

(Ⅱ -49) サイフォンによる排水（損失水頭について）

東洋大学 工学部 ○ 学生員 沼尻 健一

〃 正 員 福井 吉孝

羽田コンクリート工業（株） 中尾 栄一

1. はじめに

図1の水槽（C）タイプを固液分離装置として使用する際にエネルギー損失を最小限にする必要がある。そのためには円筒の高さや内径、開口幅、排水管と円筒の距離などの最適値を知る必要がある。本研究はそれらの値を見出すべく前報に引き続き実験を行った。

2. 実験装置 及び 実験方法

実験装置は図2のように、水槽の中心に鉛直に排水管を設け、排水管に円筒（以後、内筒と呼ぶ）を被せた。流入してきた水は、矢印のように内筒の内側を通り排水管から流出する。実験方法は水深、水頭差を一定にした定常状態で、流出流量を測定し、内筒に設けたマノメータを用いて内筒内の損失水頭を求めた。

3. 基礎方程式

摩擦損失係数を求める式は、ベルヌーイの定理より

$$H = \left(f \frac{1}{d} + \alpha + f e + f b \right) \frac{v^2}{2g} \cdots (1)$$

$$f = \left(H \frac{2g}{v^2} - \alpha - f e - f b \right) \frac{d}{l} \cdots (2)$$

で表せる。ただし、 α （エネルギー補正係数）、 $f e$ （流入による損失係数）、 $f b$ （曲がりによる損失係数）とする。次に簡単のため諸損失を摩擦損失係数に含めた式は、

$$H = \left(f \frac{1}{d} + \alpha \right) \frac{v^2}{2g} \cdots (3)$$

$$f = \left(H \frac{2g}{v^2} - \alpha \right) \frac{d}{l} \cdots (4)$$

で表せる。本研究の場合は内筒によるエネルギー損失が無視できないため、ここでは流入水が内筒内に流入する際、入口、内筒の天端と排水管頂部間で生じるエネルギー損失が目立つため、それぞれに対して f_2 、 f_4 の損失係数を当てはめると、

$$H = \left(f \frac{1}{d} + \alpha + f e + f b + f_2 + f_4 \right) \frac{v^2}{2g} \cdots (5)$$

で表せる。

4. 実験結果及び考察

水槽タイプ（A）、（B）、（C）の流量の比較

H一定で行った実験結果より水槽（A）タイプの流量 Q_a は3.6 (l/s)、水槽（B）タイプの流量 Q_b は3.594 (l/s)、水槽（C）タイプの流量 Q_c は、最大3.3 (l/s)、最小2.9 (l/s) の値となった。 Q_a と Q_b はほぼ等しい。 Q_c/Q_b の値を可能な限り大きくすること即ち、損失水頭を小さくすることが装置の効率を高めることであるため、損失係数について考えていく。

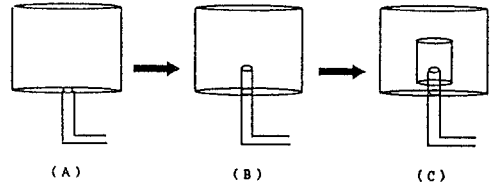
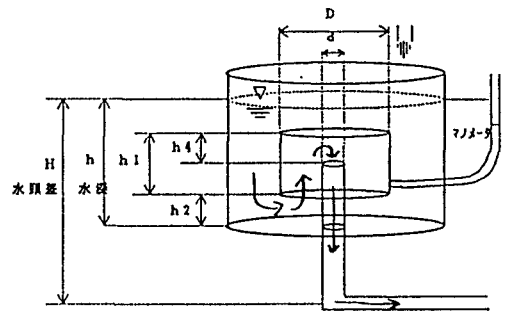


図1 水槽タイプ



	ケース1	ケース2
D: 内筒の内径	10.0 (cm)	5.0 (cm)
d: 排水管内径	5.0 (cm)	1.0 (cm)
Q_b : 内筒なしの流量	3.594 (l/s)	0.1998 (l/s)

図2 実験装置

1) 摩擦損失係数について

この装置における損失要素は、①開口幅 h_2 によるもの、②内筒天端と排水管頂部間 h_4 によるもの、③排水管の長さ l によるもの、④内筒内側と排水管外側との間によるものなどがある。なお、④の摩擦損失は③よりも径が大きく長さも短いため無視できる。実測の速度 v を用いて R_e 数を算出しムーディ図から摩擦損失係数 f を求めると 0.017 となる。(2) 式で $\alpha = 1.1$ 、 $f_e = 0.2$ 、 $f_b = 0.2$ を代入して f_2 を求めると 0.039、又、簡略化した (4) 式では $f = 0.048$ が求まる。ムーディ図より求めた f と (2)、(4) から求めた f には大きな差が生じたが、(2)、(4) の結果には大きな差が生じていない。そこで簡単のため (4) を基本として f_2 、 f_4 を加えた式 (6) をここでは用いる。

$$H = \left(f \frac{l}{d} + \alpha + f_2 + f_4 \right) \frac{v^2}{2g} \dots (6)$$

