

開水路床面せん断力の直接測定結果

山口大学 正 斎 藤 隆
 山口大学 正 羽田野 架崇義
 山口大学 学 ○本 名 元

粗面開水路の床面せん断力の推定は対数分布則を前提として行なわれ、仮想壁面位置ならびに相当粗度を適切に選ぶ方法が用いられている。相対水深が大きい場合には、仮想壁面位置の違いによる水深の違いは小さく、相当粗度を適当に選ぶことによって比較的精度良く開水路抵抗則を決定することができるが、急斜面上の流れのように相対粗度が小さい場合には、仮想壁面位置の違いによる水深の違いが大きく、また著者らが行った均一砂粗面上の流速分布の検討結果では、粗度頂より粗度の大きさ程度の範囲では対数分布則は適用できないので、相当粗度と仮想壁面位置の選定が相互に関係し、両者を適切に選定するには相当な労力を要し、床面せん断力の真値が不明であるために、両者の選択に任意性の可能性がある。

本研究は、上述の観点から、零変位法による液体せん断力計を傾斜滑面水路において検定し、粗面水路の床面せん断力を直接測定して仮想壁面位置ならびに抵抗係数を求めたものである。

実験は巾60cm×深さ17cm×長さ6mの3面アクリル樹脂製の可変勾配水路で行なった。液体せん断力計（計測技研SM-101）は水路上流端より3.2mの位置に設置した。水面形状の測定は水路上流端より1.7mから4mの区間における6断面の床面に横断方向各3本設置した静圧管を用いて行なった。実験は滑面と平均粒径12mmのほぼ均一な軽量骨材を一層に張付けた粗面について河床勾配を1/50～1/800と変えて行なった。

図-1は滑面水路において行なった液体せん断力計の検定結果である。流れを等流状態にすることが困難であるため、6断面で測定した水表面位置を最小2乗法でもって2次曲線で近似し、この2次曲線より液体せん断力計を設置した位置における水深と水面勾配を定めた。図-1縦軸の摩擦速度は、実験水深が1～5cmであることから、径深とエネルギー勾配を用いて算定した。図中の曲線は全描点を最小2乗法で2次曲線で近似した結果である。この検定曲線は、メーカーが直接重錘を加えて検定した結果に比べて、同一出力電圧に対して摩擦速度が約4%小さい。この違いは重錘の重さを水平方向に変えるところでの機械的な摩擦によるものではないかと考えられる。

河床勾配が1/25の場合についての検定も試みたが、液体せん断力計の零点調整ができなくて使用不可能であった。

図-2は図-1に示した検定実験資料より算出した抵抗係数とRe数の関係を描点したものである。図中には、比較のため、滑面对数分布則によって与えられる両者の関係を実曲線で示してある。Re数が

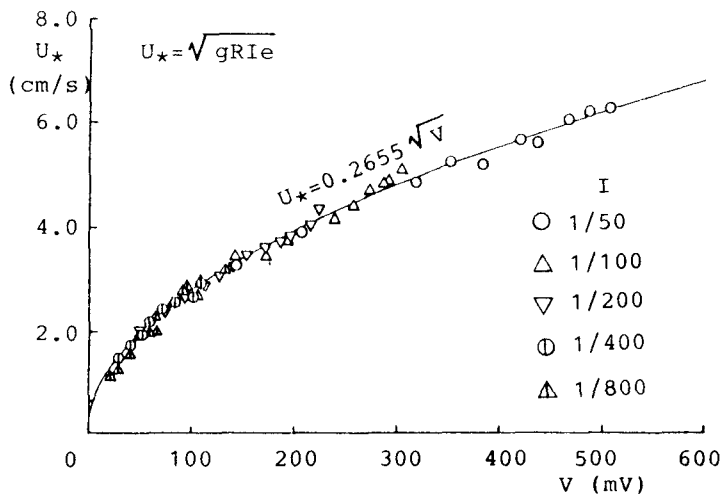


図-1

10のオーダーにおいては、せん断力が小さく測定精度が劣るため実験描点は散乱しているが、実験描点は滑面对称抵抗則とよく一致しているものと言える。

図-3は、仮想壁面位置が粗度頂より粗度径に比例した深さにあるものとして、比例定数 α を直接測定した床面せん断力から逆算した結果を描点したものである。仮想壁面位置の逆算は次の様にして行なった。滑面水路の場合と同様に、6断面で測定した水表面位を最小2乗法をもって2次曲線で近似することで水面形状を決定し、せん断力計の出力から求めた摩擦速度とエネルギー勾配を用いて求めた摩擦速度とが一致する水深を試算によって求め、この水深から粗度頂から計った水深を差引くことによって仮想壁面位置を決定した。なお、この場合床面粗度が大きいので側壁効果は考慮せず、摩擦速度は水深を用いて算定した。

