

神戸大学工学部 正員 神田 徹
 神戸大学工学部 正員 瀬良昌憲
 神戸大学大学院 学生員 ○黒岡浩平
 兵庫県 正員 徳永和弘

1. まえがき

本研究では実河川において超音波流速計を用いて流速の3方向成分同時測定を行い、種々の統計的性質を示すとともに、河川流の測定に対する適用性について検討した。

2. 構造および性能

超音波流速計の概要を図1に示す。本流速計は時間差法に基づいたもので、超音波の伝播方式としては、X、Y軸方向は反射方式、Z軸方向は対向方式を採用している。図2はセンサー部であり、図のように素子間の超音波の伝達時間の差から流速を求めている。なお、超音波発振素子の固有振動数は4MHzである。また本流速計は長時間にわたり安定性を保つことができ、汚水の影響が少ないことなど河川流の測定に適していると考えられている。

3. 測定方法

測定は、兵庫県東部に位置する二級河川『夙川』で行った。測定断面は図3に示すとおりであり、幅10.9m、最大水深19.5cm、勾配 1/370である。データ処理時におけるサンプリング周波数およびサンプリング個数は、分布特性量についてはそれぞれ 200Hz、5000個であり、相関係数、スペクトルについてはサンプリング周波数は 256Hzで、1024個のデータによって求めた値を32回平均した。

4. 測定結果

以下では、左岸より $y=1.5m$ の鉛直線上において検討する。図4は各方向の平均流速の鉛直線上の分布である。各方向の乱れ強度の鉛直線上の分布を示したものが図5である。河床で大きく、水面に近づくにつれて減少する分布形を示し、各方向成分の大小関係については、従来の多くの結果同様、 $\sqrt{U^2} > \sqrt{V^2} > \sqrt{W^2}$ なる関係を示す。図6はレイノルズ応力の測定結果を摩擦速度の2乗で無次元化して示したものである。河床で大きく水面に近づくにつれてゼロに近づくようであるが、今回の測定では各レイノルズ応力間の大小関係は明確にはあらわれていない。図7は

