H3-9

台形堰上の流れの区分と水面形に関する実験的検討

Experimental investigation on classification of flow condition and water surface profiles on trapezoidal weirs

安田陽一 [1]，後藤雅博 [2]，○島﨑竜一 [2]
Yoichi Yasuda[1]，Masahiro Goto[2]，*Ryoichi Shimazaki[2]

Abstract: This report presents the classification of flow condition and the water surface profile on trapezoidal weirs. The flow condition on a rectangular weir was classified into three categories, and the flow condition might be correspond to long-crested weir, broad-crested weir, and short-crested weir. But, the effect of shape of weir on the classification and the water surface profiles is not made clear. The authors conducted the experiments on the flow condition on two different types of weirs. They found that the flow condition in broad-crested weir is different between rectangular and trapezoidal weirs. Further, the boundary between long-crested and broad-crested weirs depend on the slope of upstream face of weir.

1. はじめに

一般に堰を越える流れの流況は，越流水深 H と堰長長さ L との比 H/L の値によって，長頂堰，広頂堰，狭頂堰に分類される． N.S.Govinda Rao と D. Muralidhar[1]によると，長頂堰は $H/L\leq0.1$，広頂堰は $0.1<H/L<0.4$，狭頂堰は $0.4\leq H/L\leq1.5\sim1.9$ で形成されることが報告され[2]， M.G.Bos[3]によって広頂堰は $0.08<H/L<0.33$，狭頂堰は $0.33<H/L<1.5$ で形成されることが報告されている．いずれも矩形形状の堰を対象としている．しかし，堰の形状（例えば，堰上流面の傾斜有無など）によって，流況および境界値がどのように変化するのか明らかにされていない．ここでは，堰の形状が矩形である場合と上流面に傾斜を有する場合の異なる堰模型を用いて，様々な流量規模に対する堰上部の水面形状を測定し，水面形状の変化特性から流況区分および長頂堰と広頂堰との境界を示す相対越流水深 H/L について実験的な検討を行った．

2. 実験方法

実験は幅 0.80m，長さ 14.5m，高さ 0.60m，幅 0.40m の長方形水平水路途中に堰模型を設置し，堰模型上流側に鉄板を使用した勾配を設けた場合(勾配 1/4.9)と設けない場合の 2 パターンについて Table1 に示す実験条件のもとで行った(Photo 1, 2)．堰模型は幅 0.796m，長さ 1.00m，高さ 0.10m の木製堰模型を使用した．堰上流側の傾斜面は幅 0.796m，長さ 0.50m の鋼板を使用し，斜面安定のため内側に土嚢を敷き，斜面上流側には幅 0.796m，長さ 1.00mの鉄板を設置した．なお，流量測定は水路下流側に設置された全幅刃型堰を使用し水深測定にはポイントゲージを用いた．

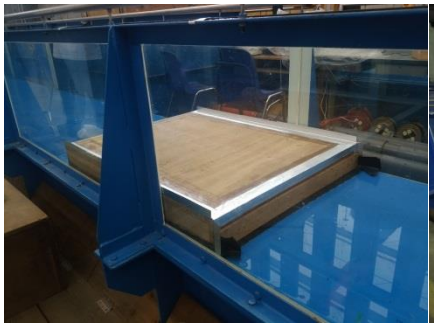

Photo 1. Physical model for rectangular weir

Photo 2. Physical model for Trapezoidal weir with slope of 1/4.9

Table 1. Experimental conditions

H/L	流量Q(m3/s)	堰上流斜面勾配
0.0366	9.55×10^{-3}	矩形堰
		台形堰　1/4.9勾配
0.0600	2.01×10^{-2}	矩形堰
0.0650	2.26×10^{-2}	
0.0700	2.53×10^{-2}	
0.0722	2.64×10^{-2}	矩形堰
0.100	4.31×10^{-2}	台形堰　1/4.9勾配
0.110	4.98×10^{-2}	台形堰　1/4.9勾配
0.120	5.67×10^{-2}	
0.130	6.39×10^{-2}	
0.138	7.00×10-2	矩形堰
		台形堰　1/4.9勾配

3. 広頂堰と長頂堰の水面形

Figure1，**Figure2** はそれぞれ $H/L=0.0365$，0.138 における水面形について，測定位置 x を堰頂長さ L で無次元化した x/L に対する測定水深 h を限界水深 hc で無次元化した h/hc の変化量として比較したときの図を示す．なお，越流水深 H は限界水深 hc の 1.5 倍として定義している．

Figure1 に示されるように，長頂堰となる場合，矩形堰では台形堰に比べて，流入部での流線の曲がりの影響が大きいため，同一の相対的な H/L に対して波状水面の形成が異なる．

Figure 2 に示されるように，広頂堰となる場合，矩形堰では台形堰に比べて，流入部での流線の曲がりの影響を受けて，堰上で射流となる区間($h/hc<1$ の領域)が広がっている．

従来，長頂堰においては堰上部で波状水面が形成され，広頂堰においては堰上部で平行流が形成されることが記述されているが，堰の形状による水面形の変化については明らかにした記述がなかった．

Figure 3, Figure 4 は長頂堰と広頂堰との境界付近の水面形を示す．図に示されるように，同一の H/L に対して，異なる水面形が形成される．実験的には流量を増加することによって，想定する H/L に設定すると，長頂堰

