

管水路の通水年数に伴なう絶対粗度の変化に関する考察

吉 田 豊 穂

奥 村 卓 史

The Study of the Absolute Roughness Change in Water Running Through a Pipeline over a Number of Years.

Toyoho YOSHIDA

Takashi OKUMURA

This study reported the absolute roughness inside the pipeline wall of our Institute Hydraulics Laboratory.

Having studied the absolute roughness (on average) the water always flows into the pipeline.

The experiment was carried out for twenty days every year for a time period of 22 years. Ten days in first term and ten days in second term.

The water was only left running for twenty days of every year so as we could calculate the absolute change of roughness inside the hydraulic pipe for our study.

1. はじめに

本研究は本学水理学実験室における管水路の実験装置を対象とし、通水による管内壁の粗さを表示する絶対粗度について考究する。通水開始後今日までにおいて、管内壁にさびや水垢などが発生し、通水能力がおちてくる。この発生状況をあらわす指標としての絶対粗度は、管の種類と壁面の状況により与えられ、壁面の凹凸の平均的な高さであらわされる。絶対粗度については常時通水している場合と、本学の管水路のように前期10回と後期10回の実験であるから、年間に見ると20日間の通水である。年間を通して常時通水している場合の絶対粗度の経年変化については、すでに発表されているが、本学のように常時通水しない場合の絶対粗度の変化について、過去における管水路の摩擦損失水頭の実験結果を参考として算定する。管水路は鑄鉄製で内径は3 inch (7.62 cm)、長さは10 m、昭和44年に通水し、実験を開始しているのですでに22年間を経過している。この22年間にわたる絶対粗度の経年変化について以下に述べる。

2. 計算理論¹⁾

水工計測実験では絶対粗度に関する実験は行っていないが、昭和51年度より表-1に示す

ように管水路の摩擦損失水頭の実験を開始している。この表のなかの平均流速 v とエネルギーこう配 I の値を用いて絶対粗度について計算を行なう。計算には次の公式を用いる。管水路の流れ

表-1 管水路の摩擦損失水頭の実験値²⁾

実 験 名		管水路の摩擦損失水頭の実験						10-1		
実 験 日		昭和60年12月10日				室温	13°C	水温	12°C	
実 験 者		学年	組	番	氏名					
管内径 $D = 3 \text{ inch} = 7.62 \text{ cm}$		断面積 $A = 45.58 \text{ cm}^2$								
マノメーター取付間管長 $L = 440 \text{ cm}$										
		回		1	2	3	4	5	6	7
流量測定用欄	容 積 法 (50,000 cm ³)	時 間 (sec)	1	67.5	51.3	33.6	28.8	21.8	17.0	13.2
			2	67.4	51.2	34.0	29.2	22.2	16.8	13.4
			平 均	67.45	51.25	33.8	29.0	22.0	16.9	13.3
①	流 量 Q	cm ³ /s	741	976	1,479	1,724	2,273	2,959	3,759	
②	平 均 流 速 $v=Q/A$	cm/s	16.26	21.41	32.45	37.82	49.87	64.92	82.47	
③	速 度 水 頭 $v^2/2g$	cm	0.1349	0.2339	0.5372	0.7298	1.269	2.150	3.470	
④	水 温 t	°C	12	12	12	12	12	12	12	
⑤	水の動粘性係数 ν	cm ² /s	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	
⑥	レイノルズ数 Re		9,992	13,157	19,941	23,241	30,646	39,894	50,679	
⑦	マノメーター読み	h_1	cm	83.3	83.2	82.5	82.1	81.3	79.7	77.5
⑧		h_2	cm	82.6	82.0	80.1	78.9	76.0	70.3	64.4
⑨	マノメーター差圧 h_1-h_2	cm	0.7	1.2	2.4	3.2	5.3	9.4	14.1	
⑩	損 失 水 頭 h_f	cm	0.7	1.2	2.4	3.2	5.3	9.4	14.1	
⑪	エネルギーこう配 $I=h_f/L (\times 10^{-3})$		1.591	2.727	5.455	7.273	12.05	21.36	32.05	
⑫	抵 抗 係 数 $f=2gID/V^2$		0.090	0.090	0.077	0.076	0.072	0.076	0.070	
⑬	\sqrt{f}		0.300	0.300	0.278	0.275	0.269	0.275	0.265	
⑭	シェジ - の $C=\sqrt{8g}/\sqrt{f}$	m ^{1/2} /s	295	295	319	322	329	322	334	
⑮	$\sqrt[6]{D/4}$	m ^{1/6}	0.5168	0.5168	0.5168	0.5168	0.5168	0.5168	0.5168	
⑯	マンニング $n=⑮/⑭$	m ^{-1/3} /s	0.0018	0.0018	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0015	
⑰	層流, 乱流の区別		乱流	乱流	乱流	乱流	乱流	乱流	乱流	
⑱										

