

硬質塩化ビニール管の摩擦係数

児 玉 義 彦・峰 岸 茂

(農業工作第一研究室)

Yoshihiko KODAMA and Shigeru MINEGISHI : Coefficient of Friction
on the Rigid Vinyl Chloride Pipe

I. ま え が き

最近硬質塩化ビニール管が、さび、腐蝕のおそれがなく、軽くて、強く、優秀な電気絶縁性を有し、燃えにくく、熱の不良導体で加工配管が容易で価格が安く、しかも、無毒、無臭で衛生的なため金属質の管に代って、水道管を始めとし、化学工場内の配管、農園用配管に多く使用されるようになったが、未だその摩擦抵抗に関する資料がないので此処にその実験を実施し、金属質の管とその優劣を比較検討する一つの資料を得んとするものである。

II. 実 験 方 法

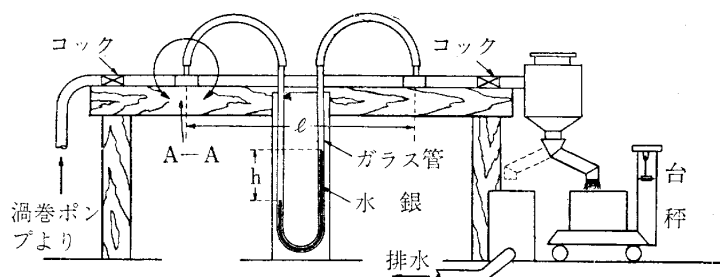
1. 実験装置 (第1図, 第2図参照)

2. 主な供試品

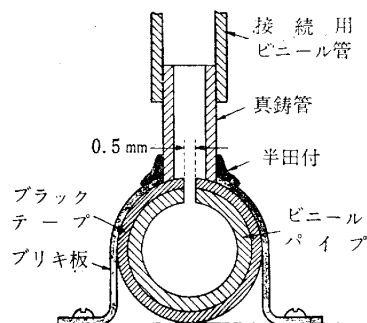
- (i) 硬質塩化ビニール管 3 本 (呼称径13mm 1 本, 径 $\frac{3}{4}$ " 1 本, 径1" 1 本)
- (ii) 渦巻ポンプ (10HP電動機装着)
- (iii) 台秤 最大搭載能力 150 kg
- (iv) 噴出液体をタンクへ誘導する管およびうつわ, 一式 (第1図参照)
- (v) 精工舎製ストップウォッチ 1 箇

3. 実験要領

先づ渦巻ポンプを始動させたならば水銀U字管の圧力計の指度が落付いたときを見計ってU字管の差圧とそれに対する一定時間に噴出する流量を台秤の上のタンクに誘導して重量を測定して、その流量を知る。而してコックの開度により流量を調整して、その各場合における流量 ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) に応じたU字管の差圧 $h \text{ m} = h(13.6-1) = 12.6h$ を測定した (第1図, 第2図参照)。なお、二点間の測定距離 (ℓ) は呼称 13mm の管の場合は $\ell = 1.972 \text{ m}$, 呼称 $\frac{3}{4}$ " 管の場合は $\ell = 1.986 \text{ m}$, 呼称 1" 管の場合は $\ell = 1.983 \text{ m}$ である。



第1図 実験装置



第2図 第1図A-A詳細

Ⅲ. 試 験 結 果

1. 試 験 成 績

第1表 呼 称 13 mm 管

hm	$i=h/\ell$	log i	$Q\text{ m}^3/\text{s}$	$V\text{ m/s}=\frac{Q}{a}$	log V
0.100	0.0506	-1.2959	70.0×10^{-6}	0.534	-0.27246
0.157	0.0795	-1.0900	$91.7 \times \text{〃}$	0.700	-0.15490
0.262	0.1328	-0.8766	$121.9 \times \text{〃}$	0.930	-0.03151
0.436	0.2217	-0.6542	$163.7 \times \text{〃}$	1.250	0.09691
0.672	0.3405	-0.4680	$209.0 \times \text{〃}$	1.600	0.20412
0.904	0.4592	-0.3380	$249.0 \times \text{〃}$	1.900	0.27875
1.481	0.7517	-0.1240	$331.5 \times \text{〃}$	2.530	0.40312
2.310	1.1700	-0.0320	$374.5 \times \text{〃}$	2.860	0.45637
2.735	1.3870	0.1420	$472.0 \times \text{〃}$	3.600	0.55630
4.175	2.1190	0.3260	$599.5 \times \text{〃}$	4.580	0.66039
5.920	3.0000	0.4771	$747.0 \times \text{〃}$	5.700	0.75587