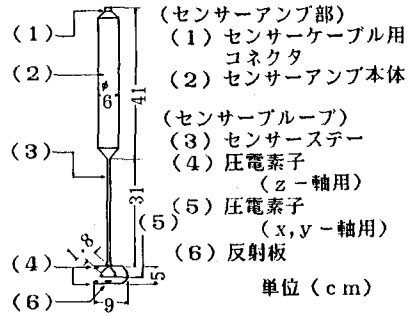


図1 超音波流速計

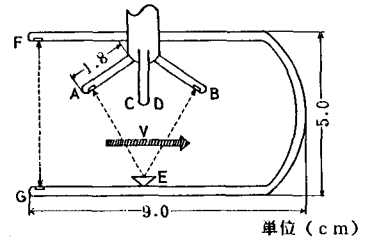


図2 センサー部

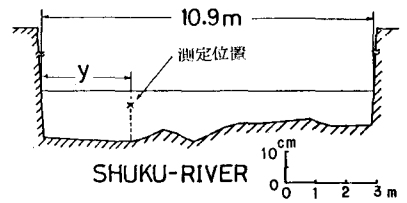


図3 測定断面

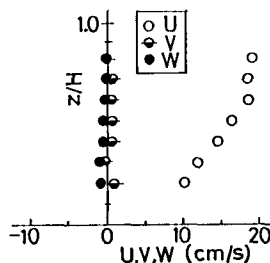


図4 平均流速

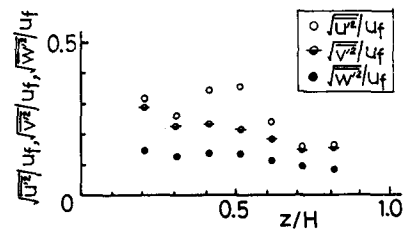


図5 乱れ強度

乱れエネルギー $q^2 (= \overline{u^2} + \overline{v^2} + \overline{w^2})$ の鉛直線上の分布であり、各方向成分の乱れエネルギーの割合の分布も併示してある。乱れエネルギーの分布は河床で大きく水面に近づくにつれ減少している。また、乱れエネルギーの配分率の分布を見ると、鉛直方向成分はほぼ一定値を示すが、流下方向および横断方向成分は半水深付近で凹凸がみられる。図8は乱れエネルギーの収支関係について検討したものである。ここに、生成項は流速分布とレイノルズ応力の測定値から直接計算し、逸散項はスペクトルの測定結果の慣性領域に $-(5/3)$ 乗則を適用することによって推算し、残りの拡散項は以上の2項を用いて計算した。また、いずれも u_f^3/H で無次元化した。今回の測定では、 $z/H=0.7$ 以下で生成項と拡散項が釣り合い、逸散項は小さい。図9は半水深付近の X 成分の自己相関係数であり、Y、Z 成分のものと同様な分布形を示す。図10は半水深付近の X-Z 成分の相互相関係数を示し、X-Y 成分、Y-Z 成分のものとは比べると遅れ時間 $\tau=0$ 付近で明らかに負の値をとっている。図11~13は半水深付近の各成分のパワースペクトルであり、どれも 5Hz以下の領域で $-(5/3)$ 乗則に従う慣性領域が、5~10Hzの領域で -3 乗則に従う粘性領域が確認できたが、生成領域は確認できなかった。10Hz 以上の高周波数領域で滑らかなスペクトルが得られないのは、測定中の雑音の影響と考えられる。

5. あとがき

高周波数領域を除いて測定が可能であると判断されるので、今後は種々の河川で測定を行うことにする。本研究を行うにあたり適切な御助言を賜った、神戸大学工学部、篁源亮教授に感謝の意を表します。

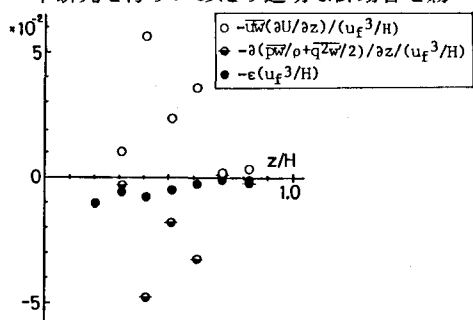


図8 エネルギー収支

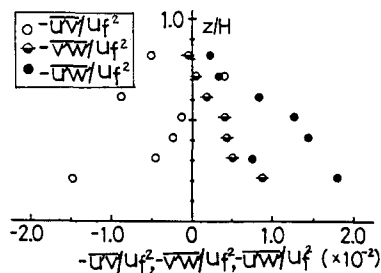


図6 レイノルズ応力

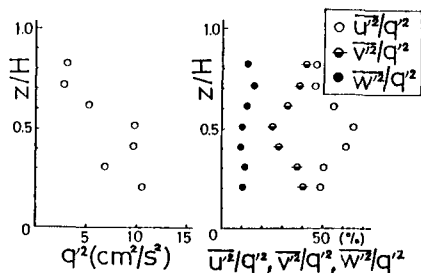


図7 乱れエネルギー

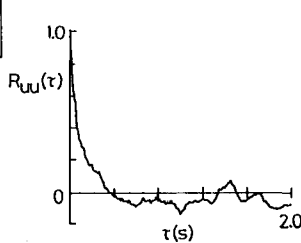


図9 自己相関係数

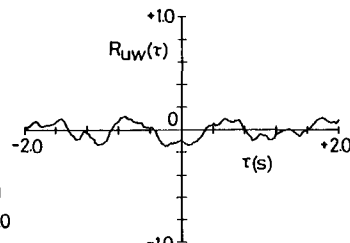


図10 相互相関係数

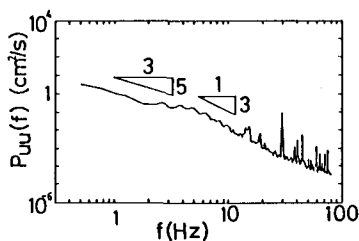


図11 パワースペクトル (X成分)

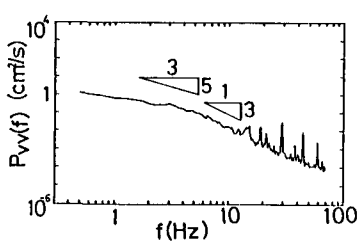


図12 パワースペクトル (Y成分)

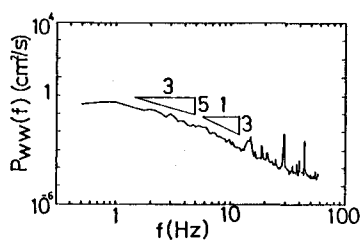


図13 パワースペクトル (Z成分)