(6) の f_2 、 f_4 が与えられれば任意の水位に対する流量が求まる。

2) 開口幅 (h_2/d) について

図3は Q/Q_B と (h_2/d) の関係のグラフである。 Q_B は水槽 (B) タイプにおける流出流量、 d は排水管内径である。これより (h_2/d) = 0.8 以上であれば損失に変化がなく一定であると言える。図4は曲がりによる損失 f_2 と開口幅 (h_2/d) の関係のグラフであり、 f_2 はマノメータにより ($p/w + z$) を測定しベルヌーイの定理により求めた。又実線は最小二乗法により定式化したものである。式は、

$$f_2 = 1.136 (h_2/d)^{-0.784} \dots (7)$$

3) 排水管頂部間距離 (h_4/d) について

図5は Q/Q_B と (h_4/d) の関係のグラフである。(h_4/d) = 1.5 以上であれば一定と言える。図6は急縮による損失係数 f_4 と排水管頂部から内筒天端間距離 (h_4/d) の関係のグラフであり、 f_4 は (2) で求めた f_2 を式 (6) 代入して求めた。実線は最小二乗法により定式化したものであり、

$$f_4 = 1.9 (h_4/d)^{-2.552} \dots (8)$$

となる。

5. おわりに

本実験をまとめてみると (h_2/d) > 0.8、(h_4/d) > 1.5 のとき Q_c/Q_B の値がほぼ最大値になる。つまり損失を最小に押さえられることが判った。今後、データ数を増やして詳細に検討し、本装置の抵抗則を明らかにして行く予定である。

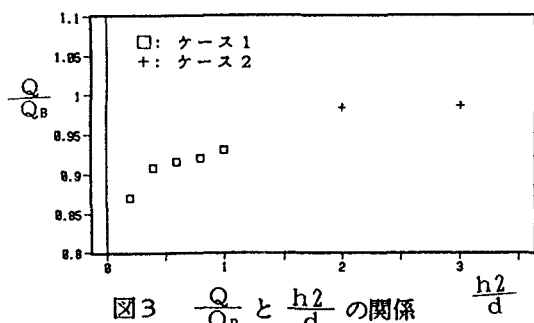


図3 $\frac{Q}{Q_B}$ と $\frac{h_2}{d}$ の関係

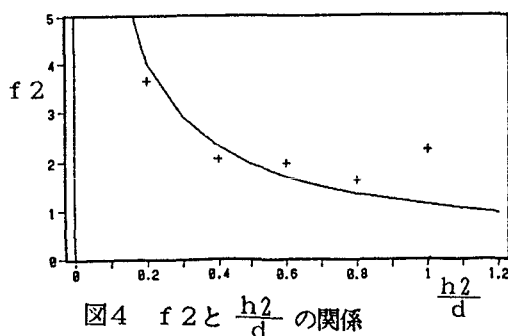


図4 f_2 と $\frac{h_2}{d}$ の関係

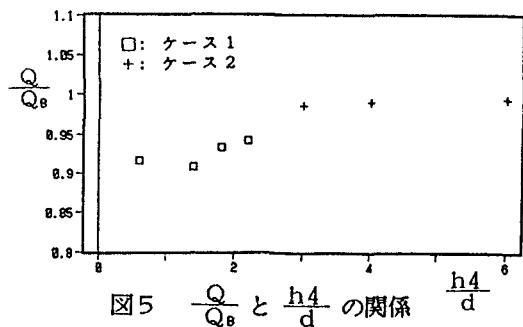


図5 $\frac{Q}{Q_B}$ と $\frac{h_4}{d}$ の関係

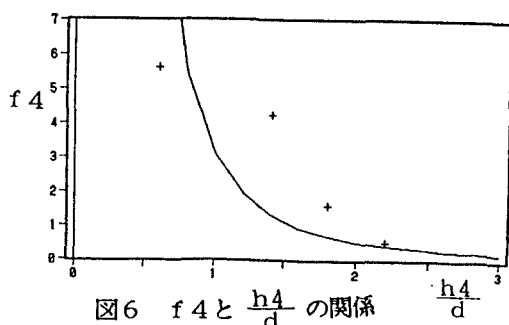


図6 f_4 と $\frac{h_4}{d}$ の関係