寄 書

薄刃もぐりぜきの流量係数⁽¹⁾板 谷 松 樹⁽²⁾ 竹 中 俊 夫⁽³⁾

Coefficients of Discharge of Submerged Sharp-crested weirs

by Syōju ITAYA and Toshio TAKENAKA

According to our viewpoint that the submerged weirs will be a submerged orifices, we gave a formula of coefficient of discharge of submerged sharp-crested weirs. The result was compared with those obtained by many methods, i. e., "du Buat", "Wisconsin", "Fteley & Stearns", "Francis", "Herschel" and "Bazin".

もぐりぜきは従来精度が劣ると思われ、量水用としてほとんど省みられない状態にあったが、最近使用者の方々からの希望により本学会水量測定規格制定委員会においてこの問題を取り上げ調査の結果、欧米では昔から相当数の公式が発表されており、また筆者等の実験によっても、それほど精度の悪くないことがわかって JIS 附録に挿入される予定となったので、ここに従来の諸公式と筆者等が実験を行って得た実験式を報告したいと思う。

まず従来発表されている薄刃もぐりぜきの流量計算式を列記する。なお使用する記号は次のごとくである(第1図参照)。

第 1 図

Q = 流量 m^3/s , H_2 = せき下流側の水頭 m ,

b = せきの幅 m , $H = H_1 - H_2$, 水頭差 m ,

D = みねの高さ m , g = 重力の加速度 m/s^2 ,

H_1 = せき上流側の水頭 m , c = 流量係数.

(1) du Buat の方法⁽⁵⁾ せきを越す流れを二層に分け上部 $H_1 - H_2$ を四角ぜき, 下部 H_2 を水中オリフスと考え, $c_1 = c_2$ として第一近似式

$$Q_0 = \frac{2}{3} c_1 b \sqrt{2g} H_1^{\frac{3}{2}} + c_2 b \sqrt{2g} H_2 H_1^{\frac{1}{2}}$$

$$= cb \sqrt{2g} H^{\frac{1}{2}} \left(\frac{2}{3} H_1 + \frac{1}{3} H_2 \right)$$

より近寄り速度 v_0 を, $v_0 = \frac{Q_0}{b(H_1 + D)}$, $h_0 = \frac{v_0^2}{2g}$

として第二近似式をだす.

$$Q_1 = cb \sqrt{2g} (H + h_0)^{\frac{1}{2}} \left\{ \frac{2}{3} (H_1 + h_0) + \frac{1}{3} H_2 \right\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$c = \xi (H_2/H_1 + h)$$

c の値は第1表に示す。同表中 I は Francis の実験

第1表 du Buat の方法における c の値

$H_2/H_1 + h$	0.00	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
I	0.623	0.625	0.606	0.594	0.594	0.596
c, II	—	0.630	0.605	0.590	0.585	0.595

($b = 6.75 \text{ m}$), II は Fteley and Stearns の実験($b = 1.52 \text{ m}$, $D = 0.98 \text{ m}$, $H_1 = 10 \sim 25 \text{ cm}$) より求めた値である。

(2) Wisconsin 大学の方法⁽⁶⁾

$$Q = cb H_1^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$c = 2.374 \left\{ 1 - \left(\frac{H_2}{H_1} + 0.002 \right) \right\}^{0.25} - 0.454$$

(3) Fteley and Stearns の方法⁽⁷⁾

$$Q = cb \sqrt{2g} \sqrt{H} \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$c = \zeta (H_2/H_1)$$

上式中の c の値は第2表に示す。

第2表 Fteley and Stearns の式における c の値

H_2/H_1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.65	0.8	0.9	1.0
c	0.421	0.409	0.400	0.388	0.385	0.389	0.389	0.419

(4) Francis の方法⁽⁸⁾

$$Q = 0.415 \sqrt{2g} b \sqrt{H(H_1 + 0.381 H_2)} \dots (4)$$

(5) Herschel の方法⁽⁹⁾

$$Q = 0.415 \sqrt{2g} b (n H_1)^{\frac{3}{2}} \dots (5)$$

$$n = \gamma (H_2/H_1)$$

上式中の n の値は第3表に示す。

第3表 Herschel の式における n の値

H_2/H_1	0.00	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
n	1.000	1.005	0.996	0.985	0.972	0.959
H_2/H_1	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
n	0.944	0.929	0.912	0.892	0.871	0.846
H_2/H_1	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.95
n	0.818	0.787	0.750	0.703	0.644	0.471

