

粗面薄層流に関する実験結果

○ 山口大学 大学院 学生員 岡田 武司
山口大学 工学部 正員 斎藤 隆
(株) 戸田 建設 宮村 孝司

相対粗度が比較的小さい流れにおいては、流れの大部分において、対数分布則が成立し、それを補正した抵抗則が十分な精度を持つが相対粗度が大きくなると、対数分布則の誘導において仮想壁面位置換した粗度近傍における複雑な流れが相対的に流れ場に占める割合が大きくなり、工学上の種々な問題においてこの流れを無視することはできなくなる。対数分布則の適用において、仮想壁面位置、ならびに粗度領域の厚さを明確にしておくことが、抵抗則の統一的な表現の検討にも必要である。

本文は、上述の観点より、粒径 $d=1.35\text{cm}$ の軽量骨材を底に張りつけた幅 30cm 、長さ 6m の水路を用いて、勾配 $1/100$ 、 $1/200$ の場合について、流量（水深）を変化させて精密に測定した流速分布より仮想壁面位置について検討したものである。

完全粗領域における対数分布則は次式で与えられる。

$$\frac{u}{u_*} = Ar + \frac{1}{K} \ln \frac{y}{ks} \quad \begin{matrix} Ar=8.5 \\ K=0.4 \end{matrix} \quad \dots (1)$$

ここに、 $u_* = \sqrt{gHI}$ 、 $H = h + dd$ である。

$ks=d$ とし、仮想壁面位置が粗度頂より αd だけ下にあるものとし、 α を系統的に変化させ、上下4点ずつ計9点の $u \sim \ln y$ を最小2乗法により2次曲線で近似し、その接線より K 、 Ar の値を求めた1例が図-2である。

α を大きくすると、すなわち仮想壁面位置を低くするとほど、 K 、 Ar の値は小さくなる。図-2は相対粗度が小さい時に、広い範囲で $K=0.4$ 、 $Ar=8.5$ となる場合である。 $y/ks \geq 1$ においては、仮想壁面位置を適切に定めることに

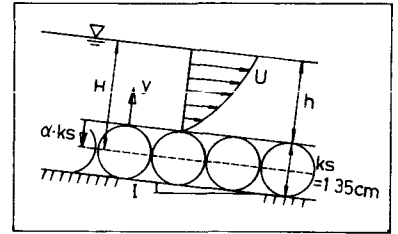


図-1

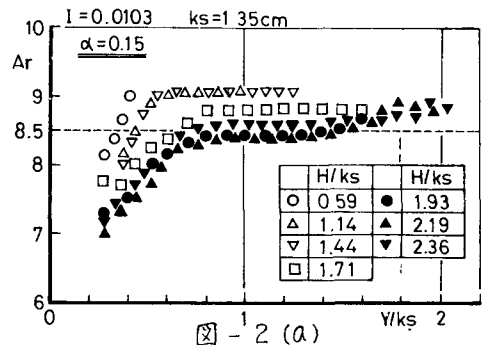


図-2(a)

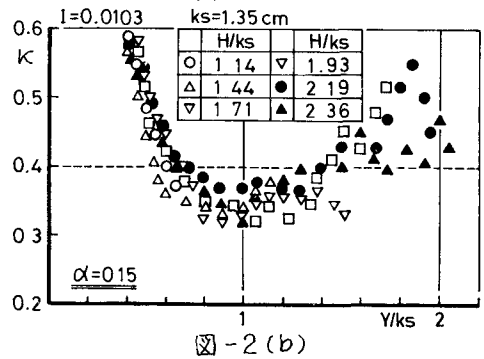


図-2(b)

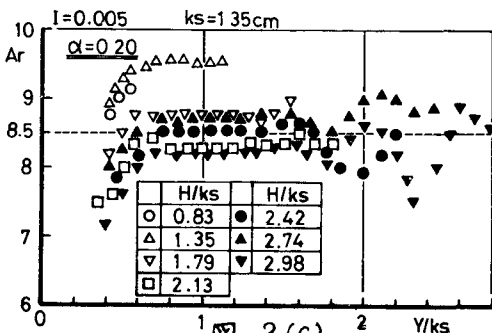


図-2(c)

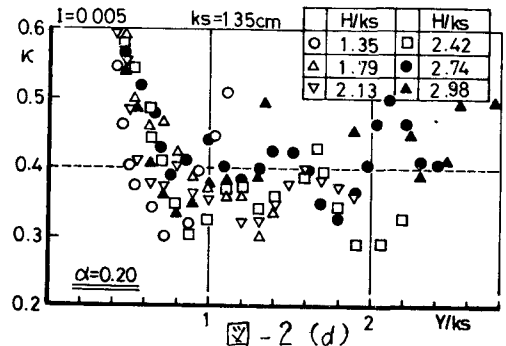


図-2(d)

