



| | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Title | 合流損失の研究 : 水量の大なる場合 |
| Author(s) | 佐野, 新三郎; 山口, 弘; 石黒, 亮二; 村山, 正 |
| Citation | 北海道大學工學部研究報告, 10, 89-95 |
| Issue Date | 1954-06-05 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/40536 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 10_89-96.pdf |



[Instructions for use](#)

合 流 損 失 の 研 究

(水量の大なる場合)

佐野新三郎
山口弘
石黒亮二
村山正

(昭和29年2月28日受理)

On the Loss at Compounding of Two Confined Streams of Water (Case of Larger Water Quantity)

Shinzaburo SANO
Hiroshi YAMAGUCHI
Ryoji ISHIGURO
Tadashi MURAYAMA

Abstract

This paper includes the results of our experiment on the loss of energy at impact of two confined streams of water. Some of us, recently contributed a report on the same theme. And we now present the results of our experiment with the same apparatus by a larger water quantity.

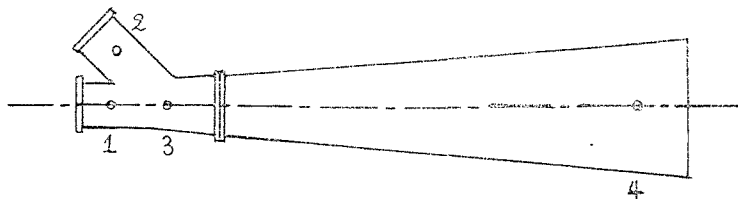
The results of this and the previous tests coincide very good in the shapes of the curves. (compounding loss vs water quantity ratio)

However, the absolute values of the loss factors are about ten times larger if the total water quantity is increased to two times.

1. 緒 言

矩形断面の本流と支流とが合流角 θ にて出あい、合流後は本流の方向にて開き角 10° の矩形擴大管にて進む場合の2水流の合流損失については著者の一部によりすでに報告したが、本報告は同一装置により水量を2倍に増して実験したもので、本流と支流との水量の變化が如何に合流損失に影響するかを研究した結果である。

2. 合流損失の計算



第一圖 合流管の略圖

第1圖に示した合流管に於て、断面①②③④をそれぞれ本流、支流、合流點、及び出口點とし、

h 壓力の水頭

- V : 水速
- γ : 水の單位重量
- Q : 水量

とし、1, 2, 3, 4の脚符によりそれぞれの断面を表わす。

今断面①と③に於ける動力の和より断面④に於ける動力を差引いて、これを E とする。

$$\begin{aligned}
 E &= \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right)\gamma Q_1 + \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right)\gamma Q_2 - \left(h_4 + \frac{V_4^2}{2g}\right)\gamma Q_4 \\
 &= \gamma Q_1 \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right) + \gamma Q_2 \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \gamma (Q_1 + Q_2) \left(h_4 + \frac{V_4^2}{2g}\right) \\
 &= \gamma Q_1 \left\{h_1 - h_4 + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2g}\right\} + \gamma Q_2 \left\{h_2 - h_4 + \frac{V_2^2 - V_4^2}{2g}\right\} \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

また本流の①③間に於ける摩擦損失動力は

- λ : 摩擦係數
- l : 水路の長さ
- d : 4 m, m : 水力半徑
- g : 重力加速度
- E_{1-3} : 摩擦損失動力 とすれば

$$E_{1-3} = \gamma Q_1 \lambda \frac{l}{d} \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

である。

同様に支流②③間の摩擦損失動力は

$$E_{2-3} = \gamma Q_2 \lambda \frac{l}{d} \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

である。

また擴大管③④間の摩擦及び擴大損失動力は、この全實驗に於て常に $Q_4=10$ ltr./sec に一定にして實施したから一定値であつて、その値は後に示す様に實測結果から算出せられる。

今これを次式で表すわ。

$$E_{3-4} \dots\dots\dots (4)$$

従つて合流損失動力を求めるには (1) 式より (2) (3) (4) 式の和を差引けば得られる。

この合流損失動力を L_v とする。

さて (2) 式, (3) 式の値を求めるには摩擦係数 λ を知らねばならぬ。

この実験の範囲では Reynolds 数 $R=Vd/\nu=16970\sim 16,9700$ であつたから Stanton の実験結果から $\lambda=0.02$ と定めた。

