

II - 115

無次元パラメータに着目した刃形堰の一考察(第2報:完全越流)

山口大学工学部 正員○羽田野袈綾義
 山口大学工学部 正員 河元 信幸
 建設技術研究所 正員 狩野 晋一
 山口大学大学院 矢野 晶人

1. 緒言

刃形堰の水理は古くから研究されており、流量計測の手段としての完全越流の水理はほぼ解決された状況にある。刃形堰を越える完全越流の流量公式はいくつか定着しているが、修正レーボックの式はJIS規格に採用¹⁾されており従来式の中では最も適合性に優れた式と考えて良いであろう。しかしながら、流量係数を用いた従来の公式は堰高に比べて流量規模(限界水深)が小さいことを条件づけており、適用範囲をはずれる水理条件に対しては大きな誤差を生じることがある。洪水時に堰を越える流れの水面形計算では、堰公式を組み合わせることになるが、その場合には広い範囲の水理条件に対応可能なことが必要で、従来の堰水理ではこの点で十分とはいえない。また、Bazinの式と修正レーボック式に現れる粘性や表面張力の項²⁾の次元が不明確であり、さらに修正レーボック式の堰高の補正項は次的に不適当である。本研究は、無次元パラメータに着目して刃形堰上の完全越流の水理を検討するものである。

2. 無次元パラメータによる検討

(1) 限界水深/堰高と越流水深/堰高の関係

最近の研究により、刃形堰をすぎる完全越流では限界水深と堰高の比 h_c/h_d と越流水深と堰高の比 h_1/h_d がほぼ一義的な関係をもつことが示唆されている³⁾。図-1は、この関係を広い水理条件のもとで行われたSchoder & Turner⁴⁾の実験値について調べた結果である。越流水深 $h_1 < 0.008\text{m}$ のデータは散乱したため図では除外した。図より、 $h_1 \geq 0.008\text{m}$ の範囲では h_c/h_d と h_1/h_d との関係がほぼ一義的であることがわかる。この関係を $X = \log(h_1/h_d)$ 、 $Y = \log(h_c/h_d)$ とおいて、
 ① $h_1/h_d \leq 0.1$ 、② $0.1 < h_1/h_d \leq 1.0$ 、および③ $1.0 < h_1/h_d$ の3つの領域について両対数紙上で2次曲線近似して次式(1)を得た。

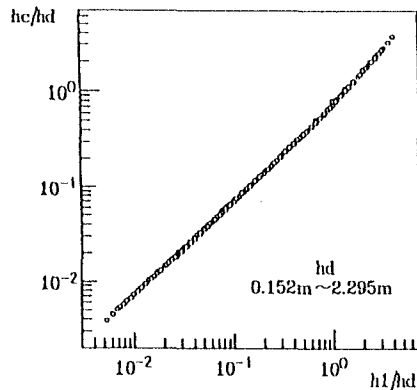
$$\textcircled{1} Y = 0.008 X^2 + 1.048 X - 0.276$$

$$\textcircled{2} Y = 0.017 X^2 + 1.065 X - 0.282 \quad (1)$$

$$\textcircled{3} Y = 0.047 X^2 + 1.070 X - 0.282$$

(2) 粘性の影響

図-1の形の表示で越流水深が 0.008m 以下の領域でのデータの散乱は粘性の影響と考えられる。そこで、 h_1 を用いてレイノルズ数 $Re = h_1(2gh_1)^{1/2}/\nu$ をとり、個々の堰のデータについて $Re > 5000$ の範囲で図-1の関係を一本の2次式で近似し、その結果と h_1/h_d の実験値から求めた h_c/h_d の計算値と h_c/h_d の実験値との比 $R_{hchd} = \text{実験値}/\text{計算値}$ と Re の関係を調べた。その一例が図-2に示されている。図より、 R_{hchd} は $Re > 5000$ ではほぼ1であるが、 Re が3000以下になると R_{hchd} は急に減少するよ

