

堰高の効果を考慮した潜り堰の検討

(株) 建設技術研究所 正会員 ○多田羅謙治  
 山口大学 フェロー会員 羽田野袈裯義  
 住友金属工業株式会社 非会員 久保田直希

1. はじめに

堰を有する河川の洪水時の水理計算では、堰直上流水位が境界条件として必要があるが、従来の堰公式は流量評価に主眼を置き、上記の目的に沿っていない。本研究では、昭和46年水理公式集<sup>1)</sup>の潜りOgee堰の堰上下流の水位差と流量低減の関係図の出典<sup>2)</sup>のデータを用いて検討した。

2. 無次元パラメータ

流れ状況を図-1のように模式化する。本研究では堰上下流で運動量の定理を適用することにより、堰の上下流で河床高が異なる場合にも適用可能な堰水理の物理量の整理方法を提示する。上流側堰高を  $h_{d1}$ 、下流側堰高を  $h_{d2}$ 、堰頂から測った上流水位を  $h_1$ 、下流水位を  $h_2$ 、水の密度を  $\rho$ 、単位幅流量を  $q$ 、重力加速度を  $g$ 、堰の単位幅に作用する流体力を  $F_D$  とすると運動量の式は次式で表される。

$$\rho q^2 \left( \frac{1}{(h_{d2} + h_2)} - \frac{1}{(h_{d1} + h_1)} \right) = \frac{1}{2} \rho g (h_{d1} + h_1)^2 - \frac{1}{2} \rho g (h_{d2} + h_2)^2 - F_D \quad \dots (1)$$

ここで、流体力係数  $K_P$  を用いて  $F_D = K_P \cdot 1/2 \rho g h_{d1}^2$  とおくと、 $K_P$  は式(2)のように整理される。

$$K_P = \left( 1 + \frac{h_1}{h_{d1}} \right)^2 + \frac{h_{d2}}{h_{d1}} \left( 1 + \frac{h_2}{h_{d2}} \right)^2 + 2 \left( \frac{h_c}{h_{d1}} \right)^3 \cdot \left( \frac{1}{\left( 1 + \frac{h_1}{h_{d1}} \right)} - \frac{\frac{h_{d1}}{h_{d2}}}{\left( 1 + \frac{h_2}{h_{d2}} \right)} \right) \quad \dots (2)$$

$h_c = (q^2/g)^{1/3}$  は限界水深である。完全越流時の堰頂基準の上流水位を  $h$  とすると、 $K_P$  の表現式から、堰水理に関する諸量は、堰上下流で河床高が異なる場合は式(3)により、そして堰上下流の河床高が同じ場合は、 $h_d = h_{d1} = h_{d2}$  として式(4)により関係づけられる。

$$h_1/h = F_1(h_2/h_c, h_c/h_{d1}, h_c/h_{d2}) \quad \dots (3)$$

$$h_1/h = F_2(h_2/h_c, h_c/h_d) \quad \dots (4)$$

ここで、 $h_c/h_d$  などは一種のフルード数である。 $h$  は完全越流の流量公式から逆算して求める。この式形は不等流計算にそのまま適用可能である。

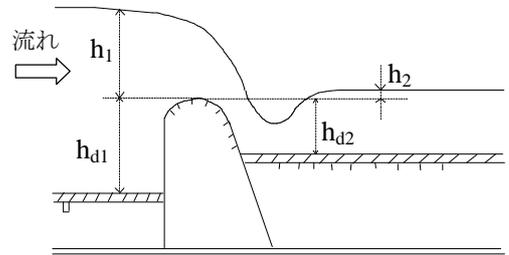


図-1 Ogee 堰の模式図(潜り堰状態)

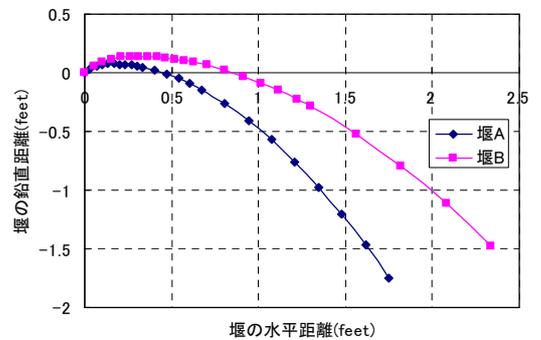


図-2 堰形状 (堰頂部)