また $l/d=2.5(30\text{ mm}\times 60\text{ mm 断面の場合})$ 又は

$l/d=3.3(30\text{ mm}\times 30\text{ mm 断面の場合})$ となる。

次に (4) 式の値を決めるために, 支流の $Q_2=0$ とし本流の $Q_1=10\text{ ltr./sec}$ にて實測した。その結果は

$$h_1 - h_4 = -118.0\text{ cm}$$

$$\frac{V_1^2 - V_4^2}{2g} = 157.1 - 4.9 = 152.2\text{ cm}$$

従つて①④間の動力差は

$$152.2 - 118.0 = 34.2\text{ cm}$$

また $Q_1=10\text{ ltr./sec}$ に於ける①④間の動力損失は

342 kg-cm/sec.

となり $Q_1=10\text{ ltr./sec}$ の時の①③間の動力損失は第 2 表より 78.55 kg-cm/sec であるから, 従つて③④間の動力損失は

$$E_{3-4} = 342 - 78.55 = 263.45\text{ kg-cm/sec}$$

となる。

さて合流損失動力 L_v と合流最初の點③で持つている運動動力 $\gamma Q_3 V_3^2 / 2g$ との比を ρ として, 合流損失の程度を批判する。

$$\rho = \frac{L_v}{\gamma Q_3 V_3^2 / 2g} \dots\dots\dots (5)$$

第 1 表 速度水頭の計算値

| $m=a_1/a_2$ | Q_2/Q_1 | $V_1^2/2g[\text{cm}]$ | $V_2^2/2g[\text{cm}]$ | $(V_1^2 - V_2^2)/2g[\text{cm}]$ | $(V_2^2 - V_4^2)/2g[\text{cm}]$ |
|-------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0 | 157.1 | 0 | 152.2 | -4.9 |
| | 0.1 | 127.5 | 1.6 | 122.6 | -3.4 |
| | 0.2 | 100.5 | 6.3 | 95.6 | 1.3 |
| | 0.3 | 76.8 | 14.1 | 71.9 | 9.1 |
| | 0.4 | 56.6 | 25.1 | 51.6 | 20.2 |
| | 0.5 | 39.1 | 39.1 | 34.2 | 34.2 |
| | 0.6 | 25.1 | 56.6 | 20.2 | 51.6 |
| | 0.7 | 14.1 | 76.8 | 9.1 | 71.9 |

| $m=a_1/a_2$ | Q_2/Q_4 | $V_1^2/2g$ [cm] | $V_3^2/2g$ [cm] | $(V_1^2-V_4^2)/2g$ [cm] | $(V_2^2-V_4^2)/2g$ [cm] |
|-------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0.8 | 6.3 | 100.5 | 1.3 | 95.6 |
| | 0.9 | 1.6 | 127.5 | -3.4 | 122.6 |
| | 1.0 | 0 | 157.1 | -4.9 | 152.2 |
| 2 | 0 | 157.1 | 0 | 152.2 | -4.9 |
| | 0.1 | 127.5 | 6.3 | 122.6 | 1.3 |
| | 0.2 | 100.5 | 25.1 | 95.6 | 20.2 |
| | 0.3 | 76.8 | 56.6 | 71.9 | 51.6 |
| | 0.4 | 56.6 | 100.6 | 51.6 | 95.6 |
| | 0.5 | 39.1 | 157.1 | 34.2 | 152.2 |
| | 0.6 | 25.1 | 226.3 | 20.2 | 221.3 |
| | 0.7 | 14.1 | 307.3 | 9.1 | 302.4 |
| | 0.8 | 6.3 | 402.0 | 1.3 | 397.1 |
| | 0.9 | 1.6 | 510.0 | -3.4 | 505.1 |
| 1.0 | 0 | 628.4 | -4.9 | 623.5 | |

