

河岸に作用する流れのせん断応力に関する研究

広島大学大学院  
広島大学学院  
広島大学工学研究科

学生会員  
学生会員  
フェロー-会員

○見上哲章  
内田龍彦  
福岡捷二

1.序論

河岸侵食を議論するためには、流れにより河岸に作用するせん断応力と、自然河岸の侵食抵抗の関係を定量的に評価する必要がある。本研究では河岸に作用するせん断応力に注目して、せん断応力の精度良い計測方法を確立し、流れによる河岸せん断応力を評価するための基礎的データを得ることを目的とする。

2.実験方法

図-1 は実験水路である。河床勾配を 1/250、水路幅を 25cm とし、水路潤辺は人工芝を貼り粗面状態にしている。せん断応力の測定には分力計を用いている。図-2 は分力計により計測される、河岸に作用する流体力を示している。河岸せん断力  $F_x$  は他の分力  $F_y$ 、 $F_z$  に対して非常に小さい力であるため、これらの分力が河岸せん断力に影響を及ぼさないように水平精度を 1/1000 以上、分力計と測定河岸の X-Y 平面の傾きによる影響を小さくするために、測定壁を挟む水位をほぼ等しくしている。測定河岸は、図-3 に示す鉛直分布と水深平均値の 2 種類である。表-1 に実験条件を示す。実験はすべて等流状態で行っている。case1-a と case2-a は河岸せん断応力の鉛直分布、case1-b と case2-b は水深平均値の測定を行っている。



図-1 実験水路平面図・断面図

$F_x$  ; 河岸せん断力     $F_y$  ; 流水側と静水側の圧力差の合力  
 $F_z$  ; 測定システムの自重とそれに作用する浮力の合力

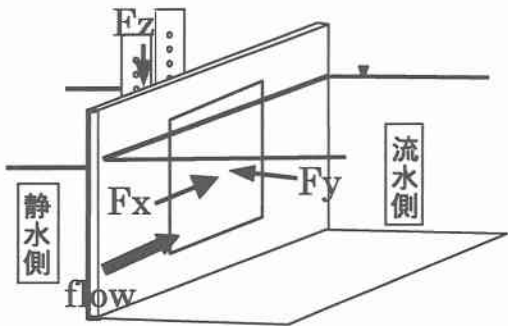
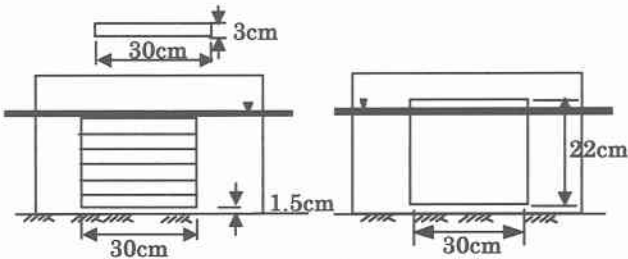


図-2 測定河岸に作用する流体力



(a)鉛直分布を測定する河岸 (b)水深平均値を測定する河岸

図-3 河岸せん断応力を測定する河岸

表-1 実験条件

|         | $Q(l/s)$ | $\bar{U}(m/s)$ | $B/h$ | $Re \times 10^4$ | $Fr$ | $I_e$ | 測定河岸 |
|---------|----------|----------------|-------|------------------|------|-------|------|
| case1-a | 20.1     | 0.59           | 1.8   | 3.8              | 0.74 | 1/220 | (a)  |
| case1-b |          |                |       |                  |      |       | (b)  |
| case2-a | 40.3     | 0.72           | 1.1   | 5.8              | 0.81 | 1/250 | (a)  |
| case2-b |          |                |       |                  |      |       | (b)  |

図-4 は case1-a、case2-a で計測した河岸せん断応力分布と河岸近傍のレイノルズ応力分布の関係を示している。河岸せん断応力とレイノルズ応力は壁面全体の平均せん断応力  $\bar{\tau} = \rho g R I_e$  で無次元化している。河岸せん断応力の分布はレイノルズ応力分布にほぼ相似形をなしており、分布形としての信頼性は高い。図-5-a,b は各 case の鉛直分布と水深平均値を示し、鉛直分布の絶対値の検証をしている。case1-a の鉛直分布を積分した水深平均値は、case1-b に対して約 20%大きく、case2-a は case2-b に対して 30%大きい。鉛直分布の計測値が水深平均値より大きいことから、ばらつきなどの設置誤差の影響ではなく河岸近傍の流れに起因すると考えられる。そこで測定河岸近傍の流れを可視化し、河岸近傍の流れがせん断

応力に及ぼす影響を検討する。

写真-1 は河岸せん断力を測定しているものであり、写真-2 は case1-a の鉛直分布測定システムの河岸近傍の流れを静水側から可視化したものである。この時の流水側と静水側の圧力差  $F_y$  は 3gf 程度である。写真-2 から明らかのように測定河岸近傍では小さな流れが生じている。これは測定河岸と周辺河岸の間の 1.5mm 程度の間隙が原因と考えられる。すなわち、測定河岸を境に流水側と静水側の水面勾配の差により、測定河岸の上流部では流水側から静水側に、下流部では静水側から流水側にゆるやかな流れが生じている。

