

Ogee 堰の潜り越流時の堰上流水位の見積もり

群馬工業高等専門学校 正会員○永 野 博 之

山口大学 フェロー会員 羽田野袈裟義

国土交通省山口河川国道事務所 非会員 杉村貴志 小田村匠

(株)東京設計事務所 正会員 河野俊樹 (株)建設技術研究所 正会員 多田羅謙治

1. 序論

日本の河川には取水用の堰を有する河川が少なくない。いうまでもなく堰は流れの障害物で治水上のネックといえる。堰を有する河川の水面形計算では、堰直上流の水深を境界条件として上流向きに計算を進める。洪水時には多くの堰が潜り越流状態となるが、Ogee 堰上の潜り越流に関して上記の方向を目指した研究は殆どない。

本研究では、堰を有する河川の洪水時の水面形計算の境界条件を与えることを最終目的として、既往の実験資料を用いて Ogee 堰上の潜り越流における堰直上流の水位を見積もるための検討を行った。

2. 潜り越流の堰直上流水位の評価について

堰をすぎる潜り越流の堰直上流水位の評価は、羽田野ら¹⁾の研究により刃形堰について与えられた。羽田野らの研究は堰を流水抵抗体とみなし、運動量の定理に流水抵抗を組み込むもので、トリチェリの定理（エネルギー損失を無視）が与える流速の評価を基本とする従来方法の矛盾を除去する点で画期的である。彼らは、堰高を h_d 、限界水深を h_c 、堰頂基準の堰上流水位を h_1 、堰下流水位を h_2 、同一流量時の完全越流の越流水深を h として、 h_2/h_c の値の範囲に応じて次の式で定式化されることを示した。

$$\frac{h_1}{h} = A\left(\frac{h_2}{h_c}\right)^2 + B\left(\frac{h_2}{h_c}\right) + C \quad (1)$$

$A=0.135, B=0.135, C=1.0 \quad : 0 < h_2/h_c < 1.5$
 $A=0.131, B=0.006, C=1.072 \quad : 1.5 < h_2/h_c < 2.5$
 $A=0.014, B=0.5424, C=0.46 \quad : 2.5 < h_2/h_c < 6.0$

刃形堰以外の形式の堰についてこれと同様な見積もりができれば治水計画に資するところが大きいと考える。その一環として本研究では Ogee 堰上の潜りキーワード Ogee 堰, 潜り越流, 上流水位評価

越流の水利を、刃形堰との関係で検討する。

3. 堰の実験データ

Ogee 堰上の潜り越流を取扱った実験研究として、Glen Cox²⁾と Micheal³⁾の研究が挙げられる。図-1に Ogee 堰上の潜り越流の概念図を本研究で用いる記号とともに示す。また実験条件を表-1に示す。

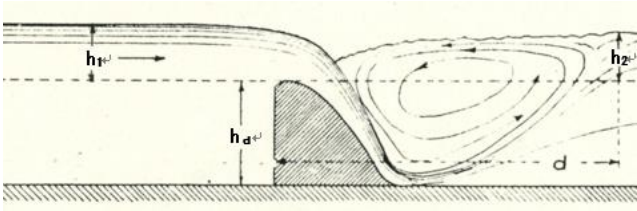


図-1 Ogee 堰上の潜り越流（文献²⁾に加筆）

表-1 実験条件

実験条件	Glen Cox			W.S.Micheal	
	Table 25/33	Table 26/34	Table 27/35	DAM A	DAM B
実験番号	鉛直/2:1	鉛直/2:1	鉛直/2:1	鉛直	鉛直
上流側堰高 h_{d1} (ft)	1.147	2.067	5.945	3.365	0.176
下流側堰高 h_{d2} (ft)	1.148	2.068	5.98	0.023~3.363	0.023~3.4
堰頂部曲率半径 R (ft)	3.939	3.939	4.437	1.429	2.527
単位幅流量 q (ft ² /s)	0.293~3.65	0.286~3.64	0.314~5.761	0.678~2.885	0.829~4.295

