

開水路横断面内流速測定 of 自動化

九州工業大学大学院 学生員 ○鬼束幸樹

九州工業大学工学部 正 員 浦 勝

1. はじめに

開水路流の3次元構造を明らかにするには、横断面内流速分布を測定し、その流下方向変化を調べる必要がある。そのため、流速測定プローブの移動及び計測を反復しなければならず、この作業を人力で行う場合は、多大な労力を要する上、誤操作の危険性のほか、プローブの位置・方向設定誤差や個人誤差もあり精度は良くない。誤差は特に熱線流速計による2次流の検出に顕著に現れる。本報告は、X型Hot-film流速計を用いた開水路流自動測定法と、これを用いた開水路2次流の結果を述べる。

2. 自動化の形態

自動測定を図るには、(1)計測系の自動化、(2)移動系の自動化、そしてこの両者を管理する(3)制御系の自動化を行わなければならない。図-1にシステムの模式図を示す。

2. 1 計測系の自動化

Hot-film流速計⑤による2方向の流速信号が、CTA⑥より得られ、これは、水温計⑨による温度補償器⑦により補正し、その出力値がリニアライザ⑧に送られ線形化される。さらに、出力値はAD変換器⑩(T社製DRA-10A)に送られデジタル化される。そして、パソコン①の制御により、このデジタル化されたデータはハードディスクに保管される。

2. 2 移動系の自動化

図-1に示す台車⑪上に鉛直及び水平方向のプローブ移動用レールを設け、それらの軸とステッピングモータ③を連結

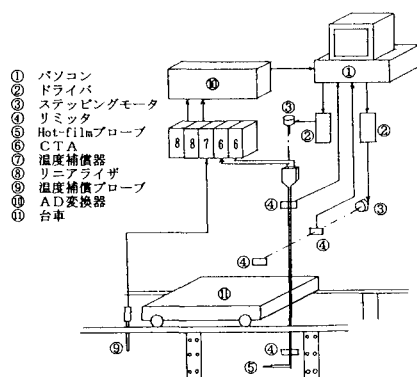


図-1 システムの模式図

させた。ステッピングモータは小刻みな階段状の回転をするが、回転角度が非常に正確であり、また、パソコン①による制御が容易である。パソコンの拡張スロットに挿入されたパルス発生器からドライバ②に命令が伝えられ、ステッピングモータを動かす仕組みになっている。ステッピングモータの誤動作への安全対策として、水面・底面近傍及び右岸・左岸近傍の移動端部にリミッタ④を取り付けた。モータが移動端部以上に回転しようとする場合にリミッタが感知し、パルス発生器に電気信号として伝えるので、パルス発生器はパソコンから送られてくる命令よりも優先的にモータを停止させる。

2. 3 制御系の自動化

計測系はAD変換器をGP-1Bを介して制御し、移動系はステッピングモータをパルス発生器を介して制御するが、それにはコントローラが必要となる。近年のパソコンは実験室のような劣悪な環境にも耐え、しかも高性能で低価格であり、コントローラとして最適である。実験を無人化するにはそれぞれの系でプログラムを組み、バッチ処理すればよいことになる。計測系及び移動系プログラムは、AD変換器及びパルス発生器を購入するとサンプルが添付されてくるので、それらを参考にすれば比較的容易に組む事ができる。

3. X型Hot-film流速計による自動測定

自動測定装置を用いて、X型Hot-film流速計による横断面内流速測定を行った。実験方法及び実験結果について述べ、従来X型Hot-filmでは測定が非常に困難な2次流¹⁾及びその補正について述べる。

3. 1 実験方法

実験に用いた水路は、水路幅60.0cm、長さ20.5mの可変勾配水路である²⁾。条件は流量9300cc/s、下流端水

深13.5cm, 水路床勾配1/10000で測定位置は水路入口より流下方向にx軸をとりX=1300cmとし、水深はh=13.3cmであった。ただし、400<X<600cmは水路幅は19.6cmで、600<X<1100cmは直線的に水路幅が19.6cmから60.0cmに拡幅している。鉛直上向きにy軸を、x, y軸に直角に右岸よりz軸をとる。測定点はy-z平面の右岸側の23×22点とし、X型Hot-film流速計を2度使用する事により、U-V及びU-W流速値が得られた。但し、x, y, z方向の流速をそれぞれU, V, Wとし、計測間隔は0.01sec, 計測時間は81.92secとした。実験に用いたX型Hot-filmプローブ(Kanomax 1241-60W)の概略図を図-2に示す。ただし、s=1.0mm, t=3.5mm, l=2.0mmであり、受感部はセンサの中央部分で、図-2では太く示している。