備考 hm : 二点間の水頭損失, ℓ m : 測定二点間の距離, $Q\text{ m}^3/\text{s}$: 流量, $V\text{ m/s}$: 管内の流速, $d\text{ m}$: 硬質塩化ビニール管の内径, $a\text{ m}^2$: 管の断面積, $\ell=1.972\text{ m}$, $d=12.925 \times 10^{-3}\text{ m}$, $a=131 \times 10^{-6}\text{ m}^2$.

第2表 呼 称 $\frac{3''}{4}$ 管

hm	$i=h/\ell$	log i	$Q\text{ m}^3/\text{s}$	$V\text{ m/s}=\frac{Q}{a}$	log V
0.090	0.0450	-1.3439	210.5×10^{-6}	0.679	-0.16813
0.140	0.0704	-1.1522	$271.0 \times \text{〃}$	0.875	-0.05799
0.208	0.1046	-0.9804	$340.5 \times \text{〃}$	1.100	0.04139
0.316	0.1591	-0.7985	$433.5 \times \text{〃}$	1.400	0.14613
0.463	0.2334	-0.6310	$542.0 \times \text{〃}$	1.750	0.24304
0.609	0.3069	-0.5130	$635.0 \times \text{〃}$	2.050	0.31170
0.985	0.4966	-0.3040	$836.0 \times \text{〃}$	2.700	0.43136
1.621	0.8166	-0.0880	$1111.0 \times \text{〃}$	3.600	0.55630
2.490	1.2540	0.0980	$1425.0 \times \text{〃}$	4.606	0.66276
3.580	1.8120	0.2580	$1766.0 \times \text{〃}$	5.700	0.75587
6.460	3.2590	0.5130	$2480.0 \times \text{〃}$	8.000	0.90309

$\ell=1.986\text{ m}$, $d=19.837 \times 10^{-3}\text{ m}$, $a=309.2 \times 10^{-6}\text{ m}^2$

第3表 呼 称 1" 管

hm	$i=h/\ell$	log i	$Q\text{ m}^3/\text{s}$	$V\text{ m/s}=\frac{Q}{a}$	log V
0.761	0.0383	-1.4164	462.0×10^{-6}	0.760	-0.11919
0.122	0.0617	-1.2100	$604.2 \times \text{〃}$	1.000	0.00000
0.292	0.1469	-0.8330	$1000.0 \times \text{〃}$	1.650	0.21748
0.480	0.2416	-0.6169	$1330.0 \times \text{〃}$	2.200	0.34242
0.821	0.4134	-0.3836	$1815.0 \times \text{〃}$	3.000	0.47712
1.439	0.7253	-0.1395	$2520.0 \times \text{〃}$	4.150	0.61805
1.983	1.0000	0.0000	$3025.0 \times \text{〃}$	5.000	0.69897
3.210	1.6196	0.2094	$3990.0 \times \text{〃}$	6.060	0.81954
5.590	2.7715	0.4427	$5440.0 \times \text{〃}$	9.000	0.95424

$\ell=1.983\text{ m}$, $d=27.725 \times 10^{-3}\text{ m}$, $a=604.2 \times 10^{-6}\text{ m}^2$

2. 実 験 式

第1表, 第2表, 第3表の実験結果をプロットすると第3図のようになる. すなわちこの直線の方程式は次のような形で表わされる.

$$\log i = K + n \log v \dots\dots\dots (1)$$

但し $K = \log f - c \log d$

すなわち (1) 式の原形は $i = f \frac{v^n}{d^c} \dots\dots (1')$

(1) 式において K の値と $n = \tan \theta$ を図上から求めると $\theta = \tan^{-1} n = \frac{\pi}{3}$ であるから $n = 1.732$ となる.