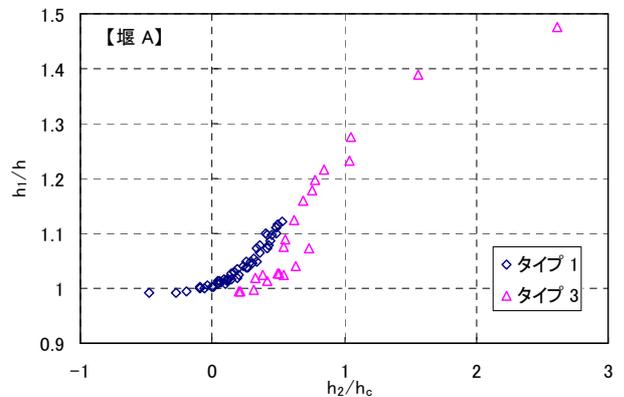


図-3 流れのタイプで分類 (堰A)

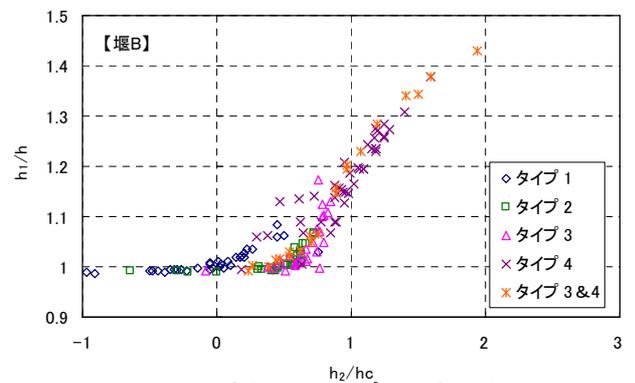


図-4 流れのタイプで分類 (堰B)

キーワード 堰水理、無次元パラメータ

連絡先 〒541-0004 大阪市中央区道修町1丁目6-7 株式会社建設技術研究所 大阪本社 ダム室 TEL06-6206-5594

3. 実験の概要

前述のように文献<sup>1)</sup>の Ogee 堰形状のデータを検討する。検討した堰のクレスト形状を図-2 に示す。

実験条件は、堰 A :  $h_{d1}=1.049(m)$ ,  $0.077(m)$ 、 $h_{d2}=0.007\sim 1.048(m)$ 、 $q=0.063\sim 0.268(m^3/s)$ 、堰 B :  $h_{d1}=1.079(m)$ 、 $h_{d2}=0.007\sim 1.079(m)$ 、 $q=0.077\sim 0.399(m^3/s)$  であった。

原著によると、流れは次の4タイプが生じている。タイプ 1: 射流、タイプ 2: 跳水のある流れ、タイプ 3: drowned jump (射流が起こる前に跳水が起こる不完全な跳水)、タイプ 4: 完全な潜りに近い流れ、である。

4. データ解析の結果

図-3、図-4 は、堰 A と堰 B について  $h_1/h \sim h_2/h_c$  の関係を示している。図には、流れのタイプごとにプロットの記号を変えている。 $h_2/h_c=0\sim 1$ の間ではタイプにより  $h_1/h$  の値が異なっており、潜りの度合いが大きい程、 $h_1/h$  の値が大きい。

次に、体系的な実験が行われている堰 B について堰高の影響を検討した。図-5 は下流堰高  $h_{d2}$  をパラメータとして  $h_1/h \sim h_2/h_c$  の関係を示す。図より、 $h_{d2}$  が小さい程、 $h_1/h$  の値が大きい傾向にあるが、 $h_2/h_c \approx 0.7$ において多少くい違いがある。 $h_2/h_c > 0$ の部分では  $h_1/h$  が 1 より大きいデータであるが  $h_{d2}$  が高い場合は、 $h_2/h_c$  が 0.5 程度までは  $h_1/h$  が 1 に近い値である。 $h_{d2}$  が低くなると  $h_2/h_c < 0.5$  の領域でも  $h_1/h$  が 1 より大きい値を示す。これは  $h_{d2}$  が低くなることの効果が出ている。

