

急勾配水流に関する実験的研究 (IV)

—イボ型(立方体)粗度—

九州大学農学部 岩 元 賢

I はじめに

山地河川の流路工等における流水の諸性質を解明する一方法として、急勾配水流の流体抵抗について人工粗度を用いた固定床水路模型実験を行ってきた。

その結果、粗度要素の形状、寸法、配置等による粗面の形態によって流れの抵抗特性に相違のあることが明らかになった。

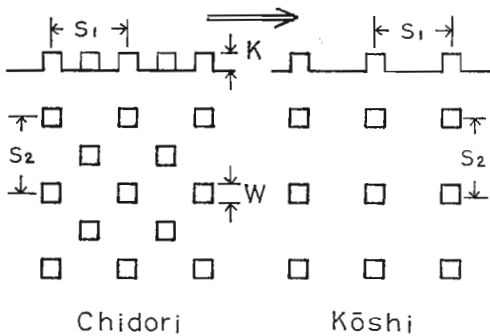
今回は点状の粗度要素を有し、三次元的流れを呈するイボ型粗度についてその抵抗特性を実験的に吟味した。

II 実験方法

前報<sup>1)</sup>と同じ鋼製水路(0.5×0.6×18.8m)の床面に高さK、幅t、長さWともに等しい立方体(K=2.5cm)を所定の間隔で千鳥状および格子状に張り付けた。粗度の配置は図-1に示すとおりである。

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

また、勾配は約1/100~1/10の6段階でこれらに相



No	1	2	3	4	No	1	2	3	4
S <sub>1</sub>	5.0	10.0	15.0	20.0	S <sub>1</sub>	5.0	10.0	15.0	20.0
S <sub>2</sub>	5.0	10.0	15.0	20.0	S <sub>2</sub>	5.0	10.0	15.0	20.0
S	12.5	50.0	112.5	200.0	S	25.0	100.0	225.0	400.0
S/F	2.0	8.0	18.0	32.0	S/F	4.0	16.0	36.0	64.0

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

図-1 イボ型粗度の配置

対水深があまり大きくない条件の一定流量を流し、基準面を水路床にとって測定を行なった。

III 実験結果と考察

(1) 流れの形態

線状の粗度要素をもつ棧型粗度の流れは二次元的で、その形態は粗度要素による後流の乱れや拡散による流体抵抗等によって、完全干渉流、不完全干渉流、孤立粗度流の3通りに分類された。

一方、点状の粗度要素をもつイボ型粗度は棧型と異なって、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ならざるをえない。また、本実験において最も粗度密度が疎である S/F=64は、棧型粗度の粗度間隔に換算しても S<sub>1</sub>/K=8にすぎず、粗度配置条件としては「やや密なる粗度」に該当した。

以上より、筆者の本実験における流れの形態を足立等の研究<sup>2) 3)</sup>も参考にして調べると、相対粗度密度(S/F)が

S/F = 2, 4, 8の時、

流れは千鳥状、格子状配置ともに後流の相互干渉が十分に発達し、壁面は一樣な乱れの層でおおわれて水面はやや滑らかになった完全干渉流であった。

S/F = 16, 18, 32, 36, 64の時、

流れは各配置ともに相対水深の比較的小さい(H/K < 1.0~1.5)場合、水路勾配の緩急にかかわらず不完全干渉流であったが、相対水深がH/K > 2.0では完全干渉流を呈するようであった。

また、千鳥状配置の方が図-1からみても明らかに、格子状よりも粗度間隔が密になる傾向にあるので、同一の流水条件の下では必然的に完全干渉流へと移行しやすかった。これは次に述べる抵抗係数の比較によっても明らかであろう。

(2) イボ型粗度の抵抗係数

粗度要素配置の相違による流れの抵抗を調べるために、従来よく使用されているマンギの粗度係数n、マサツ抵抗係数C<sub>r</sub>および相当砂粒粗度K<sub>s</sub>を求めて検