K の値は $\log v = 0$ のときは $\log i = K$ であるから $\log v = 0$ のときの $\log i$ を図上から求めると次の如くなる.

$$d_1 = 12.925 \text{ mm},$$

$$K_1 = \log f - c \log d_1 = -0.822 \dots (2)$$

$$d_2 = 19.837 \text{ mm},$$

$$K_2 = \log f - c \log d_2 = -1.052 \dots (3)$$

$$d_3 = 27.725 \text{ mm}, \quad K_3 = \log f - c \log d_3 = -1.21 \dots (4)$$

以上 K の値は第3図の上から求めたものであるが計算で求めた場合どの位の差異があるかをしらべて見る. そこで K_1, K_2 の値を基にして K_3' の値を計算によって求めたものと, 図上から求めた K_3 の値とを比較して見ることにする. そのため先ず (2), (3) より $\log f$ と c の値を求める.

$$(2) \text{より} \quad K_1 = \log f - c \log d_1 \dots\dots\dots (2')$$

$$(3) \text{より} \quad K_2 = \log f - c \log d_2 \dots\dots\dots (3')$$

(2') と (3') より $\log f$ と c を先ず求めると

$$\log f = \frac{K_1 \log d_2 - K_2 \log d_1}{\log d_2 - \log d_1} \dots\dots\dots (5)$$

$$c = \frac{K_1 - K_2}{\log d_2 - \log d_1} \dots\dots\dots (6)$$

(2') と (3') において

$$K_1 = -0.822, \quad K_2 = -1.052$$

$$\log d_1 = \log 0.012925 = -1.8885694$$

$$\log d_2 = \log 0.019837 = -1.7025240$$

を(5)および(6)に代入すれば

$$\log f = -3.152 = \overline{4.848} \dots\dots\dots (7)$$

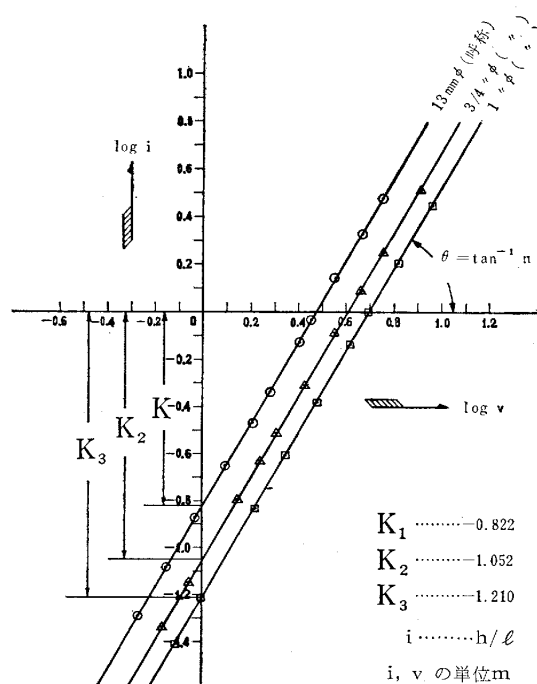
$$f = 0.0007047 \dots\dots\dots (7')$$

$$c = 1.234 \dots\dots\dots (8)$$

依て求むる K_3' は

$$K_3' = \log f - c \log d_3 \dots\dots\dots (9)$$

であるからこの(9)式に(7), (8)および $\log d_3 = -1.5571284$ を代入すれば



第3図 $\log i - \log v$ 線 図

$K_g' = -1.28$ となる.

図上より求めると $K_g = -1.21$ であるからその誤差は僅少なため実用的には計算により求めたものでも差し支えない. 依て, この三種類の直径の硬質塩化ビニール管を基にして任意の直径の硬質塩化ビニール管の i, v の関係を求めることが出来る. なお前戻つて原式 (1') に n, f, c の値を代入すれば

$$i = 0.0007047 \frac{v^{1.732}}{d^{1.234}} \dots \dots \dots (10)$$

でこれは硬質塩化ビニール管の水頭損失の一般式でもある.

一方円管摩擦の水頭損失は次の式で表わされる.

$$h = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (11)$$

(11)式を変形して

$$\frac{h}{\ell} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \frac{h}{\ell} = i \text{ と置けば}$$

(11)式は次のような形になる.

$$i = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (11')$$

$$\lambda = i \cdot d \cdot \frac{2g}{v^2} \dots \dots \dots (11'')$$

(11'') に (10) を代入すれば

$$\begin{aligned} \lambda &= 0.0007047 \frac{v^{1.732}}{d^{1.234}} \cdot d \cdot \frac{2g}{v^2} = 0.0007047 \times v^{1.732-2} \times d^{1-1.234} \times 19.6 \\ &= 0.01381212 v^{-0.268} \times d^{-0.234} = \frac{0.01381212}{v^{0.268} \times d^{0.234}} \dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

(12)式が求むる硬質塩化ビニール管の摩擦係数である.