図-1 h_c/h_d と h_1/h_d との関係

刃形堰、完全越流、無次元量、相対越流水深、相対限界水深

〒755 山口県宇部市常盤台2557 TEL0836-35-9442 FAX0836-35-9429

うになる。図中の曲線は $Re < 4000$ のデータに対して次式

$$\log(Rhc) = A(\log(R_{sc}) - \log(R_s))^B + 1 \quad (2)$$

を仮定し、 R_{sc} 、 A 、 B の最適値を求めた結果である。

これらの値は次のようであった。

$$R_{sc} = 3000, A = -0.549, B = 1.60 \quad (3)$$

3. 流量計算の結果

式(1)、(2)および(3)を組み合わせると越流水深 h_1 から限界水深 h_c 、したがって流量が計算される。本方法の妥当性を検討するため、Schoder & Turner および Mayer & See の実験値を用いて、流量計算を行った。比較のために修正レーボック式の計算結果を調べた。図-3は流量の計算値と実験値の比 Q_c/Q を h_1/h_c に対してプロットしたものである。図から明らかなように、

従来式の適用範囲内では適合性は大同小異であるが、本方法では、従来式の範囲外である $h_1/h_c > 1$ 、および修正レーボック式の適用範囲外である $h_1 < 3 \text{ cm}$ の領域の適合性が明らかに改善されている。

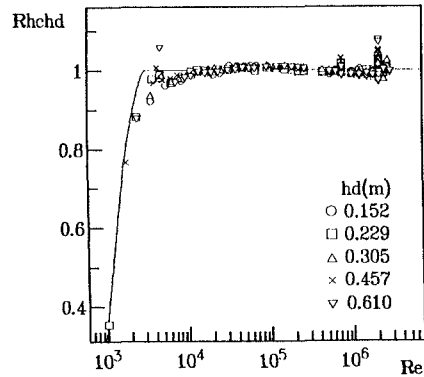


図-2 Rhcdと Re の関係

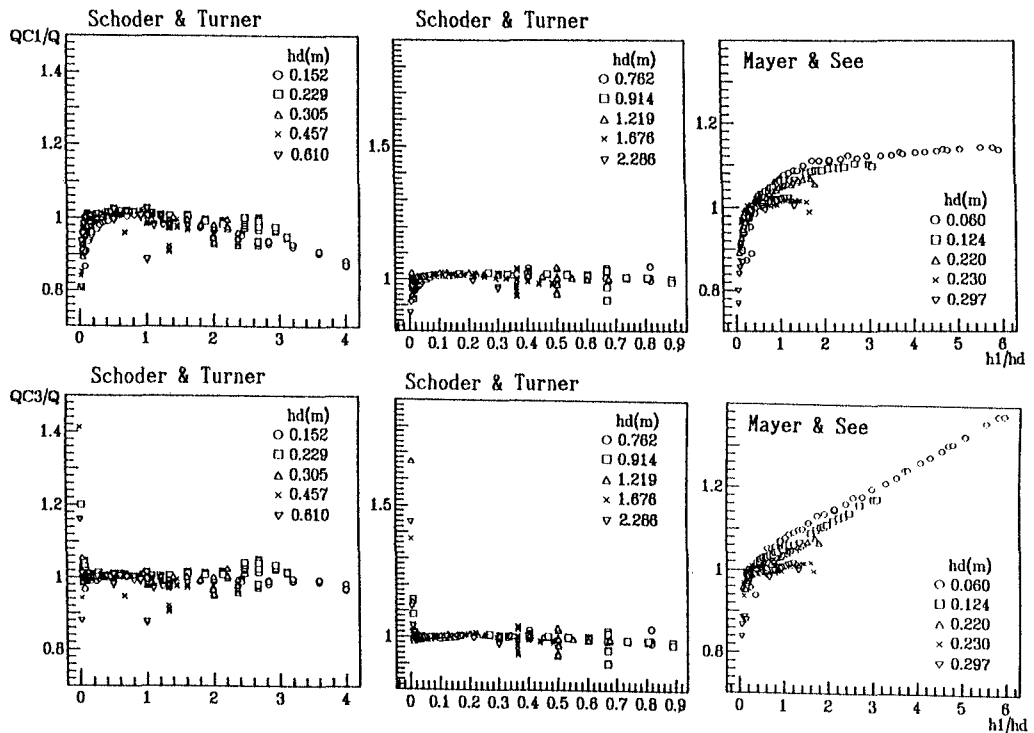


図-3 流量計算の結果；上段が本方法、下段が修正レーボック式

【参考文献】 1) 土木学会編：水理公式集、pp254、1971. 2) 中川博次・中川修：土木学会関西支部年次講演会、pp79-80、1966. 3) 狩野・羽田野：土木学会51回年講、第2部、pp348-349、1996. 4) E.W.Schoder & K.B.Turner: Trans. of ASCE, Vol.93, pp999-1190、1929.