

序 振動流の壁面摩擦抵抗則は、流れが層流の場合には純解析的に求められる。しかし、乱流の場合には、明解な考え方が確立しているわけではない。振動流境界層の場合には、いくつかの実測・解析があり、一応、壁面せん断応力を計算することが出来る。一方、円管流の場合には、水撃圧とか、surgingなど、工学的に重要な振動流現象が存在しているにもかかわらず、信頼しうる振動流抵抗則はなく、しばしば、定常流の抵抗則で代用しているのが実情である。本研究では、著者らの振動流流速測定について述べ、さらに、それをもとに、振動流の抵抗則を提案する。提案された抵抗則は、U字管振動に適用され、その妥当性が検証された。

振動流の流速測定 著者らは、これまで一連の円管内振動流の測定結果を発表してきた^{(1),(2)}。それによると、振動流においては

(i)加速時に non-turbulent, 減速時に turbulent になる。(ii)振動流境界層層高さに比べて管径が十分に大きくない場合には、減速時の乱れによる激しい混合で、流速変動は半径方向に位相差のないものとなる。(iii)減速時の乱流は、壁面近くに粘性底層が存在し、その上では、 γ の $\frac{1}{4}$ 乗に比例する流速分布となる一団¹。(iv)粘性底層内の速度勾配から求めた壁面せん断応力は、平均流速 U_m と同位相となる。(v)このような、非定常な乱流は、 $\lambda = \frac{\omega}{U} > 1.5$, $Re = \frac{U}{\nu} > 550$ で観察される。ここに $\hat{U}$ は平均流速の振幅、 ω は $\sqrt{\frac{2\nu}{\omega}}$ 。

抵抗則の提案 (iv)より壁面せん断応力 τ_w は、

$$\frac{\tau_w}{\rho} = -\frac{1}{8} f \hat{U} U_m \quad (1)$$

であらわされる。図1の U_{amp} の通り⁹の表示法、

$$U_{amp} = 1.342 \hat{U} \left(\frac{\gamma}{2} \right)^{\frac{1}{4}} = 9.89 \hat{U} \left(\frac{\omega}{U} \right)^{\frac{1}{4}}$$

に、 $\gamma = \omega$ を代入して、 $\hat{U}_*$ についてとくと、抵抗係数 f は

$$f = 8 \hat{U}_*^2 / \hat{U}^2 = 0.188 Re^{-\frac{1}{2.85}} = 0.240 \lambda^{-\frac{1}{2.85}} Re^{-\frac{1}{2.85}} \quad (2)$$

として求める。この結果は図2に示されている。

U字管振動 (1), (2) 式を用いて、U字管内の液柱振動の減衰性を

しらべる。(1)式を用いると、液柱の運動方程式は

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} + f \frac{R \omega}{8 \lambda} \frac{d \xi}{dt} + \omega_0^2 = 0, \quad \omega_0^2 = 2g/l$$

となる。これを解くと、一周期間の液柱の変位 ξ の減衰比は

$$\xi_{i+1}/\xi_i = \exp\left(-\frac{\pi}{8} \frac{f R \omega}{\lambda}\right)$$

としてもとまる。結果は、図3に安川・田川⁽³⁾の実験とあわせて示

してある。(2)式は、もともと、 $\lambda = 3.62$ に対して求められたものであるが、図によると、 $\lambda = 11.6 \sim 37.4$ でも実験結果をよく説明しうることがわかる。

おわりに 提案された抵抗則は、 $\lambda = 3.6 \sim 37.4$, $Re = 550 \sim 1500$ で妥当な結果を与えることが確かめられた。実際には、 $\lambda = 1.5 \sim 50$, $Re = 550 \sim 4000$ 程度まで適用可能であると推測される。

参考文献 (1) 日野・沢本高復論文報告集237, 1975. (2) 沢本, 工大研究報告19, 1975. (3) 安川・田川, 論文報告集208, 1972.

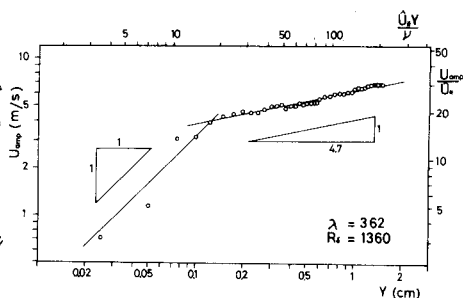


図-1

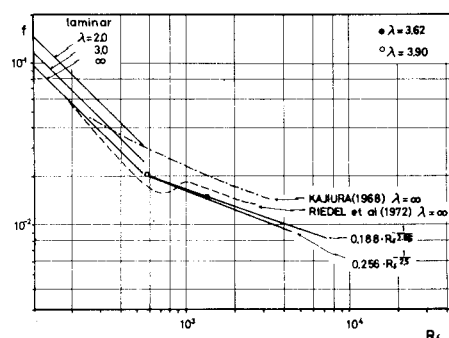


図-2

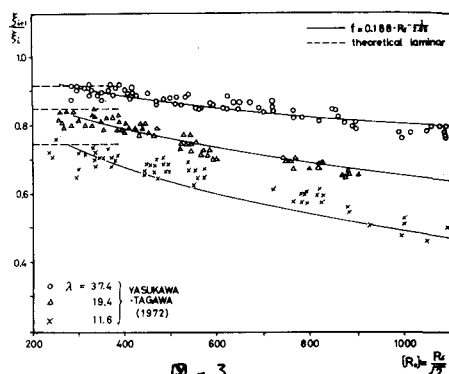


図-3