

[1] ま え か き 跳水現象や水門、せき等の説明では、エネルギー式と運動量式とは普通は二者択一的扱われている。筆者は先に常流から射流への遷移では、比エネルギーが等しい代りに、せき板の反力に相当する比力の減少がともない、逆に射流から常流へでは比力は変わらず、比エネルギーの減少がともなうことを報告した。この関係を利用し、連続式、比エネルギー式、比力式の3方程式の同時適用により、流量係数に頼らず、流量の直接算定が可能となる。この場合、せきや水門の流出量を直接にコントロールするのは、従来と全く助役的存在であった運動量式であって、他の式は流れの一般的条件を示すに過ぎない。せきからの越流量の算定に関し、前報(5)の解法では一部にオウツプの実測データを必要としたが、本報では完全理論化を目指したものである。なお筆者の一連の研究の特徴は(1)支配断面、ブランジエの法則、流量係数を使う必要がない。(2)初等水理学とのドッキングが可能(3)計算が簡単で、しかも実用上十分な精度に達している。(4)水門(自由流出、まぐり流出とも)せき、オリフィスさらに跳水現象をも包含する統一理論解である。(5)実用面のみならず、水理学の進んだ分野の研究にも重要なヒントを提供しうる可能性もあること。等々である。

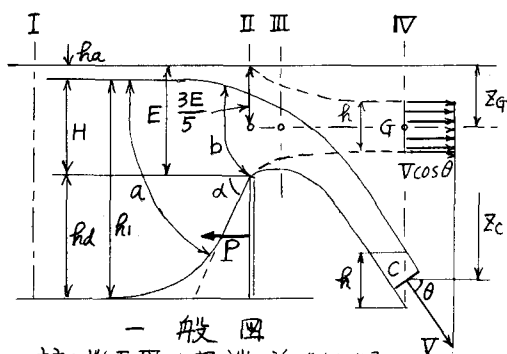
〔2〕 ナツプにおける“ベナコントラクタ” 水平水路上に設置された鉛直全幅及形せきにおいて、ナツプの分離が起らないものと仮定すると〔考察参照〕せきからの遠距離の位置ではナツプの厚とは極度に薄くなり、上下ナツプはほぼ平行、直線的とす。図に於て

鉛直断面 TV の厚さを h 、横断面の流速分布の中心 C における流速を V とすると $q = V \times (h \cos \theta) = h \times (V \cos \theta) \therefore h = \frac{q}{V \cos \theta}$ — (1) 自由落下においては、水平方向の力(加速度)はないので水平方向の成分 $(V \cos \theta)$ は一定、又 q は同一であるから h は一定となり、“ベナコントラクト”に相当し、越流水頭との比 h/E は収縮係数にあたる。次に h が一定であれば、 h は中心 C の落下高 z_c に対して無視出来、断面 TV の上下ナツツの流速 u は

$v \div \sqrt{2gz_c} = V$ となり、全断面が等分布、よって水平方向成分 $V \cos \theta$ も等分布をなす。次に下側ナツプの最高点近傍の鉛直断面 III において、圧力はすべて大気圧、流線は水平と仮定すれば、水平方向の運動量方程式では重力は無関係の為、図のような仮想的な水平ナツプを考え、単位時間に通過する流水塊の運動を考察する。

[3] 流水塊の重心高 流水塊を質点系とみなすと、断面ⅢとⅣの間では自由落下の為、この質点系には水平の外力はなく、流水塊の重心(俵心)は水平に等速度運動をなし、比エネルギー線に平行し、重心高は一定で断面Ⅳの重心高 z_g に等しい。断面Ⅳでは流水塊内部の各粒子の流速は重心 G の流速に等しいので、 G に全粒子が集中し、 $\sqrt{2gz_g}$ の速さをもつとし、 $g = R\sqrt{2gz_g}$ ——(2) となり、流水塊のもつ比力(比力) = $\frac{1}{4\gamma} (gR\sqrt{2gz_g}) \times \sqrt{2gz_g} = 2Rz_g$ ——(3) となる。よつて重心高 z_g の設定がもつとも重要となる。

次に断面Ⅱにおいても、断面Ⅲと同様圧力はすべて開放状態で大気圧、流線は水平とし、流速はベルヌーイ式 $\sqrt{2gz}$ の放物線分布と設定し、流水塊の重心を求める〔考察参照〕。越流水頭を E とすれば、放物線分布の重心高 $Z = \frac{3}{5}E$ ——(4) となる。この Z を断面ⅢとⅣの重心高 Z_0 と等高とあければ、 $Z_0 = \frac{3}{5}E$ で式(2)から流量は $Q = h\sqrt{2gz_0} = h\sqrt{\frac{6}{5}gE}$ ——(5)、流水のもつ比力は式(3)から(比力) $= 2hZ_0 = 2h \times \frac{3}{5}E = \frac{6}{5}Eh$ ——(6) 以下比力の基本形も(断面Ⅰの比力) $=$ (せき板反力の比力) $+$ (断面Ⅳの比力) とする。



