

[1]. まえがき

せきからの流量のみに着目するのであれば、わかりにくい支配断面は必ずしも必要ではない。前報ではせきより十分離れた上下2断面を解析断面として選べば容易に流量計算ができることを示すのが目的であったので、2, 3の問題点を含んでいた。本報告はそのうちのせき板に作用する水圧計算に関して修正を行なったものである。

[2]. 流量計算の概要

水平長方形水路に設けられた鉛直全幅刃形せきを考えるが、解析はせき上流側の流速が一様と考えられる断面と下流側のナップのほぼ平行断面を対象とし、この間でのエネルギーロスや摩擦力は無視する。連続の式： $(H + h_0)\sqrt{2g h_0} = z/\sin\theta \cdot \sqrt{2g} \{(ZE)^{3/2} - (ZE - h)^{3/2}\}$ — (1), 比力の式 (水平方向) : $1/2 \cdot (H + h_0)^2 + z \times (H + h_0) h_0 = \cos^2\theta (4Eh - h^2) + P/w$ — (2) なお、エネルギーの式は $V = \sqrt{2g(ZE - z)}$ であり、(1), (2)のいずれの式にも考慮されている。(2)式のPがせき板に作用する全水圧であり(後で述べる)、 h と h_0 に関して(1), (2)の連立方程式を解いて $z = (H + h_0)\sqrt{2g h_0}$ を求める。

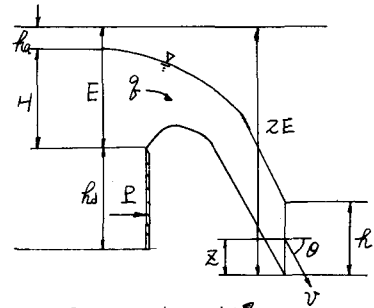


図-1 断面の諸量

[3]. せき板に働く力

前の報告では等流速線の長さを定めるにあたって、上方(水面)では低下背水を無視するとともに下方(水路底付近)ではせき板までの長さをとっていたため、水路底付近では水平方向の流れが等流速線部に移行するのに矛盾が生じていた。この矛盾を解消するため最外部の等流速線長を常流水深 h_0 と同長にとり、死水領域を設けることにより修正した。その結果、水平方向の流速と等しい流速で等流速線部に流入することが可能となった。図-2に

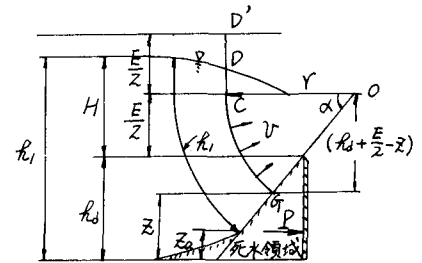


図-2 等流速線図($\widehat{qCD}$)

において、 $\widehat{qC}$ は半径 r の円弧であり、その中心は $E/2$ にとる。 $\widehat{CD}$ は鉛直で $\widehat{DD'}$ は水面の低下を示す。 $\widehat{qC} = r \times \alpha$ であるから $z : (h_0 + E/2 - z) = z / \cos(\pi/2 - \alpha) : r$, $\therefore r = (h_0 + E/2 - z) / \cos(\pi/2 - \alpha)$ したがって $\widehat{qC} = (h_0 + E/2 - z) \cdot \alpha / \cos(\pi/2 - \alpha)$, ここで $\phi = \alpha / \cos(\pi/2 - \alpha)$ — (3) とおくと $\widehat{qC} = (h_0 + E/2 - z) \cdot \phi$ となる。水面の降下高 $\widehat{DD'}$ は等流速線上の流速 v の速度水頭である。次に等流速線長 $\widehat{qCD}$ の長さを求める。 $\widehat{qCD} = \widehat{qCD'} - \widehat{DD'} = \widehat{qC} + E/2 - \widehat{DD'} = r\alpha + E/2 - v^2/2g$ となるが、 $z \geq z_a$, $\widehat{qCD} \leq h_0$ である。次に $\widehat{qCD} = x$ とおきこれを求める。連続の式より $v = q/\widehat{qCD} = q/x$ であるから、 $x = (h_0 + E/2 - z)\phi + E/2 - 1/2g \cdot q^2/x^2$, $\therefore z \cdot \phi = (h_0 + E/2)\phi + E/2 - x - 1/2g \cdot q^2/x^2$, ここでさらに $m = (h_0 + E/2)\phi + E/2$ — (4) とおくと、 $z \cdot \phi = m - x - q^2/2gx^2$ となる。 $\therefore z = (m - x - q^2/2gx^2)/\phi$ または $x^3 + (z\phi - m)x^2 + q^2/2g = 0$ — (5) この式はある単位幅当りの流量 q に対して水路底からの高さ z とその高さの等流速線長 x との関係を示している。図-3のように最外部の等流速線長を a , せき頂のそれを b とすると、 $a = h_0$ — (6)であり、これを(5)式の x に代入すると、 $z_a = (m - h_0 - q^2/2gh_0^2)/\phi$ となり、 q を仮定すれば z_a は定まる。つぎに $z = h_0$ とおけば $b^3 + (h_0\phi - m)b^2 + q^2/2g = 0$ — (7) となつて b が求まる。ある q に対して a , b の長さが必要と

