

Ⅱ-12 浅い流れの粗度に関する研究

名古屋工業大学 正員○細井 正延
名工大大学院 学生員 越村 一雄
京大大学院 学生員 奥村 忠敬

1. はしがき：著者は先に急流河川の粗度について研究したところ、河床底面の粗度に較べて水深が浅くなるにしたがって粗度係数の値が次第に大きくなることを見いだした¹⁾。これは大きな河床材料によつて水面に擾乱が生じ、エネルギー消費が増大するためであると推測したのであるが、これを実験によつて検討するのが本研究の目的である。

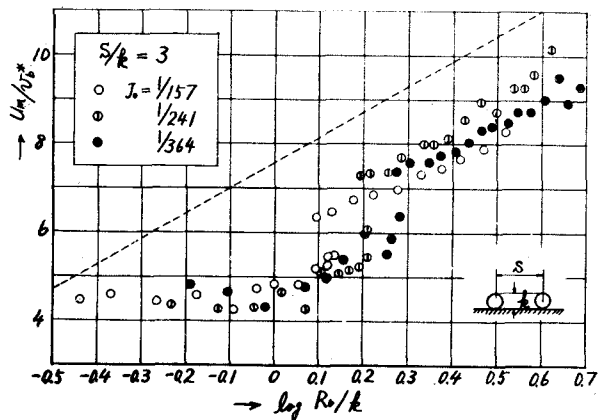
2. 実験装置と方法：実験水路は長さ15m、中60cmの勾配可変の鋼製で、水路中央部の両側面は硝子張りである。水路底面に直径21.1mmの円形断面の鋼管を水路方向に直角に横型状に並べて粗度をつくりだ。鋼管の間隔と直径の比 $S/d = 1, 2, 3, 5, 8$ の5種数とし、水路底面勾配は $1/150, 1/250, 1/350$ とし、また水深をほぼ0.5~15cm(鋼管の頂面を基準としての値)の範囲とした。水深を3ヶ所毎にポイントゲージを用いて測定し、流量から全断面の平均流速 U_m 及びエネルギー勾配 I_e を算出した。

3. 実験結果と考察：鋼管の直径に較べて水深が非常に小さいので、水深測定の際面まどこに置かれるによつて水深、平均流速の値したがって粗度の値にきわめて大きな影響を与えるので、まずこの点について検討した。すなわち水とほぼ単位重量の等しい粒状物質を流水中に散布し、高速度撮影を行なつて横の間の後流発生域を測定し、その平均高をもつて基準とした。先に足立博士は横高に比して水深がかなり大きい場合について、横が受ける抗力を測定して基準を決定したが²⁾、著者の結果をこれ

と比較すると表-1のとおりである。つぎに側壁の粗度の影響を除去するために、便宜上H.A. Einsteinの方法を用いて水路底面が支配する水深 R_b を算出し、粗度を求める場合にはこの値を用いた。 $S/d = 3$ の場合について、横軸に $\log R_b/d$ を縦軸に U_m/v_b^* ($v_b^* = \sqrt{g R_b I_e}$) をとつてプロットすると図-1のようである。水深が大きいところでは従来の対数法則が成立するが、 $\log R_b/d = -0.1 \sim 0.3$ では U_m/v_b^* の値が非常に小さくて、この領域では顕著な周期的な波が上流へ伝播するものが認められた。とくに U_m/v_b^* の値が急激に減少する点に相当する水深のところでは、このような進行性の波がある周期に発生、消滅を繰返

