

無次元パラメータに着目した OGEE 堰の一考察

建設技術研究所 正会員 ○多田羅 謙治
山口大学工学部 正会員 羽田野袈裟義
山口大学工学部 学生会員 今川 崇

1. 緒言

堰を有する河川の水面形計算では不等流計算と堰水理を組み合わせるのがふつうである。この場合、堰高や流量に応じて完全越流から潜り堰まで広範囲の流れが生じる事情を想定することが必要である。しかしながら、取水堰に多用されている OGEE 堰については潜り堰の流量公式が与えられておらず河川計画上大きな障害となる。本研究では、このような問題に対処するため、刃形堰¹⁾の場合と同様、堰下流水位が上昇することにより堰上流水位が完全越流に比べてどのように増加するかを無次元形で定式化する。また、こうして得られた関係式と完全越流に関する既往の流量公式とを組み合わせ、流量と堰下流水位から堰上流水位を算定することを試みる。

2. 関与する無次元量と定式化

潜り刃形堰では、堰高を hw 、堰頂を基準として堰上流水位を $h1$ 、堰下流水位を $h2$ 、流れの限界水深を hc をするとき、流量と水位の関係は hc/hw 、 $h1/hw$ および $h2/h1$ の 3 つの無次元量にほぼ確定すること、上記 3 つの無次元量のうち 2 つが独立量で残り 1 つは従属量であること、そして完全越流では越流水深を $h10$ として hc/hw と $h10/hw$ により流量と水位の関係が確定されることが明らかにされている。²⁾ 同様のことを表 1 に示す条件で行われた G.N.Cox³⁾ の OGEE 堰の実験データを用いて調べた。表中の No は堰を識別する番号で、No22~No24 は堰上流面が鉛直で、No30~No32 は堰の上流面に 1:2 の勾配をつけたものである。その結果、完全越流の hc/hw と $h10/hw$ の関係および潜り堰の hc/hw 、 $h1/hw$ および $h2/h1$ の関係は個々の堰ごとに与えられることがわかった。図 1 は、完全越流の hc/hw と $h10/hw$ の関係を示したものである。堰ごとに図のプロットの関係を定式化し、流量から越流水深 $h10$ を算定する式を求めた。

次に、潜り堰のデータを検討する。刃形堰と同様、上記 3 つの無次元パラメータの組を hc/hw 、 $h1/h10$ および $h2/hc$ の組に変換する。そして潜り堰の流量データと図 1 の回帰式から $h10$ を算定し、比 $h1/h10$ を求めて $h2/hc$ に対して図示したのが図 2 である。図より $h1/h10 \sim h2/hc$ の関係は表 1 の条件の範囲では堰や hc/hw の値にあまり影響されずほぼ一義的な関係にあることがわかる。図の傾向は刃形堰の場合と多少異なり、 $h2/hc$ が 1.2 程度まで $h1/h10$ はほぼ 1 で推移し、 $h2/hc$ が 1.2 を越えると $h1/h10$ は $h2/hc$ の増加にほぼ比例して増大することがみとめら

表 1. Glen Cox の実験データ

No	hw (m)	hd (m)	h1 (m)	Q (m³/s)
22,25	0.378	0.254	0.0602~0.2836	0.0259~0.3518
23,26	0.650	0.254	0.0581~0.2870	0.0245~0.3394
24,27	1.864	0.488	0.0604~0.5402	0.0266~0.3804
30,33	0.378	0.254	0.0470~0.3030	0.0179~0.3754
31,34	0.650	0.254	0.0581~0.3105	0.0250~0.3955
32,35	1.864	0.488	0.0543~0.3927	0.0228~0.5394

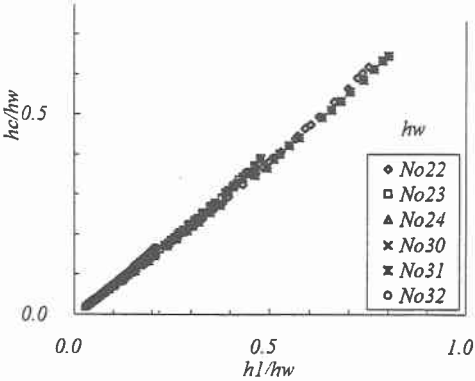


図1. hc/hw と $h1/hw$ の関係

れる。これを最小自乗近似した結果は、 $X=h_2/h_c$ 、 $Y=h_1/h_{10}$ として次のようである。

$$\begin{aligned} Y &= 1 & : X < 1 \\ Y &= 0.545X + 0.409 & : X > 1.27 \end{aligned} \quad \cdots(1)$$

