

H3-5

長頂堰と広頂堰の境界に関する実験的検討

Experimental investigation on the boundary between long and broad crested weirs

○島崎竜一¹, 安田陽一²*Ryoichi Shimazaki¹, Yoichi Yasuda²

Abstract: Flow condition on a weir is classified as a long crested weir, a broad crested weir, and a short crested weir. The hydraulic condition for the boundary between a long and a broad crested weirs has been investigated experimentally. The boundary depends on the shape of weir, the relative length of weir, and the relative height of weir. Experimental investigation reveals that the non-dimensional parameters S/B and L/B are affected in both rectangular and trapezoidal weirs. Further, it was found that the boundary was changed by the direction for the change of discharge, and also that the flow condition passing over the weir was different by the non-dimensional parameters S/B and L/B .

1. はじめに

一般に堰は、越流時の堰直上の水面形により長頂堰、広頂堰、狭頂堰に分類され、堰直上で波状水面が形成される堰を長頂堰、平行流が形成される堰を広頂堰、完全な曲線流が形成される堰を狭頂堰としている。この3種類の堰は越流水深 H と堰頂長さ L との比、相対越流水深 H/L の値によって分類されている。長頂堰、広頂堰および狭頂堰の境界値について、N.S.Govinda Rao and D.Muralidhar^[1]によると、長頂堰が $H/L \leq 0.1$ の範囲で、広頂堰が $0.1 < H/L < 0.4$ の範囲で、狭頂堰が $0.4 \leq H/L \leq 1.5 \sim 1.9$ の範囲であることが記載されており、この値は水理公式集にも記載されている^[2]。一方、M.G.Bos^[3]により長頂堰は $0.08 \leq H/L$ の範囲で、広頂堰は $0.08 < H/L < 0.33$ の範囲で、狭頂堰は $0.33 < H/L < 1.5 \sim 1.8$ の範囲であることが報告されている^[4]。これはそれぞれの行った実験条件が異なるため、長頂堰、広頂堰、狭頂堰の境界について統一的な見解が得られていないことが考えられる。また、上記の境界値は全て矩形堰を対象とした実験値であり、堰の形状の違いによる境界値の変化については明らかにされていない。

ここでは、長頂堰と広頂堰の境界を対象に様々な高さの矩形堰、及び矩形堰上流面に斜面を設け台形堰とした場合の異なる堰模型を用いて、流量を増減させ、水面形の変化からその境界となる相対越流水深 H/L の値を測定し、相対堰高さ S/B 、相対堰頂長さ L/B 、及び堰の形状による長頂堰と広頂堰の境界値の変化について実験的に検討した。

2. 実験方法

実験には幅 0.80m、長さ 18.0m、高さ 0.60m、と幅 0.40m、長さ 18.5m、高さ 0.60m、の2種類の長方形水平水路を使用した。それぞれの水路途中に堰模型を設置し、Table 1 に示す実験条件のもとで実験を行った。

堰模型は木製の堰模型を矩形堰とした。幅 0.800m の水路では、幅 0.796m、長さ 1.00m、で一定にし、高さ 0.0500m、0.100m、0.200m (Photo 1)、0.300m、0.400m の模型を使用し、堰高さを変化させることで相対堰高さ S/B 、相対堰頂長さ L/B を変化させた。幅 0.40m の水路では幅 0.396m、長さ 1.00m、高さ 0.10m の模型を使用した。台形堰については幅 0.800m、0.400m 共に高さ 0.10m の木製堰模型の上流側に長さ 0.50m、厚さ 5 mm の鋼版を使用し勾配 1/4.9 の斜面を設けた物を台形堰 (Photo 2) として実験を行った。また、長頂堰と

広頂堰の境界値については、広頂堰の状態から流量を徐々に減少させ平行流の状態から波状水面が現れた時の H/L の値を長頂堰の境界とし、長頂堰の状態から流量を徐々に増加させ、波状水面が平行流となった時の H/L の値を広頂堰の境界と定め、流量の増減によって境界値が異なることを示した。