(6) Bazin の方法⁽¹⁰⁾

$$Q = 1.05 \left(1 + \frac{H_2}{5D}\right) \left(\frac{H}{H_1}\right)^{\frac{1}{2}} Q_0 \dots (6)$$

ここに Q_0 = 同一形で同一の H を有する全幅
ぜきの流量

(7) 筆者等は もぐりぜき を水中オリフィスの一種と考えて次の (7) 式を作り, 同式における流量係数を実験から求めた。

$$Q = c \sqrt{2g} b H_1 \sqrt{H} \dots (7)$$

実験装置は第1図に示す幅 $b = 0.5 \text{ m}$ のガラス張り水路に, 高さ $D = 0.302, 0.3725, 0.4225, 0.5385 \text{ m}$ なる4種類のせき板を順次取り付け, さらにせき下流に水位調節せきを設けて, せき上流側の種々な水頭 H_1 に対するせき下流側の水頭 H_2 を5種に保った。せき直下の水面は波状となるが, 整流板 B をおいて波動を止めることができた。流量はあらかじめ更正し

た管内オリフィス (第1図の C) によった。

実験結果は第2図のごとくで, H_2/H_1 に対して点記された (7) 式中の流量係数 c は, せき板の高さ D には無関係に

$$c = 0.317 + \frac{0.19}{1.6 - H_2/H_1} \dots (8)$$

なる一本の曲線を中心としてだいたい集った。

つぎに Wisconsin 大学, Fteley and Stearns, Francis および Herschel の実験式を (7) 式の形に変換してみると, 流量係数はそれぞれ次のようになる。

(Wisconsin 大学)

$$c_W = \left[0.536 \left\{ 1 - \left(\frac{H_2}{H_1} + 0.002 \right) \right\}^{0.25} - 0.1025 \right] H_1^{\frac{1}{2}} H^{-\frac{1}{2}} \dots (9)$$

(Fteley and Stearns)

$$c_{F.S} = c \left(1 + \frac{H_2}{2H_1} \right) \dots (10)$$

(Francis)

$$c_F = 0.415 + 0.158 \frac{H_2}{H_1} \dots (11)$$

(Herschel)

$$c_H = 0.415 n^{\frac{3}{2}} H_1^{\frac{1}{2}} H^{-\frac{1}{2}} \dots (12)$$

これらの値は第2図に示してある。図によるとすべての公式は割合よく一致し, 特に Fteley & Stearns および Herschel 公式は全体のほぼ中央を通過して規格公式に採用したい所である。しかるに残念ながら両公式中には (3) 式の c および (5) 式の n なる表または線図を用いねば表わせない面倒な係数を含み規格公式としては使用に不便である。

これに対して筆者等の作った (8) 式は $H_2/H_1 = 0.15 \sim 0.85$ の範囲では他の公式とほぼ一致する。 $H_2/H_1 < 0.1$ の範囲ではせきを越す流れがせき直下の水面下に突入し易く (この場合せき下流側に波状水面は出現しない) 波状水面のできる場合と流れの状態が相当異なるものと考えられる。また $H_2/H_1 > 0.75$ では Francis の式は他の式から離れるが Francis 以外の式は皆同一傾向を有し (8) 式は少くとも $H_2/H_1 = 0.85$ までは他の式とほぼ一致すると言い得ると思う。

次に Wisconsin 大学では, $b = 1.075, 0.597, 0.610 \text{ m}$, $D = 0.347, 0.610, 0.910, 1.810 \text{ m}$, $H_1 = 0.472, 0.471, 0.320, 0.655 \text{ m}$, Fteley and Stearns は: $b = 1.52 \text{ m}$, $D = 0.98 \text{ m}$, $H_1 = 0.10 \sim 0.25 \text{ m}$, Francis