3. 金属製管との摩擦係数比較

硬質塩化ビニール管の摩擦係数を(12)式で計算したものと, ガラス, 鉛, 亜鉛の滑らかな管及び少しく粗い管すなわち新しい鑄鉄管を, 在来の有名公式で計算した摩擦係数とを比較することとする. なお在来の円管摩擦に関する公式は甚だ多いので比較に最も便利と思われる次のようなラングの公式を使用する.

ガラス管, 鉛, 亜鉛の滑らかな管の場合

$$\lambda_1 = 0.012 + \frac{0.0018}{\sqrt{vd}} = \frac{1}{1,000} \left(12 + \frac{2}{\sqrt{vd}} \right)$$

少しく粗い管すなわち新しい鑄鉄管には

$$\lambda_2 = 0.02 + \frac{0.0018}{\sqrt{vd}} = \frac{1}{1,000} \left(20 + \frac{2}{\sqrt{vd}} \right)$$

但し λ_1 及び λ_2 は摩擦係数, v は管内流速 (m/s), d は管の内径 (m)

第4表 管 の 摩 擦 係 数 比 較

dm	vm/s	λ_1	λ_2	λ	備 考
12.925×10^{-3}	0.70	0.0341	0.0421	0.0420	$\lambda_1 = \frac{1}{1,000} \left(12 + \frac{2}{\sqrt{vd}} \right)$ $\lambda_2 = \frac{1}{1,000} \left(20 + \frac{2}{\sqrt{vd}} \right)$
	2.54	0.0231	0.0320	0.0298	
	5.70	0.0193	0.0274	0.0240	

dm	v m/s	λ_1	λ_2	λ	備 考
19.837×10^{-3}	1.10	0.0255	0.0336	0.0337	$\lambda = \frac{0.01381212}{v^{0.268} \times d^{0.234}}$ 但し λ_1 : ガラス管, 鉛, 亜鉛の滑らかな管の摩擦係数 λ_2 : 少し粗い新しい鑄鉄管の摩擦係数 λ : 硬質塩化ビニール管の摩擦係数
	3.60	0.0195	0.0275	0.0246	
	8.00	0.0170	0.0250	0.0198	
27.725×10^{-3}	1.00	0.0240	0.0320	0.0320	
	3.00	0.0189	0.0269	0.0238	
	9.00	0.0160	0.0240	0.0178	

IV. あ と が き

第4表の結果から硬質塩化ビニール管の摩擦係数は同一内径, 同一速度において滑らかな管(ガラス管, 鉛管, 亜鉛管)よりは劣るが, 少し粗い管(新しい鑄鉄管)にはやや優ることが出来る. なおラングの式も当実験で求めた式もレイノルズの数について考慮を払われていないが何れも Re が 2,000 より大なる乱流の場合に於ける比較であることを念の為申し添えておく.

主 な 参 考 書

動力噴霧機用「ゴムホース」の摩擦抵抗に関する実験式 児玉義彦(農業機械学会誌第15巻第3.4号)

水 力 学 沖 巖 著

応用流体力学 藤 本 武 助 著

水力工学例題演習 松 本 容 吉 著

農機具利用の実際 田 伏 三 作 著

農業機械学概論 庄 司 英 信 著

Gibson, Hydraulic and its Application.

J. Nikuradse, V. D. I. Forsh-heft 356 (1932)

Lamb, H., Hydrodynamics.

Dryden-Murnaghan-Bateman, Hydrodynamics.

Ramsey, A. S., Treatise on Hydromechanics, Part II.

Summary

We have obtained the following relation by our measurements of the coefficient of frictional resistance for a rigid vinyl chloride pipe.

If we write a coefficient of frictional resistance of a vinyl pipe λ , velocity of water in a pipe v , and inner diameter of a pipe d , then we have

$$\lambda = 0.01381212 v^{-0.268} \times d^{-0.234}$$

These relation is derived from

$$h = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Where h is the head loss of a pipe, ℓ is the length of a pipe and g is the acceleration of gravity. Coefficients of frictional resistance for different pipes are calculated from Rang's formula and

their values are shown in the 4th table.

If we compared the value of coefficient of frictional resistance for rigid vinyl chloride pipe with that of other pipes, the value of coefficient for a rigid vinyl chloride pipe is less than that of rough pipes such as new cast iron pipe etc, while it is bigger than that of smooth pipes made of glass, lead and zinc etc.