よって対数分布則が適用できるが $y/\delta_s \leq 0.7$ においては、 Ar の値は y/δ_s によって変わり、対数分布則は適用できない。これは、図-3 に示した、測定した Reynolds 応力と平均流速分布から求めた滑動粘性係数が、壁面近傍において、対数分布則から逆算される値より極めて大きい値となる範囲と一致している。壁面近傍(粗度領域)において滑動粘性係数値が最大となる位置 $y_* = y/\delta_s$ を描点したのが図-4 で、相対粗度の大きさにあまり関係なくほぼ一定値となっている。これらの結果から、いわゆる粗度領域の厚さは比較的安定したものであることが明らかで、 $H/\delta_s < 1$ となると流れの場は粗度起因する乱れの場だけになるものと考えられる。

図-2 を詳細に見ると、相対粗度により Ar が系統的に変化しているが、すなわち δ_s/H が大きいほど Ar の値が大きくなっていることが認められる。図-5 は α の値を系統的に変えて、 $y/\delta_s \geq 1$ の範囲における Ar の平均値を描点したものである。 $\alpha \sim Ar$ の関係は h/δ_s によって系統的に変化している。

図-6 は、 $y/\delta_s \geq 1$ における Ar の平均値が 8.5 となる α の値を図-5 より求めて描点したものである。 $y/\delta_s \geq 1$ において対数分布則を応用するための仮想壁面位置(α 値)は相対粗度、河床勾配によって変化していると言える。

以上、実験範囲が限定されているので今後、広範囲に河床勾配、相対粗度を系統的に変えた実験を行なうことが必要であるが、本実験結果より、次のことが明らかにされた。

粗度領域($y/\delta_s \leq 1$) の水理特性については今後の課題であるが、その厚さは河床勾配によって若干異なる様であるがほぼ一定であるとみなせる。

乱流混合領域($y/\delta_s \geq 1$) の流速の絶対値を規定する仮想壁面位置は、図-6 の様に河床勾配ならびに相対粗度によって変化している。

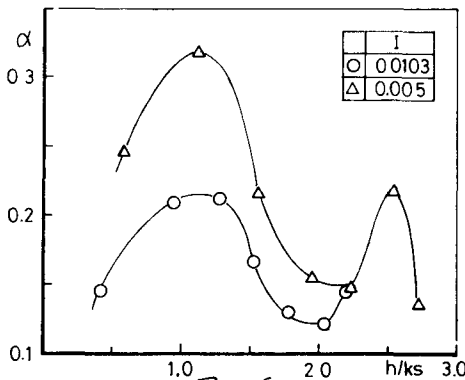


図-6

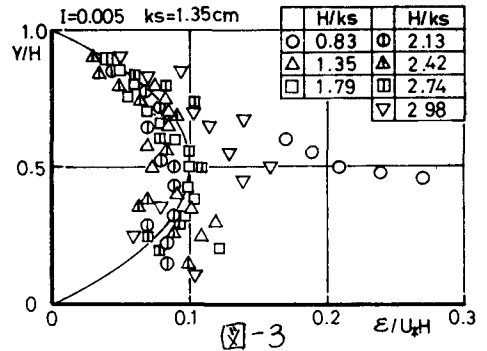


図-3

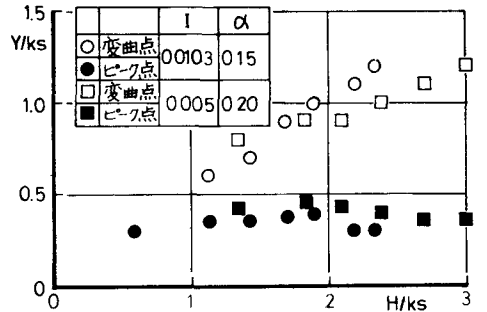


図-4

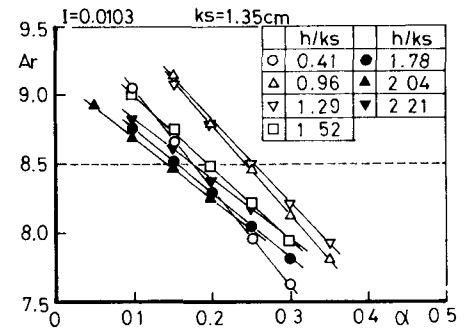


図-5(a)

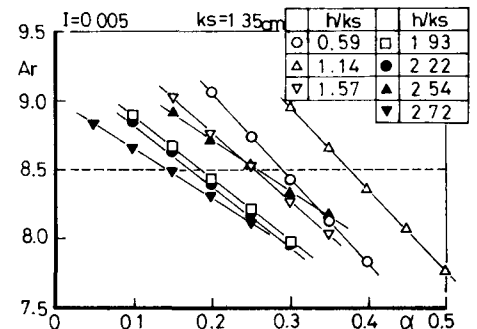


図-5(b)