

滑面開水路の渦動粘性係数分布について

山口大学工学部 正員 ○斎藤 隆
五 洋 建 設 須田 純司
九州大学大学院 田崎 武詞

開水路抵抗則は水工学における基本的命題であることから、これに関しては古くから数多くの研究がなされ、境界層ならびに管路流れの研究成果である対数則、Moody 図などによって、ほぼその式形は固定されたとみなされている。しかしながら、これらの成果を薄層流れとかRe数の小さい流れに対しての適用には自由水面の存在などによって多くの研究者から疑問が提示されている。

乱流流れにおいて、壁面近傍とその上部の流れとは流れの特性が異なり、壁面近傍における乱れエネルギーの生成、消散が卓越している事は実験的に明らかにされている。この結果は壁面近傍における流れが平均流れのエネルギー消散機構、すなわち流れの抵抗則に対して重要な役割をしていると推定される。

本研究は、上述の観点から、乱れ特性と平均流れ特性との変換要素とみることができると推定される渦動粘性係数の分布を壁面近傍に重点をおいた詳細な平均流速分布の測定によって明らかにしようとしたものである。

実験に用いた水路は、鉄製支持台上に設置された幅60cm、深さ20cm、長さ12mの3面アクリル樹脂板製のものである。水面形状の測定は水路床に1m間隔で埋設された静圧管から径30mmのマノメーターに導かれた水位をフックケースを用いて行った。平均流速の測定は開孔断面が0.1mm×30mmの矩形断面をしたビトー管を用いて行った。壁面近傍における低流速の測定には分解能0.01mmの天秤式差圧計を用いた。

著者らから、過去測定した結果から求めた渦動粘性係数の分布をモデル的に描くと図-1のとうりで、本文中で用いる主要な記号を図中に示してある。図中の壁面領域における最大渦動粘性係数値 ϵ_{0m} 、その出現位置 η_0 (or U_{*0}/ν ; $U_* = \sqrt{gHle}$, H :水深, le :エネルギー勾配)ならびに対数領域における最大渦動粘性係数値 ϵ_{1m} について説明する。

図-2は壁面領域における最大渦動粘性係数 ϵ_{0m} の出現位置を内部スケール ν/U_* で無次元化したものを描点したものである。図より、水路床勾配が1/400、1/900の描点には差異なくほぼ一曲線で表されるが、水路床勾配が1/200より急であると、同じRe数に対し

図-1 渦動粘性係数分布のモデル図

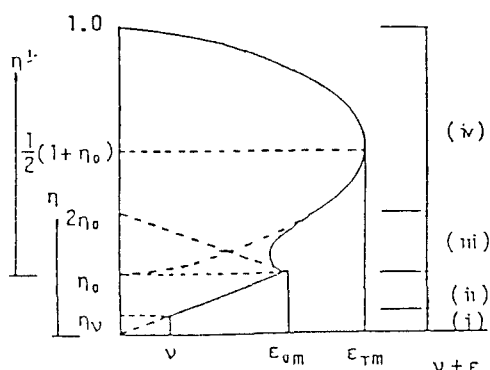
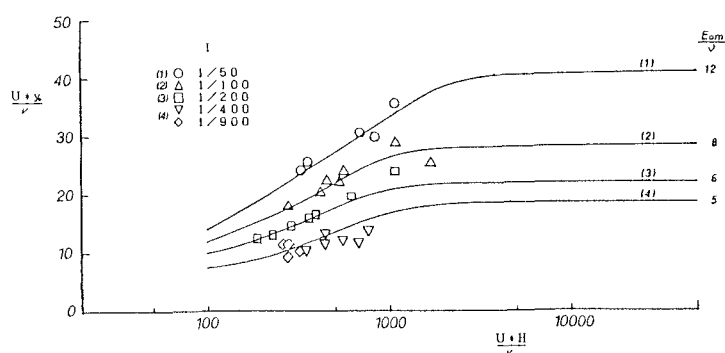


図-2 壁面領域における最大渦動粘性係数の出現高さ



て無次元出現高さは勾配が急であるほど大きくなっている。河床勾配が急なほど壁面近傍における流速測定の無次元間隔 $U_* \cdot \Delta v/\nu$ が大きいため、更に精度の良い測定が必要であるかもしれないが、河床勾配が1/200～1/400よりも急になると、河床勾配によって壁面領域の最大渦動粘性係数の出現高さが系統的に大きくなっている。