1：日大理工・教員・土木　2：日大理工・学部・土木

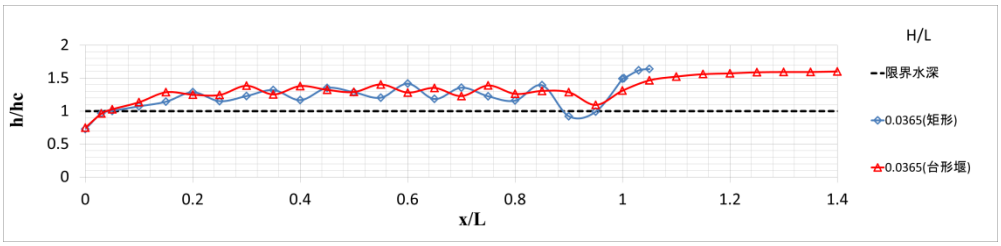

Figure 1. Water surface profiles on long-crest weir

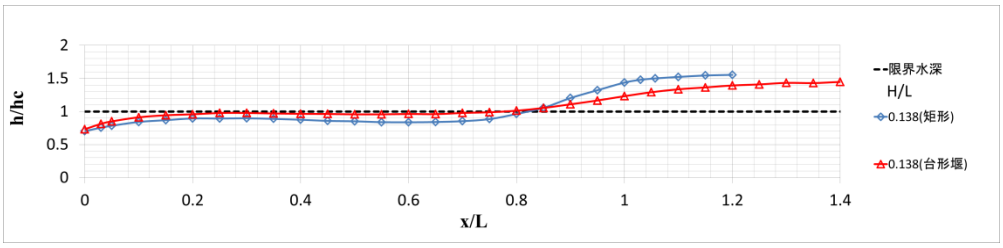

Figure 2. Water surface profiles on broad-crest weir

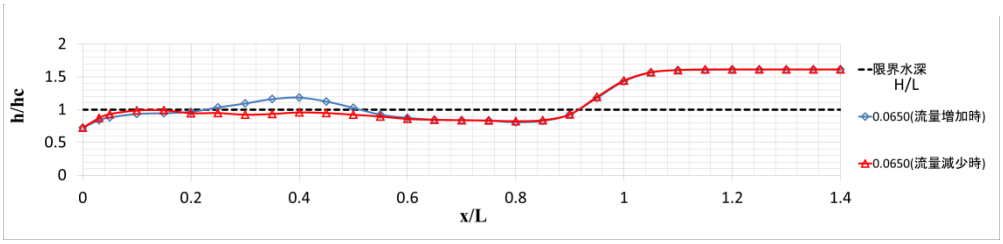

Figure 3. Water surface profiles on rectangular weir in the boundary between broad-crest and long-crest weirs

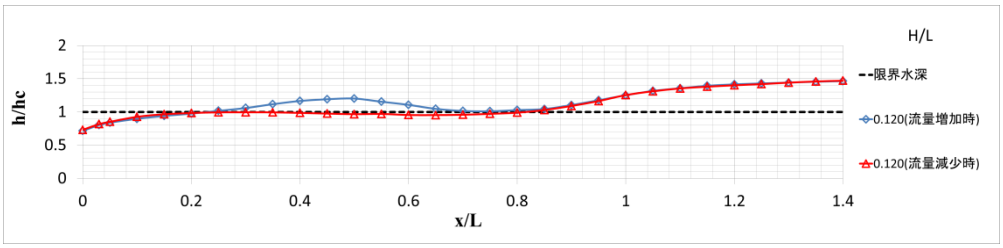

Figure 4. Water surface profiles on trapezoidal weir in the boundary between broad-crest and long-crest weirs

でみられる水面形となる．この状態は時間が十分に経過した後でも同様な水面形が維持される．また，流量を減少することによって，想定する *H/L* に設定すると，広頂堰でみられる水面形となる．この状態についても時間が十分に経過した後でも同様な水面形が維持される．これらは，堰背面（下流面）を越える流線の曲がりが履歴の影響を受けるためと考えられる．

堰上流側が鉛直面を有する矩形堰の場合，$H/L \geq 0.080$ で広頂堰となり，$H/L \leq 0.060$ で長頂堰となる．すなわち，$0.060 < H/L < 0.080$ の範囲が遷移領域となり，**Figure 3** に示されるように，流量の増加・減少の方向によって水面形が変化する．

堰上流側の勾配が 1/4.9 の台形堰の場合，$H/L \geq 0.130$ で広頂堰となり，$H/L \leq 0.100$ で長頂堰となる．すなわち，$0.100 < H/L < 0.130$ の範囲が遷移領域となり，**Figure 4** に示されるように，流量の増加・減少の方向によって水面形が変化する．

4. まとめ

堰を越流する流れの堰上部の水面形状について Table1 に示す実験条件のもとで検討した．矩形堰では，$H/L \leq 0.060$ で長頂堰となり，$H/L \geq 0.080$ で広頂堰となる．また，広頂堰では堰上部で射流区間が幅広く形成される．$0.060 < H/L < 0.080$ の範囲では流量の増加・減少の方向によって水面形が変化する．堰上流側の勾配が 1/4.9 の台形堰では，$H/L \geq 0.130$ で広頂堰となり，$H/L \leq 0.100$ で長頂堰となる．勾配 1/4.9 を有する台形堰の場合，堰上部で平行流の水深がほぼ限界水深となる．以上のことから，堰に流入する流れの流線の曲がりによって，堰上部の水面形が変化することを示し，長頂堰と広頂堰との境界を示す *H/L* の値が異なることを明らかにした．

5. 参考文献

［1］Rao,N.S.G.and Muralidhar,D : “Discharge characteristics of weirs of finite-crest width”, La Houille Blanche, No.5, Aout/Sep, pp. 537-545, 1963.
［2］土木学会：水理公式集［平成 11 年版］，p.244，1999.
［3］Sturm,T.W : “Open Channel Hydraulics”, McGraw-Hill Book Co, New York, pp. 52-55, 2001.