

II-8 イボ型粗度について

京都大学防災研究所 正員 足立昭平

人工粗度の形式を大別すれば、粗度要素が水路を横切って線状であるものと、突々と水路壁面から突起する突状のものに分けられるであろう。前者については、さきに椋型粗度および溝型粗度と名付けて、実験的に2,3の特性を明らかにしたが、本報告は後者の形式の一例をとりあげ、これをイボ型粗度と名付けて、その流水抵抗について行なった実験結果を述べようとするものである。

使用した実験水路は巾20cm、長さ14.4mの鋼製水路であるが、水路底面には別に水路中に合わせて裁断したビニール厚板をはめ込み、その上に小六面体の粗度要素を貼りつけた。これは粗度要素の配置換えを能率的に行なうためであるが、また接着剤による水路壁面の損傷を防ぐ意味もあった。粗度要素はビニール板をサイの目に刻んだ5mm×5mm×6mの小六面体であり、5mm×5mmの面が流れを横切るように置かれている。実験における粗度要素の配置様式を示せば、図-1のようである。

粗度要素の密度をあらわす指標の一つとして、粗度要素1個当りの水路壁面々積 S と、粗度要素の流れを横切る面積 F (5mm×5mm)との比を採用すれば、各配置様式のそれは次のようになる。

番 号	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
S_1, S_2 (cm)	2.2	4.4	8.8	2.2	4.4	8.8
S (cm ²)	242	968	3872	484	1936	7744
S/F	9.7	38.8	155	19.4	77.5	310

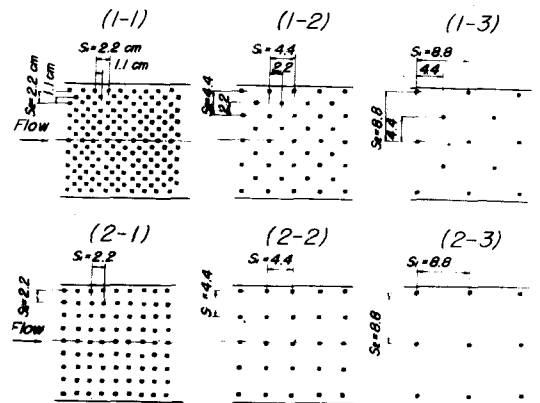


図-1 イボ型粗度の配置様式

これらのイボ型粗度について得られた平均流速 U に関する抵抗項 U/U_{*R} の水深変化に対する実験結果は、図-2のようである。ここに、横軸 γ は水深の水路半巾に対する比をあらわす。また図中に破線で記入された曲線群は、両側壁滑面の矩形断面水路における側壁の効果を決定づけるパラメーター $Re_B = \sqrt{gI(B/2)}(B/2)/\nu$ を 3.3×10^3 とにおいて、底面粗度がNikuradseの砂粒粗度に準拠する相当砂粒粗度 k_s であらわせると想定して計算した値をあらわす。実験値の Re_B には若干の不同があったが、 $3.1 \times 10^3 \sim 3.5 \times 10^3$ であり、図-2における一連の実験値と計算曲線とは相対応すべきものと考えられる。なお g は重力の加速度、 I はエネルギー勾配、 B は水路巾、 ν は動粘性係数である。しかしながら水深の減少にともなう U/U_{*R} の減少すなわち抵抗増大の特性