3. 長頂堰と広頂堰間の境界値について

Figure 1 は相対堰頂長さ $L/B=1.25$ の矩形堰において相対堰高さ S/B の値を変化させた場合の長頂堰と広頂堰の境界値の変化を示す。Figure 2 は $S/B=2.50$ の矩形堰において L/B の値を変化させた場合の長頂堰と広頂堰の境界値の変化を示す。Figure 3 は N.S.Govinda Rao and D.Muralidhar による長頂堰と広頂堰の境界値の変化を示す^[1]。Figure 1, Figure 2, Figure 3 においては、測定された境界値をプロットしたものを線で結んである。実線で示した境界値より大きい H/L の値となると、広頂堰の流況が形成される。破線で示したものが境界値より小さい H/L の値となると、長頂堰の流況が形成される。

Figure 1, Figure 2, Figure 3 に示すように、Rao らによる研究では矩形堰における長頂堰と広頂堰の境界値が $H/L=0.1$ と同一の値であるのに対して、本実験では同一の値ではないことがわかる。破線で示した

Table 1. Experimental conditions

水路幅 B (m)	矩形堰					台形堰 (1/4.9勾配)		
	0.800					0.400	0.800	0.400
堰高さ S (m)	0.0500	0.100	0.200	0.300	0.400	0.100	0.100	
相対堰高さ S/B	0.0625	0.125	0.250	0.375	0.500	0.250	0.250	
堰頂長さ L (m)	1.00							
相対堰頂長さ L/B	1.25					2.50	1.25	2.50

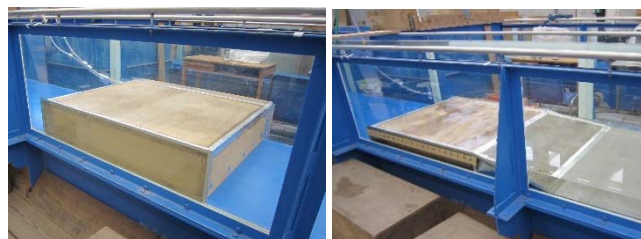


Photo 1. Rectangular weir model Photo 2. Trapezoid weir model with 1/4.9 slope

長頂堰の境界値と実線で示した広頂堰の境界値の間では流量の増加減少によって、長頂堰、広頂堰の両方の水面形が確認できる遷移領域となる。これは流況観察より堰背面（堰流入部）を越える流線の曲がりがあるためと形成されていた水面形の履歴による影響を受けるためと考えられる。

Figure 1 に示されるように、与えられた L/B の値に対して、 $S/B=0.250\sim 0.500$ で示す境界値 H/L の値が $S/B=0.0625, 0.125$ で示す境界値 H/L より小さいことがわかる。これは堰上流側の流況観察により堰上流端での流入する流れが異なるためと考えられる。今後、相対堰高さ S/B を変化させて、堰背面を乗り越える流れや水路壁面付近から生じる 3 次元的な流れの形成が境界値にどのように影響するのか検討する。

Figure 2 に示されるように、与えられた S/B の値に対して、境界を示す H/L の値が L/B によって変化する。これは水路幅に対する堰頂長さが長い場合、広頂堰となるためにはより大きい流量規模、または越流水深が必要のためと考えられる。

Figure 3 に示されるように、Rao and Muralidhar によると、 $S/B=2.98\sim 3.05$ の場合、 L/B の値による長頂堰と広頂堰の境界値の変化は認められない。このことから、 S/B の値がどの時点で L/B による影響がなくなるのか検討する必要がある。

Figure 4 は相対堰高さ S/B および相対堰頂長さ L/B の値を同一にした場合の矩形堰と台形堰での長頂堰と広頂堰の境界値 H/L の比較を示す。Figure 4 に示されるように、矩形堰と台形堰では、 $S/B, L/B$ の値を同一にいた場合でも長頂堰と広頂堰の境界値の違いが見られる。これは堰上流部の形状を矩形から斜面を用いた台形にすることで堰流入部の曲率が抑えられることで堰上の水面形が変化し、その結果長頂堰と広頂堰の境界値が変化したものと考えられる。

以上のことから矩形堰において長頂堰と広頂堰の境界を示す相対越流水深 H/L の値は、少なくとも相対堰高さ S/B が小さい場合、相対堰頂長さ $L/B, S/B$ の形状により変化。