図-2は Glen Cox の堰高 5.945ft の堰の h_1/h と h_2/h_c の関係を、堰上流面が鉛直（Table No.27）の場合と勾配 1 : 2（Table No.35）について示す。図には刃形堰の結果も示した。図より、Ogee 堰の場合には、 h_1/h と h_2/h_c の関係が h_c/h_d により系統的に変わること

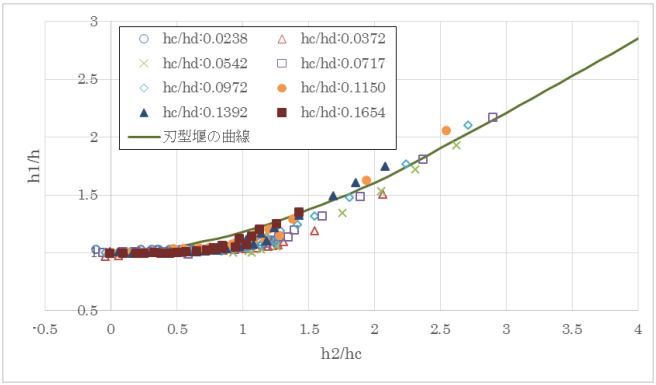
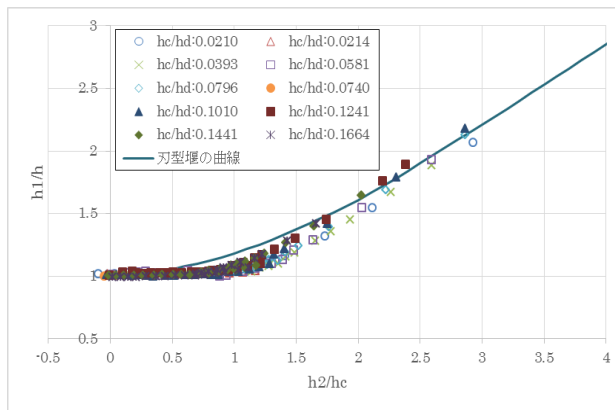


図-2 h_1/h と h_2/h_c の関係 (a) Table No.27

図-2 h_1/h と h_2/h_c の関係 (b)Table No.35

がわかる。また、潜り度 h_2/h_c が比較的小さい場合には Ogee 堰の h_1/h は刃形堰の値より小さいが、潜り度 h_2/h_c がある程度大きくなると逆に h_1/h の値は刃形堰の値より多少大きい場合がある。これは上流面が鉛直の場合におこる。潜り度 h_2/h_c が小さい範囲で Ogee 堰の h_1/h の値が刃形堰に比べて小さい原因として、Ogee 堰ではコアンダ効果で水脈が堰表面に吸い付くことが考えられる。また、 h_2/h_c が大きいと Ogee 堰の h_1/h の値が刃形堰の値より大きくなる原因は、上流面が鉛直と傾斜のケースの比較を合わせて考えると、この領域ではコアンダ効果が消えて流れの剥離が生じ、刃形堰に比べて摩擦抵抗が大きい分大きな抵抗が生じた結果と考えられる。

次に、図-3 には $h_1/h-1$ を縦軸にとったもの、そして図-4 には Ogee 堰の (h_1/h) の値の刃形堰の値に対する比 R_{h1} を縦軸にとった図を示す。これらの図は、図-2 を用いて述べた h_1/h の値の特徴が形を変えてより鮮明に表れている。特に R_{h1} が最大で 1.05 程度に留まることは設計上で大きな成果と考える。

