(6) 圧力回復率も第 1 報の場合とおおむね同様な値を示した。

(7) 円筒ノズルは製作が容易であるうえに、圧力差大なる場合にも流量係数の安定性という点でもすぐれた特性を有している。しかし $l/d > 10$ となると圧力比のみで整理すると誤差が大となる。

終りに臨み本研究について終始指導助言を賜った早稲田大学 沖名誉教授、柴山教授、鉄研 中村研究室長ならびに貴重なる教示を賜った鉄研 原研究室長、またともに実験を行ない、その整理について誠心援助いただいた鉄研 遠藤英男氏、当時千葉工大学生 三浦熙君に対し、厚く感謝の意を表する。

文 献

- (1) 塚原, 空気マイクロメータ(昭 29), 120, 科学技術社.
- (2) H.P. Grace & C.E. Lapple, *Trans. ASME*, **73**, 5 (1951), 639.
- (3) 榎木, 米沢, 自動制御, **4**, 2 (昭 32-6), 77.
- (4) 石原, 機械学会誌, **54**, 384 (昭 26-1), 5.
- (5) 塚原, 精密機械, **18**, 3 (昭 27-3), 83.
- (6) M. Graneek & H.L. Wunsch, *Machinery*, **81**, 2080 (1952-9-25), 706.
- (7) 沖, 水力学 (昭 23), 22, 岩波書店.
- (8) *Regeln für Durchflussmessung mit genormten Düsen, Blenden und Venturidüsen*, DIN 1952, VDI-Durchflussmessregeln, 6. Ausgabe, (1948).
- (9) *Fluid Meters, Their Theory and Application*, Report of the ASME Special Research Committee on Fluid Meters, 4th Edition, (1937).
- (10) W. Schiller, *Forschung*, **4**, 3 (1933-5, 6), 131.
- (11) R.G. Cunningham, *Trans. ASME*, **73**, 5(1951), 625.

532.57:627.13

小形四角せきにおける水路幅の影響について*

故 下 山 美 徳**, 星 野 達 郎***

Effects of the Channel Widths of the Small Rectangular Weirs

by The late Yoshinori SHIMOYAMA and Tatsuro HOSHINO

Since there are few reports on rectangular weirs when $m=h/b$ (h : head, b : weir width) has comparatively large value, and further, the study on the influence of D (height of weir) has not yet been performed, the authors carry out experiments of weir in which the channel width B is 0.11~0.72 m, $m=h/b \leq 2.4$, $D \doteq 0.28$ m and $\doteq 0.05$ m. The results obtained may be summarized as follows:

- 1) The coefficient of discharge c has its minimum value $c_{\min}$.
- 2) According as the value B/b increase, $c_{\min}$ approaches to a certain constant value which is prescribed by the magnitude D .
- 3) The region of B/b in which the side contraction is perfectly performed is given by a function of $h/(h+D)$.
- 4) When the value B/b is somewhat large, the coefficient c does not change by the magnitude of D .

When the value B/b is large, in the region of m larger than that at which $c_{\min}$ takes place, the influence of D to the coefficient c decreases as m increases.

1. ま え が き

四角せきの切欠き幅を b , 水路幅を B , 水頭を h とすると、側面の縮流は

$$(B-b)/2 > (2\sim 3)h \dots\dots\dots (1)$$

のとき完全である⁽¹⁾と考えられているが、 $m=h/b$ が大きいときや、せきの高さ D の影響などについては明らかでない。筆者らはこの点を明らかにするため、切欠き幅 $b \doteq 0.1$ m のせきを用い、せきの高さを主として $D \doteq 0.28$ m, 0.05 m の 2 種類とし、水路幅を $B \doteq 0.11$ m~0.72 m の範囲でいろいろ変えて実験した。 $m=h/b$ の実験範囲は 0.29~2.4 である。なお現在までに発表されている実験は小形せきの場合は十分といいがたいので、かかる場合の資料を得る目的も兼ねて、

* 昭和 30 年 5 月 20 日 長岡地方講演会において「四角せきに関する研究(第 1 報)」として講演, 原稿受付 昭和 35 年 4 月 13 日.