そこで測定河岸まわりの隙間を介する流れが河岸せん断力に及ぼす影響を調べるため、流水側の流れは変えずに、静水側の水位のみを変化させて検討した。図-6 は  $F_y=0$  の時の河岸せん断力で無次元化した無次元河岸せん断力と  $F_y$  の関係を示している。case1-b についても同様に検討している。case1-b では河岸せん断力はほぼ一定値を示しているが、case1-a では圧力差によりせん断力は変化している。これは鉛直分布河岸の高さが隙間の幅に対して小さく、また鉛直分布河岸で計測される河岸せん断力の計測値が小さいことから、河岸近傍の乱れが河岸せん断力に影響を及ぼしたものと考えられる。一方、水深平均河岸に作用する河岸せん断力が変化しないのは計測値が大きく、隙間による影響を無視できるためと考えられる。

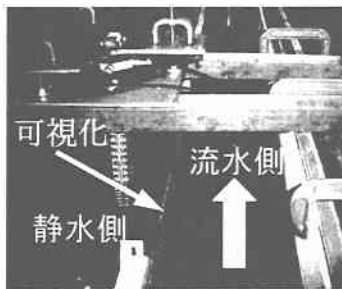


写真-1 河岸せん断力の測定

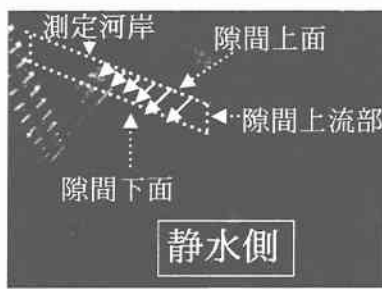


写真-2 測定河岸近傍の流れの可視化

#### 4. 結論

水深平均せん断応力については精度良い測定が可能である。せん断応力分布については、河岸近傍のレイノルズ応力とほぼ同様な分布形を示すことから、河岸せん断応力の測定法としての利用性が高い。しかしこの方法で河岸せん断応力分布を測定するには、隙間の影響が大きい。よって流水側と静水側の圧力差をほとんど生じさせずに測定を行う必要があることが明らかとなった。

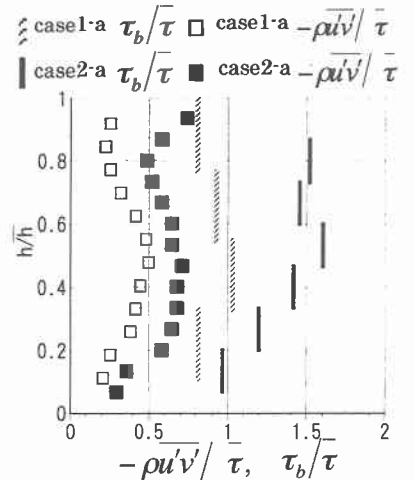


図-4 河岸せん断応力分布と河岸から1cmのレイノルズ応力分布

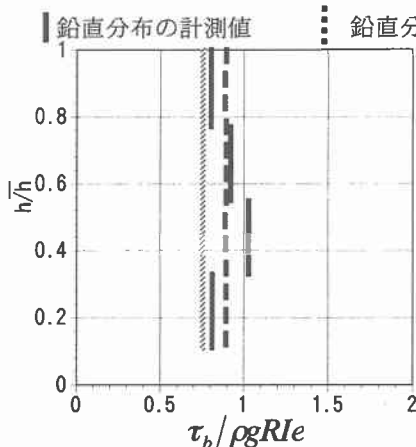


図-5-a case1-a,bの河岸せん断力の鉛直分布の計測値と平均値の比較

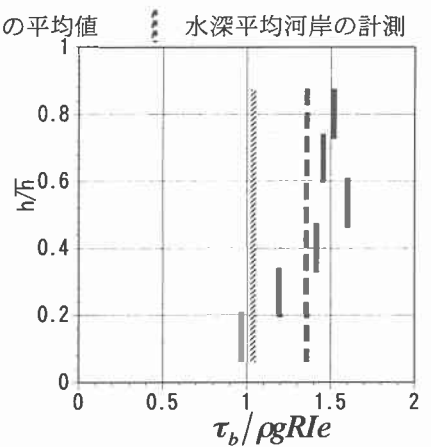


図-5-b case2-a,bの河岸せん断力の鉛直分布の計測値と平均値の比較

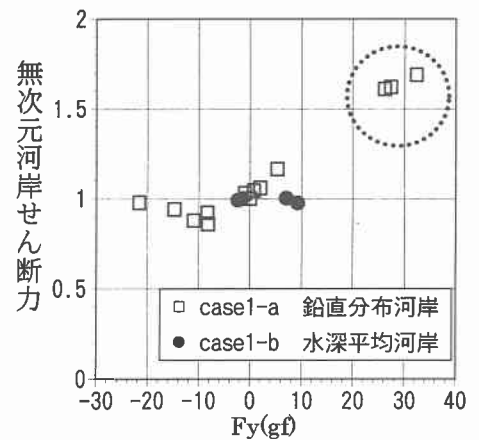


図-6 流水側と静水側の圧力差の合力  $F_y$  と河岸せん断力  $F_x$  の関係