

逆サイフォンの水頭損失に就いて

清水 邦夫

On the Head-loss of Inverted Siphon

KUNIO SHIMIZU

I 緒 言

逆サイフォンの設計の際に問題になる一つは水頭損失が如何ほどになるかと云ふ事で、損失水頭の値の大小は、接近流速の大小、流入口の形状、管内粗度係数の大小、屈曲状況等に依つて異なるが普通は

$$H = \frac{v^2}{2g} (1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}) \dots\dots\dots(1)$$

- H……水頭の損失高 (m) f_1 ……流入水頭の係数
- f_2 ……摩擦係数 (サイフォンに依て摩擦の為に損失する水頭の係数)
- L……管の長さ (m) v ……平均速度 (管中の速度 m/sec)
- R……動水半径 (m) g ……重力の加速度 (9.8 m/sec²)

又接近速度の存在する場合は

$$H = (1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}) \frac{v^2}{2g} - 0.05097 v_1^2 \dots\dots\dots(2)$$

v_1 ……接近速度

が用ひられるが、本研究に於ては此等の公式について、實際施行されたサイフォンの損失水頭の実測、他の实例サイフォン、等を参考として考察を回らした。

又施行後相当年数を経たサイフォンは管内が腐朽したり、管内に土砂が堆積して損失水頭の値が変化する事も考えられるが、その点を實際のサイフォンについて調査した。

II 水頭損失の實測値

西天龍用水路中にある深澤逆サイフォン (昭和16年完成) について昭和29年4月23日及4月30日実測した。

実測に使用せし器械、器具、材料はピトー管 (開渠流速測定用) 着色せし もみぬか (逆サイホン内流速測定用) レベル及箱尺 (損失水頭測定用) である。

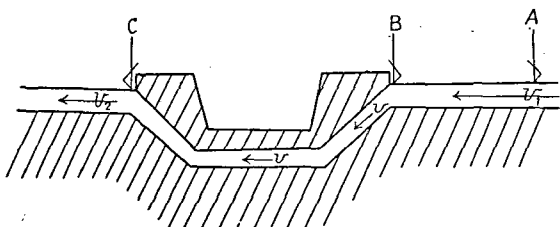
第1圖に示すA地点に於て接近流速、B、C地点に於て水頭差を測定した。

実測地は、A地点に於ける接近流速は $v_1 = 0.88$ m/sec

B、C兩地点の水頭差は $H = 0.15$ m

となつた。尚ほ着色せし もみぬかをB地点に投入してC地点にそれが出て来るに要した時間は第1表の如し。

第1圖 測定地点



第1表 もみぬかの要した時間

回数	時間
1	5分54秒4
2	6分52秒
3	7分40秒
4	6分27秒
5	5分47秒8
平均	6分25秒

従つて平均管内流速は

$$v = \frac{s}{t}$$

s……サンフオイの管長=321m (設計圖より算出)

t……「ぬか」の要した時間=385sec

$$\therefore v = 0.83 \text{ m/sec}$$

となる。

Ⅲ 水頭損失の計算値

管内流速を計算に依つて求めるには

$$Q = A_o v$$

Q……流量 A_o ……管の横断面積

$$\therefore v = \frac{Q}{A_o}$$

を使用すれば良い。

但しQはA地点に於ける流量と同じであるから第2圖より

$$Q = v_1 A' = 0.88 \times \frac{(3.65 + 4.23)}{2} \times 0.92 = 3.19 \text{ m}^3/\text{sec}$$

但し、 A' ……A地点の横断面積

$$\therefore v = \frac{Q}{A_o} = \frac{3.19}{3.53} = 0.90 \text{ m/sec}$$

$$\text{但し } A_o = 2a = 2 \times \left(\frac{1.5}{2}\right)^2 \times \pi = 2 \times 1.766 = 3.53 \text{ m}^2$$

a……管1本の面積で深澤サイフォンは2本のヒュム管である。

従つて管内流速に於て実測値に対して計算値は

$$0.90 - 0.83 = 0.07 \text{ m/sec}$$

大で且つ

$$\frac{0.07}{0.83} \times 100 = 8.4\%$$

大である。

従つて(2)式の計算式に於て

$$v = 0.90 \text{ m/sec}$$

$$v_1 = 0.88 \text{ m/sec}$$

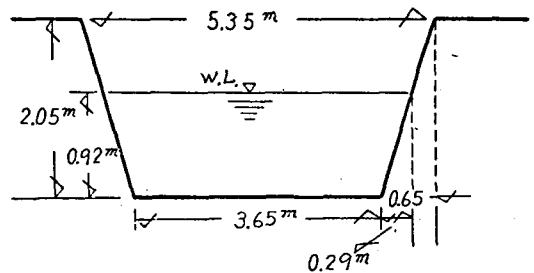
$$f_1 = 0.50 \text{ (Weisbach氏による偶の鋭れる場合)}$$