** 正員, 名古屋大学工学部.

*** 正員, 新潟大学工学部(長岡市学校町 3).

本実験は小形せきによった。したがってこの実験結果は従来の式が小形せきの場合に、どの程度の適合性があるかを調べるのに役立つものと思われる。

2. 実験装置とその方法

実験装置の略図と、その主要寸法を第1図に示す。実験は13種類行なわれ、その諸元を第1表に示す。それぞれの実験を示すのに記号を用いた。これは括弧の中へ、順に切欠き幅 b 、水路幅 B 、せきの高さ D を cm 単位で示したものである。記号中の数値は近似値も用いられているので、正しい値を表中に別記した。せき板は 0.1m 幅の黄銅板3枚を凹形に組合わせて、木製板に上流側の面を平らにして取付けてある。切欠き縁は直角に 2mm とって、 45° に切落した。本実験中切欠き縁の損傷を恐れて二度仕上げ直した。仮設底板(イ)は底面が全部木で作られたもの、(ロ)は(イ)の先端の、せき板に接する底面中央に、流れの方向の長さ 0.1m 、幅 0.2m の黄銅板を植込み、木面より平らでなめらかな面を期したものである。実験の範囲内では、その影響は認められないように思われる。水頭測定孔は主として、仮設底板のないときは①、あるときは②を用いた。①、②は水路底の中央、③は水路側壁に穴を設けた。整流板③、④は、はじめ用いたがしばらくして取りはずした。仮設底板のないときは近寄り速度が小さくて整流の必要がないし、近寄り速度の大きいときは、水面に波が立って効果に疑問が持たれたからである。

流量係数 c は次の式より求める。

$$Q = c \cdot 2/3 \cdot b \sqrt{2g} h^{3/2} \dots \dots \dots (2)$$

$$= c_1 \cdot 2/3 \cdot b \sqrt{2g} h^{3/2} \{ (1 + \alpha \cdot h_0/h)^{3/2} - (\alpha \cdot h_0/h)^{3/2} \} \dots \dots \dots (2)'$$

したがって

$$c_1 = c / \{ (1 + \alpha \cdot h_0/h)^{3/2} - (\alpha \cdot h_0/h)^{3/2} \} \dots \dots \dots (2)''$$

ここに Q : 流量, g : 重力加速度, h_0 : 平均速度をもととした近寄り速度水頭, α : 真の近寄り速度水頭と h_0 との比, c_1 : (2)'' 式より求めた近寄り速度の影響を除外した流量係数である。

3. 実験結果とその考察

第2図は $D \approx 0.28\text{m}$, 第3図は $D \approx 0.05\text{m}$ の場合

第 1 図

第 1 表 実験諸元

実験とその記号 (b-B-D)	切欠き幅 b m	水路幅 B m	せきの高さ D m	$m = h/b$	水 温 t °C	仮設底板 の 種 類	水頭測定孔 の 位 置	使用整流板 の 種 類
(10-11-28)	0.100 63	0.110	0.279	0.37~2.12	6.1~9.0	なし	①	③
(10-20-28)	"	0.200	"	0.33~2.27	8.6~10.5	"	"	③+④†
(10-30-28)	"	0.300	"	0.36~2.35	13.7~24.1	"	"	"
(10-40-28)	"	0.400	"	0.35~2.43	25.2~27.2	"	"	③, ③+④†
(10-50-28)	"	0.498	"	0.37~2.24	11.3~13.5	"	"	③+④
(10-60-28)	"	0.598	"	0.38~2.36	10.7~13.0	"	"	"
(10-72-32.5)	0.100 76	0.722	0.327	0.29~2.26	4.1~6.3	"	③	③+④
(10-20-5)	0.100 63	0.200	0.050	0.38~2.16	4.3~6.6	(ロ)	②	③
(10-30-5)	"	0.300	"	0.36~2.22	2.3~4.0	"	"	"
(10-40-5)	"	0.400	"	0.38~2.32	5.9~7.4	"	"	"
(10-50-5)	"	0.500	"	0.39~2.37	4.6~7.2	"	"	"
(10-60-5)	"	0.600	"	0.33~2.36	3.3~5.4	"	"	"
(10-72-5)	0.100 62	0.722	0.048	0.36~2.44	23.8~26.4	(イ)	"	"