これが潜り OGEE 堰の堰上昇水位の上昇量を与える式である。

3. 既往公式との組み合わせ

以上の結果と完全越流 OGEE 堰の流量式を組み合わせると、特定の OGEE 堰について流量と下流水位 h_2 が与えられたときに堰直上流の水位 h_1 が算定可能となる。ここで Cox のデータを用いて検証のための計算を行うが、論文では堰の設計水頭が与えられているのでここでは岩崎の式⁹⁾を用いる。岩崎の式は以下のように与えられる。

$$\begin{aligned} Q &= CBH^{3/2} \\ C &= 1.60 \cdot \{1 + 2a(H/H_d)\} / \{1 + a(H/H_d)\} \\ a &= (C_d - 1.6) / (3.2 - C_d) \\ C_d &= 2.200 - 0.416(H_d/W)^{0.990} \end{aligned} \quad \cdots(2)$$

ここで H_d は設計水頭、 C_d は $H(=h_{10})=H_d$ のときの流量係数、 a は定数である。こうして求めた h_1 の計算値と実験値の比 h_{1c}/h_{1e} をとり h_2/h_c に対してプロットしたのが図 3 である。図より上流水位の計算は h_2/h_c が 1~1.5 程度で大きな誤差を与えていることがわかる。また、図 2 の縦軸の値がほぼ 1 である h_2/h_c が 0.8 以下の領域でも図 3 は割合大きなデータの散乱を示しており、これは完全越流の公式による計算誤差と考えてよい。

4. 結語

流量と水位に関与する無次元量の関係を定式化することにより OGEE 堰を越える潜り越流の堰上流水位を算定する方法を検討した。また、既往の OGEE 堰公式と組み合わせることにより、潜り度を考慮した堰公式を構築できることを示した。今後さらに多くのデータを用いて検討する予定である。

参考文献

- 1) 羽田野・狩野：無次元パラメータに着目した刃形堰の一考察(第3報)．第52回土木学会年講概要集，1997
- 2) 羽田野・狩野：無次元パラメータに着目した刃形堰の一考察(第2報)．第52回土木学会年講概要集，1997
- 3) G. N. Cox: Bulletin Of University Of Wisconsin. 1928
- 4) 土木学会：水理公式集．P291．1985

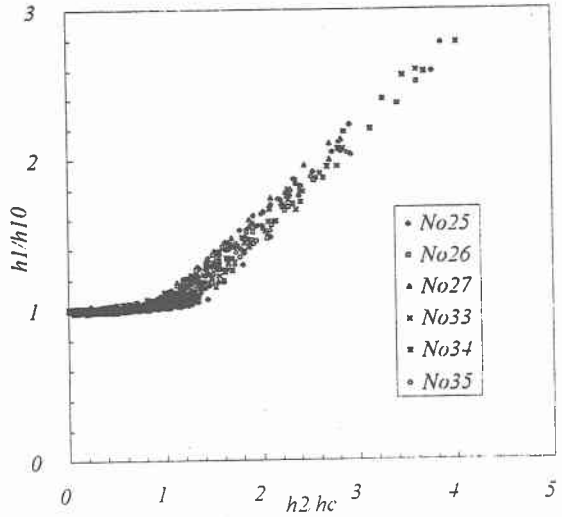


図2. h_1/h_{10} と h_2/h_c の関係

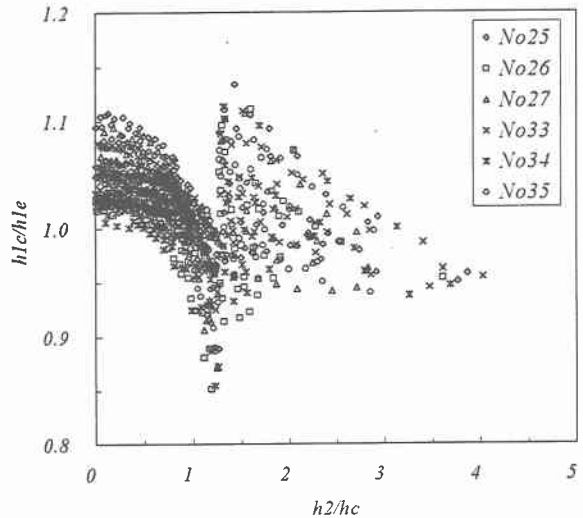


図3. h_{1c}/h_{1e} と h_2/h_c