

II-160

主流の流速分布、曲率半径が異なるときの傾斜粗度の効果

立命館大学 大学院 学生員 小澤 和弘
立命館大学 理工学部 正 員 大同 淳之

1. はじめに 傾斜粗度の効果、すなわち傾斜粗度が引き起こす上昇流 w は、粗度と護岸の傾斜角および粗度近傍の主流流速 u の関数である。ある入射角で護岸に主流が流入するとき u が大きくなるが、一方では θ および x 方向の流速分布が大きくなって、遠心力による二次流の増大も予想できる。護岸の曲率半径より小さい曲率半径で流れが護岸に衝突する、主流が護岸にある角度をもって衝突するなどの場合（図-1）に傾斜粗度の洗掘防止効果に差があるのではないかと懸念があるので、実験および数値計算をおこなった。

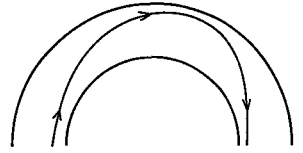


図-1 主流の最大流速線

2. 実験

(i) 実験水路 図-2に示すS字水路を用いて、主流の流速分布に偏倚を与えた。水路勾配は1/500である。傾斜粗度には1cm角の棧を用い、上部を下流側に45°傾けて、区間A～Dの外壁に10cm間隔で張り付けた。棧の周囲の深掘れが全体に影響を及ぼすのを避けるため、棧の下端は砂の上2cmに止めている。実験に使用した砂の平均粒径は0.8mmである。流速の測定には三次元電磁流速計を使用し、断面A～Dの4断面で測定をおこなった。また、断面Aにおける主流流速の測定には3mmプロベラ流速計を使用した。

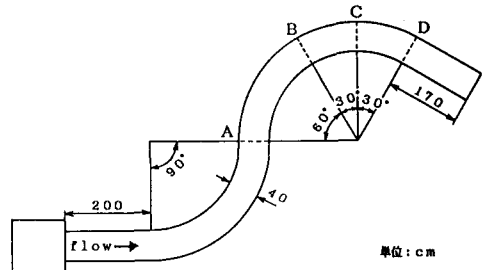


図-2 水路の形状

(ii) 実験結果の比較 上流に相反する弯曲を接続したことによる主流の偏倚の程度を図-3に示す。ここでの R は、断面A以降の弯曲に対し、内壁から半径方向への距離である。この図より主流は、内壁に偏った分布をもって流入することがわかる。また、断面Cにおける主流の横断方向分布を図-4に示す。傾斜粗度を付けない場合の最大主流流速点は $R=25\text{cm}$ 付近に存在す

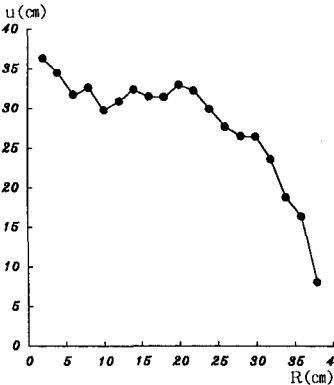


図-3 主流流速の横断方向分布（断面A，水面下2cm）

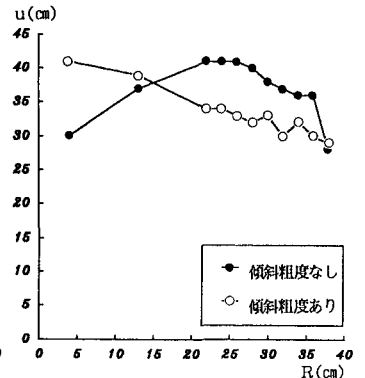
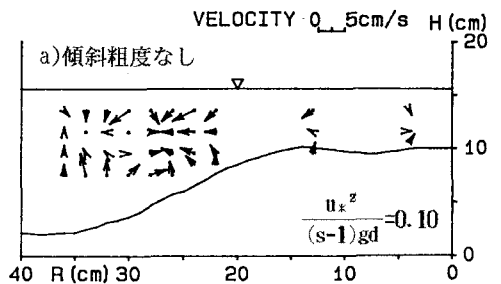


図-4 主流流速の横断方向分布（断面C，水面下2cm）

る。傾斜粗度を付けず、側壁を粗面（平均粒径0.08mmのサンドペーパーを貼付）にして実験をおこなった結果を図-5に示す。 B/h は約3.6である。この図では単一弯曲の場合に存在した、遠心力による渦がみられず、外縁部の二次流は最大流速点を向いている。その原因として、断面Aより上流側の弯曲によって引き起こされた二次流が、断面Aより下流の弯曲で生じる二次流を打ち消していることが考えられる。最大流速点が外岸寄りに存在することによる掃流



力の増加から、外縁部で洗掘が生じていることが確認できる。傾斜粗度を施した場合では、水面付近では内側に、底付近では外側に向かう二次流が観測された。しかもこの渦は、遠心力による渦がほとんど存在しないために打ち消すものがなく、内壁にまで達している。底付近の外縁部への流れによって、砂が外縁部に運ばれ、堆積しているのがわかる。