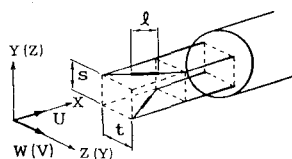


図-2 X型Hot-film流速計

3. 2 実験結果及び補正

図-3(a)に示すU-W測定から得られる2次流成分Wの値は各センサ出力値を e_1, e_2 とすると、一般に、

$$W = (e_1 - e_2) / 2 \quad (1)$$

となる。しかし、センサ間隔のため e_1, e_2 は主流速分布による偏差を含んでいる。図-4(b)に示すU-V測定は2本のセンサの受感部が底面から等距離にあるため、そのような偏差は含まれない。従って主流速Uの鉛直分布はU-V測定より得られる流速値を用い、対数則より摩擦速度 U_* を決定した。

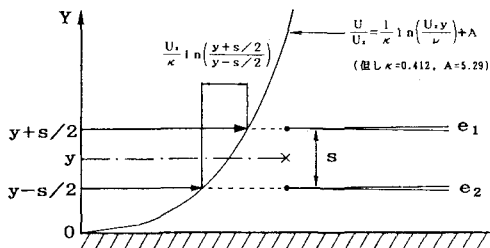
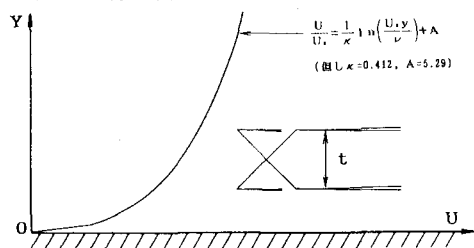


図-3(a) U-W測定状況



(b) U-V測定状況

そこで、センサー間隔による補正を次式で行った。

$$W = \frac{e_1 - e_2}{2} - \frac{U}{\kappa} \ln \left(\frac{y-s/2}{y+s/2} \right) \quad (2)$$

但し、 $\kappa=0.412$ はKarman定数³⁾、 ν は動粘性係数である。V成分も同様な方法で補正した。さらに両成分とも連続条件を満たすように補正した⁴⁾。連続条件による補正のみを行った2次流ベクトルを図-4(a)に、センサ間隔による補正及び連続条件による補正後の2次流ベクトルを図-4(b)に示す。

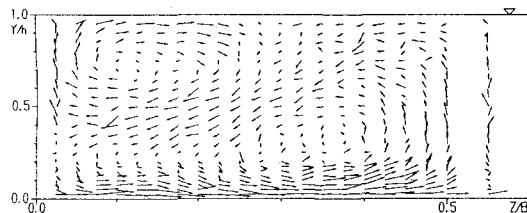
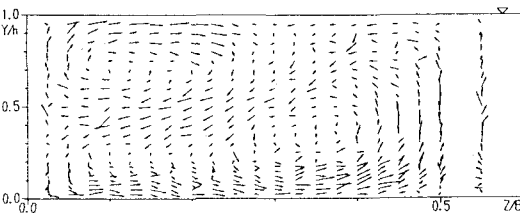


図-4(a)連続条件補正後の2次流



(b)センサ間隔補正及び連続補正後の2次流

図-4(a)では水路中央の底面近傍で大きなW成分を示すが、図-4(b)では水路中央で $W \approx 0$ となっている。壁面近傍でのX型Hot-film流速計による2次流測定値にはセンサ間隔を考慮した補正が必要である。

4. おわりに

ステップモータを用いたX型Hot-film流速計による開水路流測定自動化と2次流の補正を述べた。

参考文献 1) 浦, 秋山, 川崎, 鬼束; 水工学論文集, 第36巻, 1992 ; 2) 鬼束, 浦, 政徳; 第48回年次, 1993 ; 3) I. Nezu & W. Rodi, J. H. E., Vol. 112, 1986 ; 4) 富永, 江崎; 土論, 第357号/II-3, 1985