に用いられる平均流速公式として Hazen & Williams の公式がある。この公式は標準公式となっており、普通一般に広く用いられている。

$$v = 0.35464 C d^{0.63} I^{0.54} \quad (\text{m} \cdot \text{sec 単位}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

v : 平均流速 m/sec, C : 流速係数, d : 管径 m, I : エネルギーこう配

また絶対粗度 k_s と流速係数 C との関係式は

$$k_s = \frac{133.4}{C^{1.85}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

使用年数の経過による C の変化量としては次式を用いる。

$$C_y = C \left(1 - 0.00268 \frac{\sqrt{y}}{d} \right)^{2.63} \quad \dots\dots\dots (3)$$

C_y : 通水後 y 年の係数

本研究では鑄鉄管の C の最良値を 130 として計算する。

3. 具体的計算例

表-1 の測定回数第 1 回の計算について述べる。これは昭和 60 年 12 月 10 日の実験であるから、通水開始後 16 年の経過である。常時通水している場合の絶対粗度を理論値としてあらわせば次のようになる。

$$v = 16.26 \text{ cm/sec} = 0.1626 \text{ m/sec}, \quad d = 7.62 \text{ cm} = 0.0762 \text{ m}, \quad I = 1.591 \times 10^{-3}, \quad y = 16 \text{ 年}$$

(1) 実験値

式 (1) より

$$C = \frac{v}{0.35464 d^{0.63} \times I^{0.54}} = \frac{0.1626}{0.35464 \times 0.0762^{0.63} \times (1.591 \times 10^{-3})^{0.54}} = 75.30$$

式 (2) より

$$k_s = \frac{133.4}{C^{1.85}} = \frac{133.4}{75.30^{1.85}} = 0.045 \text{ cm}$$

(2) 理論値

式 (3) より

$$C_y = C \left(1 - 0.00268 \frac{\sqrt{y}}{d} \right)^{2.63} = 130 \left(1 - 0.00268 \frac{\sqrt{16}}{0.0762} \right)^{2.63} = 87.25$$

式 (2) より

$$k_s = \frac{133.4}{C^{1.85}} = \frac{133.4}{87.25^{1.85}} = 0.0343 \text{ cm}$$

表-1より求めた実験値と理論値の C と k_s の値を表-2に示し、年度別による値は表-3のとおりである。

表-2 表-1の C と k_s の実験値と理論値

y=16年

実 験 日		昭 和 60 年 12 月 10 日							
項目	回数	1	2	3	4	5	6	7	
	v cm/s		16.26	21.41	32.45	37.82	49.87	64.92	82.47
$I(\times 10^{-3})$		1.591	2.727	5.455	7.273	12.05	21.36	32.05	平均値
実験値	C	75.30	74.12	77.25	77.09	77.39	73.96	75.46	75.80
	k_s cm	0.045	0.0463	0.0429	0.0431	0.0428	0.0465	0.0448	0.0445
理論値	C								87.25
	k_s cm								0.0343

表-3 年度別による C と k_s の値

年度 (年)	S. 44	S. 46	S. 48	S. 51	S. 54	S. 57	S. 60	S. 63	H. 3
年数 (年)	0	2	4	7	10	13	16	19	22
実験値	C			94	85	79	76	72	70
	k_s cm				0.0298	0.036	0.0416	0.0445	0.0489
理論値	C	130	114	107	101	95	91	87	81
	k_s cm	0.0164	0.0209	0.0235	0.0261	0.0293	0.0317	0.0343	0.0368

