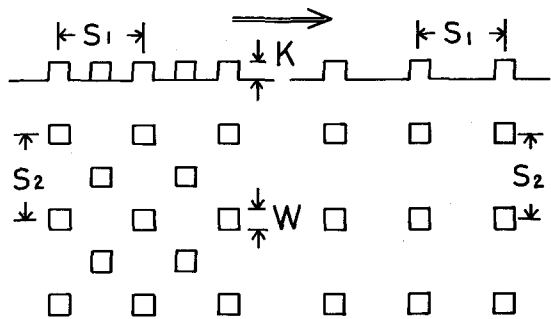
(1) 流れの形態、

前実験⁽¹⁾から流れに対して横方向に粗度要素を配置した棧型粗度の流れは二次元的であり、その形態は後流の乱水や拡散による流体抵抗によって、完全干渉流、不完全干渉流、孤立粗度流の3種類に分けられた。一方、本実験のように点状の粗度要素をもつイボ型粗度は、棧型粗度と異なって、流れは三次

元的で、しかも隣接する粗度の相互干渉を受けやすいため、後流の規模は縮小される傾向にある。また、本実験において最も粗度密度が疎である $S/F = 64$ は、棧型粗度に換算しても $S/k = 8$ にすぎず、配置条件としては「やや密なる粗度」に該当した。

以上より、本実験における流れを足立氏等の研究⁽²⁾⁽³⁾とともに検討すると、相対粗度密度(S/F)が

$S/F = 2, 4, 8$ の時………流れは、千鳥状、格子状ともに後流の相互干渉がよく発達し、壁面は一樣な乱水の房でおとわれて水面はやや滑らかになり、た完全干渉流であった。



Chidori

Kōshi

No	1	2	3	4
S_1	5.0	10.0	15.0	20.0
S_2	5.0	10.0	15.0	20.0
S	12.5	50.0	112.5	200.0
S/F	2.0	8.0	18.0	32.0

No	1	2	3	4
S_1	5.0	10.0	15.0	20.0
S_2	5.0	10.0	15.0	20.0
S	25.0	100.0	225.0	400.0
S/F	4.0	16.0	36.0	64.0

$$S = S_1 S_2 / 2 \quad F = KW \quad S = S_1 S_2$$

図-1. イボ型粗度の配置 ($K = 2.5 \text{ cm}$)

$S/F = 16, 18, 32, 36, 64$ の時 …………… 各配置ともに相対水深の比較的小さい ($H/K < 1.0 \sim 1.5$) 場合、勾配の緩急にかかわらず不完全干渉流であったが、 $H/K > 2.0$ では後流の発達が顕著になり、ついに完全干渉流へと移行するようである。

また、千鳥状配置の方が図-1 から見て明らかに、格子状よりも粗度密度が大きくなる傾向にあるので、同一の水理条件下では必然的に完全干渉流へと移行しやすいことが判る。

(2) 各種抵抗係数

粗度配置による抵抗の相違を Manning の粗度係数 n 、マサツ抵抗係数 C_f 、相当砂粒粗度 K_s よりみると、千鳥状の方が格子状よりも抵抗が大きかった。また粗度間隔が一定であるも抵抗は必ずしも一定でなく、むしろ H/K の増大に伴って、抵抗は減少するようである。これは千鳥状の方が隣接粗度の後流をよく受けやすいためである。それと、急勾配水流になると H/K の増大につれて流れの運動エネルギーが加速していくために抵抗が減少していくので、このような傾向が生ずるものと思われる。

(3) 抵抗則

粗度の大きさや配置によって生じた三次元的流れの変化により、流速分布とそれに基づく抵抗則は従来の傾向と異なり、てくる。ここでは足立氏と同様に、抵抗則に寄与する因子として H/K と S/F を用いた。

実験結果より K_s/K と R/K の間に 下記の指数

$$K_s/K = 30 m (R/K)^{\theta} \quad (1)$$

関係を仮定し、プロットした一例が図-2 である。

$K = 2.5, 4.3 \text{ cm}$ 全ターにおいて同一傾向にある $S/F = 8 \sim 64$ について、次にその m, θ 値と S/F の関係を示したのが図-3 である。

$$m = 0.7744 (S/F)^{-1.0185} \quad (2)$$

$$\theta = 0.0756 (S/F)^{0.6608} \quad (3)$$

また、幅広水路の二次元流とするために R/H とおき (1) ~ (3) 式を従来の式 (4) に代入した。

$$U_{*h} = 6.00 + 5.75 \log \frac{H}{K_s} \quad (4)$$

以上より、イボ型粗度の抵抗則として次式を得た。

$$U_{*h} = -1.86 + 5.86 \log \frac{S}{F} + \left\{ 5.75 - 0.44 \left(\frac{S}{F} \right)^{0.66} \right\} \log \frac{H}{K}$$

ただし $8 < S/F < 64$

参考文献

1) 岩元 賢：急勾配水流における人工粗度の実験的研究

第85回日林講演集 1974. 4.

2) 足立 昭平：人工粗度の実験的研究 土論集 No. 104, 1964

3) D. F. Peterson: Flume studies of Flow in Steep Rough Channels, Trans. ASCE, Hy. vol. 86, 1960

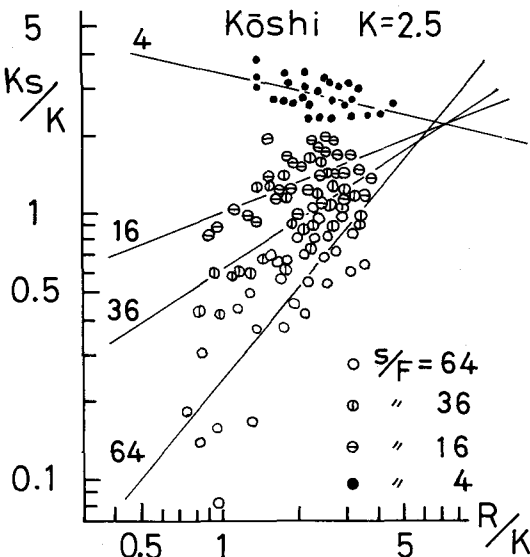


図-2. $K_s/K \sim R/K$ ($K=2.5 \text{ cm}$ 格子状)

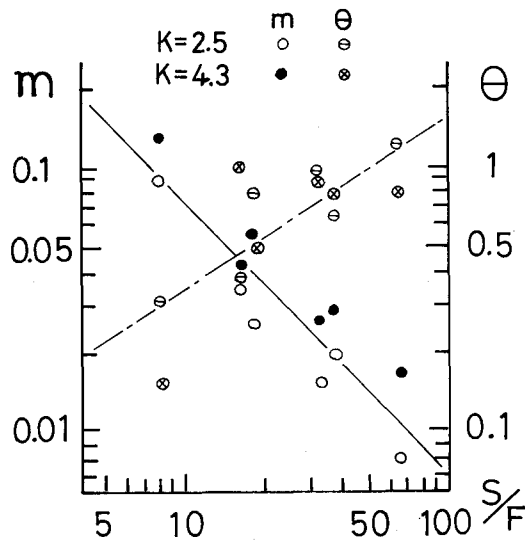


図-3. $m, \theta \sim S/F$