4. まとめ

矩形堰、台形堰を対象に長頂堰と広頂堰との境界について、Table 1 に示す実験条件のもとで相対堰高さ S/B 、相対堰頂長さ L/B を変化させて検討を行った。長頂堰と広頂堰の境界となる相対越流水深 H/L の値の変化について実験を行った結果、 S/B および L/B の値により H/L の値が変化することを示した。また、堰形状を上流面に $1/4.9$ 勾配を持つ台形堰にした場合では、堰上流側に傾斜を持たせることで堰流入部での流れの曲率が抑えられるため、同一の $S/B, L/B$ であっても境界を示す H/L の値が矩形堰の場合よりも大きくなることを示した。さらに、本実験条件の範囲では、堰背面を乗り越える流れが流量を変化する前に形成されていた水面形の影響を受けるため長頂堰と広頂堰の間に流量の増減により長頂堰と広頂堰のいずれの水面形も確認できる遷移領域が存在することを明らかにした。

今後は、既往の研究結果との整合性を得るために、実験条件を拡張して、長頂堰と広頂堰との境界について実験的な検討を行う。また、相対堰高さ S/B を変化させて、堰背面を乗り越える流れや水路壁面付近から

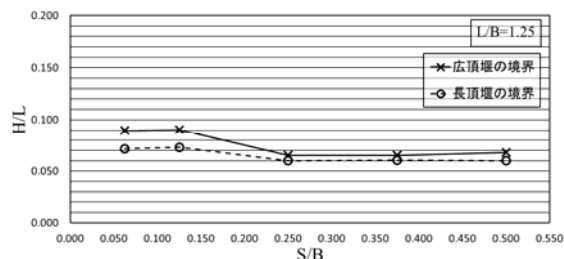


Figure 1. Change of H/L with S/B in the boundary between long and broad crested weirs in a rectangular weir ($L/B = 1.25$)

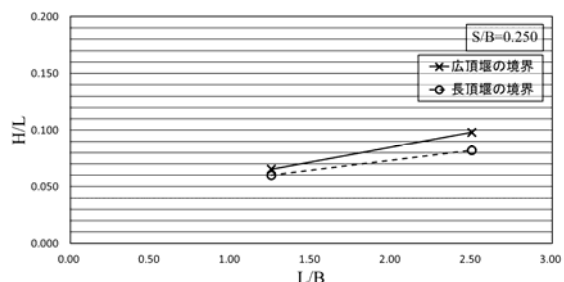


Figure 2. Change of H/L with L/B in the boundary between long and broad crested weirs in a rectangular weir ($S/B = 0.250$)

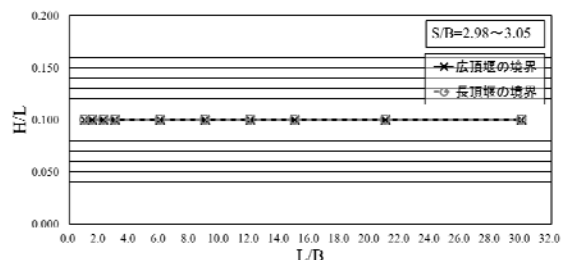


Figure 3. Change of H/L with L/B in the boundary between long and broad crested weirs in a rectangular weir ($S/B = 2.98$ to 3.05). Data by Rao and Muralidhar

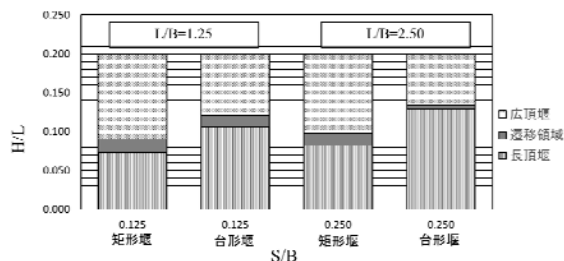


Figure 4. Comparison of boundary between long and broad crested weirs in rectangular and trapezoidal weirs under given S/B and L/B .

生じる 3 次元的な流れの形成が境界値にどのように影響するのか検討する。

6. 参考文献

- [1] Rao, N. S. G. and Muralidhar, D : “Discharge characteristics of weirs of finite-crest width”, L a 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.
- [4] Bos, M. G : “Discharge Measurement Structures”. ILRI Publication 20, 3rd Revised Edition. Wageningen, The Netherlands, pp.143-145, 1988.