

Ⅲ-16 溝型人工粗度について

京大防災研究所 正員 足立昭平

水路を横切って水路壁面に線状の凹部すなわち溝を設ける人工粗度を溝型人工粗度と名付ける。形式的には水路壁面の凹部を溝と見なさないで、それに挟まれる凸部を棧と見ることもできるから、棧型粗度と同類であるともいえるが、粗度要素が溝であるか、棧であるかによって、両者の取り扱いとは区別されねばならない。すなわち、流水に対する水理学的基面が水路壁面凹凸の凸部頂面にある場合が溝型粗度であり、凹部底面にある場合が棧型粗度である。棧粗度要素の基面については、昨年の講演会に述べたように、厳密には両者の間にある遷移領域があるが、実用上の取り扱いにおいては、便宜的に相対棧間隔 s/k (s は棧間隔, k は棧高) $= 8$ を境いとして基面が棧粗度底面から頂面に移行すると考えることができるから、棧を使用する場合にも、 $s/k < 8$ であれば、棧型粗度ではなくて溝型粗度と定義される。

溝型粗度が棧型粗度と本質的に相違する点は、後流の発達が溝中によって制限されることであり、溝型粗度の流水抵抗に関する主要な指標は、棧型粗度における s/k に代って、溝中 b に対する相対溝間隔 s/b を重視すべきであろう。まず、 s/b が大きく、 b が小さい場合には、溝内は死水領域を形成するはずである。このような状態の流れについては、すでに Morris が *Quasi-smooth-flow* あるいは *Skimming-flow* と名付け、流水抵抗に関する溝の役割りが、死水領域内に生ずる安定した渦動を維持するためのエネルギー消費にあるとして取り扱っている。死水領域の渦のエネルギーの推算に決定的公式は見出されていないが、彼の主張は大いに傾聴すべきものと考えられ、溝型粗度における流れの形態の一つは *Skimming-flow* であるということができよう。しかしながら s/b が小さくなれば、必然的に棧型粗度に漸近するから、溝内に全く安定した渦動を期待することはできないはずであり、流れは砂粒粗度に代表される完全干渉流に移行すると考えるのが自然である。このような流れの形態の変化は、棧型粗度において s/k が小さくなるに従って、粗度要素後流の相互干渉が進み、孤立粗度流から完全干渉流へ移行することに対応するものであり、粗度密度による最大抵抗の出現は、溝型粗度と棧型粗度の区分によって説明づけることができる。

このような粗度形式の分類を基調として、溝型粗度の抵抗法則を見出すべく、中20cmの鋼製水路に $s/b = 1.34, 2, 4, 8, 16$ および ∞ の溝型粗度を与え、それらの相当砂粒粗度 k_s' を求めた実験結果は、図-1 のようである。ここに k_i および R_i は溝深および径深であり、添字 i はそれが底面に関