S/d	1	2	3	5	8
足立	0	0	2.1	4.2	11.0
著者	0.9	1.9	2.8	6.6	7.9

図-1



すりがみられた。図-2は $S/\ell_b = 8$ に対するもので、この場合には進行性の波は認められず、 $\log R_b/\ell_b \approx 0.6$ の付近で停止波状の水面の隆起(棧による坑上げの影響のように考えられる)が顕著に現われた。しかしこの領域でも u_m/v_b^* の値がいささか低まっているのはやはり水面の擾乱によるエネルギー消費の増加によるためであろう。つぎに全部の実験値に対して Nikuradse の相当粗度 ℓ_b を求め、横軸に R_b/ℓ_b を縦軸に ℓ_b/ℓ_b として図示すると図-3のようになり ($1/150$ の場合だけ)、 $S/\ell_b = 2, 3$ の場合には顕著な進行波の発生領域において ℓ_b/ℓ_b が急激に大きくなり、また $S/\ell_b = 5, 8$ の場合にも水面の擾乱のはずし部分で ℓ_b/ℓ_b の値がかなり大きくなっている。以上実験値は全て $u_b^* \ell_b/v > 70$ であるから、ほぼ完全粗面状態であると見てよい。先に述べた実際河川で水深がいさくなると粗度が連続的に大きくなる状態は、おそらく図-3の $S/\ell_b = 8$ の $\log R_b/\ell_b > 0.6$ の範囲に相当するのではないかと推定され、この領域では R_b/ℓ_b の増大と共に水面の波高は減少するといえ、まだかなりの擾乱が残っているからであろう。つぎに進行性の波が発生する原因について、若佐博士の不安定限界の理論式を用いて検討してみたが、本実験のように Froude 数が $0.3 \sim 0.7$ の範囲では、 $u_m = 0.2 R_b^m \cdot I_e^{1/2}$ の m の値がほぼ 1.5 より大きくないと不安定限界が現われないことになり、本実験では $m = 0.7 \sim 0.9$ であるので、この理論式では発生原因を説明することはできない。進行波発生限界を Fr 、 $u_b^* R_b/v$ 、 R_b/ℓ_b 、 S/ℓ_b 等に関連すると考えて、横軸に R_b/ℓ_b 、縦軸に Fr 数と S/ℓ_b をパラメーターとして発生領域を図示したりが図-4である。進行波発生限界の問題及び進行波または水面の擾乱が発生した場合の粗度の増大の問題については、今後理論的な検討を行なうと共に、鋼管の直径を変えたり、イボ型の粗度を工夫して実験的にも調べていくつもりである。

図-2

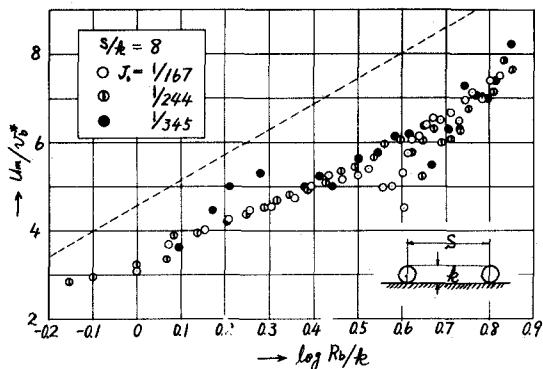


図-3

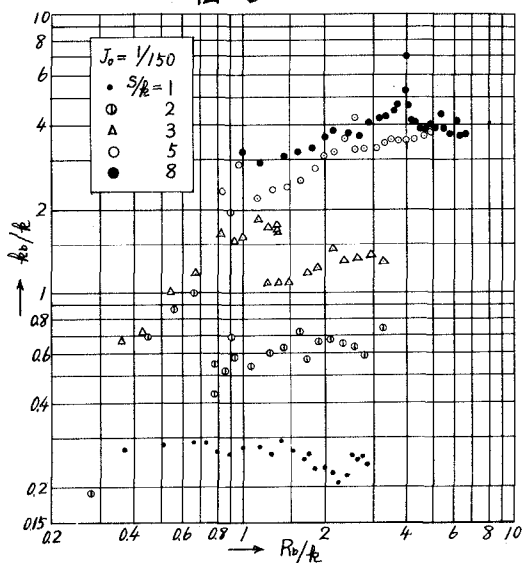
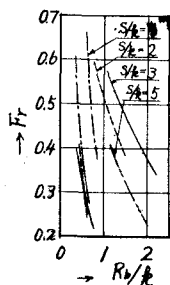


図-4



- 参考文献 1) 細井正延：河川急流部の粗度係数と河道計画との関連について；土木研究報告115
2) 足立昭平：人工粗度の実験的研究；昭和39年4月 土木学会論文集
3) 若佐義朗：開水路水流の不安定限界について；昭和30年6月 土木学会誌