

可視化法による開水路流れの壁面せん断力分布の検討

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健

京都大学防災研究所 正員 石垣 泰 輔

京都大学大学院 学生員 木下 聖 司

従来、開水路流れの壁面せん断力は Shear plate を用いた直接測定法あるいは Preston tube 等を用いた間接測定法により計測されており、例えば Ghosh・Roy¹⁾により分布形が得られている。しかしながら、従来の方法では一点あるいは限られた面内での平均値は得られるが、瞬時的な分布形状の測定は困難である。本報告は、水素気泡法を用いて壁面せん断力の瞬間分布の測定を行い、その結果より断面内の流体の3次元的存在に与える断面形状の効果を実験的に解明しようとし、そのものである。

1. 実験装置および方法 実験は、幅 20 cm、深さ 10 cm、長さ 2 m のアクリル樹脂製の直線水路を用い、水路内に隔壁を設置することにより水路幅・水深比を変化させ、表-1に示す水理条件のもとで行った。壁面せん断力の測定は以下の方法で行った。壁面より約 0.3 mm (本実験では $\pm 1.6 \sim 2.4$) に設置した直径 0.05 mm の白金線に 0.05 ~ 0.09 秒間隔で水素気泡を発生させた。形成されたタイムラインを各ケース約 30 枚撮影し、白金線の後流の影響が及ぼしている本目と本目のタイムライン間隔をディジタイザーを用いて 1 mm 毎に読み取り、瞬間速度の横断分布を得た。次に、計測された速度がリニア底層内の値であることを考慮し、速度分布に直線分布を仮定して壁面せん断力 τ_w を算定した。なお、速度の計測点位置は、水素気泡の浮上等の影響により白金線の設置高さと異なるため、潤辺 δ に沿って積分して τ_w の積分値が、カンのつりあいより得られる値 ($\tau_w \delta = \rho g A I_e$) と一致するように決定した。

2. 壁面せん断力分布の検討 写真-1はタイムラインの撮影例を示すものである。側壁ではいずれのケースにおいても水面より高速部、低速部、高速部というパターンが見られる。一方、路床では高速部と低速部が交互に配列され、水路幅・水深比が増加とともにそれらの個数が増加している。以下、主に Case 1, 3, 5 の結果について示す。

表-1 水理条件表

Case	I_e	$Q(l/s)$	$B(cm)$	$H(cm)$	$T(^{\circ}C)$	Re	Fr
1	1/2089	0.058	2.08	2.01	17.30	884	0.54
2	1/1244	0.100	3.07	1.96	17.30	1331	0.57
3	1/1431	0.124	4.06	2.01	17.22	1425	0.48
4	1/1923	0.132	5.05	1.99	16.95	1347	0.47
5	1/1575	0.130	6.03	2.00	16.20	1172	0.31

