

開水路流れの最大流速位置に及ぼす境界面効果

日本大学大学院 学生員 ○照井 和久

日本大学工学部 正 員 長林 久夫

日本大学工学部 正 員 木村 喜代治

1. はじめに

開水路の流れは底面や側壁、自由水面などの各境界面の存在によって、その流れは三次元的となることが一般に知られている。このような流れでは乱れの不均一に起因するいわゆるPrandtlの第二種の二次流が発生する。この二次流は非常に小さな流速しか持たないが定期的に運動量を輸送するため開水路流の最大流速位置を変動させる直接的な原因となっている。以上の観点から本報では、開水路流のアスペクト比や壁面粗度を変化させることによって最大流速位置に影響を及ぼす各境界面の効果を実験的に解明した。

2. 実験概要

実験は長さ15m, 幅10cmの長方形開水路の等流において、水路上端より8.5mの下流部でピトー管による流速分布測定を行った。その際に、滑面、底面粗面(5mm鉛球一層敷詰)、側壁粗面(相当粗度0.094cmの粗度付きビニールシート張り付け)の開水路を用いて、それぞれ3種のFroude数及びアスペクト比0.5, 1.0, 2.0の3ケースで実験し、平均流速、壁面摩擦速度を求め、それぞれの粗度効果を比較検討した。

3. 実験結果とその考察

Fig.1は壁面摩擦速度の側壁側の分布を示している。

この図においてH=10cm, 20cmのケースを例にとると、摩擦速度は底面から離れると急増するが、 $y/H = 0.7 \sim 0.8$ 付近でピークをとり、水面に近づくにつれて減少する。これは水面付近で発生している二次流の影響であると思われる。H=5cmのケースにおいては、滑面水路流で $y/H = 0.5$ でピーク値をとるのに対して、底面粗面及び側壁粗面水路流の場合では、それぞれ $y/H = 0.6, 0.4$ 付近でピーク値をとっている。このことから、この程度の水深になると壁面粗度の効果が流れに対して支配的となることが考えられる。

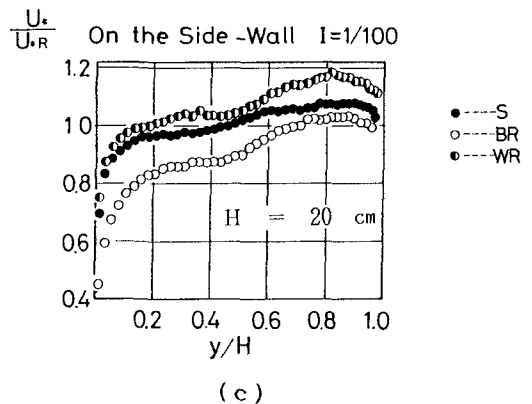
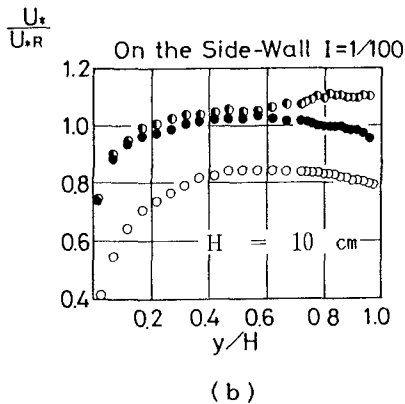
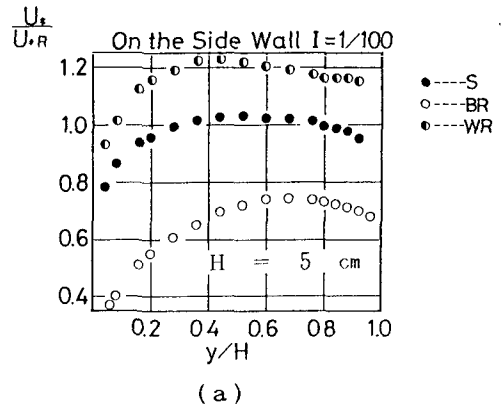


Fig. 1 壁面摩擦速度(側壁側)分布図

Fig.2 は壁面摩擦速度の底面上の分布を示している。この図よりいずれの水深においても側壁粗面水路流では側壁粗度による水面渦の増大の影響で滑面水路流と比較して摩擦速度の分布は小さくなっており、逆に底面粗面水路流においては底面粗度の効果で、より大きな分布となっているのが確認できる。

