

滑面開水路流れについての一検討

山口大学工学部 正 員 齊 藤 隆
山口大学工学部 学生員 狩 野 晋 一
山口大学工学部 学生員 ○岸 村 和 守
山口大学工学部 河 元 信 幸

開水路流れの平均流速分布は自由水面まで対数則が成立するとのKeuleganの指摘以来、実用上対数則が用いられているが、Kármán常数に、切片定数 As は実験者によってかなりの差異がある。ごく最近、祢津らは修正 $k-\epsilon$ 法を用いて対数則の妥当性について検討し有益なる結果を得られている。近年の開水路流れに関する研究によって、壁面領域における流れ特性が諸現象に重要な役割を持つことが明らかにされてきているが、実験制御や計測が非常に困難であることから、内部領域における平均流速分布など不明な点が多く残されている。

本研究は、従来外部領域を主体として平均流速分布式が与えられ、内部領域における平均流れ特性の検討には適しないことから、比較的 Re 数の大きい場合における内部領域の平均流速分布の近似式を用いて渦動粘性係数などについて若干の検討を行ったものである。

図-1は、巾60cm、深さ20cm、長さ10mのアクリル樹脂性水路で厚さ0.25mm、(開孔厚0.1mm)巾10mmの矩形ビト管用いて測定した平均流速分布である。摩擦速度の評価は零変位法による壁面せん断力計で測定した壁面せん断力によって行った。測定した流れの $u_* h / \nu$ は $1 \sim 3 \times 10^3$ である。

内部領域における平均流速分布式として、粘性底層では $y^+ = u^+$ 、外部領域では良く知られている $1/7$ 則に滑らかに接続するものとして試算によって求めた。得られた分布式は図-1の上部に記してある。図中の曲線が求めた分布式である。図中には参考のため対数分布式、 $1/7$ 則、粘性底層分布式が描かれている。

上述の分布式が外部領域でどの程度の適合度をもつかを調べたものが図-2である。水表面流速 u_0 は上記流速分布式で与えられるものである。実験条件ならびに平均流速分布式の決定過程から予測されるように、実験描点と近似分布式の適合度は良好である。図中には参考のため境界層平均流速分布を破線で対数分布式を一点破線で示してある。実験描点は内部分布式の中にあり、 h^+ が大きくなると境界層平均流速分布に近づいている。

自由水表面領域での対数分布則からの偏差を修正するためにColesの関数 $W(\eta)$ が用いられる。

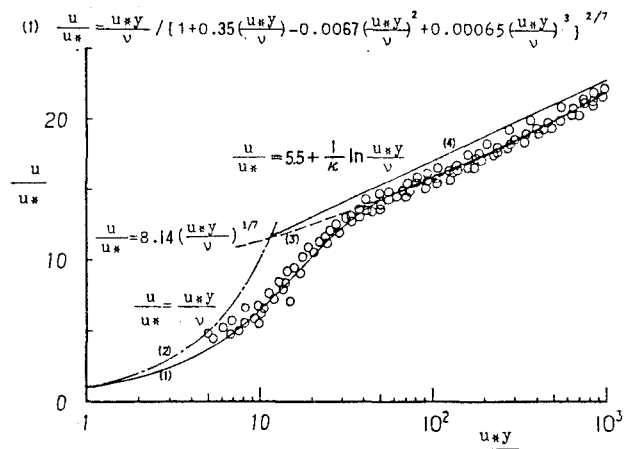


図-1 $u/u_* \sim u_* y/\nu$ の関係

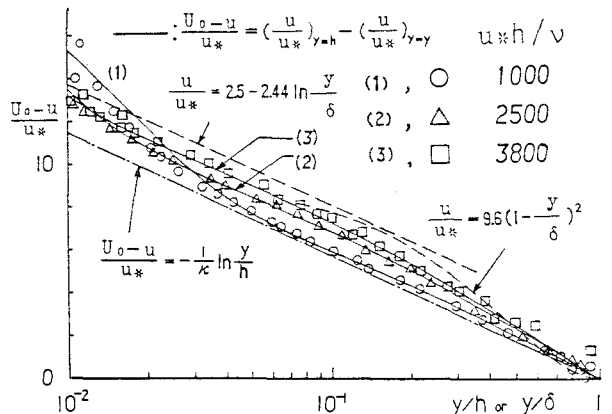


図-2 $(u_0 - u)/u_* \sim y/h$ の関係

Coles係数 π は $Re < 4 \times 10^4$ では0とされているが、図-2の実験描点の挙動から、本実験における Re 数の流れにおいても対数則を用いるならば、何らかの修正を要するものとみられる。また図からみて、本実験における Re 数の範囲では外部領域における平均流速分布を表現するのに、修正関数による対数分布則を適用するよりも、 $1/7$ 則を用いる方が簡便であると考えられる。