3. 数値実験 弯曲部における主流は図-4にも示したとおり、R方向に偏った分布をもっている。この偏りが二次流に及ぼす影響、傾斜粗度の影響範囲の変化を調べるため、連続の関係を崩すことなく、主流を分布させて数値計算をおこなった。なお、弯曲部流れの二次流については吉川らによる二次流の流速式・基礎式¹⁾を用い、傾斜粗度による二次流の流れ関数は、大同の式²⁾を用いた。

(1)主流の流速分布が二次流に及ぼす影響 計算に用いた主流流速分布は鉛直方向にはBoussinesqの放物線分布を用い、半径方向には、(a)一様分布：二次流の計算に通常もっているもの、(b)三角形分布：外壁で0、内壁で一様分布の2倍の値をもつ直線分布で、粗度により外縁部の流速が低下している場合に相当、の二つの分布形を用いた。この条件を与えて計算をおこなった結果を図-6に示す。(b)の条件を与えた場合では、外壁へ向かうにしたがって主流流速は低下し、鉛直方向の流速差も小さくなっていくので、それにつれて二次流流速も小さくなっている。

(2)傾斜粗度の影響範囲 外壁上に実験値に即した上昇流 $w = 10\text{cm/s}$ を与えて、計算をおこなった結果を図-7に示す。弯曲による二次流が外縁部で小さいため、傾斜粗度の上昇流による二次流の逆転範囲は(a)よりも(b)の方が大きくなっている。実験では粗度による外縁部での主流流速の低下および一様化がみられ、それにともない遠心力による二次流が弱まっている。したがって、(b)の分布形の方が実際の現象に即していると考えられる。

4. おわりに 主流の流速分布を内岸寄りに偏倚させ、最大流速線が水路の曲率半径よりも小さくなる場合の傾斜粗度の効果を調べた。上流側の相反する弯曲によって生じる二次流が、下流側の弯曲によって生じる二次流を打ち消すため、単一の弯曲の場合よりも傾斜粗度の効果が大きく現れると考えられる。外縁部に存在した主流の最大流速点が内縁部に移動したので、傾斜粗度による外縁部の主流流速低下・一様化を考慮し、流速が内岸で最大、外岸でゼロとなるような三角形分布を与えて数値計算をおこなった。三角形分布を与えたときは、外縁部の二次流の流速が一様分布のものより低下し、傾斜粗度による二次流の逆転範囲も大きくなった。いずれにしても、傾斜粗度の効果は減少しないことが明らかにされた。

参考文献 1) Hideo KIKAWA et al. : PROC. OF JSCE, NO.219, NOV.1973

2) 大同淳之, 小澤和弘 : 水工学論文集 第37巻, 1993

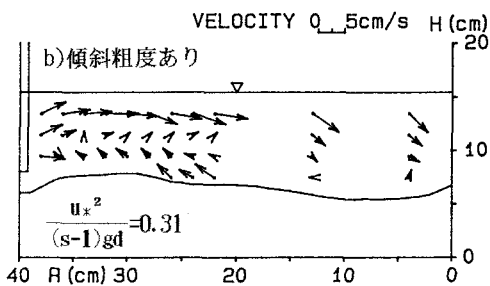


図-5 二次流流速分布と河床形状
(断面C, $Q = 9.5\text{ l/s}$)

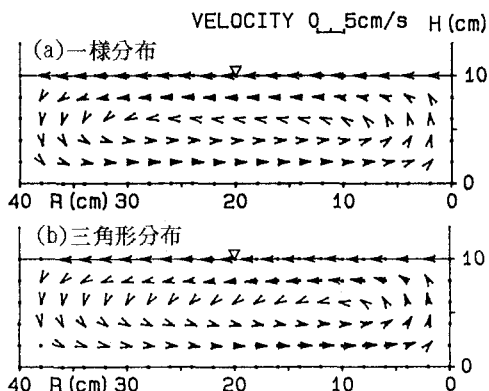


図-6 二次流流速の計算結果

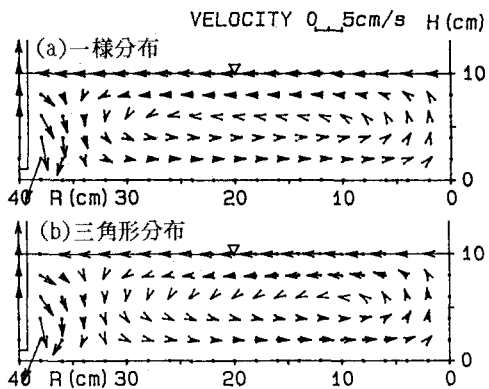


図-7 二次流流速の計算結果
($w_R = 40 = 10\text{ cm/s}$)