ただし $V_3^2/2g=157.2$ cm, $V_4^2/2g=4.9$ cm はいずれの場合にも一定である。

第 2 表 摩擦損失の計算値

| $m=a_1/a_2$ | Q_1/Q_4 | Q_2/Q_4 | $V^2/2g$ [cm] | $\lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$ [cm] | $\gamma \cdot Q \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$ [kg-cm/sec] |
|-------------|-----------|-----------|---------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | 0 | 1.0 | 157.1 | 7.86 | 78.6 |
| | 0.1 | 0.9 | 127.5 | 6.38 | 57.4 |
| | 0.2 | 0.8 | 100.5 | 5.03 | 40.2 |
| | 0.3 | 0.7 | 76.8 | 3.84 | 26.9 |
| | 0.4 | 0.6 | 56.6 | 2.83 | 17.0 |
| | 0.5 | 0.5 | 39.1 | 1.96 | 9.8 |
| | 0.6 | 0.4 | 25.1 | 1.26 | 5.0 |
| | 0.7 | 0.3 | 14.1 | 0.70 | 2.1 |
| | 0.8 | 0.2 | 6.3 | 0.31 | 0.6 |
| 0.9 | 0.1 | 1.6 | 0.08 | 0.07 | |
| 2 | | 0.1 | 6.3 | 0.42 | 0.42 |
| | | 0.2 | 25.1 | 1.68 | 3.35 |
| | | 0.3 | 56.6 | 3.77 | 11.31 |
| | | 0.4 | 100.6 | 6.70 | 26.8 |
| | | 0.5 | 157.1 | 10.47 | 52.4 |
| | | 0.6 | 226.3 | 15.09 | 90.5 |
| | | 0.7 | 307.3 | 20.43 | 143.4 |
| | | 0.8 | 402.0 | 26.80 | 214.4 |
| | | 0.9 | 510.0 | 34.00 | 306.0 |
| | 1.0 | 628.4 | 41.89 | 418.9 | |

ただし (2) (3) 式に於て $\lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$ の値は $m=1$ の場合には $l=10$ cm, $C_f=0.005$ とし
て次式になる。

$$\lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} = \lambda \frac{10}{4} \frac{V^2}{2g} = 4C_f \frac{10}{4} \frac{V^2}{2g} = 10C_f \frac{V^2}{2g}$$

また $m=2$ の場合の (3) 式に於ける $\lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$ の値は

$$\lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} = \lambda \frac{10}{3} \frac{V^2}{2g} = \frac{40}{3} C_f \frac{V^2}{2g} \quad \text{となる。}$$

第 3 表 ρ の計算値 ($\theta=60^\circ$, $m=1$ の場合)

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1 \left\{ (h_1-h_4) + \frac{V_1^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2 \left\{ (h_2-h_4) + \frac{V_2^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | 摩擦 水頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|--------|
| 0 | | | | | | | |
| 0.1 | -45.0 | 698.0 | -45.0 | -48.36 | 57.4 | 549.9 | 3.5 |
| 0.2 | 45.0 | 1124.5 | 45.0 | 92.7 | 40.9 | 1117.1 | 7.1 |
| 0.3 | 79.0 | 1056.1 | 85.5 | 283.8 | 29.0 | 1241.0 | 7.9 |
| 0.4 | 91.5 | 858.8 | 97.0 | 468.8 | 22.0 | 1229.4 | 7.8 |
| 0.5 | 104.0 | 691.0 | 107.0 | 706.0 | 19.6 | 1229.0 | 8.3 |
| 0.6 | 123.0 | 572.8 | 118.0 | 1017.8 | 22.0 | 1492.4 | 9.5 |
| 0.7 | 147.0 | 468.3 | 133.5 | 1437.6 | 29.0 | 1807.0 | 11.5 |
| 0.8 | 168.5 | 339.7 | 153.0 | 1988.5 | 40.9 | 2228.1 | 14.2 |
| 0.9 | 176.0 | 127.6 | 166.0 | 2597.0 | 57.4 | 2677.9 | 17.0 |
| 1.0 | 171.0 | | 161.0 | | | | |

第 4 表 ρ の計算値 ($\theta=60^\circ$, $m=2$ の場合)