註: 断面IVは極端に近づけてある

[4] 流量算定 説明の詳細は文献(1)(3)(4)にゆずり、式(6)の比力を比力の基本形に適用すると
 $\frac{R_1^2}{2} + \frac{q^2}{g R_1} = \frac{P}{W} + \frac{6}{5} E R_1$ —(7) これに式(5)を代入し整理すると $R^2 - R_1 R + \frac{5}{6} \frac{R_1}{E} (\frac{R_1}{2} - \frac{P}{W}) = 0$ —(8)
 こゝで $E = H + \frac{1}{2g} (\frac{q}{R_1})^2$ —(9) P は q の関数であり、仮に $P = F(q)$ —(10) としておく。 R_1, H, R_d は
 既知であり、初め $q = 0$ として(9),(10)に代入し、 E と P を求め(8)に代入し R を求め、(5)から新しい q
 を出し、以下これを繰返す。式(10)は(10')であり、 $\frac{P}{W} = \frac{P_0}{W} - \frac{q^2}{2gf} \{ \frac{q^2}{4g} (\frac{1}{a^4} - \frac{1}{b^4}) - (\frac{1}{a} - \frac{1}{b}) \}$ —(10')
 こゝで P_0 は静水圧で $\frac{P_0}{W} = \frac{1}{2} (R_d + E)^2 - \frac{1}{2} E^2$ —(11) f は死水領域との境界角 α に対する円弧長と弦
 長との比で $f = \frac{\alpha}{\cos(\frac{\pi}{2} - \alpha)}$ —(12) a と b は最大と最小の近似等流速線長で、 a は R_1 に等しくとり、
 $a = R_d + H$ —(13) b は次の式(14)の根とする。 $b^3 - (1+f) \frac{E}{2} b^2 + \frac{q^2}{2g} = 0$ —(14) すなわち
 q を仮定すれば式(9)より E を求め、(11)に代入し P_0 を出し、別に式(12)により α (常数と考える) に対する f
 を求め、(13)より a を、方程式(14)をとり b を求め、それらを(10')に代入して P を算出すればよい。

次に例題により q の収束状態を示す。 $\alpha = 64.2^\circ = 1.12050$, $R_d = 1.0^m$, $H = 0.8^m$ とし初め $q = 0$ と
 すれば $q = 1.355^m^{3/5}$ となり、以後は 1.413, 1.422, 1.424, 1.424 $m^{3/5}$ となって収束する。

[5] 精度 $\alpha = 64.2^\circ$ とおき $R_d = 1.0^m$ に対し、 $H = 0.1^m \sim 0.8^m$ の間、 10^m 毎に $q^m^{3/5}$
 を精密に算出し、 $q = K H^{\frac{3}{5}}$ より流量係数 K を逆算すれば次表の通りになる。(幅 1.0^m 当り)

H	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
q	1.42427	1.15000	0.90006	0.67520	0.47641	0.30515	0.16387	0.05722
K	1.99048	1.96359	1.93662	1.90974	1.88318	1.85706	1.83217	1.80929

これらの K の値を使い、最小2乗法により K を変数 $(\frac{H}{R_d})$ の2次式で示すと

$K = 1.7847 + 0.2348 (\frac{H}{R_d}) + 0.02888 (\frac{H}{R_d})^2$ となり、TIS 式中 フルード相似率に適合する部分の K ,
 $K = 1.785 + 0.237 (\frac{H}{R_d})$ と非常によく一致する。上式の右辺第3項は2項に比して少くあり、これを省
 略して第2項にまとめると、両者は高度に一致する。このことは間接的ではあるが、実験式である TIS 式 (或は
 Rehbock 式) 中の基幹部分についての理論的誘導とも言える。

[6] 考察 本解法の仮定、結論等については、飛躍的な点も若干あるので以下補足的に説明を加える。

(1) ナツプの分離を無視した理由は、分離は双口から相当離れて発生するので、越流量に対し分離が直接影響
 を及ぼすとは考えられない。元来、本理論では流量は基本的には双口断面で越流水が保有する比力により定ま
 るとする事からも当然である。“ベナコントラクタ”の利用は、流量の算出に当り、双口付近の水利条件の複雑な断面
 を避け、理論上可能と推定される条件の単純な断面を選び、流量の算定を容易にしたものである。

(2) ナツプの端末で鉛直断面厚 R が一定値に近づくことは、周知の Creager の曲線、表からも推定出来る。

(3) 断面 III は下側ナツプの最高点や支配断面を意味しない。双口近傍で圧力開放とみてより仮想的断面であ
 る。したがって前記のナツプ最高点や支配断面が、本理論では特別の水利的意義を持たないことは重要である。

(4) 断面 II で流速分布を放物線としたのは、オリフィスに於ける通常の流量算定法に準じたものである。

(5) 断面 II と III の重心高を一致させた根拠は、I、断面 III は同 II に近接し流量では II の主力が通ること。口
 重力を考えなければ重心の曲り(落下)は起らず、オリフィスの例からも両者は略一致すると推定されること。

(6) せき板の反力算定にあたり近似等流速線図を描いたのは、せき板の静水圧的反力に対する微小補正のため
 のものであり、近似でよく厳密性は要しない。等流速線図をもつて流量算定の基本とする解法とは重みが異なる。

(7) 死水領域との境界を示すのは粘性要素との関連が大きく、今後理論と実験の両面からの研究が必要である。

[参考文献] (1) 田中：跳水現象の把握に関する一考察(BG55 関西支部講演概要) (2) 田中、小池：
 gate 流出量の理論的算定(BG56 関西支部) (3) 田中：鉛直双形せき越流量の算定(BG56 全国大会年次講演
 会) (4) 小池、田中：鉛直双形せきに働く力と流量算定(BG58 全国大会年次講演会) (5) 田中：鉛直双形せ
 きナツプの特性と流量算定(全前)