注: †……③と④を併用した場合

†……③のみで行なった実験と, ③と④とを併用した実験とを含む場合

の実験結果を示す。両図とも c を実線、 c_1 を点線 ($\alpha=1$)、一点鎖線 ($\alpha=1.5$)、二点鎖線 ($\alpha=2.0$) で示した。 α は一般に b , B , D , h などの関数と考えられ、したがって簡単に $\alpha=\text{const.}$ として求めた c_1 はこの点からも正しい値ではないが、ここでは $\alpha=1.0$, 1.5 , 2.0 の場合の二、三を図中に示した。 c はどの曲線もある m の値でその最小値 $c_{\min}$ を持ち、 m がこれより大きくなると、 c も大きくなる。 c の m に対するこの配は、 D が同じならば、 B/b が小さいときほど急である。さらに $c_{\min}$ 点付近での曲線の曲り（この配の変化率）は、 B/b が小さいほど急である。 c_1 曲

線については、 c 曲線と $\alpha=1$ のとき定性的には、ほぼ同じ傾向が見られるが、 α が大きくなると第 2 図の (10-11-28) の場合のように B/b が小さいときほど上述と反対の傾向を示す。第 4 図に B/b に対する $c_{\min}$, $c_{1\min}$ ($\alpha=1$ のときの c_1 の最小値、以後 c_1 は $\alpha=1$ のみを取上げる) を示す。 D が与えられるとき B/b が大きくなると、 $c_{\min}$, $c_{1\min}$ は小さくなり、ついには一定値に漸近するらしく見える。その値は $D \approx 0.05\text{ m}$ のとき $c_{\min} \approx 0.592$, $D \approx 0.28\text{ m}$ のとき $c_{\min} \approx 0.587$ のようである。 D が大きいほうが B/b に対して少し早く漸近するようである。第 5 図は $c_{\min}$, $c_{1\min}$ を生ずる m の値が、 B/b によってどのように変わるかを示す。ともに B/b が大きくなれば $c_{\min}$, $c_{1\min}$ は一定の m のところに生ずるらしく、その m は $D \approx 0.05\text{ m}$ のとき $m \approx 1.01$, $D \approx 0.28\text{ m}$ のとき $m \approx 1.13$ のようである。なお $c_{1\min}$ を

第 2 図

第 3 図

第 4 図

第 5 図

生ずる m の値は, B/b , D が小さく, α が大きいほど B/b が大きいときの漸近値 $m \approx 1.01$ ($D \approx 0.05$ m のとき), $m \approx 1.13$ ($D \approx 0.28$ m のとき) に近づく度合いが大きい. 第4, 5図とも(10-72-32.5)の実験, すなわち $D = 0.327$ m の場合は一点鎖線で区別したが, $D = 0.279$ m のものとよく接続している. 第6, 7図は $m = h/b$ を副変数にとって c , c_1 を示した図である. 第6図は $D \approx 0.28$ m, 第7図は $D \approx 0.05$ m の場合であ

る. c , c_1 は B/b に対して示されているが縦座標は各群独立で, 相互に関連はない. 両図によれば c , c_1 が一定値に落ち着き, 側面の縮流が完全になるために必要な B/b の値(以後これを限界値)は, m が大きくなると, また D が小さいと大きくなるようである. さらに第

第 6 図

第 7 図

第 8 図

第 9 図

8 図に c/c_0 (c_0 は $B/b=7.22$ における c) を B/b に対して示し, 第 9 図に c_1/c_{10} (c_{10} は $B/b=6.0$ における c_1) を B/b に対して示した. いずれも一部分に不規則なところがあるが, 大部分は $h/(h+D)$ によって整理され, $h/(h+D)$ が大きいほど c/c_0 , c_1/c_{10} が大きくなり, また限界値自身も大きくなっているように思われる. すなわち, 側面の縮流を完全にするために必要な B/b は $h/(h+D)$ の関数であると思われる. 第 10 図に m を副変数として, B/b に対する c/c_0 , c_1/c_{10} を示した. 同図に沖氏の実験値⁽²⁾も示した. $h/(h+D)$ が小さいときは実験範囲内の B/b に限界値が存在していると考えてよいようだが, $h/(h+D)$ が大きくなると実験範囲外に B/b の限界値が存在している恐れが十分ある. したがってこの点についてはさらに検討を要する. しかしここでは図のごとく近似的に実験範囲内で限界値に達しているものと考え, c/c_0 , c_1/c_{10} の 0.1%, 0.5% 限界点を求めて, B/b 対 $h/(h+D)$ で整理す