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1 \left\{ (h_1-h_4) + \frac{V_1^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2 \left\{ (h_2-h_4) + \frac{V_2^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | 摩擦 水頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|--------|
| 0 | | | | | 78.6 | | |
| 0.1 | -64.0 | 527.1 | -14.0 | -12.7 | 57.8 | 193.1 | 1.2 |
| 0.2 | 50.0 | 1164.5 | 40.0 | 120.4 | 43.6 | 977.9 | 6.2 |
| 0.3 | 80.0 | 1063.1 | 70.0 | 364.9 | 33.2 | 1126.3 | 7.2 |
| 0.4 | 110.0 | 969.8 | 97.0 | 770.2 | 43.8 | 1437.8 | 9.2 |
| 0.5 | 151.0 | 926.0 | 127.0 | 1102.4 | 62.2 | 1702.8 | 10.8 |
| 0.6 | 195.0 | 860.8 | 170.0 | 2347.8 | 95.5 | 2849.6 | 18.1 |
| 0.7 | 233.0 | 726.3 | 214.0 | 3614.8 | 145.5 | 3932.2 | 25.0 |
| 0.8 | 262.0 | 526.7 | 240.0 | 5096.6 | 215.0 | 5144.8 | 32.7 |
| 0.9 | 295.0 | 291.6 | 267.0 | 6948.5 | 306.0 | 6670.7 | 42.4 |
| 1.0 | 300.0 | | 272.0 | | 418.9 | | |

第 5 表 ρ の計算値 ($\theta=45^\circ$, $m=1$ の場合)

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1 \left\{ (h_1-h_4) + \frac{V_1^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2 \left\{ (h_2-h_4) + \frac{V_2^2-V_4^2}{2g} \right\}$ [kg-cm/sec] | 摩擦 水頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|--------|
| 0 | | | | | 78.6 | | |
| 0.1 | -18.0 | 941.0 | -14.0 | -17.4 | 57.4 | 602.8 | 3.8 |
| 0.2 | 23.0 | 948.5 | 29.5 | 61.7 | 40.9 | 705.8 | 4.5 |
| 0.3 | 44.0 | 811.1 | 52.5 | 184.8 | 29.0 | 703.5 | 4.47 |
| 0.4 | 57.0 | 651.9 | 64.0 | 337.0 | 22.0 | 703.5 | 4.47 |

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1\left\{(h_1-h_4)+\frac{V_1^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2\left\{(h_2-h_4)+\frac{V_2^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | 摩 擦 水 頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| 0.5 | 71.5 | 528.5 | 74.5 | 543.5 | 19.6 | 788.9 | 5.02 |
| 0.6 | 86.5 | 426.8 | 86.0 | 825.8 | 22.0 | 967.1 | 6.15 |
| 0.7 | 100.0 | 327.3 | 95.5 | 1171.6 | 29.0 | 1206.5 | 7.68 |
| 0.8 | 111.0 | 224.7 | 103.0 | 1588.5 | 40.9 | 1508.8 | 9.60 |
| 0.9 | 107.0 | 103.7 | 95.0 | 1958.0 | 57.4 | 1719.7 | 10.90 |
| 1.0 | | | | | 78.6 | | |

第 6 表 ρ の計算値 ($\theta=45^\circ$, $m=2$ の場合)

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1\left\{(h_1-h_4)+\frac{V_1^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2\left\{(h_2-h_4)+\frac{V_2^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | 摩 擦 水 頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| 0 | | | | | 78.6 | | |
| 0.1 | -2.0 | 1085.0 | -37.0 | -35.7 | 57.8 | 728.1 | 4.63 |
| 0.2 | 41.5 | 1096.5 | 4.0 | 48.4 | 43.6 | 837.9 | 5.33 |
| 0.3 | 62.0 | 937.1 | 29.0 | 241.9 | 38.2 | 877.3 | 5.58 |
| 0.4 | 84.0 | 813.8 | 60.0 | 622.2 | 43.8 | 1123.8 | 7.18 |
| 0.5 | 98.0 | 661.0 | 76.5 | 1243.5 | 62.2 | 1578.9 | 10.05 |
| 0.6 | 113.0 | 532.8 | 93.0 | 1915.8 | 95.5 | 2089.6 | 13.30 |
| 0.7 | 150.0 | 477.3 | 130.5 | 3030.3 | 145.5 | 3098.7 | 19.72 |
| 0.8 | 192.0 | 386.7 | 184.0 | 4648.56 | 215.0 | 4553.8 | 29.00 |
| 0.9 | 202.0 | 198.6 | 193.0 | 6291.5 | 306.0 | 5920.7 | 37.68 |
| 1.0 | 196.0 | | 206.0 | | 418.9 | | |

