

II-227 斜め突堤を有する開水路流れの壁面せん断力について

早稲田大学大学院 学生員 沢野 久弥  
早稲田大学理工学部 正員 吉川 秀夫

1. はじめに

河川において、適切な護岸や床固めを施し水制を設けることは、河川の維持・管理における基本的な要素である。そしてそれらの設計においては河川の流況及び壁面・底面に働くせん断力等を、見積ることが必要となる。しかしながら河川の幅が変化する部分や弯曲部などにおいては、二次流などの存在により流れが複雑に変化するため、せん断力などの算定は困難である。しかもそのような部分においては、流れに激しい変化が起きているため、局所的に強い力が働き、河川工作物の破壊をもたらし易い。それにより引き起こされる災害を未然に防ぐためにも、河川の形状変化に対する流れの変化、特にせん断力の変化の仕方を事前に算定しておくことは、河川工作物の設計上非常に重要なこととなる。河川における災害の一つとして 与岸付近に障害物等が存在するときに流れが対岸へ偏り、対岸近傍の流速の増大が、堤防破壊につながることもある。本研究においては 矩形断面開水路中に突堤を設けて流れを対岸へ向かせ、壁面せん断力の変化の様子を測定した。さらに流れの境界条件を与えてポアンシャル解析を行ない、その結果から壁面せん断力の算定を行ない、で実測値と比較した。

2. 実験概要

実験は長さ20m 幅60cmのアクリル製矩形断面開水路で行ない、上流から10m付近に突堤を設けた。測定は突堤前後において10~20cmぐりの間隔で、各横断面の流速分布及び壁面・底面のせん断力分布を計測して行なった。なお突堤は厚さ1cm長さ10cm及び15cmのアクリル製で、図1に示すように壁から45°の角度をつけて設置した。せん断力の測定はアレスタンの方法により、流れの方向が変化している所では、アレスタン管を流れに平行にできるように置いた。実験諸条件を表1に示す。

表1. 実験諸条件

CASE	1	2
突堤(cm)	10	15
流量(L/S)	26.73	28.48
底面勾配	$\frac{1}{1000}$	$\frac{3}{1000}$

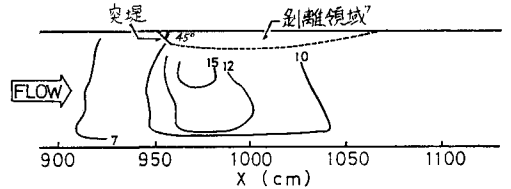


図1. CASE1の底面せん断力(图中的単位は $\times 10^{-2} g/cm^2$ )

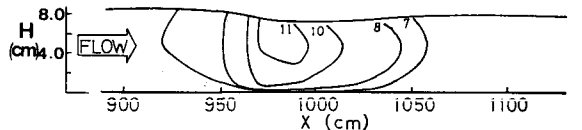


図2. CASE1の壁面せん断力(图中的単位は $\times 10^{-2} g/cm^2$ )

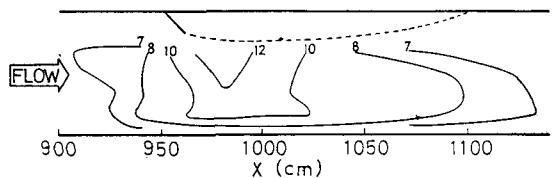


図3. CASE2の底面せん断力(图中的単位は $\times 10^{-2} g/cm^2$ )

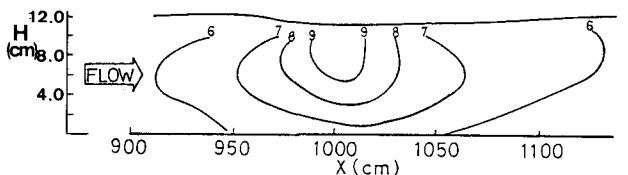


図4. CASE2の壁面せん断力(图中的単位は $\times 10^{-2} g/cm^2$ )

3. 実験結果

実験による壁面・底面せん断力の測定値を図1~図4に示す。突堤背後には剥離領域が生じ、又突堤前面においては水位が上昇している。図2と図4は突堤の対岸における壁面せん断力分布図であり、せん断力の最大値は断面が最も縮小したあたりにあらわれた。又壁面における水深の変化はCASE1が $\pm 0.5cm$ 程度CASE2が $\pm 1cm$ 程度であった。底面せん断力は突堤近傍において最大値を示した。

