

熱膜プローブの検定結果

山口大学正 背藤 隆
 ○ 山口大学学坂井 隆文
 岐市役所正 増本 寛治

流速計測装置は鋭敏性、遮断性、安定性、機械的強度および流れを乱さないことが必要条件とされるが、これらは互に相反する条件なので全てを満足せしめることは非常に困難を伴ない、測定目的に応じて計測法を選択することが必要である。

空気乱流の計測装置として熱線流速計はよく満足すべきもので乱流理論の発展に大きな寄与をしている。この実績に立脚して水流用に開発されたのが熱膜流速計であつて乱れの細部構造を擇る計測器としてこれまで有力なものであるが、その原理から水温変化に対する処置に大きな困難がある。

検定を行なった熱膜センサーは磁製棒の上・下に白金膜が蒸着された境界層用のものである。磁製棒の上部のさりを 1ch, 下部のさりを 2ch とする。

熱膜の温度による電気抵抗の変化を恒温水槽を用いて検定したものが図-1である。1ch と 2ch で約 0.1 Ω の差があるが抵抗は温度に対して 1 次の関係となりいる。

円柱さりの放熱特性を表わす King の式を一般化し、熱膜の発熱量との平衡関係より次式が得られる。

$$(1) \frac{V^2}{R_p} = K_0 (1 - K_1 U^{\frac{1}{n}}) (T_p - T_w)$$

ここに、V は出力電圧、Rp は温度下のときの熱膜の抵抗値、Tp、Tw は熱膜および水の温度、U は流速、K0、K1 は検定より定められる常数である。

流速の零からときの出力電圧を V0、設定抵抗比を γ (= Rp / Rw、Rw、温度 Tw における熱膜の電気抵抗値) とすると式(1) は次式となる。

$$(2) \frac{V^2 - V_0^2}{R_p} = A (T_p \text{ or } T_w, \gamma) \cdot U^{\frac{1}{n}}$$

ここに、A は Tp または Tw と γ の関数で検定によって定められる関数である。

温度差(図-1 より設定抵抗比)による V0 の変化を調べたのが図-2 である。2ch 同時検定したのはブループの方針を鉛直方向に設置した場合で、ブループの方針を

図-1 温度による熱膜の抵抗変化

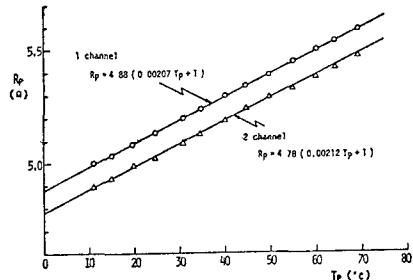


図-2 温度差による出力電圧の変化

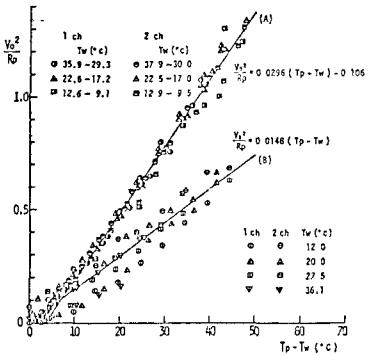
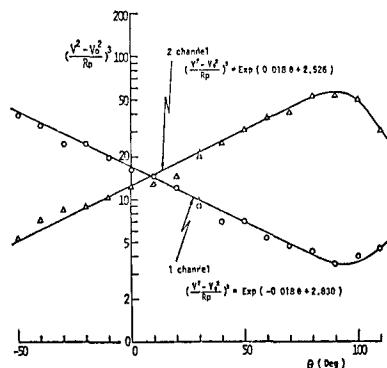


図-3 角度による感度の変化



水平に設置した場合にはポルーグ周囲の対流の影響によって下部の熱膜(2ch)の出力が約5割大きい。流速測定時にはこの対流は無視出来るので検定用ポルーグを鉛直方向に設置して行なうなければならぬ。