従来、仮想壁面位置は相対水深には関係なく粗度頂より粗度の0.25倍程度下方にとればよく、河床勾配が急な場合には0.30倍程度にとればよいとされていたが、図-3の実験描点をみると相対水深が3~4程度での α の値は極小値を示し、相対水深が3以下になると、相対水深の減少に伴ない α の値は急激に大きくなっていて、きわめて興味深い挙動を示している。なお、相対水深が3以下の範囲において、河床勾配1/800の描点を除くと河床勾配によって描点の系統的な違いがうかがわれるが、実験精度ならびに実験描点の少なさから現時点では断定出来ない。この点ならびに相対水深が大きい場合についての挙動について実験を続行している。

図-4は、上記で求めた水深から求めた平均流速と直接測定した摩擦速度とから得られた摩擦損失係数をRe数に対して描点したものである。図の結果も描点が少ないため断定できないが、Re数が10以上においては河床勾配に関係なく実験描点は一曲線上にあるとみられるが、Re数が小さいところでは、実験描点は河床勾配によって系統的に違っている。換言するとRe数が小さい流れの抵抗則はRe数だけの関数でなく、河床勾配が関係要素となることを示している。

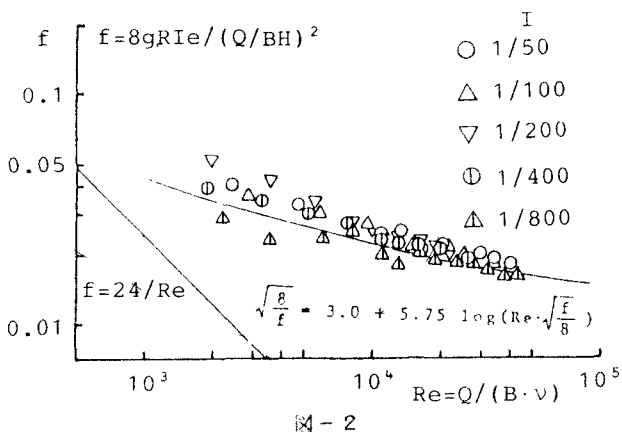


図-2

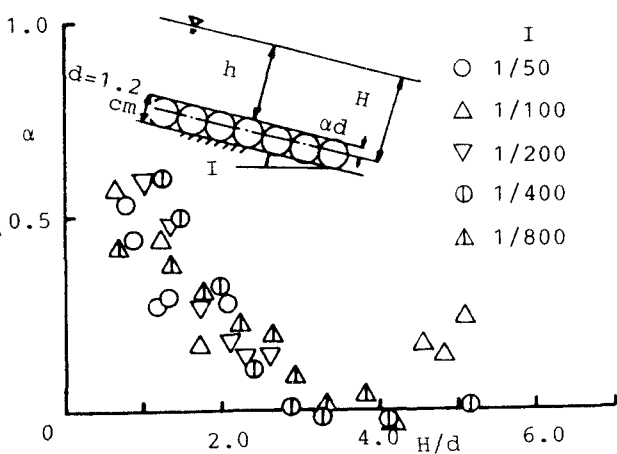


図-3

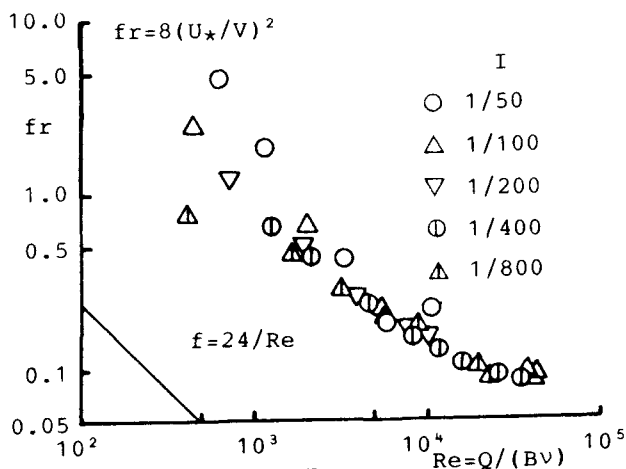


図-4