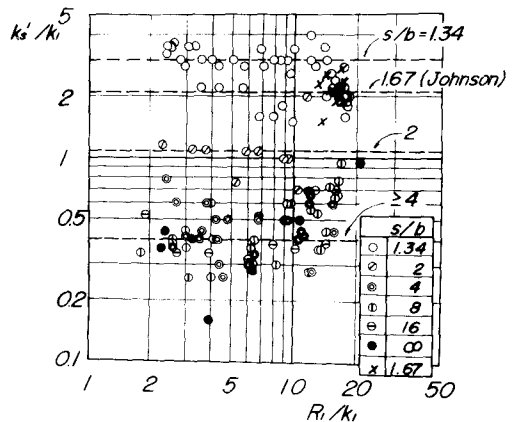


図-1

するものであることをあらわす。実験値はやや散らばりが大きいが、 $s/b=1.34$ および 2 に対しては、それぞれ $k'_s/k_i=3.0$ および 1.04 をあてはめることができ、予期されたように、これらは完全干渉流であると判断される。一方 $s/b \geq 4$ の実験値はとくに散らばりが激しく、 s/b の増大を k'_s/k_i の値に相関づけることが困難であり、各組の k'_s/k_i の平均値は $s/b=\infty$ すなわち、溝のない場合と大差がない。この結果は実験を s/b の最小の場合から始め、順次溝を埋めつぶして s/b を大きくしたために、最終の $s/b=\infty$ においても、壁面に $\pm 1\text{mm}$ 程度の凹凸が残り、完全な滑面でなかったことによるものと考えられる。この実験の不手際のため、Morris のいう Skimming-flowを確認することはできないが、彼の提案式による溝のエネルギー損失の推算値は、この場合、壁面摩擦抵抗の 10% にも満たない値であり、実験精度から推して、 $s/b \geq 4$ の各組において溝の効果を抽出できないことが、消極的にはあるが、Skimming-flowの可能性を実証しているように思われる。米国の W.E.S. において行なわれた各種人工粗度実験の中、刷毛は上げコンクリート水路に、直角三角形断面の溝を刻んだ形式について、溝の特性が認められないという理由から実験資料が省略されていることも、同様の理由によるものと推察される。

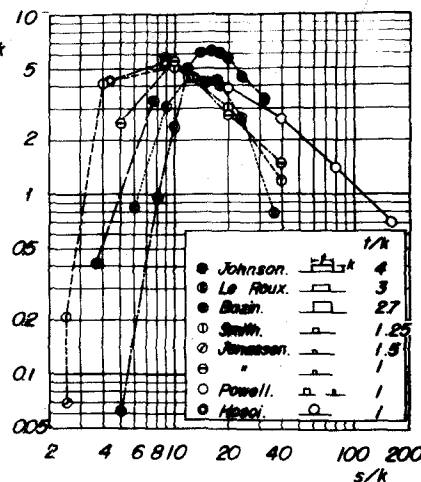


図-2

図-1 には Johnson の実験資料 $s/b=1.67$ についてもプロットしてあるが、彼が当時の実験資料を集めて、 k'_s/k と s/k に関係づけようと試みた資料を引用すれば、図-2 のようである。 s/k の小さいものについて、最大抵抗に達するまでの実験資料を溝型粗度と見なし、 s/k を s/b に変換して k'_s/k の値をプロットすれば、図-3 が得られる。この両図を比較すれば、明らかに図-3 の相関が優れており、溝型粗度の決定的指標が s/k ではなくて s/b であると結論することができる。そして実験式として、溝型粗度の抵抗特性を、

$$k'_s/k = 10(s/b)^{-3.3}$$

で与えることができる。なお参考のため模型粗度の抵抗特性を付記すれば、

$$k'_s/k = 23.7(s/k)^{-0.26}(R/k)^{-0.02(s/k)^{0.8}}$$

であり、 k'_s は R/k の関数となる。

以上溝型粗度の抵抗特性が s/b を指標としてあらわされることを述べ、その実験式を求めたが、模型実験への適用において模型粗度との区別は重視されるべきである。

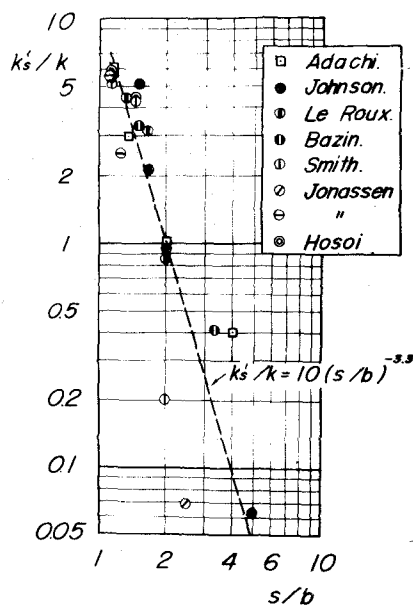


図-3