

名古屋大学工学部 正員 足 立 昭 平

名古屋大学工学部 正員 伊 藤 敏 彦

1. ま え が き

本報は、相対粗度の比較的大きい流れの内部機構について、若干の考察と実験結果を報告するものである。昨年の年次講演会にて発表した「球状粗度要素の実験的研究」において、球状粗度による流水機構を明らかにしようと試みた。そして、流水の速度分布について、自由表面下それぞれ乱流混合領域、遷移領域、粗度領域および間隙流領域と名付けた4つの領域を考へ、とくに乱流混合領域および粗度領域について、Prandtlの混合距離の考へ方に倣ひ、それぞれの領域の速度分布を表わす式を導いた。しかしながら、相対粗度の大きい、遂に相対水深の小さい場合には流れの主要部が粗度領域で占められるから、この領域についての速度分布については、きわめて重要であり、前発表の球状粗度の実験では、最大粗度の球粗度について考察したが、それに就いて粗度形状の異なる2種の粗度の速度分布に関する若干の実験結果を中心に、その考察を加えることにする。

2. 実 験

図-1はこの実験に用いた粗度の模型を描いたものである。模の高さおよび模間隔、模幅は等長(k で示す)で、 $k=1\text{ cm}$ および 2 cm の大きさのものを用いた。実験水路は長さ 13 m 、幅 30 cm の矩形断面水路で、これに模を固定した。また、測定には、ピトー管およびポイントゲージを用いた。表-1はこの実験の条件をまとめものである。表中の記号 Q は流量、 h は水深、 B は水路半巾、 S_0 は水路底勾配、 λ は前縁抵抗係数、 k は図-1に示した粗度の代表値で模高、そして U_{*b} は摩礫速度である。また水深の基底および座標原点は模頂面におく(これは模間の乱水域が観察されたから)

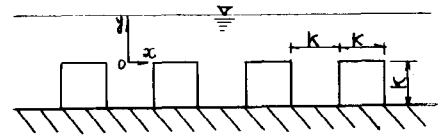


図-1 模 粗 度 の 模 型

3. 結 果 と 考 察

相対粗度の大きい流れの特性を示す粗度領域の速度分布は、従来から知られているニコラーゼの砂粒粗度で代表される河川断面よりはずれる部分に相応する。したがって、この領域の速度分布の表現として、Prandtlの混合距離 $\lambda = 60$ が座標 y に關係しないとして運動量輸送の概念より求めた式で、昨年の年次講演会の講演集に載せたが、再び、書けば、つぎのようである。すなわち、

No.	Q l/sec	h cm	$2B$ cm	S_0	ν cm^2/sec	k cm	U_{*b} cm/sec
10	1.65	1.38	30	1/100	$1.03 \cdot 10^{-2}$	1	3.68
11	2.72	1.97	30	1/100	$1.03 \cdot 10^{-2}$	1	4.39
12	9.50	3.79	30	1/100	$1.03 \cdot 10^{-2}$	1	1.09
13	1.15	1.16	30	1/100	$1.01 \cdot 10^{-2}$	2	3.87
14	3.40	2.28	30	1/100	$1.01 \cdot 10^{-2}$	2	4.73

表-1 実験の条件

$$U/U_{sh} = \frac{U_0}{U_{sh}} + \frac{2}{3} \frac{h}{l_0} \left[1 - \left(1 - \frac{y}{h} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

