

# 急勾配水流に関する実験的研究 (V)

— 半 球 粗 度 —

九州大学工学部 岩 元 賢

## I まえがき

河床粗度の幾何学的特性と流体抵抗を定量的に結びつける目的で、各種の人工粗度を用いて、その形状、寸法、配置等による流れの抵抗を実験的に調べてきた。

その一環として今回は点状の粗度要素を有し、三次元的流れを呈する半球粗度を用いたので、その結果を報告する。

## II 実験方法

鋼製可傾水路 (0.5×0.6×18.8m, I = 0.01~0.1) の底面に半径 (r) 1.6, 2.2, 2.7cm のモルタル製半球体を所定の間隔 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> で千鳥状および格子状に敷設して実験を行った。その配置の一例を図-1 に示した。

ここで相対粗度密度 S/F は粗度要素 1 個当りの水路断面々積 S と粗度要素の流れに対する投影面積 F との比で、その基準面は水路床である。

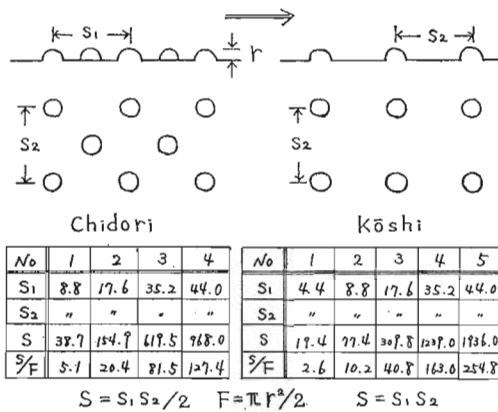


図-1 粗度の配置 (r = 2.2cm)

## III 実験結果と考察

### (1) 流れの形態と抵抗

前報<sup>(1)</sup>と同様に、形状は異なるが点状の粗度要素を有する半球粗度上の流れもまた、三次元的で、しかも

隣接する粗度要素の相互干渉を受けやすい。そして、その流れは線状の粗度要素を有し、かつ二次元的流れを呈する棧型粗度とは当然、傾向を異にしているが、形態的には棧型粗度と同様に完全干渉流、不完全干渉流、孤立粗度流の三種類に分類されるようであった。

また、本実験におけるこれらの点状粗度要素が完全干渉流へと移行する限界は S/F < 20 もしくは H/r > 2 のようであった。このことは前報の結果とよく一致することが実証された。

つきに、粗度配置の違いによる実験結果を抵抗項 U/U<sub>\*R</sub> と水深の水路半幅に対する比 γ (= 2H/B) について点描した一例を図-2 に示した。図より千鳥状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。また、実験値は粗度間隔が一定であっても、その相当砂粒粗度 (K<sub>s</sub>) は必ずしも一定値ではなく、S/F ≥ 5.1 では水深の増大にともなって抵抗も増大する傾向にあった。その一例を図-3 に示した。

さらに、イボ型粗度の抵抗特性を比べてみた。実験内容の対応性や精度等の点から十分なる成果は得られなかったが、一般には同じ流水抵抗を得るためには、イボ型粗度の相対粗度密度は棧型粗度のそれよりも大きくする必要があると思われた。<sup>(2)</sup>

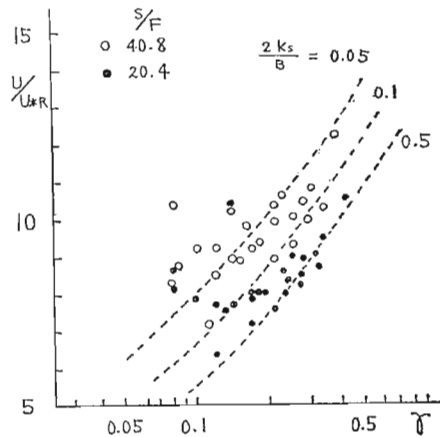


図-2 実験値 (U/U<sub>\*R</sub> ~ γ)