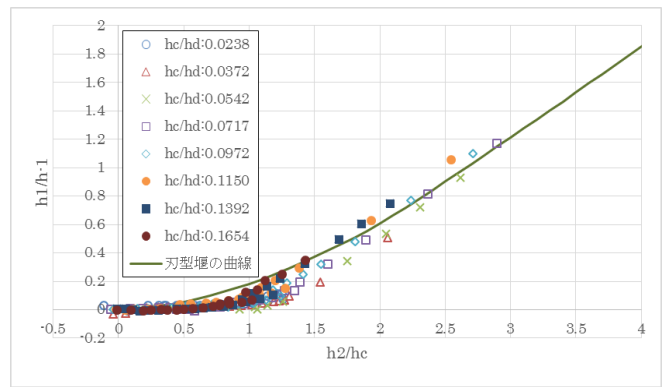
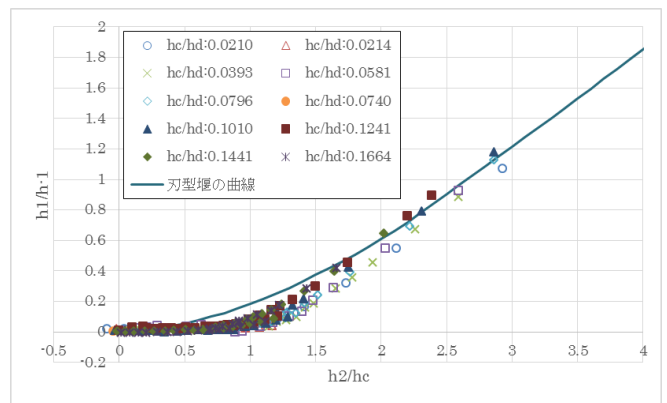
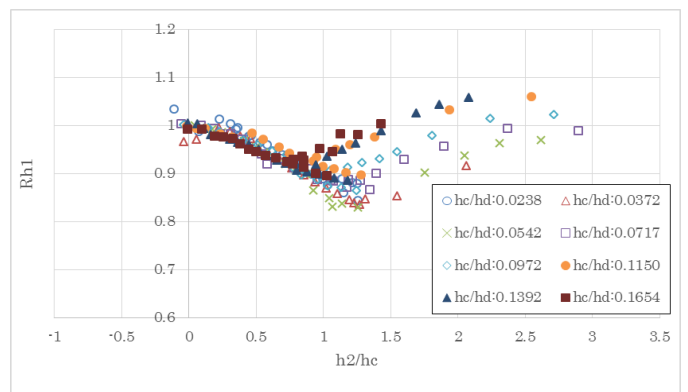
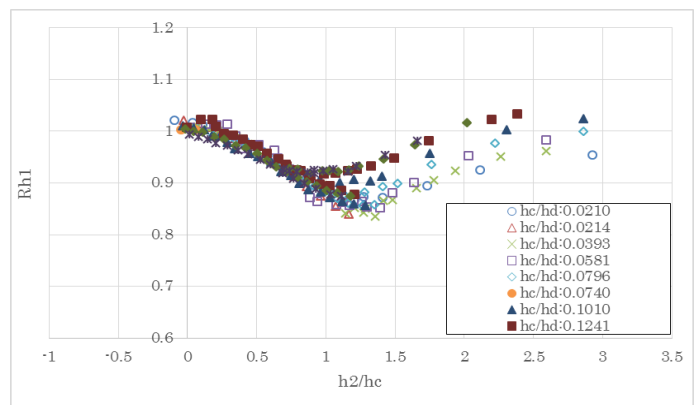
4. 結語

以上、Ogee 堰上の潜り越流の堰上流水位を、刃形堰との対比で検討した。その結果、Ogee 堰の h_1/h は潜り度が小さいと刃形堰より小さく、潜り度が大きいと刃形堰より大きい、1.05 倍を超えないことがわかった。

参考文献：1)羽田野ら：土木学会論文集，2014。

2)Glen Cox：Bull. Of Univ. of Wisconsin, 1928.

3)W.S.Micheal et al.:Boulder Canyon Project, Final report, 1948.

図-3 $h_1/h-1$ と h_2/h_c の関係 (a)Table No.27図-3 $h_1/h-1$ と h_2/h_c の関係 (b)Table No.35図-4 R_{h1} と h_2/h_c の関係 (a)Table No.27図-4 R_{h1} と h_2/h_c の関係 (b)Table No.35