#### 4. 壁面におけるせん断力の算定

流下方向の流線の幅は 図1及び図3に示すように、突堤によつて縮小した後、突堤背後の剝離領域の減少に伴つて、漸次拡大して行く。この剝離領域と壁面を境界条件とし、充分上流側と下流側において流速分布が一樣であるとして、境界要素法によりポテンシャル解析を行つた。その結果を図5に示す。

突堤上流側において、突堤の存在による流れの変化がほとんど認められない断面を実測値より求め、基準面とし、その断面での水深・壁面せん断力を基準値とする。CASE 1における基準値は、水深が8.7cm、壁面せん断力の平均値が  $6.00 \times 10^{-3} \text{gf/cm}^2$ 、CASE 2における基準値は、水深が11.4cm、壁面せん断力の平均値が  $5.39 \times 10^{-3} \text{gf/cm}^2$  であつた。流下方向における各断面での実測による平均壁面せん断力( $\tau$ )と基準断面での平均壁面せん断力( $\tau_0$ )との比の値を、図6・図7に白丸で示してある。

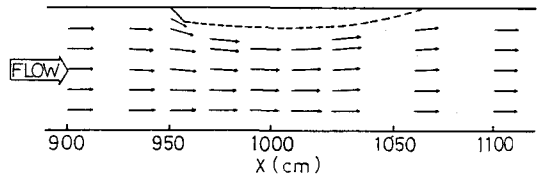


図5. ポテンシャル解析による流れの様子(CASE 1)

壁面摩擦速度の各断面での値と基準面での値との比は近似的に、ポテンシャル解析により求めた壁面での流速の二乗の比に等しいと仮定する。そこでポテンシャル解析による壁面での流速の各断面での値と、基準面での値の比を求め、水深の変化を考慮することにして水深の各断面での値と基準面での値との比をさきの値に乗じて、速度比とし、この値を二乗してせん断力比とする。これによる値も図6・図7に示してある。図を見ると、実測値とポテンシャルによる値とは、せん断力比が最大になる点付近まではよく一致している反面、その後は実測値が、ポテンシャルによる値と比べて小さくなっていく。これは剝離領域における渦の存在により、流下するに従つて徐々に流体のエネルギーが失われていくためであろう。実用上はせん断力の最大値を求めることが重要なので、ポテンシャルの値を用いた算定法は、幅と水深の変化さえ正しく見れば、かなり有効な手段であると考へられる。

#### 5. 水深の変化について

上記のポテンシャル解析による方法において、水深は実測値を用いた。実際の現象においては、流れが突堤によつて偏向させられることにより、突堤の面に垂直な方向の流れの運動量が圧力に変換され、突堤近傍の水位が上昇する。その結果、横断方向に圧力差が生じ、対岸へ向う流れが起こる。横方向の流れは、対岸において再びその運動量が圧力に変換され、対岸の水位の上昇をもたす。その後剝離領域の存在によりこの現象が繰り返されることなく横断方向の水深は一樣化する。又縦断方向には、幅が減少、拡大することによる水深の変化が生じる。従つて流下方向の水深の変化は、以上の現象が重なりあつて決定されるものと考えられる。なお、このことに関しては、これから検討していく予定である。

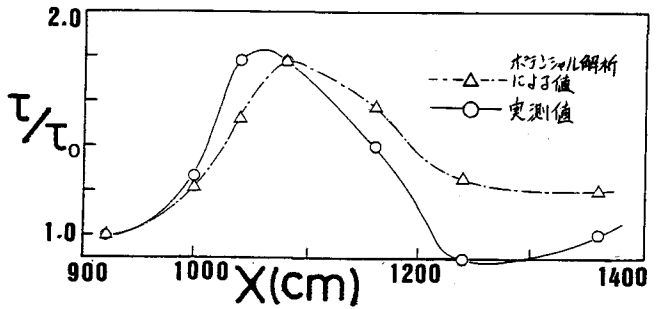


図1. CASE 1におけるせん断力比

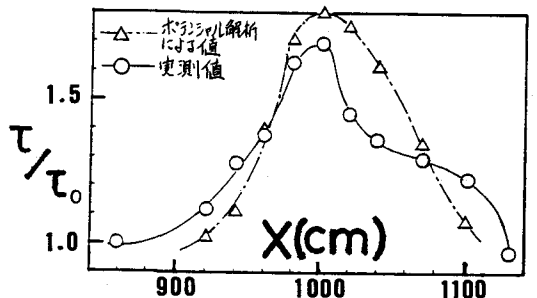


図2. CASE 2におけるせん断力比