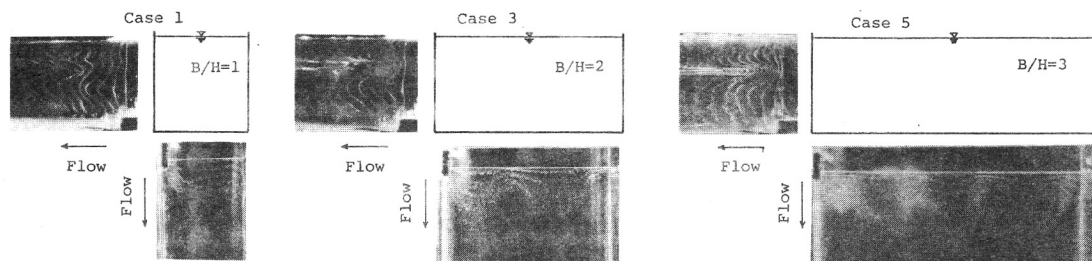


写真-1 タイムラインの撮影例

Hirotake IMAMOTO, Taisuke ISHIGAKI, Seiji KINOSHITA

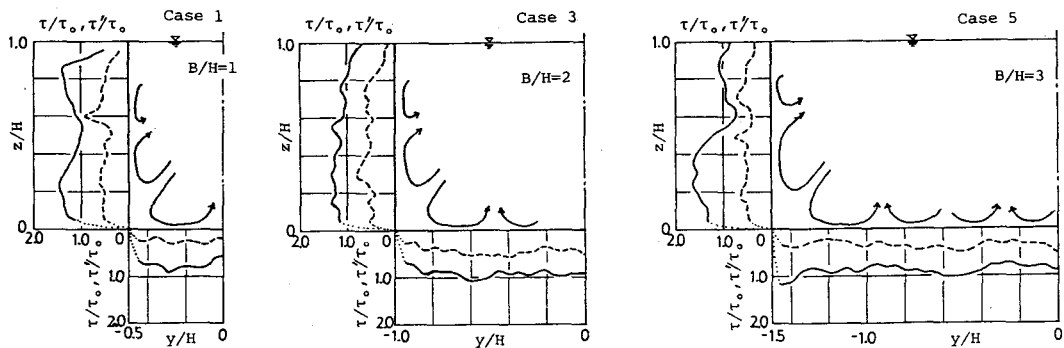


図-1 壁面せん断力でおよび変動成分での分布 (—: 実線, ---: 破線)

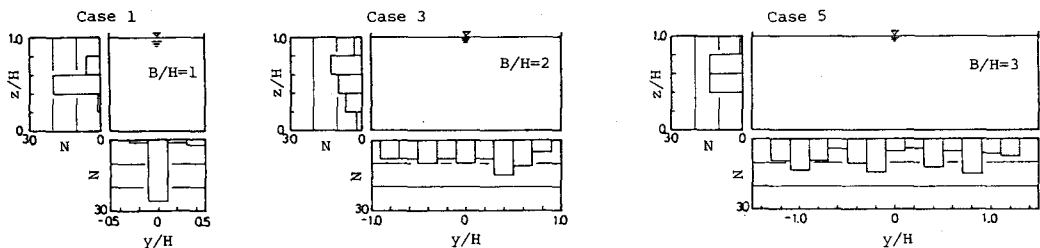


図-2 渦の上昇部の発生位置頻度分布

図-1は、壁面せん断力で(実線)およびその変動成分で(破線)の分布を平均壁面せん断力などで無次元化して示したものである。図より、 τ は波状分布を示し、側壁および路床において極大部、極小部が交互に存在することがCase1および5で認められる。一方、 τ_y では、同様の分布特性を示しており、 τ のおよそ90%前後とほぼ同じである。

また、 τ 分布の極小部には壁面より離れる流れが存在することと、隅角部に向う流れが存在することを考慮して、壁面近傍の流体の動きを推定すると図-3のようになる。この結果より、隅角部付近には、路床側に一つ、側壁側に二つの渦が存在することが推定される。

図-2は、渦の配列および安定性を見るために、渦の上昇部に相当する τ の極小部の発生位置の頻度分布を示したものである。図より、いずれのケースにおいても側壁では半水深付近にピークがあり比較的渦が安定していると言えるが、路床ではCase1で1個、Case5で4個のピークが認められるもののCase3ではピークの存在が不明確であり、水路幅・水深比により渦配列の安定性が変化すると考えられる。図-3は、比較的安定な隅角部の渦の壁面でのスเกล(側壁側を L_s 、路床側を L_b)と水路幅・水深比の関係を示したものであり、図より水路幅・水深比の増加に伴って若干増加する傾向が見られる。

以上のように、可視化法により壁面せん断力分布が測定可能にこと、隅角部付近に比較的安定した渦が存在することにも、断面内の渦配列は断面形状の影響を受け、水路幅・水深比により、 τ は安定した渦配列が見られることが推定された。しかしながら、本報告の実験ケースでは、レイノルズ数および水路幅・水深比が小さく、今後これらの値の大きい範囲での検討を行う必要がある。(参考文献) Ghosh, S.N. and Roy, N.: Boundary shear distribution in open channel flow, ASCE, Vol. 96, HY4, 1970.)

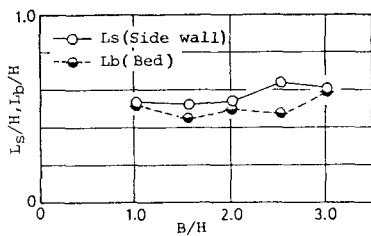


図-3 隅角部の渦のスเกล