、せき板におよぼす力 P を求める作業に入る。ベルヌイの式から

$$h_0 + E = h_1 + \frac{\rho}{2g} v_1^2 = z + P/w + \frac{\rho}{2g} v^2, (z \leq z_a), h_0 + E = z + P/w, (z > z_a \text{ で } v=0 \text{ とする}) \text{ となる。} \therefore \frac{P}{w} = \int_0^{z_a} P/w \cdot dz + \int_{z_a}^{h_0} P/w \cdot dz$$

$$= \left\{ \int_0^{z_a} (h_0 + E) dz - \int_0^{z_a} z dz \right\} + \left\{ \int_{z_a}^{h_0} (h_0 + E) dz - \int_{z_a}^{h_0} z dz - \int_{z_a}^{h_0} \frac{\rho}{2g} v^2 \cdot dz \right\}$$

$$= \int_0^{h_0} (h_0 + E) dz - \int_0^{h_0} z dz - \int_{z_a}^{h_0} \frac{\rho}{2g} v^2 \cdot dz = (h_0 + E) h_0 - h_0^2/2 - \frac{\rho}{2g} \int_{z_a}^{h_0} v^2 \cdot dz$$

ここで、 $(h_0 + E) h_0 - h_0^2/2 = (E + h_0)/2 \cdot h_0 = P/w$ — (8) において、 $P/w = P/w - \frac{\rho}{2g} \int_{z_a}^{h_0} v^2 \cdot dz$ となる。 z^2 の定積分の計算において z を x で示すには3次方程式(5)の根を求めなければならないので、ここでは

z を x に変換して z について積分する。すなわち、 $\frac{dz}{dx} = (\frac{\rho}{2g} x^2 - 1)/\psi$ であり、これを $\int_{z_a}^{h_0} z^2 dz$ に代入する。 $\int_{z_a}^{h_0} z^2 dz = \int_a^b (\frac{\rho}{2g} x^2 - 1)/(\psi x^2) dx = -\frac{\rho}{2g} \cdot$

$$(4/3) \cdot (\frac{1}{b^3} - \frac{1}{a^3}) + \frac{1}{\psi} \cdot (\frac{1}{b} - \frac{1}{a}) \text{ ゆえに、} \frac{P}{w} = P/w - \frac{\rho}{2g} \psi \cdot \left\{ \frac{\rho}{2g} \cdot (\frac{1}{b^3} - \frac{1}{a^3}) + (\frac{1}{b} - \frac{1}{a}) \right\} \text{ — (9) すなわち、せき板に働く力 } P \text{ は (9) 式で求めるものとし、式中 } P_0 \text{ は式 (8) による静水圧、} \psi \text{ は式 (3) で示す。}$$

[4]. 流量計算の例

流量は[2]で述べた(1)式、(2)式を基本式として、せき板に働く力 P に関する(9)式を用いて計算されるが、その計算方法は前報で詳細に述べられたのと基本的には同じであるのでここでは省略する。試算によると、図-2に示される死水領域境界の角度 α を $71^\circ \sim 72^\circ$ の間の値にとると実験値との適合がよいことが推定されたので、ここでは $\alpha = 71.50^\circ \div 1.2479$ とした。なお、図-1のナップの傾斜角 θ は $\tan \theta = 1/4$ としている。表-1はせきの高さ h_0 が 1^m の場合について、越流水深 H を $0.03^m \sim 1.00^m$ の範囲で変化させたときの流量を計算したもので、 $K_{\text{h\&Bock}}$ 式またはJIS式と比較して示している。ただし、JIS式等に含まれる係数 K は $K = 1.785 + 0.237 (H/h_0)$ とし、 $0.00295/H$ の項は省略している。表-1によれば、 $h_0 = 1.0^m$ のとき計算値は最大±

1.3 % 程度の誤差で実験値(JISによる)を推定している。また、前報における誤差が5 % 程度生じていたことを考えると、今回の P の修正によって計算流量は改善されたと考えてよいであろう。

[5]. おわりに

以上、本報告はせきからの越流量の算定に関して、せき板に作用する力について述べたものである。この結果を用いて流量計算を行なうとJIS式との流量差は1 %前後となったが、JIS式そのものが実験値に対して±1.5 %あるいはそれ以上の誤差を有することを考えると、これ以上の計算精度の追求は直接精密なる実験値との照合で行なわなければならないであろう。なお、今後に残された問題は越流水のナップに関する検討とエネルギー損失および縮尺効果に関係する要素であるうが、ナップについては別途にその詳細が報告される予定であるが、エネルギー損失および縮尺効果についてはJIS公式との比較で省略した補正項をそのまま本解の流量係数に付加しなくてはならない。参考文献 1) 田中：鉛直刃形せきの越流量の算定、年次講演会、昭和56。

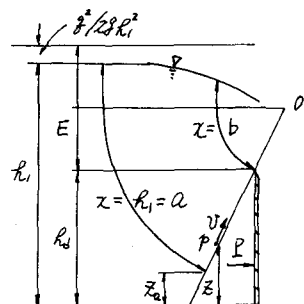


図-3 せき板に働く力

H m	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
計算値 m³/s	2.0494	1.7239	1.4232	1.1472	0.8965	0.6713	0.4728
JIS値 m³/s	2.0220	1.7062	1.4129	1.1426	0.8957	0.6730	0.4776
(計算値-JIS値)/JIS値	+0.0136	+0.0104	+0.0073	+0.0041	+0.0009	-0.0025	-0.0058

H m	0.3	0.2	0.1	0.08	0.06	0.04	0.03
計算値 m³/s	0.3023	0.1621	0.05646	0.04029	0.02610	0.01417	0.00919
JIS値 m³/s	0.3050	0.1639	0.05720	0.04082	0.02644	0.01436	0.00931
(計算値-JIS値)/JIS値	-0.0088	-0.0112	-0.0129	-0.0130	-0.0131	-0.0130	-0.0131

表-1 計算流量とJIS流量の比較 ($h_0 = 1.0^m$ の場合)