II-261 せき越流量の理論解からみたJIS式の再検討

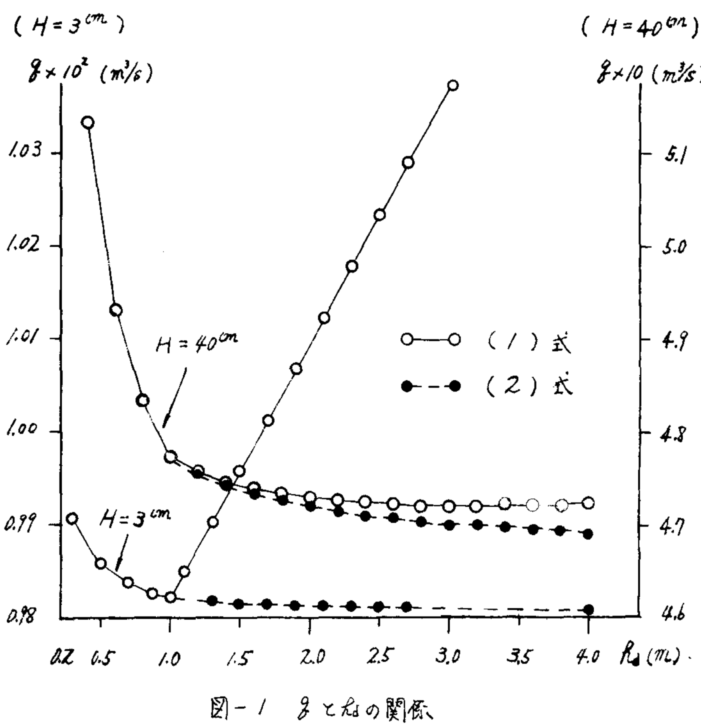
和歌山工業高等専門学校 正員 小池 一臣
大阪産業大学 正員 田中 光

[1] まえがき

さきの死水領域を考慮した完全流体としての全幅せきの理論から[1),2)]すれば，JISにおいては流量係数$K=1.785+0.237(H/h_d)$がフルード相似に従い，$0.00295/H$やεは粘性に関連する項と考えられた。本報告はこの立場から，特に補正項についてその物理（理論）的意味を考察することによって，JISの補正法を再検討したものである。

[2] JISの補正項

水平水路の鉛直全幅刃形せきからのJIS流量は，$q=KH^{3/2}$，$K=1.785+\{0.00295/H+0.237(H/h_d)\}\times(1+\varepsilon)$ ----(1)，q：単位幅当りの流量，K：流量係数，H：越流水深，h_d：せき高さ，ε：$h_d>1.0^m$に対する補正項で$\varepsilon=0.55(h_d-1)$である（m，s単位）。図−1の実線は（1）式によるqとh_dとの関係を示したものである。$H=3^{cm}$の場合，h_dの増大とともにqは減少するが，$h_d=1.0^m$で最小となり$h_d>1.0^m$になるとqは増加し，$h_d=2.5^m$（h_dの適用限界）では$h_d=1.0^m$の流量の4.2%増となっている。このときは$h_d=0.3^m$と1.3^mの流量がほぼひとしい。$H=40^{cm}$の場合には，qは$h_d=2.5^m$まで減少しつづけ，$h_d=3.2^m$程度で最小になり以後増加している。（1）式の右辺第二項で$\frac{0.00295}{H}(1+\varepsilon)=\frac{0.00295}{H}\{1+0.55\times(h_d-1)\}=\frac{0.00295}{H}+\frac{0.00295}{H}\times0.55(h_d-1)$で，$h_d\to\infty$のとき$\varepsilon\to\infty$，よって$K\to\infty$となって不合理であるから$\frac{0.00295}{H}\varepsilon$を（1）式からカットした$K=1.785+0.00295/H+0.237(H/h_d)(1+\varepsilon)$ ------（2）を考える。図−1の破線は（2）式を用いて計算されたqとh_dの関係を示しており，せき高さh_dの増大とともに流量qは減少の一方で，その変化は微小であり，（1）式のように不合理な流量の最小値はない。最小値の生じた原因は$\frac{0.00295}{H}\times\varepsilon$である。なお（2）式の最後の項は、$\varepsilon$としてJISの$0.55(h_d-1)$をそのまま用いれば，$0.237\times\frac{H}{h_d}(1+\varepsilon)=0.237\frac{H}{h_d}(1+0.55h_d-0.55)=0.237H\times(0.55+\frac{0.45}{h_d})$となり，$h_d\to\infty$で（2）式の流量係数$K$は$K=1.785+\frac{0.00295}{H}+0.130H$となり，有限な一定値になる。