図-3は対数領域、壁面領域における最大渦動粘性係数値 ε_{0m} 、 ε_{Tm} を U_*H/ν に対して描点したものである。
 ε_{Tm} の値は対数分布則からは0.1であるが、実験描点を見ると平均的には0.1であるが U_*H/ν の値が小さくなると ε_{Tm} の値は大きくなる傾向がみられる。

ε_{0m} の描点を見ると、その出現高さと同様、河床勾配が1/200より急になると河床勾配によって系統的に変わっているとみられる。 U_*H/ν の値が小さいところでは描点の数が少ないので明確な判断はできないが河床勾配による違いはあまり大きくなく、 U_*H/ν が大きくなると ε_{0m}/U_*H は U_*H/ν の逆数に比例していて、 ε_{0m}/ν が一定値となっているとみられる。この一定値は河床勾配が1/200より急であると、河床勾配が大きいほど大きな値となっている。

図-4は水面形状と流量とから試導で求めた抵抗係数 $fr=8(U_*H/\nu)^2$ (ν : 平均流速)を描点したものである。図の描点より、河床勾配1/400と1/900の描点はほぼ一曲线で表されるが、河床勾配が急なほど fr の値が大きくなっている。いずれの河床勾配においても、描点下方の対数分布則から得られる値よりも大きな値となっている。

図-5は、 $Re=VH/\nu < 10^5$ 、 $U_*H/\nu < 5 \times 10^3$ の範囲で対数分布則を適用するために用いるべき As の値を図-4の fr より逆算して求めた結果を描点したものである。 Re 数が充分大きい場合 As は3.0の値であるが、 Re 数が小さくなると As の値は、抵抗係数 fr から明らかなように小さく、かつ河床勾配が1/200より急な場合は河床勾配によって異なった値を用いることが必要である。

以上、壁面近傍の流れ特性の一つである渦動粘性係数の分布をある程度量的に明らかにし、抵抗係数(抵抗則)にその特性が重要な役割をしていることをあきらかにすることができた。

図-3 最大渦動粘性係数値 ε_{0m} 、 $\varepsilon_{Tm} \sim U_*H/\nu$ の関係

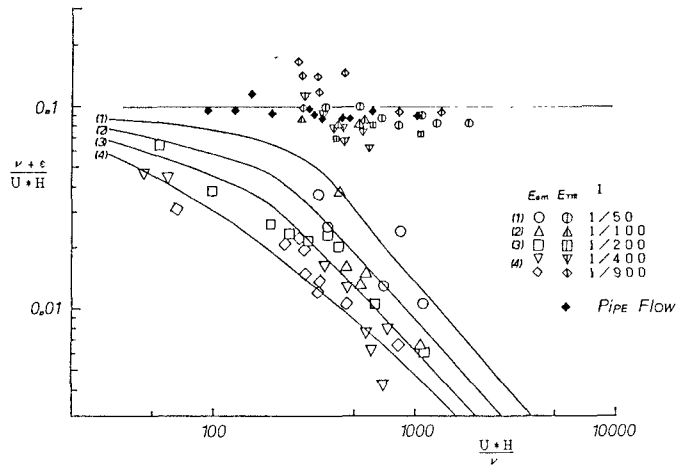


図-4 抵抗係数 $fr \sim U_*H/\nu$ の関係

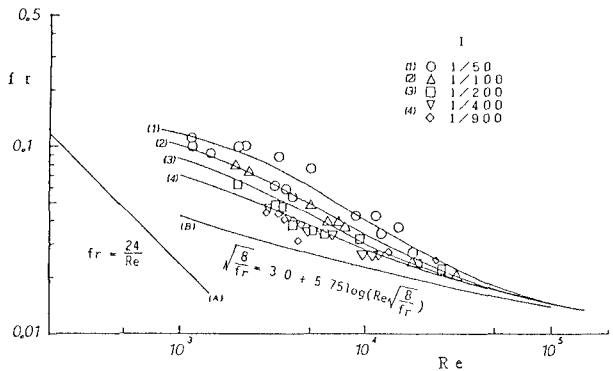


図-5 $As \sim U_*H/\nu$ の関係

