

II-7 開水路流水の乱れ計測について (第2報)

京都大学工学部 正員 工博 石原 肇次郎

京都大学大学院 正員 工博 今本 博 健

開水路流水における乱流現象の解明において、乱れの計測はきわめて重視されているが、現在においてもまだ決定的な乱れ計測法は確立されてはいないといえよう。本研究は、従来、実河川などにおいて使用されてきた回転式流速計の原理に着目し、回転速度の変動から開水路流水における乱れを測定しようとしたものである。

1. 回転式流速計による乱れ計測の原理

流速 u と流速計の回転数 n との間には、一般に、 u がきわめて小さいが、 u の関係式が成り立つ。すなわち、

$$u = an + b, \quad \text{ここに, } a, b: \text{const.} \quad (1)$$

従来、(1)式は u の定常的あるいは平均的な場合に対して用いられてきたが、 u が非定常の場合にも成り立つと仮定する。このとき、 n は流速計の回転速度に対応し、 n の変動から乱れを算定することはできるが、 n の変動を測定することはきわめて困難であるため、本研究では、ある時間間隔 τ における回転数、あるいは、一回転するに要する時間から、近似的に回転速度を求めることとし、これを n_c と表わす。

(1)式において、 u および n を時間的の平均値 $\bar{u}$, $\bar{n}$ と変動分 u' , n' とに分けると、これを u_c ,

$$\bar{u} = a\bar{n} + b \quad (2)$$

$$u = a n \quad (3)$$

と表わされる。本研究では、 n として τ 時間ごとの平均回転速度 n_c を用いているから、(3)式に対応する流速の変動分 u'_c は、

$$u'_c = a n'_c = \frac{a}{\tau} \int_0^\tau n' dt = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau u' dt \quad (4)$$

となる。したがって、本方法によって乱れを測定する場合、平均化時間 τ (= 此を、¹測定時間「スーール」とよぶ) がきわめて重要となるが、その影響はつぎの通りである。

$$\overline{u'^2_c} = \left(\frac{1}{\tau} \int_0^\tau u' dt \right) \left(\frac{1}{\tau} \int_0^\tau u' dt \right) = \frac{2}{\tau^2} \int_0^\tau \int_0^\tau R(\lambda) d\lambda dt \quad (5)$$

$$\text{ただし, } R(\lambda) = \frac{\overline{u'_c u'_c - \lambda}}{\overline{u'^2_c}} \quad (6)$$

流速変動間の相関係数 $R(\lambda)$ の関数形は未知であるが、 λ の小さいとき、 $R(\lambda) \approx 1$ 、 λ の大きいとき、 $R(\lambda) \approx 0$ であるから、(5)式より、

$$\tau: \text{小, } \sqrt{\overline{u'^2_c}} \approx \text{const.} (= \sqrt{\overline{u'^2}}) \quad (7)$$

$$\tau: \text{大, } \sqrt{\overline{u'^2_c}} \sim \tau^{-\frac{1}{2}} \quad (8)$$

となることがわかる。

2. 実験装置および実験方法

本研究に用いた回転式流速計は、羽根の回転にともなう機械的摩擦を小さくするため、白金板によって回転数を測る方法とし、これをひずみ計およびペン書きオシロまたは電磁オシロに接続して回転速度を測定できるようにしている。

実験水路は、長さ10m、幅25cm、深さ35cmの直線水路で、側壁および底面はビニール樹脂滑面である。

乱れの測定に先立ち、(1)乱れの u および v を、数種の u および v の測定値より、最小二乗法によって決定した。ついで、回転式流速計を水路中央部に設置し、鉛直方向における乱れの強さの分布を測定した。

3. 実験結果

測定時間スケールでの乱れ計測におよぼす影響は、図1のように、乱れの強さ $\frac{u'}{u}$ は、 $\tau \rightarrow 0$ のとき、一定値に近付き、 $\tau \rightarrow \infty$ とともに $\tau^{-1/2}$ に比例する傾向が見られ、(4)式を確証している。Josef Procházka²⁾は、実験的研究により、乱れの強さは $\tau^{-1/2}$ に比例すると推定しているが、これはその大きな領域における実験値より推定したためである。

乱れの測定結果の一例を図2に示したが、この図より、乱れの強さは、従来の測定結果^{3),4)}と大体一致している。

回転式流速計は、乱れの実体を把握するには、その大きさおよび慣性の影響のため、相当大きな制限を受けるが、おおよその状態は、捕えることができるというよう。

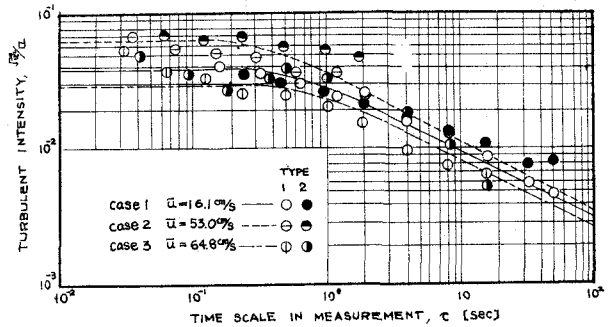


図1 測定時間スケールでの影響 (4)式参照)

参考文献

- 1) 栗谷陽一, 風車型流速計の特性について, 九大応力研報, 第16号, 昭36
- 2) Josef Procházka, The Effect of Turbulence on Current Meter, IAHR-9th CONVENTION, 1961.
- 3) John Laufer, The Structure of Turbulence in Fully Developed Pipe Flow, NACA Rep. No. 1174, 1953.
- 4) Hideo Hino, The Structure and Diffusion Coefficient of Turbulent Shear Flow, Tech. Labs. Central Research Institute of Electric Power Industry, Tech. Rep. C-6103, 1961.

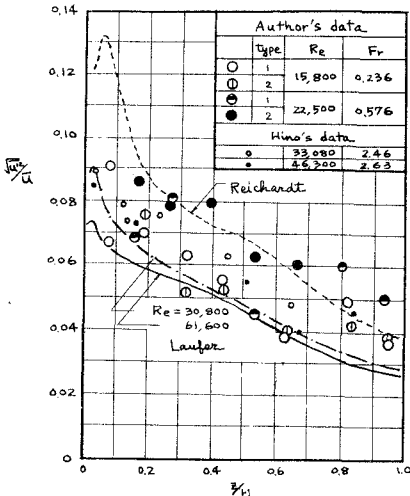


図2 乱れの強さと相対水深との関係