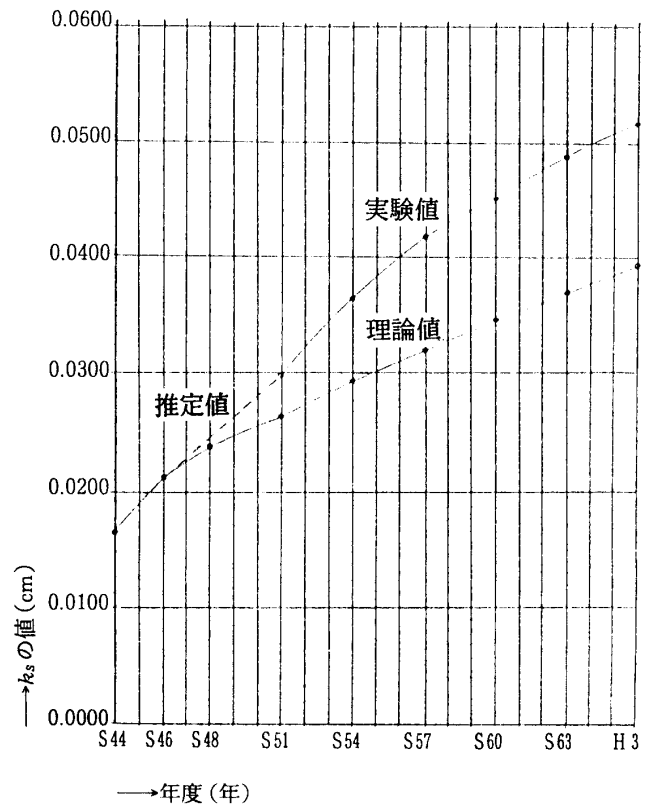


図-1 年度別 k_s グラフ

表-4 鑄鉄管の絶対粗度 (k_s) の標準値²⁾

品質	k_s の値 cm	壁の状態
新しい管	0.015~0.05	塗装しない状態
古い管	0.1~0.15	全面に1~2mmのさびコブ発生
きわめて古い管	0.2~0.5	はなはだしくさびコブ発生

4. 考 察

表-3による k_s の値を図示すると図-1のとおりであり、また管の品質による標準的な k_s の値を表-4に示し、考察を行なうことにする。 k_s 値の実験線と理論線の出発点を昭和44年度におくと、通水年数の経過とともに実験線が理論線よりも急上昇を示している。通水を開始してより4年間はほぼ同一線上を辿り、4年目より7年目にかけて漸増し始め、7年を過ぎるとその差はだんだん大きくなり実験線は上昇していく。常時通水している場合には、22年を経過しても k_s の値は0.0394 cmであるから0.05 cm以下となり、新しい鑄鉄管の領域²⁾に入っている。しかしながら、本学の管水路のように年間20日間の通水では、20年経過の平成1年度において k_s の値が0.05 cmとなっているから、今日ではすでに古い鑄鉄管へと移行しているのである。管の内壁は見ることはできないが、全面に1~2 mmのさびコブ発生の状態が推察される。常時通水している状態では、 k_s の値は年間平均して0.01 cm増加しているのに対して、常時通水しない場合には0.035 cmであるから3.5倍の増加となっている。 k_s 値の増加の減少を計るには通水終了後の管内の排水をよくすること、また少なくとも毎週1回は通水する方が望ましいと思われる。本研究の遂行にあたり、本学における水工計測実験では絶対粗度に関する実験は実施してはいるが、いくつかの実験のなかに管水路の摩擦損失水頭の実験があったから、このなかの実験値を引用して論述した。僅かな実験データしかなかったのでもうまく説明できず、実態を完全に把握するまでには至らなかったが、本文を一段階の評価とし、今後における研究課題としたいと思っている。

参 考 文 献

- 1) 篠原謹爾：水理学，株式会社国民科学社 1985年
- 2) 水理実験指導書，社団法人土木学会 1986年

(平成3年10月25日受理)