討した。

その結果、粗度要素の間隔が一定であっても各種抵抗係数の値は必ずしも一定でなく、相対水深の増大にともなって抵抗が減少していくようであり、また千鳥状配置の方が格子状よりも流れに対する抵抗力が大きいことが判った。これは前述の流れの形態の項から、流れの三次元的傾向における隣接粗度要素の相互干渉効果が、千鳥状の方が格子状に比べてより顕著であるとともに、本実験のように急勾配になると相対水深の増大とともに流れの運動エネルギーが粗度要素の抵抗力を徐々に超越していくために生ずるものと思われる。

(3) 抵抗則

栈型粗度と同様に、粗度要素の大きさや配置等の相違によって生じたイボ型粗度の流れの形態の変化により、流速分布およびそれに基づく抵抗則は従来の傾向とは異なってくる。そこで、足立氏の研究から模型粗度の抵抗則に寄与する因子として、ここでは相対水深  $H/K$  と相対粗度密度  $S/F$  を導入した。

前報と同じ方法で  $K_s/K$  と  $R/K$  との間に

$$K_s/K = 30m(R/K)\theta \dots\dots(1)$$

なる指数関係を仮定し、プロットしたものが図-2 である。同図より同一傾向にある  $S/F = 8 \sim 64$  について、その  $m$  および  $\theta$  と  $S/F$  との関係を求めたものが図-3で、その関係は次のようになった。

$$m = 0.7346(S/F)^{-1.0826} \dots\dots(2)$$

$$\theta = 0.0894(S/F)^{0.6238} \dots\dots(3)$$

また、抵抗則を幅広い水路の二次元流として求めるためには  $R \approx H$  とおいて、(1)~(3)式を次の対数抵抗則式に代入するとよい。

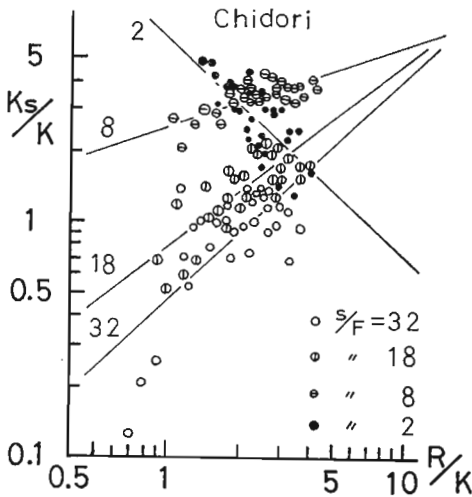


図-2  $K_s/K$  と  $R/K$  の関係

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

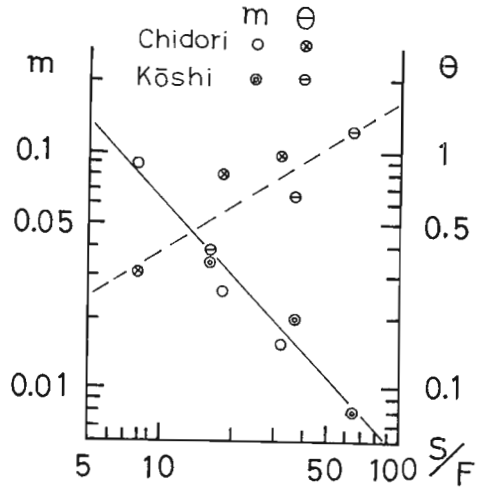


図-3  $m, \theta$  と  $S/F$  の関係

以上より、 $K=2.5cm$  のイボ型粗度の二次元流の抵抗則として次式が得られた。

$$U/U_{*h} = -1.72 + 6.22 \log \frac{S}{F} + \left\{ 5.75 - 0.51 \left( \frac{S}{F} \right)^{0.62} \right\} \log \frac{H}{K}$$

ただし  $8 < S/F < 64$

IV あとがき

イボ型粗度による三次元的流れの特性を流れの形態、抵抗係数、抵抗則について検討した。その結果、粗度要素の配置による抵抗への効果は千鳥状の方が格子状よりも大きく、流れの減勢効果をよく発揮するようであった。

引用文献

- 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回日林大会講演集，1974. 4.
- 2) 足立昭平：人工粗度の実験的研究，土論集，No.10 4, 1964
- 3) D. F. PETERSON：Flume studies of Flow in Steep Rough Channels Trans. ASCE. Hy, vol 86. 1960