第 7 表 ρ の計算値 ($\theta=22.5^\circ$, $m=1$ の場合)

| Q_2/Q_4 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1\left\{(h_1-h_4)+\frac{V_1^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2\left\{(h_2-h_4)+\frac{V_2^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | 摩 擦 水 頭 [cm] | L_v [kg-cm /sec] | ρ |
|-----------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| 0 | | | | | | | |
| 0.1 | 5.0 | 1148.0 | 8.0 | 5.4 | 57.4 | 832.5 | 5.29 |
| 0.2 | 5.0 | 804.5 | 10.0 | 22.7 | 40.9 | 522.8 | 3.32 |
| 0.3 | 4.0 | 531.1 | 8.0 | 51.3 | 29.0 | 290.0 | 1.84 |
| 0.4 | 1.0 | 315.8 | 5.0 | 100.8 | 22.0 | 131.0 | 0.33 |
| 0.5 | -7.0 | 136.0 | -3.0 | 156.0 | 19.6 | 9.0 | 0.06 |
| 0.6 | -4.0 | 64.8 | 5.0 | 339.8 | 22.0 | 119.0 | 0.75 |
| 0.7 | -8.0 | -3.3 | -8.0 | 447.1 | 29.0 | 151.3 | 0.96 |
| 0.8 | -20.0 | -37.3 | -16.0 | 636.5 | 40.9 | 294.8 | 1.87 |
| 0.9 | -22.0 | -25.36 | -18.0 | 941.0 | 57.4 | 594.8 | 3.78 |
| 1.0 | -30.0 | | -25.0 | | 78.6 | | |

第 8 表 ρ の計算値 ($\theta=22.5^\circ, m=2$ の場合)

| Q_2/Q_1 | h_1-h_4 [cm] | $rQ_1\left\{(h_1-h_4)+\frac{V_1^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | h_2-h_4 [cm] | $rQ_2\left\{(h_2-h_4)+\frac{V_2^2-V_4^2}{2g}\right\}$ [kg-cm/sec] | 摩擦水頭 [cm] | L_v [kg-cm/sec] | ρ |
|-----------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------|
| 0 | | | | | | | |
| 0.1 | -5.0 | 1058.0 | -6.0 | -4.7 | 57.8 | 732.1 | 4.65 |
| 0.2 | -6.0 | 716.5 | +1.0 | +42.4 | 43.6 | 451.9 | 2.87 |
| 0.3 | -33.0 | 272.1 | -21.0 | 91.9 | 38.2 | 62.3 | 0.40 |
| 0.4 | -33.0 | 111.8 | -15.0 | 322.2 | 43.8 | 126.8 | 0.80 |
| 0.5 | -12.0 | 111.0 | +5.0 | 786.0 | 62.2 | 571.4 | 3.63 |
| 0.6 | -6.0 | 56.8 | +18.0 | 1435.8 | 95.5 | 1133.6 | 7.21 |
| 0.7 | -16.0 | -20.97 | +12.0 | 2200.8 | 145.5 | 1770.8 | 11.26 |
| 0.8 | -45.0 | -87.3 | -12.0 | 3080.6 | 215.0 | 2514.8 | 16.00 |
| 0.9 | | | | | 306.0 | | |
| 1.0 | | | | | 418.9 | | |

3. 実験の結果

合流損失係数 ρ と Q_2/Q_1 との関係は合流角 θ 及び断面比 m を parameter として第 2 圖に示した。

この結果は前に報告した。 $Q_1=5 \text{ ltr./sec}$ の場合と曲線の傾向は良く合致している。

この事は同圖に記入した Gibson の実験結果についてもいい得る。しかし ρ の値は前報のそれに比して大體 10 倍程度になつている。

すなわち水量を 2 にしたために合流損失が約 10 倍になつたのである。

水量の増加のために合流による混濁が著しく激増

する事を知り、又測定上に於ても困難が多かつたために Q_2/Q_1 の値の極く小さい範囲では正確度に多少の不安を感ずるが、しかし全體の結果は上述の様に良く合致している。