Fig.3 (a) (b) (c) はそれぞれ滑面水路流、底面粗面水路流及び側壁粗面水路流の最大流速位置とアスペクト比の関係を示している。図中の実線は佐藤が松尾やNikuradse のデータをまとめたものである。この図より、底面粗面水路流及び側壁粗面水路流をそれぞれ滑面水路流のケースと比較すると、底面粗面水路流においては、アスペクト比3付近で滑面水路流より δ/H が小さくなっている。これはアスペクト比が大きいと底面粗度により発達した底面渦が水深に対して支配的となり、それが最大流速位置を上昇させる主要因であると思われる。側壁粗面水路流においては、アスペクト比3付近で滑面水路流よりも δ/H が大きくなっているのがわかる。これは側壁粗度によって側壁側の二次流の影響領域が増大し、つまり自由水面から水路の中央に向かう下降流が滑面水路流の場合より大きく、これが最大流速位置を降下させている原因であると思われる。

また、滑面水路流、底面粗面水路流及び側壁粗面水路流において、アスペクト比2以下では δ/H がほぼ同オーダーで存在しているのが確認できる。これについては、底面粗度及び側壁粗度の効果が水深に関係なくある一定域までしか作用しないものと思われる。

4. おわりに

本研究では開水路流中の最大流速位置に影響を及ぼす底面や側壁、自由水面などの各境界面の効果について検討した。その結果、最大流速位置の変動は径深を一定とし、Froude数を変化させてもあまりその特性は確認されず、むしろアスペクト比による影響が支配的であり、またアスペクト比が2より大きくなると壁面粗度の効果が顕著に最大流速位置に影響を及ぼすことが確認された。

《参考文献》

1. 長林・木村：第38回年次学術講演会講演概要集 第2部 471～472，1984年9月
2. 富永・瀬津・中川：第27回水理講演会論文集 591～596，1983年2月

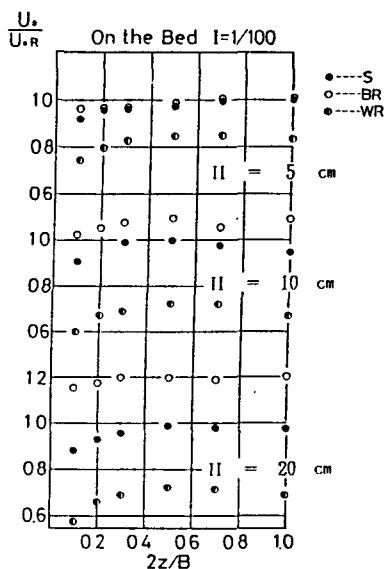


Fig. 2 壁面摩擦速度（底面側）分布図

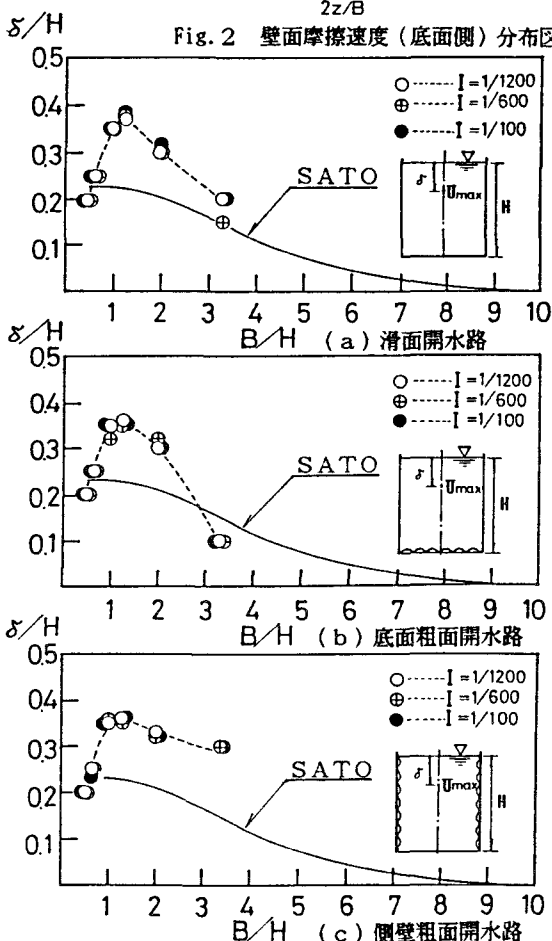


Fig. 3 最大流速位置とアスペクト比の関係