

II-169 開水路流れに及ぼす境界面効果の検討

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. 序論

開水路の乱流場については一般にアスペクト比によって規定される乱れの多重構造性を有する三次元的な流れの場であることが知られている。このような三次元的な流れの場においては従来の研究報告から平均流速分布の最大流速位置が水面より若干下がった位置に現れることが確認されている。この現象に対する主な要因としては、底面、側壁及び自由水面などの各境界面の存在や、二次流等の影響が考えられるが本報においては最大流速位置の下降現象に対する主因子として底面効果及び側壁効果に主眼を置き、滑面、底面粗面、側壁粗面の3ケース開水路流で実験的な比較検討を行った。

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0.094 cm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。

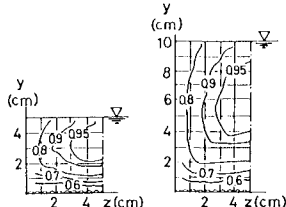
3. 実験結果及び考察

図-1は三次元流れの典型例であるアスペクト比0.5, 1.0, 2.0の主流流速分布 $U(y, z)$ を最大流速で無次元化して示したコンタ図であり、(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を示す。これらは同一の径深と動水勾配を与えており、これらの分布特性については、滑面水路に比較し底面粗面水路の底面側の流速低下の度合いが強く、また側壁粗面水路においては側壁側の流速低下の度合いが強く、流速分布に対する底面及び側壁粗度の効果を見ることができる。

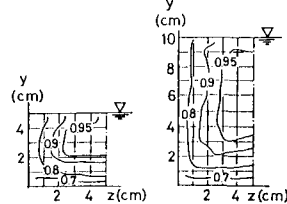
図-2 (a)

(b) はそれぞれH=5cm, 20cmにおける壁面摩擦速度の側壁側の分布を示している。この図より、いずれの水深において

(b) 底面粗面開水路流
 $I=1/600$
 等流速分布曲線
 $: U/U_{max}$



(a) 滑面開水路流
 $I=1/600$
 等流速分布曲線
 $: U/U_{max}$



(c) 側壁粗面開水路流
 $I=1/600$
 等流速分布曲線
 $: U/U_{max}$

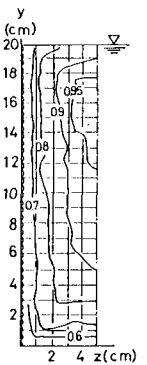
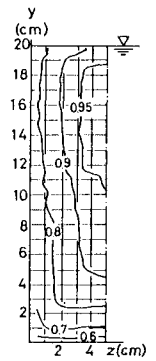
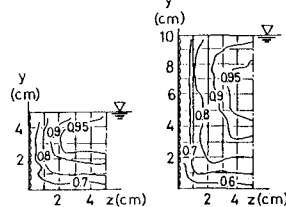


図-1 主流等流速分布曲線図

も壁面摩擦速度は滑面水路、底面粗面水路、側壁粗面水路のオーダーで大きな値をとる特徴的な分布をしているのがわかる。また、 $H=5\text{cm}$ のケースにおいて、摩擦速度は底面から離れると急増するが、滑面水路で $y/H \approx 0.6$ 、底面粗面水路で $y/H \approx 0.7$ 、また側壁粗面水路で $y/H \approx 0.5$ の位置で最大摩擦速度を有しているのが確認される。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。

$H=20\text{cm}$ のケースにおいても摩擦速度は $y/H \approx 0.15$ まで直線的な増加が見られるが、その後は、水路中央に向かう二次流の影響による摩擦速度の減少領域が存在し、 $y/H = 0.4$ 程度から再び増加し、 $y/H \approx 0.8$ で水路の粗滑に関係なくピーク値をとっているのが確認される。

図-3 (a) (b) (c) はそれぞれ滑面水路、底面粗面水路及び側壁粗面水路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、底面粗面水路及び側壁粗面水路をそれぞれ滑面水路のケースと比較すると、底面粗面水路においては、アスペクト比3付近で滑面水路より 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。側壁粗面水路においては、アスペクト比3付近で滑面水路よりも 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、底面粗面水路及び側壁粗面水路において、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. 結論

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。

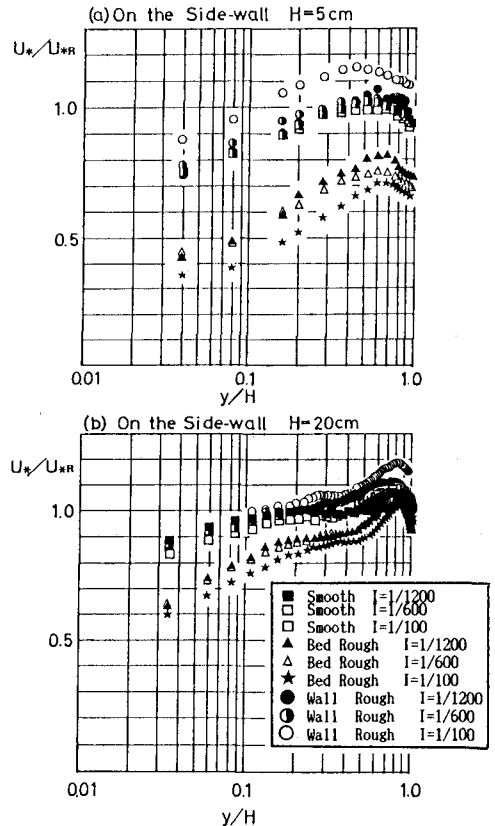


図-2 壁面摩擦速度分布図

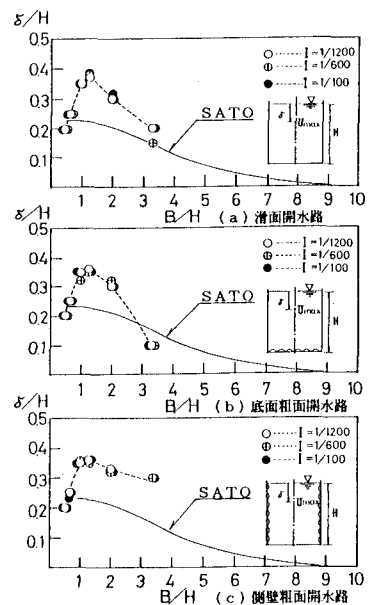


図-3 最大流速位置とアスペクト比の関係