図-3は、平均流速分布の近似式を用い、せん断力分布は直線分布であるとして流体粘性分を差引いて求めた渦動粘性係数分布と、祢津らがReynolds応力と平均流速分布の測定値から求めた渦動粘性係数とを比較したものである。図中の破線は対数分布則で与えられるものである。祢津らがColes定数 $\pi=0.2$ として $k-\varepsilon$ 法で得られた渦動粘性係数の分布は図中の $h^+=3 \times 10^3$ の曲線とほぼ一致している。平均流速分布の近似式から求められた渦動粘性係数は Re 数の増大に伴い小さくなっていて、実験描点の Re 数による挙動は明らかでないが、 Re 数による変化は大きく評価しているのではないかとみられる。この結果は、平均流速分布の近似式を決める際、外部領域における平均流速分布を $1/7$ 則で近似しているため、 Re 数が大きくなると、この近似の適合性が悪くなるためと考えられる。

図-4は図-3の壁面近傍における分布をみたものである。祢津らが修正 $k-\varepsilon$ 法によって得られた平均流速分布ならびにReynolds応力分布をみると、低 Re 数において、 $y^+ < 10$ での平均流速分布は $u^+ = y^+$ ならびにVon Driest Curveによく一致し、Reynolds応力は $y^+ = 5$ 程度でほぼ零となっている。この結果は $y^+ = 10$ 付近から渦動粘性係数は急激に小さくなっていき、 $y^+ = 5$ 程度でほとんど零となり、 $y^+ < 20$ での渦動粘性係数の分布は図中の曲線とは大きく異なることになる。この点に関する検討はReynolds応力の分布をも同時に検討することが必要で、この領域における精度のよいReynolds応力の測定が望まれる。

図-5は平均流速分布の近似式を積分して得られた抵抗係数と実験値とを比較したものである。

参考文献(1)Nezu & Rodi:ASCE,Paper No.20573,

vol.112,1986,pp.335-355

(2)Nezu & nakagawa:Annals,Disas.Prev.

Res.Inst.,Kyoto Univ.,No.29B-2,1986

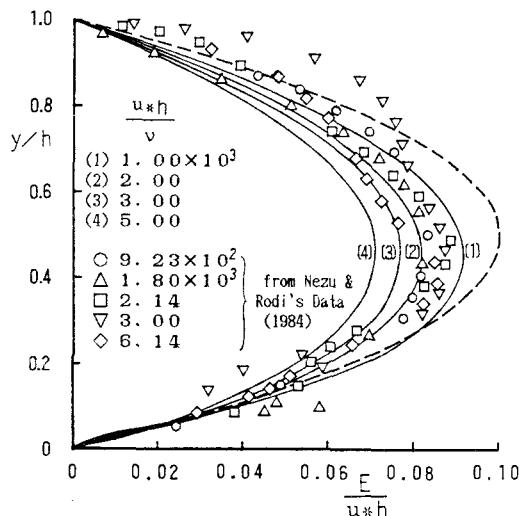


図-3 $E / (u \cdot h)$ の分布

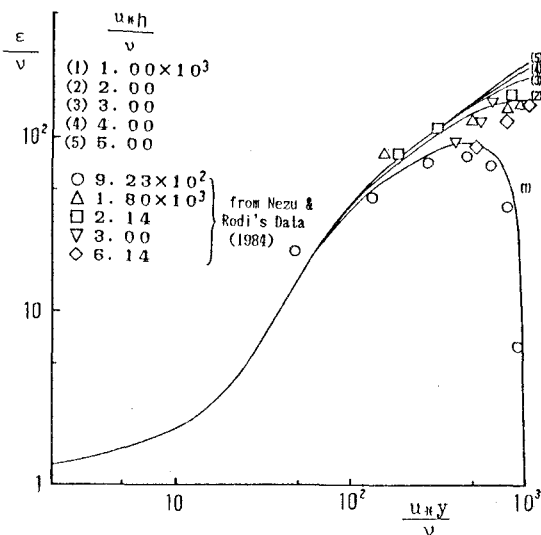


図-4 ε / ν の分布

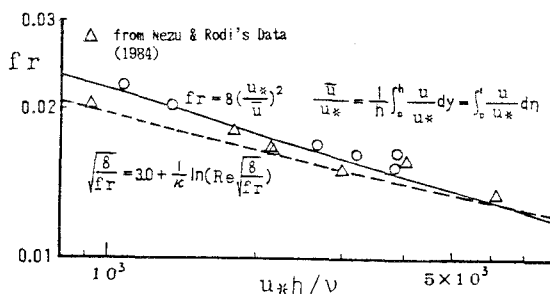


図-5 $f r \sim u \cdot h / \nu$ の関係