流速(120%)をもとめ設定抵抗比($r=1.05$)を一定にして、流れとポルーグとのなす角を変えて出力電圧を検定したのが図-3である。図よりこゝのポルーグの熱膜は熱膜片の上下にはほぼ平行に並んでおり、主流と直角方向の感度が大きくなっている。

図-4は $r=1.05$ として平均流速と出力電圧との関係を検定した結果である。図より熱膜が剥離限界に入ると 45° を除くと 20 cm/s 以上の流速に対しては実験値は 45° の直線となり、である。流速測定時の乱れ強度と平均流速との合成速度と主流方向とのなす角度は 20° 以下であることより、検定用ポルーグは平均流速が $> 30 \text{ cm/s}$ 以上であれば図-4の直線関係が成立する。

平均流速と乱れ速度の合成速度に対して、各ch番号を添字として各chに対する量として表わすと、図-3中の実験式($r=1.05$)より

$$(3) \quad \theta = \frac{1}{0.036} \left[0.304 - \ln \left\{ \left(\frac{V_1^2 V_{01}^{2/3}}{R_{P1}} \right)^3 / \left(\frac{V_2^2 V_{02}^{2/3}}{R_{P2}} \right)^3 \right\} \right]$$

となりポルーグと合成速度とのなす角度が求まる。

図-4の関係から各熱膜に対する式(2)のAが求められていふと、上式から各熱膜の出力電圧よりポルーグと合成速度との角度が求まるので、主流と直角方向の乱れ速度 v' を主流方向の流速 $U + U'$ の求まる。

以上の検定方法を使用法の検証として壁面噴流にかけた乱れ速度を測定した結果を空気流で測定した壁面噴流の乱れ強度と比較して図-5, 6である。

図-5は主流方向からの主流と直角方向の乱れ強度を測定した結果で、今回の測定点数は少ないが、実験の認められていふ空気流における熱膜流速計による測定範囲と一致している。

図-6は乱れ速度を求めてReynolds応力がもとめられた粘性係数の分布を図示したもので、Reynolds応力は空気流で測定された結果とよく一致している。図中の破線はひずみ率が先に報告した平均流速を求めてReynolds応力と粘性係数で、一点鎖線は速度分布則を導導する際に仮定した粘性係数の分布である。

以上、図-1～図-4の検定を行なつてかければ、流速測定時の水温が 9°C 以上であれば、水温を同時に測定することによつて平均流速 30 cm/s 以上に対してZ成分の乱れ速度を計算することができる。

図-4 流速に対する感度変化

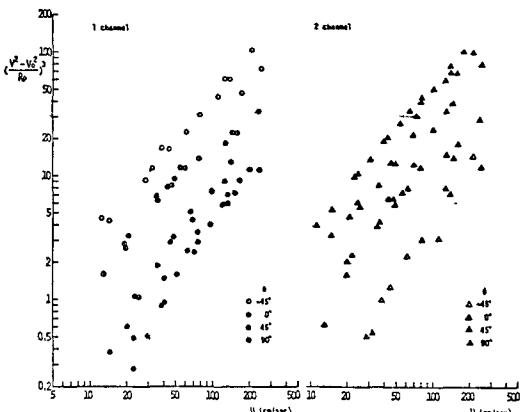


図-5 壁面噴流の乱れ強度分布

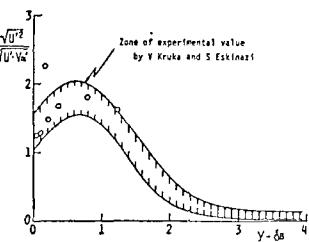
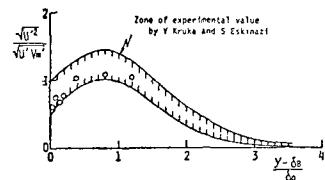


図-6 壁面噴流のせん断力分布