第 10 図

ば第 11 図となる. c の 0.1% 点を折線で示し, さらに安全のため, この右方に近似的な直線を一点鎖線で示した. いまこれをかりに限界値とすれば, $h/(h+D) \approx 0.2 \sim 0.8$ の範囲内において, 側面の縮流は

$$B/b > 2h/(h+D) + 5 \quad (3)$$

のとき完全である. 従来の条件式 (1) を第 10 図に二重線で示した. つぎにせきの高さ D の影響を知るために第 12, 13 図を示す. とともに $m=h/b$ に対する c を実線, c_1 を点線で示す. 第 12 図は $B/b=7.22$, 第 13 図は $B/b=2.0$ であって, c は B/b が大きければ D の大小による影響が小さい. c_1 についても同様であるからこれは近寄り速度だけの影響によるものでないことがわかる. また B/b が大きいと, m の大きいところで D の変化にもかかわらず c (c_1 も同様) の変化は少なくなってくるようであるが, B/b が小さい場合は, c , c_1 は m の大きいところでも D の影響を強く受けている. なお実験に用いた水頭測定孔①, ②の位置は, 黒川氏の実験ならびに考察⁽³⁾を参照して決定したもので, D の大きいときは③の穴による測定値とほとんど差異はないものと思われる. この点, D の小さい, たとえば (10-20-5) の実験などは水路の近寄り速度が相当大きいと思われるから問題となる. しかし, b/B ,

第 11 図

第 12 図

$h/(h+D)$ がともに 1 に近い状態になって水路内の水面に低下背水曲線が現われると, ③も標準測定孔としての意義が薄れてくるので, かかる場合は測定孔の位置について別個の問題として取上げ, 一考を要するものと思う. 第 14 図に沖公式*, 板谷・手島公式**, 豊田公式***と実験結果とを比較したものを示す. (a) 図は完全縮流に近い場合, (b) 図は B は大きい

が小さい場合, (c) 図は全幅せきに近い場合, (d) 図は側面, 底面とも縮流不完全な場合である. 各式とも本実験の適用範囲外である. 沖公式は (a) の場合 $m > 1$ でも実験とよく合う. 板谷・手島公式は実験とだいたい傾向は似ているが, D が小さいときは m の大きいところで c が少し離れている. 豊田公式は完全流体の式であるのに m の大きいところで実験より大きくなっている.

4. 結 言

この実験の範囲内で次のことが言える.

1) 流量係数 c は与えられた B, D に対し, ある m のところにその最小値 $c_{\min}$ が存在する.

2) $c_{\min}, c_{1\min}$ は B/b が大きくなると与えられた D に固有の $c_{\min}, c_{1\min}$ に漸近するとともに, また $c_{\min}, c_{1\min}$ 点の m も一定の値に漸近すると思われる.

第 13 図

(a)

(c)

(b)

(d)

第 14 図

* $c = 0.6224(1 + 0.0012/h) \{1 - \sqrt{m/10} \cdot (1 - m/10D)\} [1 + 1/2 \cdot \{bh/B(D+h)\}^2]$ in m
適用範囲: $h \geq 0.02$ m, $m = h/b \geq 1$, $b > 0.15$ m, $D > 0.3$ m

** $c = 0.605 + 1/1000h + 0.08h/D - 0.145\sqrt{(B-b)/D \cdot h/D} + 0.0115\sqrt{B/D}$ in m

適用範囲: $0.5 \leq B \leq 6.3$ m, 0.15 m $\leq b \leq 5$ m, $0.15 \leq D \leq 3.5$ m, $bD/B^2 \geq 0.06$, $0.03 \leq h \leq 0.45\sqrt{b}$ m,

*** $c = 0.611 \{1 - 0.116\sqrt{m} (1 - m^2/2)\} [1 + 0.219 \{ (b/B)^2 + [h/(h+D)]^2 \} + 0.0482 \{bh/B(D+h)\}^2]$
適用範囲: $m, b/B, h/(h+D)$ があまり大きくない場合.

