

ま之がき 現在、摩擦損失水頭 h_L を計算するには *Darcy-Weisbach* の式が用いられている。この式によると、 h_L は流速 v の2乗に比例している。しかし、実際には、 h_L は v^2 に比例していない。仮に、*Darcy-Weisbach* の式が成立するとしても、その係数(摩擦損失係数 f)は *Reynolds* 数や相対粗度 e/d などの関数すなわち変数となり、その計算式は非常に煩雑であり甚だ不便である。

この損失係数 f が定すなわち、管径 d や v などの関数となるのは、実際には、 h_L が速度水頭 $v^2/2g$ に比例しないにもかかわらず、*Darcy-Weisbach* は比例するものとしたためであり、したがって、 f を v や d の関数、すなわち、変数とすることによって補正しているのである。

本報は、第29回年次学術講演会で報告した内容の一部であり、その後の計算結果により若干修正を試みたものである。また、前報までの理論にしたがって、摩擦損失水頭の一般式を示し、滑らかな管の乱流において上式が成立することを示し、かつ管壁や管形、水温などを一定に保てば、 d や v に関係なく定数となることを示す。

§-1 摩擦損失水頭と損失係数

平均流速の式は、第1報で示した通り

$$v = k C_k C_s \frac{g^{m'}}{v^{2m'-1}} R^{m'} I^{m'} \quad \text{----- (1)}$$

$$m' = 3m' - 1$$

で示される。上式より、摩擦損失水頭 h_L の一般式を求めれば

$$h_L = f \frac{v^m}{g} \frac{L}{R^{m+1}} v^{2-m} \quad \text{----- (2)}$$

$$m = \frac{2m'-1}{m'}, \quad f = \frac{m'}{\sqrt{k C_k C_s}}$$

となり、従来(*Darcy-Weisbach*)のように、 h_L を速度水頭で表わすと次式となる。

$$h_L = f' \left(\frac{v}{\sqrt{2g}} \right)^m \frac{L}{R^{m+1}} \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{1}{2m}} \quad \text{----- (3)}$$

$$f' = 2f$$

上式において、 $m'=0.5$ とおけば $m=0$ となり、上式は

$$h_L = f' \frac{L}{R} \frac{v^2}{2g}$$

となる。この式は *Darcy-Weisbach* の式である。しかし、*Chézy* の式(*Darcy-Weisbach* の式より求められる)が成立しないといわれているように、我々もまた $m'=0.5$ の流れを実験的には確認していない。

つぎに、摩擦損失係数 f は、(2)または(3)式より次式となる。

$$f = \frac{g R^{m+1}}{v^{2-m}} \frac{I}{v^{2-m}} \quad \text{----- (4)}$$

または

$$f = \frac{m' \sqrt{\frac{1}{Re C_R C_S}}}{\sqrt{C'}} = \frac{m' \sqrt{\frac{1}{C'}}}{\sqrt{C'}} \quad \text{----- (5)}$$

$$C' = Re C_R C_S$$

(4)式はI, Vなどの実測値より求める場合の式であり, (5)式は平均流速の実験式より求める場合の式である。

$$C = \frac{g^{m'} C'}{2^{2m'} D^{2m'-1}}$$

とおけば, (1)式は $V = C d^{m'} I^{m'}$ となり, (5)式は

$$f = g / 2^{2m'} C^{\frac{1}{m'}} D^{m'} \quad \text{----- (6)}$$

となる。

§-2 実験的考察

第1報で示したごとく, $2000 < Re < 100000$, $1.320 \text{ cm} < d < 4.010 \text{ cm}$ (現在は $1.320 \text{ cm} < d < 10.02 \text{ cm}$)
 $12^\circ\text{C} < t < 27^\circ\text{C}$ (その後の実験により $12^\circ\text{C} < t < 26^\circ\text{C}$) において, $m' = 0.566$, $m' = 0.692$, $C \approx 281$ であり
 水温の加重平均値は $t = 16.84^\circ\text{C}$ である。この場合の f を(6)式より求めると

$$f = \frac{980}{2^{2.44} \times 281^{1.77}} \frac{1}{0.010886^{0.233}} \approx 0.0244$$

となる。(本報では, 全てCGS単位を使用)

一方, $1.32 \text{ cm} < d < 10.02 \text{ cm}$ の硬質塩化ビニール円管の実測値から, (4)式により求めた f の値(測定値)の平均値は $f = 0.0239$ となり, (6)式による計算値と一致する。

Fig-1は, d と f との関係であり, f は d に左右されないことが分る。

Fig-2は, 同一管路における V , I の測定値とこれに対応する f との関係である。これより, f の値は, V や I の値によって変化しない。

したがって, 摩擦損失係数 f を(2)式で定義し, (4)~(6)式で表わせば, 管の形や壁面, 水温などを一定にすると, 従来用いられていた *Darcy-Weisbach* の係数と異なり, V や I , あるいは d や Re に無関係に定数となる。また(2)(3)式の成立することは, 前報までに示した通りである。

なお, 今回得られた摩擦損失水頭及び摩擦損失係数の実験式は, 次のようになる。

$$R_L = \lambda \frac{V^{0.233}}{g} \frac{L}{d^{1.233}} V^{1.77}$$

$$\lambda = 2^{1.233} f$$

ただし, $2000 < Re < 100000$, $1.32 \text{ cm} < d < 10.02 \text{ cm}$
 $12^\circ\text{C} < t < 27^\circ\text{C}$

以上のことから, 市販の硬質塩化ビニール管の摩擦損失係数 f の値は, 実用的には水温 $11^\circ\text{C} \sim 23^\circ\text{C}$ 位と考えられるので, $f = 0.024$ としても大きな誤差はない。

<参考文献> 安田禎輔: 管路の平均流速に関する一提案 (第1~3報) 第28回年次学術講演会講演概要集

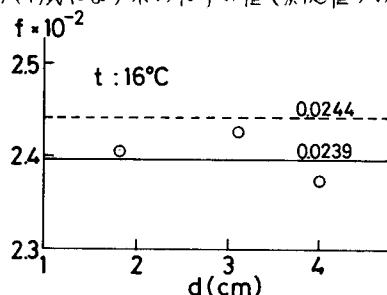


Fig-1 d と f の関係

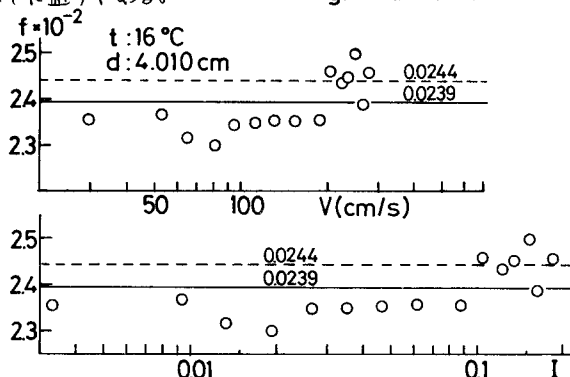


Fig-2 V 及び I と f との関係