

開水路におけるレイノルズ応力の測定

信州大学工学部 (正) 余越 正一郎
 信州大学大学院 (学) 中沢 一博

1. まえがき

プロペラ流速計を用いた開水路のレイノルズ応力の測定法を述べる。方法は大きく分けて2つあるが、1個の流速計による方法¹⁾は、長時間観測が必要、スペクトルに関する情報が得られず、という欠点がある。そこでもう1つの方法、2個の流速計を用いる方法、を考察する。これは、熱線流速計における X-Probe に相当するもので、2つのプロペラ流速計の軸を X 形に配置して同時測定をする方法であり、上述の問題は解消される。

2. 2個の流速計によるレイノルズ応力の測定

この方法は、2個の流速計の特性が等しい、ことが前提である。すなわち、方向特性 $f(\alpha)$ 、流速計出力 U_e とプロペラの回転によって発生するパルス周波数 n との線形関係、 $U_e = a n + b$ 、周波数計出力 e とパルス周波数 n との線形関係、 $e = c n + d$ 、などがすべて等しいことが条件である。 $g(\alpha) = df(\alpha)/d\alpha$ 、 $f(0) = 1$ 、迎え角を α とすると、流速計出力 $U_{e1}(\alpha)$ 、 $U_{e2}(\alpha)$ は、

$$U_{e1}(\alpha) = (\bar{U} + U) f(\alpha) - W g(\alpha) \quad , \quad U_{e2}(\alpha) = (\bar{U} + U) f(\alpha) + W g(\alpha)$$

となり、両式の和および差をとり、high-pass filter をかけると、 U 、 W が得られ、さらに掛算により U^2 、 W^2 、 UW が求まる。Fig. 1 に測定ブロック図を示す。

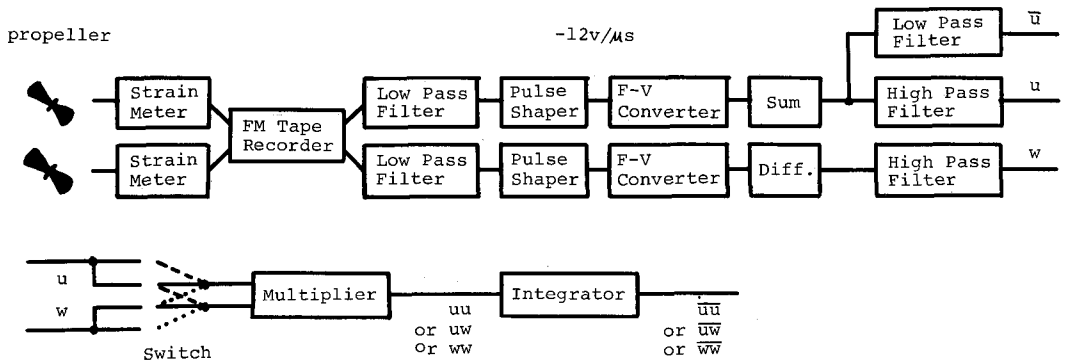


Fig. 1 レイノルズ応力測定ブロック図

3. 測定方法

〈流速計〉 プロペラ直径 8 mm、4枚羽根金属性プロペラで1回転で4つのパルスが発生する。特性はとまた、 $U_e = 0.58 n + 3.7$ (cm/s) で方向特性 $f(\alpha)$ もほぼ等しい。プロペラの配置は迎え角 $\alpha = \pm 45^\circ$ の直交配列とした。回転数の検出は電気抵抗の変化を用い、動みずみ計により

搬送波の発振、変調波の復調、増幅、検波などを行ない、その出力を磁気テープに記録した。

〈周波数計〉 1パルス毎にパルス周期を判定して、その逆数に比例した電圧を演算指示する方式のもので、充放電型のもののような低周波でのリップルがない。入力として立下りのよい信号パルス ($-12V/\mu s$) が必要なので、low-pass filter で高周波ノイズを除いてから波形整形する。特性は2台とも、 $e = 0.0303\eta + 3.75$ (Volt) である。ただし、 η は $20 \sim 250$ Hz。

〈加算器、減算器〉 周波数計出力電圧 e の加算・減算を行なう。掛算器、積分器とともに、演算増幅器を用いて製作した。highおよびlow-pass filter は、抵抗とコンデンサを組合せて作った。加算器、減算器の出力を high-pass filter に通すと、流速変動 u, w が得られる。これを掛算すると、乱水エネルギー u^2 および w^2 、レイノルズ応力の瞬間値 uw が得られ、積分することにより、 $\overline{u^2}$ 、 $\overline{w^2}$ 、 \overline{uw} が得られる。また、加算器出力を low-pass filter に通すと平均流速 \bar{u} が得られる。これとは別に \bar{u} を求めておけば、両者の比較から、方向特性 $f(\alpha)$ が評価でき、設定角度 α のチェックにも利用できよう。

4. 測定例

この方法による測定記録の1例と、測定結果を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。これは、幅53 cm、長さ13 m、水深21 cm、平均流速約40 cm/s のコンクリート製矩形水路における測定である。

参考文献

- 1) 余越, 中沢: プロペラ流速計によるレイノルズ応力の測定, 土木学会中部支部研究発表会 (48年2月)

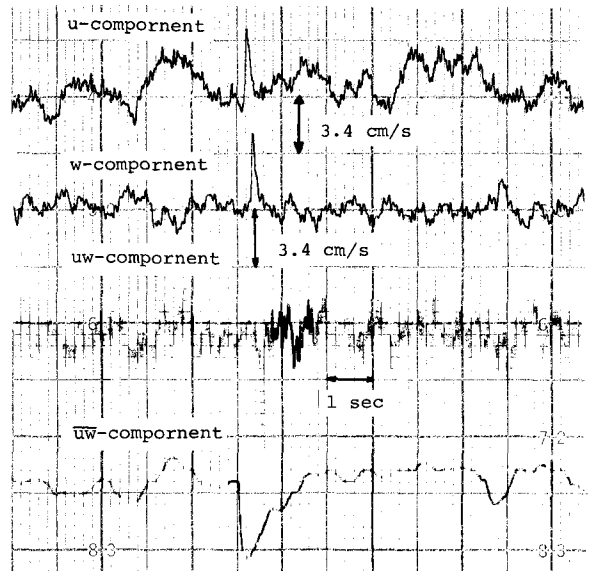


Fig. 2 測定記録の一例

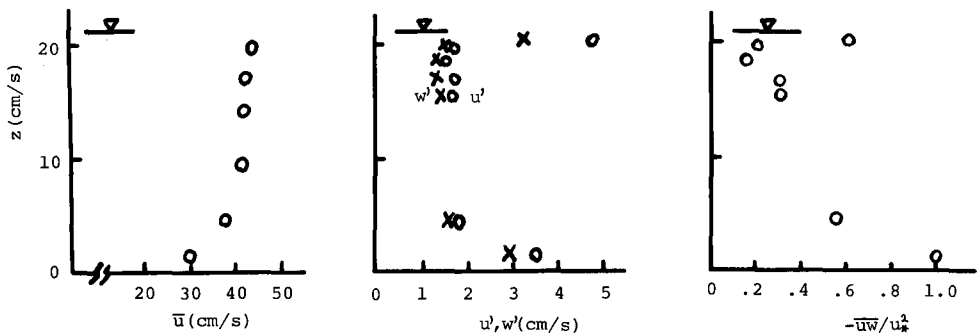


Fig. 3 測定例 ただし、 $u' = (\overline{u^2})^{1/2}$, $w' = (\overline{w^2})^{1/2}$, u_* は摩擦速度