3) その一定値の $c_{\min}$, $c_{1\min}$ は D が大きいほど小さく, その一定の m の値は D が大きいほど大きい.

4) $c_{\min}$, $c_{1\min}$ は D が大きいほど, B/b に対し, 少し早く漸近するようである.

5) $c_{1\min}$ を生ずる m の値は B/b , D が小さく, α が大きいほど, B/b が大きいときの m の漸近値に近づく度合いが大きい.

6) c 曲線のこう配は同じ D については $c_{\min}$ 点以上の m の範囲において, B/b が小さいほど m に対して急である.

7) $c_{\min}$ 点付近での c 曲線の曲り (こう配の変化率) は同じ D については B/b の小さいほどはげしい.

8) c_1 曲線については $\alpha=1$ に近い範囲は, c についての 6), 7) の結言と定性的には同じであるが, α が大きくなると B/b が小さいとき, 6), 7) の結言と逆の傾向が現われる.

9) 側面の縮流を完全にするのに必要な B/b は $h/(h+D)$ の関数である.

10) B/b が大きいとき, c は D の大小によってあまり変化を受けない.

11) B/b が大きいと, $c_{\min}$ 点以上の m の範囲で, m が大きいほど, m が同じならば D の大小による c の変化はしだいにわずかになる.

5. 付 言

本実験を行なうに当り新潟大学工学部機械工学科, 精密工学科の各位から多大の御援助を仰ぎ, また早稲田大学名誉教授 沖 巖博士からも資料の拝借, ならびに御教示を賜わった. ここに深じんなる謝意を表する. なおこの研究の一部は昭和 23, 24 年にわたる文部省科学研究費によって行なわれたことを付言する. 本報告の内容の責任は筆者の 1 人, 星野達郎にある.

文 献

- (1) 機械工学便覧, (昭 26), 8-63, 日本機械学会.
- (2) 沖, 機械学会論文集, 20, 89 (昭 29-1), 44.
- (3) 黒川, 機械学会誌, 55, 407 (昭 27-12), 761.

621-333.1:621.646.2:534.121.1

平板円形弁の振動の一例について*

鵜 沢 高 吉**

On an Example of Vibration of Circular Disc Valve which has an Overlap between Valve Disc and Seat

by Takakichi UZAWA

Making use of a theoretical formula which expresses approximately, under the consideration of viscosity, the relation of floating force F and the lift of the circular disc valve which has an overlap between valve disc and seat, the equation of motion on valve is established, and the condition of valve vibration is discussed by means of Routh's criterion. Then as an example, the vibration of a water-supply cock is studied. The results obtained reveal that, in case where the radius of valve disc is relatively larger, when compared with the radius of valve seat, the effective pressure P is high and $\partial F/\partial P$ is negative, a self-excited vibration appears, if the lift of valve is smaller, and then chattering occurs owing to the disappearance of a restoring force, if the lift is higher. In order to stop the vibration, it is effective to make small the overlap of valve disc and seat.

1. ま え が き

弁の振動については多くの文献^{(1)~(6)}があるが, 平板

円形弁の受圧面と弁座の重なりが大きいために生ずる振動については論じられていないようである. 本報では下流に向かって開いた開きの小さい場合の平板円形弁の押上力の近似式を用いて, 弁の振動について考察し, 弁の寸法を考慮した発振条件および振動数を明らかにし, 水道給水せんの振動について実測した結果と

* 昭和 35 年 4 月 2 日 第 37 期通常総会講演会において講演, 原稿受付 昭和 35 年 4 月 30 日.

** 正員, 日本電信電話公社電気通信研究所(武蔵野市吉祥寺 1551).