図-6 は、 $h_1/h \sim h_2/h_c$  の関係を  $h_c/h_{d2}$  (フルード数) をパラメータにおいたものである。パラメータによるデータの分布状況は図-5 とあまり相違しないが、パラメータの物理的意味を考えた場合、 $h_c/h_{d2}$  で整理した方が適切と考えられる。

5. 結語

以上、潜り状態における Ogee 堰タイプの水理について、特に上流側水位の上昇について検討した。その結果、 $h_1/h \sim h_2/h_c$  の関係は、流れのタイプにより変わり、 $h_2/h_c = 0.3\sim 1.0$ の間では、同一の  $h_2/h_c$  に対し、潜り度の大きい方が  $h_1/h$  が大きいことが確認された。

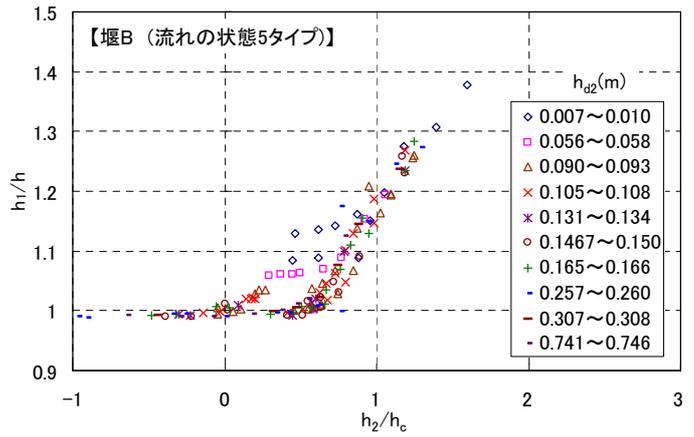


図-5 下流側堰高 ( $h_{d2}$ ) で分類した比較

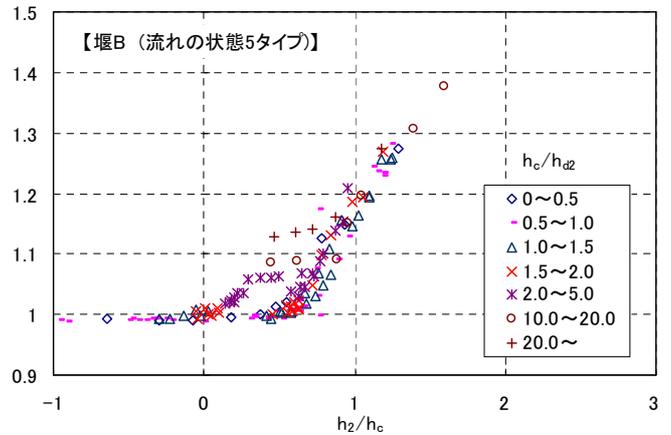


図-6  $h_c/h_{d2}$  で分類した比較

また下流側堰高の影響については、これが小さいと、 $h_1/h$  が大きい値を示すことがわかった。今後、 $h_1/h \sim h_2/h_c$  の関係を  $h_c/h_{d2}$  をパラメータとして定式化することが必要である。

また、今回使用したデータは、 $h_{d1} \geq h_{d2}$  の条件のデータについて整理したため、このような結果となったが、堰の水理に及ぼす浅水流的性格の影響は、フルード数  $h_c/h_{d1}$  と  $h_c/h_{d2}$  の大きいほうであるということも考えられ、この点からの検討も必要である。

参考文献

- 1)土木学会：水理公式集昭和46年度版、p.261、1971.
- 2)Michael W.Straus & Walker R.Young：Studies of crests for overfall dams, Boulder Canyon Project Final Reports,1948.
- 3)多田羅謙治、羽田野袈裟義、朝位考二：広頂堰の諸量の関係に関する一考察、流体力の評価とその応用に関する研究論文集、2003.