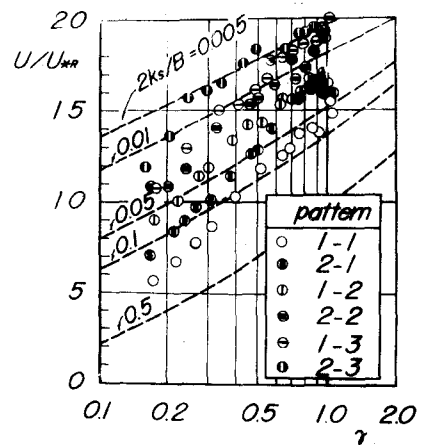


図-2 U/U_{*R} の実験値

は、実験値においてとくに著しい。このことは、個々の実験値について算出される相当砂粒粗度 k'_s を底面に関する径深 R 、に対してプロットすれば、一層明瞭になる。図-3はその関係を粗度要素高 k 、で無次化して示したものである。同図の斜線はそれぞれの粗度要素配置における両者の相関を直線で代表せしめたものであるが、イボ型粗度が単純にある砂粒粗度で置き換え得るためには、これらの斜線群は横軸に平行でなければならない。この結果は比較的粗度密度の疎な棧型粗度（相対粗度間隔 $S/k = 40 \sim 80$ ）について得られた実験結果に相通するものがあるように思われる。棧型粗度において、棧間隔の増大が流れの形態を変化せしめることは、すでに指摘され

に事実であり、粗度要素の相互干渉が薄れる場合に対してまで、砂粒粗度による置き換えを固執することが適当でないことも前に述べたところである。粗度要素の抗力係数は、その後流の規模をあらわす一つの尺度と考えられるが、一様な流れの中におかれた物体の抗力係数は、円柱あるいは平板の実験例から類推して、一般に物体の長さが有限で小さくなるほど小さい値を示すようである。粗度の場合は一様な流れではなくて、速度勾配の大きい流れをうけ、その後流の構造も複雑であるが、粗度要素の流れに直角方向の長さが有限であるイボ粗度要素の方が完全に水路を横切る棧粗度要素よりも抗力が小さく、したがって、後流の規模、さらにはその相互干渉が相対的に小さいと考えてよいであろう。もちろん、イボ型粗度の相対粗度間隔 S/F を棧型粗度のそれによって単純に模擬することはできないであろうが、こうした推論からすれば、図-3の結果はむしろ当然のようにも思われる。なおイボ粗度も、粗度要素の密度をさらに大きくして行けば、線状粗度の棧型から溝型への移行と同様に粗度の基面も変り、抵抗特性にも同様の推移があらわれるであろうが、いまの実験範囲内においては、棧型粗度との類似から基面は底面にあると解してよいであろう。これらのイボ型粗度に対する実験式として、

棧型粗度と同様に、

$$k'_s/k = 30m (R/k)^{-0.84}$$

とおき、図-3において、 $\theta = 0.84$ を与えれば、 m の値は図-4のようになり、粗度要素の配置様式の相違にはほとんど関係なく、相対イボ間隔 S/F だけによって決定づけられるように見え、 $m = 3.28 (S/F)^{-0.94}$ とおくことができる。ここに得られた著者の実験常数は薄肉の粗度要素に対して、なお検討の余地があるようであるが、W. E. S. の実験値に照合しても、粗度密度の比較的疎なものについての適合性は良好である。

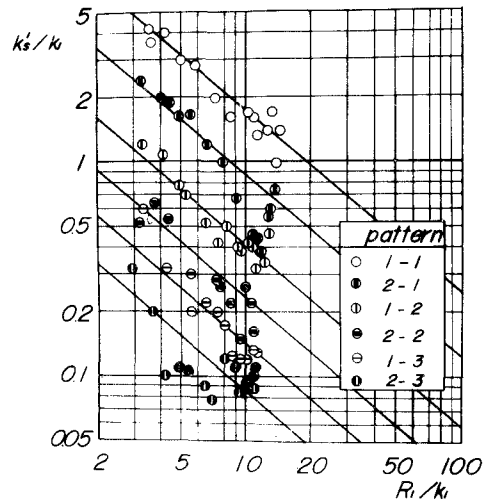


図-3 イボ型粗度の相当砂粒粗度

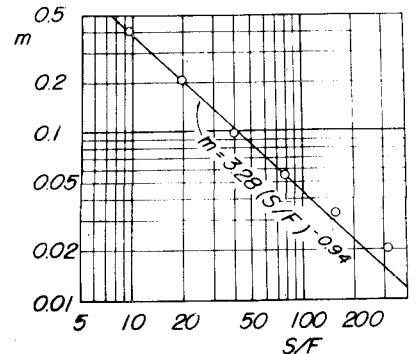


図-4 イボ型粗度の m