$$f_2 = a \left(1 + \frac{b}{R}\right) \text{ (a, bは使用せる材料によつて第2表によつて定まる)}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2} = \frac{0.75}{2} = 0.375$$

$$L = 321.0 \text{ m}$$

第2圖 A地点横断面



第2表 a, b の値

材	料	a	b
滑	かなる鉄管	0.00497	0.0256
錆	びたる鉄管	0.00996	0.0256
平滑なる	セメント塗又は削りたる木管	0.00316	0.0305
煉瓦	又は板張	0.00401	0.0700
粗石積	又は石張	0.00507	0.2500

$$\text{而して } f_2 = 0.00316 \left(1 + \frac{0.0305}{0.375}\right) = 0.003417$$

$$\therefore H = \frac{0.90^2}{19.6} \left(1 + 0.50 + 0.003417 \frac{321}{0.375}\right) - 0.05097 \times 0.88^2 \doteq 0.15$$

即ち前述の実測値 $H=0.15\text{m}$ と計算値は全く一致した。而も深澤逆サイフォンに於ては完成後延14年を経過するも管内はほとんど変化がなかつたと考へられる。

唯此の場合サイフォンの彎曲による損失水頭を考へに入れれば (2) 式は

$$H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R} + f_3\right) \frac{v^2}{2g} - 0.05097 v_1^2$$

f_3 ……彎曲による損失水頭係数

となるのが深澤サイフォンに於ては曲による損失水頭は無視し得る程度に小である。

又下流水路流速が v_2 の場合は (2) 式は更に

$$H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R} + f_3\right) \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

となりサイフォン断面が縮小、擴大すれば更に

$$H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R} + f_3 + f_4 + f_5\right) \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

f_4 ……断面縮小の損失水頭係数

f_5 ……断面擴大の損失水頭係数

となる。

Ⅲ 水頭損失の例

(a) 大澤川逆サイフォンの例

$$Q = 5.560 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$A_0 = 3.5344 \text{ m}^2$$

$$\therefore v = \frac{Q}{A_0} = \frac{5.560}{3.5344} = 1.573 \text{ m/sec}$$

$$\therefore H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}\right) \frac{v^2}{2g} \doteq 0.21 \text{ m}$$

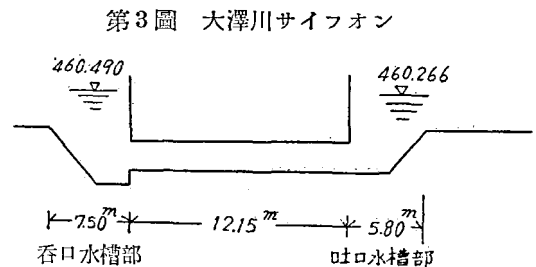
安全率を見て $H=0.224\text{m}$ としてある。

(b) 佐久平農水右岸サイフォン

$$Q = 2.52 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$v = 1.76 \text{ m/sec}$$

$$H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}\right) \frac{v^2}{2g} \doteq 0.62 \text{ m}$$



Ⅴ 結 語

逆サイフォンの損失水頭について、実際のサイフォンについての実測、計算式よりの算出、实例の調査を行つたが、次の結論を得た。

(1) 深澤サイフォンに於ては施行後14年を経過しているが、管内に損失水頭に対して影響を及ぼす程の変化を生じてなく、実測値と計算値とが一致した。

(2) 損失水頭の計算式は理想的には

$$H = \left(1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R} + f_3 + f_4 + f_5\right) \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

の公式を用ひる事が望ましい。又更にスクリーンの損失水頭等がある時はその分 f_6 等を追加しなければならぬ。

(3) 然し 吾々が実際に出会ふ逆サイフォンに於ては、損失水頭が

$$H = (1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}) \frac{v^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

の公式で間に合ふものが多い。

終に本研究に種々便宜を與へられた西天龍農業水利改良事務所長小池文化氏他所員の皆様及本研究に終始努力戴いた農業工学研究室専攻生青柳殿君に感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. 長部長徳：水 理 学 1950
2. 土木工学ポケットブック 1936
3. 農業工学便覧 1951
4. 大沢川伏越計算書
5. 佐久平農業水理改良事業における左右岸サイフォンについて
6. 農業土木ハンドブック 1931

以 上

Summary

I surveyed the actual head-loss of inverted siphon, computed it by formula, or studied its samples. So I got next results,

(1) head-loss of Fukazawa inverted siphon - it has passed 14 years after it was made - by computation is same to it by survey.

(2) ideal formula of head-loss is

$$H = (1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R} + f_3 + f_4 + f_5 + \dots) \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

(3) usual formula of it is

$$H = (1 + f_1 + f_2 \frac{L}{R}) \frac{v^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$