第 2 図

は $b=6.75\text{ m}$ についてそれぞれ実験を行い、筆者等は $b=0.5\text{ m}$, $D=0.3020\sim0.5385\text{ m}$, $H_1=0.07\sim0.12\text{ m}$ について実験を行った。よって以上の諸値を考慮して (8) 式の適用範囲を次のごとく定めた。

$$b \geq 0.5\text{ m}, 0.3\text{ m} \leq D \leq 1.8\text{ m},$$

$$0.15 \leq H_2/H \leq 0.85, 0.07\text{ m} \leq H_1 \leq 0.65\text{ m}.$$

筆者等の実験値は、筆者等の実験式に対して $\pm 5\%$ の誤差範囲内にある。この誤差の値はかなり大きいと思われるが、これは下流側の水面がやや動揺することとガラス張り水路の側壁に水面位測定用の小穴をあけることができなかったため上流、下流の水面位をガラス張り水路の側面から肉眼で急いで読んだためと思われる。Francis および Fteley and Stearns は水路の底近くから下流側水頭を測定しているようであり、

また Wisconsin 大学の実験では、測定点をせき板から下流側に $2.54D$ と指定している。筆者等は整流板で波打ちを制止させ、 1.8 m (約 $6D \sim 5.35D$) なる点で上記の方法で測定したのであるが、水路の側壁に水面位測定孔を設けて測れば、実験値の散布ははるかに縮小したものと思われる。

なお本研究の実験費は工業技術庁の補助金によることを記し謝意を表する。

注:—

(1) 原稿受付 昭和 27 年 6 月 24 日。

(2) (3) 正員、東京工業大学。

(4) Davis, Handbook of Applied Hydraulics, p. 22, 1942.

(5) たとえば 沖 勝, 水力学, p. 185, 昭和 17 年。

(6) 生源寺 順, 水タービン, p. 556, 昭和 6. 機械工学便覧, p. 803, 昭和 12 年版

(7), (8), (9), (4) と同じ。

(10) 物部長穂, 水理学, p. 233, 昭和 8 年

532.574.22

五孔球型ピトー管に関する性能実験について⁽¹⁾

轟 一郎⁽²⁾ 波多野 七郎⁽³⁾ 白本 和晟⁽⁴⁾

Experimental Study on the Characteristics of some Pitot Spheres with Five Pressure Holes

by Ichirō TODOROKI, Shichirō HATANO and Kazuaki SHIRAMOTO

We made three different types of Pitot spheres with five pressure holes in order to research the characteristics of the Pitot tube.

The results of our experiment are as follows:

1. For the hook-formed stem the effect on the characteristics by the stem is smaller than straight one, so that the former is better.

2. The Pitot sphere with $\alpha=40^\circ$ is superior to that with $\alpha=30^\circ$.

(α is the angle between the hole on the meridian and the equatorial plane).

1. 緒 言

三次元の流れにおける圧力ならびに速度の測定装置としては二三あるが、五孔球型ピトー管はそれらのうちで比較的正確に圧力ならびに速度の大きさ、方向が測定できる。

五孔球型ピトー管に対しては従来 Krisam 等⁽⁵⁾⁽⁶⁾ (7)(8)(9)の研究がある。しかし球にあけた測定孔相互間の角度および球の支持棒がピトー管の性能にいかなる影響を及ぼすかについては不明である。本実験はこれらのことを明らかにするために行ったものである。

本実験に使用した五孔球型ピトー管は従来のもの⁽⁶⁾と同様に球、支持棒および目盛板の 3 要素よりなり、球には 5 個の測定孔がメリディアン面とそれに直角で中心を通る面内にいずれも中心方向にあげられ (第 6 図参照)、球に固定された支持棒には目盛板が固定さ

れ、目盛板の 0 点は測定孔 1, 2, 3 と同一平面内にある。測定孔 4 および 5 は穴 2 と同一角度 (β) をなしている。5 個の測定孔はそれぞれ小管により支持棒の内部を経てマノメータに連結されている。

今球の影響をうけない流体の圧力および速度をそれぞれ p , v とし、5 個の測定孔 1, 2, ……に対する全水頭をそれぞれ h_1 , h_2 , ……とすれば⁽⁶⁾

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= \frac{p}{\gamma} + k_1 \frac{v^2}{2g} \\ h_2 &= \frac{p}{\gamma} + k_2 \frac{v^2}{2g} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

となる。 k_1 , k_2 , ……は各測定孔に対する係数である。しかるときは上式より

$$\left. \begin{aligned} \frac{v^2}{2g} &= \frac{h_1 - h_2}{k_1 - k_2} = \frac{h_2 - h_3}{k_2 - k_3} = \frac{h_2 - h_4}{k_2 - k_4} \\ \frac{p}{\gamma} &= h_1 - k_1 \frac{v^2}{2g} = h_2 - k_2 \frac{v^2}{2g} = \dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$