である。ここに、 U_0 は $y=0$ における流速である。さて、図-2 は、粗度の速度分布の測定値を上式の関係にもとづいて、プロットしたものである。図中の直線は、横断方向の平均値を考慮して、測定値を平均化した値を連ねて描いたもので、その傾きの度合および切片より、混合距離 l_0 および壁面近傍の速度 U_0 およそ見当づけられる。また一方、次元解析的には、粗度領域の折れ量である l_0 および U_0 は相対水深 h/k および壁面無次元数 $\frac{U_0 l_0}{\nu}$ に関係づけられ、さらにそれらはこの領域より下部の壁面凹凸部によっても規定されるはずであるから、 l_0 と U_0 とは互に独立でないと考えられる。このような考察にもとづいて、図-3 は、 l_0/k と h/k との関係、図-4 は l_0/k と $\frac{U_0 l_0}{\nu}$ との関係を、それぞれ図-2 の直線をもとにプロットしたものである。その結果、実験資料はごく少ないけれども、およそ混合距離 l_0 と橋高 k との比 l_0/k は明らかに相対水深 h/k に関係し、その増加とともに増す傾向がみられる。また、壁面の代表速度につりての無次元数 $\frac{U_0 l_0}{\nu}$ も h/k に関係し、その増加とともに増える傾向がみられた。以上、相対粗度の大きい流れの場合に、 l_0/k および $\frac{U_0 l_0}{\nu}$ がいずれも相対水深 h/k に関係づけられ、かつ、前発表の球状粗度の場合とそれらの傾向を同じくすることに注目したい。

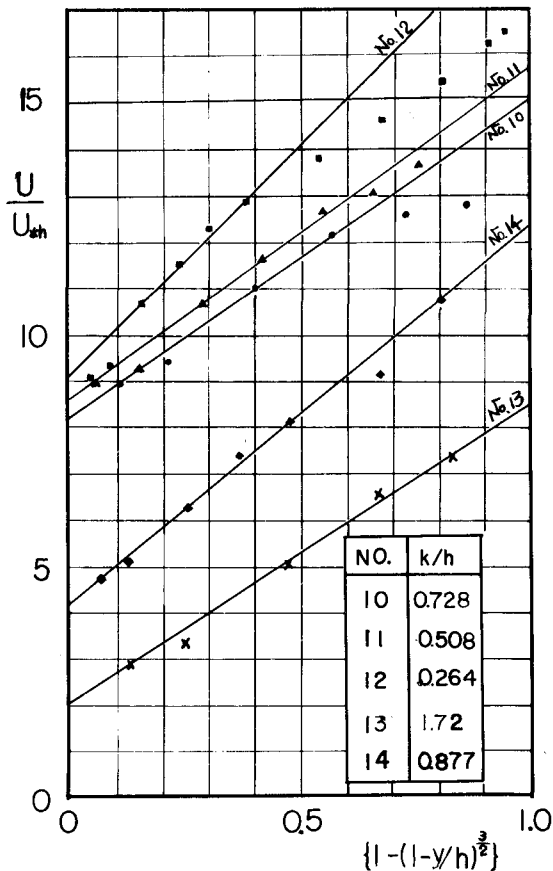


図-2 速度分布

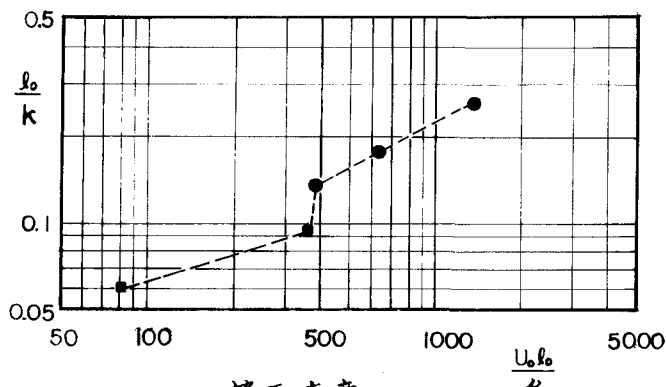


図-4 壁面速度

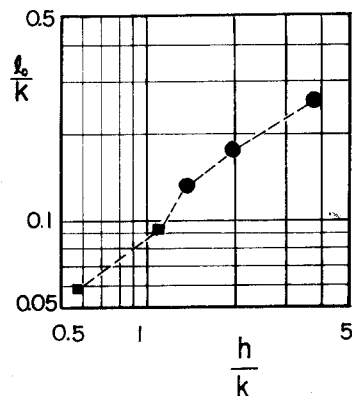


図-3 混合距離