

II-178 管路の平均流速に関する一提案(第5報)

摩擦損失と損失係数(その2)

日本大学工学部

正 員 安 田 稔 輔

藤 田 豊

学生員 〇 古 河 幸 雄

まえがき、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が、これによると h_L は速度水頭 $v^2/2g$ に比例することになるが、実際には、 h_L は必ずしも速度水頭に比例するとはかぎらず、特に層流においては、速度水頭に比例せず、その平方根すなわち速度 v に比例する。このことは Hagen-Poiseuille の流速の式からも簡単に導かれる。

仮に、Darcy-Weisbach の表現を固守しても、その結果、損失係数が速度や Re 数などの複雑な関数となってしまう。煩雑な計算を強いられる羽目に落入ってしまう。

そこで、第3報においては、これらの欠陥を取り除くべく、摩擦損失水頭の一般式を提案し、乱流における実験結果を示した。本報においては、その若干の修正と層流における実験結果を示す。

§-1 摩擦損失水頭と損失係数

摩擦損失水頭の一般式は、第3報で示したごとく次式となる。

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

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。

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

$$\text{ただし、} f' = 2f, \quad m = (2m' - 1)/m', \quad f = \sqrt{1/8 C_k C_s}$$

(2)式において、 $m' = 0.5$ (従来より考えられている乱流の条件) とおけば $m = 0$ となり、Darcy-Weisbach の式と一致する。すなわち(2)および(1)式は、Darcy-Weisbach の式も包含する、より一般的な式である。

つぎに、摩擦損失係数 f は(1)または(2)式より次式となる。

$$f = \frac{g R^{m+1}}{v^m} \frac{I}{v^{2-m}} \quad \text{----- (3)}$$

または

$$f = \sqrt{\frac{1}{8 C_k C_s}} = \sqrt{\frac{I}{C'}} \quad \text{----- (4)}$$

$$C' = 8 C_k C_s$$

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

$C_k = g^n C' / (2^{2n'} v_k^{2m'-1})$ 、 $n' = 3m' - 1$ とおけば、平均流速式は $v = C_k d^{n'} I^{m'}$ となり、(4)式は次式となる。

$$f = g / (2^{\frac{2n'}{m'}} C_k^{\frac{1}{m'}} v_k^{n'}) \quad \text{----- (5)}$$

§-2 実験的考察

第2報で、層流における管路の平均流速の実験式

$$v = 2385 d^{1.860} I^{0.960}$$

$$d = 0.53 \text{ cm} \sim 1.608 \text{ cm}, \quad Re = 20 \sim 2000, \quad t = 18^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$$

を示した(その後の実験成果により若干修正してある)が、これより f を、(5)式によって計算すると、

$$f = \frac{980}{2^{3.80} \cdot 2385^{1.055} \cdot 0.009^{0.965}} = 1.556$$

となり、 $t=19\sim 30^{\circ}\text{C}$ における、 $0.531\text{cm}\leq d\leq 1.608\text{cm}$ のアクリルおよび硬質塩化ビニール管の実測値から、(3)式によって求めた f の値(測定値)の平均値 $\bar{f}=1.536$ とほぼ一致する。

Fig-1は、計算値および測定値の 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。

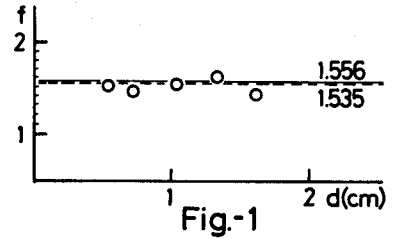
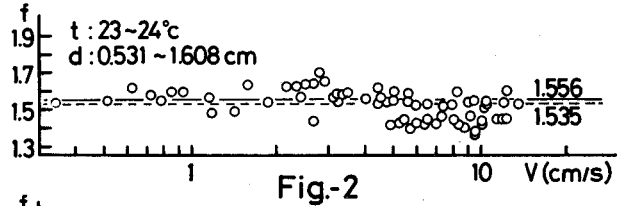


Fig-2, Fig-3は、 ν または I と f との関係である。これより f は ν や I の値によって変化しないことが分る。

Fig-4は、 $d=0.531$ の場合の水温 t と f との関係であり、実線は(5)式による概算値である。すなわち、この計算に用いた C_x は、各水温に対するものがないため平均水温 $t=24.7^{\circ}\text{C}$ の値を用いたため概算値となるのである。



今までのことからより、摩擦損失係数 f を(1)式で定義し、(3)~(5)式で表わせば、管の形や壁面、水温 t と I を一定に保てば、従来用いられていたDarcy-Weisbachの係数と異なり、 ν や I 、あるいは d や R に関係せず定数となる。

なお、第3報の結果(乱流、滑らかな管)と、本報で得た層流における摩擦損失に関する実験式は右表のようになる。

以上のことからより、市販の硬質塩化ビニール管の摩擦損失係数 f は、実用的には、水温 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 位と考えられるので、乱流の場合は、

$f=0.024$ 、層流の場合には $f=1.4\sim 1.6$ としても大きな誤差はないものと考えられる。

<参考文献>

安田榎輔他：管路の平均流速に関する一提案(第1~3報)

土木学会第28~29回年次学術講演会概要集 昭和48~49年

安田榎輔，藤田 豊他：滑らかな管路の摩擦損失について

土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 昭和50年2月