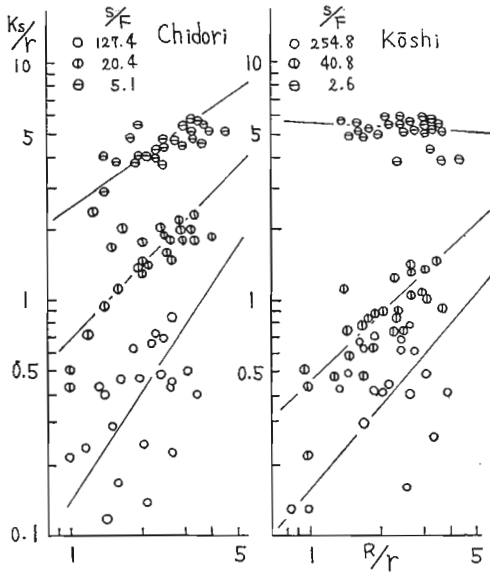


図-3 Ks/r~R/r

(2) 抵抗則

足立氏の研究<sup>(2)</sup>から本実験の抵抗特性に寄与する因子として、ここでも相対水深  $H/r$  と相対粗度密度  $S/F$  を採用した。前述の図-3において  $Ks/r$  と  $R/r$  の間には次のような指数関係が存在していることが判る。

$$Ks/r = 30m (R/r)^\theta \dots\dots\dots(1)$$

図より同一傾向にある  $S/F \geq 5.1$  について、その  $m$  および  $\theta$  値と  $S/F$  との関係を求めたものが図-4でその関係は次式の様であった。

$$m = 0.2581 (S/F) - 0.7681 \dots\dots\dots(2)$$

$$\theta = 0.3515 (S/F)^{0.2340} \dots\dots\dots(3)$$

つぎに(1)~(3)の結果を従来の対数抵抗則式

$$u/u_{*h} = 6.00 + 5.75 \log \frac{H}{Ks} \dots\dots\dots(4)$$

に代入すると所定の抵抗則式が得られるわけであるが、ここで幅広い二次元流として求めるためには  $R \approx H$  として式を展開するとよい。

以上より、 $r = 1.6, 2.2, 2.7cm$ の半球粗度の抵抗則は次のように表わせる。

$$u/u_{*h} = 0.88 + 4.43 \log \frac{S}{F} + (5.75 - 2.01 \left(\frac{S}{F}\right)^{0.23}) \log \frac{H}{r}$$

ただし  $S/F \geq 5.1$

上式の精度は、平均誤差  $\pm 10\%$  でかなり良好であったが、一方  $H/r < 1.5$ ,  $I = 0.010$  における誤差は  $\pm 20 \sim 30\%$  にも達し、あまり良好ではないように思われた。

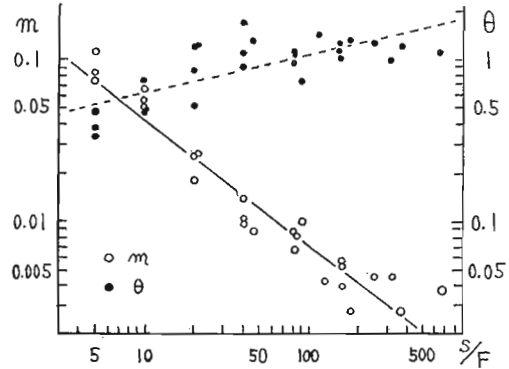


図-4 m, \theta ~ S/F

VI あとがき

以上、これまで礫粗度、棧型粗度等をはじめ、各種人工粗度の流れを実験的に考察した結果、粗度要素の形状、寸法、配置等による流れの形態の変化による抵抗特性の挙動を把握し、それらの抵抗則を求めることができた。

しかし、これまでの抵抗則は  $H/r$ ,  $S/F$  といった外面的因子のみを考慮しているの、抵抗特性の本質的解明には不十分である。

そこで今後はマサツ力、抗力、粗度間の遮へい効果を考慮した合理的な抵抗則について検討を加えたい。

引用文献

- (1) 岩元 賢：急勾配水流に関する実験的研究，土木西部支部 1975. 2.
- (2) 足立昭平：人工粗度の実験的研究 土論集 No.104. 1964