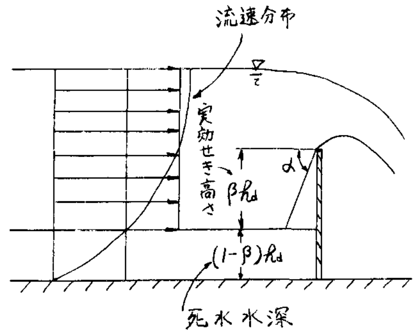


図−1 qとh_dの関係

[3] 実効せき高さ

いま（2）式の第三項を$\frac{H}{h_d}(1+\varepsilon)=H/\{h_d(\frac{1}{1+\varepsilon})\}=\frac{H}{\beta h_d}$とおくと，$\beta=\frac{1}{1+\varepsilon}$は$\varepsilon=0.55\times$

（h_d-1）を用いて$h_d>1.0^m$で$\beta<1.0$となる。そこで，βh_dをh_dを補正したせき高さとみなすことにすればβh_dは“ある流速分布をもつ粘性流を完全流体的な等分布を仮定している理論解に適用する場合の実効的なせき高さ”を意味することになり，（$1-\beta$）h_dはそのときの水路底付近の死水水深ともいうべきものに相当すると考えることができる。したがって，粘性流において，$h_d>1.0^m$の場合の理論流量の算定にあたっては，さきの死水領域（死水角）に加えて，死水水深（$1-\beta$）h_dを考慮する必要があり，図−2に示すように，この部分の流量が上方にのり移っていると考え，せき高さはh_dのかわりに死水水深を差し引いたβh_dを実効的なせき高さとみなして計算しなくてはならなくなる。なお，実効せき高さβh_dはJISのεを用いて，$\beta h_d=1/\dfrac{1+\varepsilon}{h_d}=1/(0.55+\dfrac{0.45}{h_d})$となり，したがって$h_d\to\infty$では$\beta h_d=\dfrac{1}{0.55}=1.818^m$で最大を示す。$h_d\geqq1.0^m$で$\beta=\dfrac{1}{1+\varepsilon}$を計算してみると$h_d=1.0^m$で$\beta=1.0$（$\beta h_d=1.0^m$），$h_d=1.5^m$では$0.784$（$\beta h_d=1.176^m$），$h_d=2.0^m$では$0.645$（$\beta h_d=1.29^m$），$h_d=2.5^m$では$0.548$（$\beta h_d=1.37^m$）となりせき高さの増大とともに死水水深は大きくなる。



図−2　死水水深と実効せき高さ

〔4〕 死水角による流量変化

理論解では死水領域（死水角α）を仮定しているが，αを種々変化させたときの流量とJISで$K=1.785+0.237(H/h_d)$としたときの流量を比較する。誤差率を（理論流量q'／JIS流量q）-1とし，$h_d=1.0^m$として表に示した。ただし，理論流量は本講演会において別途報告される“せきのぺナコントラクタによる越流量の算定”によっており，βは考慮されていない。

α	H (m)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.08	0.03
	q	2.02200	1.41291	0.89568	0.47556	0.16390	0.04082	0.00931
64°	q'	2.04592	1.42568	0.90092	0.47682	0.16402	0.04088	0.00934
	$q'/q-1$	+0.0012	+0.0090	+0.0059	+0.0027	+0.0007	+0.0015	+0.0032
65°	q'	2.03552	1.41876	0.89672	0.47469	0.16330	0.04070	0.00930
	$q'/q-1$	+0.0067	+0.0041	+0.0012	−0.0018	−0.0037	−0.0029	−0.0011
66°	q'	2.02553	1.41206	0.89264	0.47256	0.16258	0.04052	0.00925
	$q'/q-1$	+0.0018	−0.0006	−0.0034	−0.0063	−0.0081	−0.0073	−0.0064

qおよびq'は単位幅（1.0^m）当りの流量 m^3/s。

〔5〕 おわりに

本報告は，JIS式の流量係数に（$0.00295/H$）εの項を付加することは実用式としてはともかく，JIS式の理論的な解析上からは不合理であることを示すとともに，これに対応してせき高さが1.0^mより大きい場合の粘性流の理論流量の算定には，前報の死水領域（死水角α）に加えて死水水深（βに関連）を考慮した実効的なせき高さβh_dを用いるべきことを述べたものである。なお，JIS式における（$0.00295/H$）の項については粘性との関連が大きいものと思われるが，その理論的裏づけは今後の課題であり，またαやβの実験的な検討も今後必要であろう。

［参考文献］

1） 小池，田中；鉛直刃形ぜきに働く力と流量算定，第38回年講，昭和58年。 2） 田中；鉛直刃形ぜきナップの特性と流量算定，第38回年講，昭和58年。