

II-160

バッフル・ブロックによる跳水の制御

日大院・理工	学	石橋男
日大院・理工	学	羽柴秀樹
日大・理工	正	安田陽一
日大・理工	正	大津岩夫

1 はじめに

水叩内では跳水を形成させるための一方法として、バッフル・ブロックが用いられることがある¹⁾。しかしながら、バッフルによる跳水特性については十分に明らかにされていない。ここでは、バッフルによる跳水特性について検討を加えた。

2 実験

実験は、幅80cmの長方形断面水路に、立方体のブロックを千鳥に6~7列設置して行った(図-1)。実験範囲は、 $4 \leq F_1 \leq 8$ 、 $1.6 \text{ cm} \leq h_1 \leq 4.1 \text{ cm}$ 、 $L_b/h_b = 17, 20, 0.39 \leq h_b/h_1 \leq 1.0$ $h_b = 1.6 \text{ cm}$ 粗度集中度¹⁾ $I = 10\%$ である。

3 流況

ブロックを通過する流れの流況は、射流のフルード数 F_1 、ブロックの高さ h_b/h_1 および下流水深 h_t/h_1 によって変化し、跳水(Jump type)が形成されたりWave typeの流況が形成されたりする。Jump typeの流況では、主流(jet)が水面近くに上昇する場合(Surface jet: Case A)および底面近くに位置する場合(Bottom jet: Case B)の2つの場合がある(図-2)。またWave type flowの場合、表面渦は形成されない。

Case Aの場合

バッフル・ブロック下流側で跳水が形成されている状態(流況(c) Blown-out Jump)から下流水位を上げていき、跳水始端がブロック上に位置し始めると、Wave type flowへと変化する(流況(b))。この流況から下流水位を上げていくとWaveが碎波し、表面渦が形成されるようになる。この場合、主流はブロックによって、水面近くまで上昇する(流況(a) Jump with Surface jet)。この流況からさらに下流水位を上げると、バッフル・ブロック上流側に Classical jump が形成される。逆にこの流況から下流水位を下げていくと、上げていった場合と同じ水理条件で流況は(a)(b)(c)の順に変化する。すなわち、下流水位の上げ下げの影響は認められない。

Case Bの場合

バッフル・ブロック下流側で跳水が形成されている状態(流況(g) Blown-out Jump)から下流水位を上げていくと、跳水始端はブロックのやや上流側に位置するまで移動する。この場合、主流はブロック下流側においても底面近くに位置するようになる(流況(f) Jump with Bottom jet)。この流況から、下流水位を上げると、表面渦が形成されなくなりWave type flowが形成されるようになる(流況(e))。さらに下流水位を上げていくと、waveが碎波しJump with Surface jet が形成され(流況(d))、ついには Classical jump が形成される。この流況から下流水位を下げると、Jump with Surface jet からWave type flowを経てJump with Bottom jetへと変化する。このような流況の変化は、下流水位の上げ下げの方向によって異なった水理条件のもとで生じる。

Case AおよびCase Bの形成範囲を図-3に示す。図中境界線は次式によって示される。

$$h_b/h_1 = 0.117F_1 - 0.151$$

3 水深間の関係

Jump with Surface jet が形成されるための下限の水深 h_t/h_1 を(1)式の関係で整理したものを図-4に示す。図中実線は自由跳水の場合を示す。

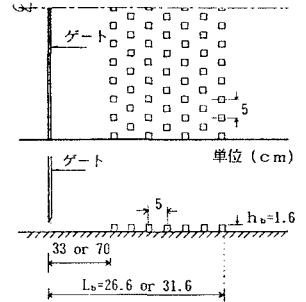
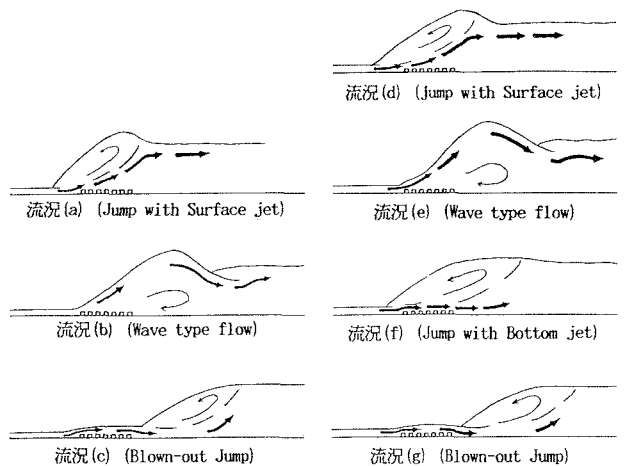


図-1 ブロックの配置



Case A(Flow cycle without Bottom jet) Case B(Flow cycle with Bottom jet)

図-2 流況図

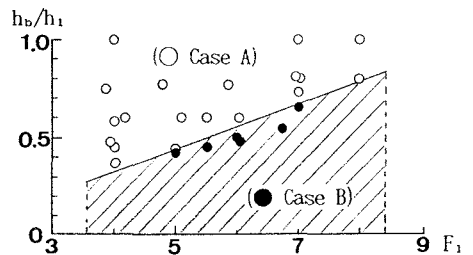


図-3 Case A と Case B の形成範囲

$$h_t/h_1=f(F_1, h_b/h_1) \quad \text{-----}(1)$$

与えられた F_1 に対し、Jump with Surface jetにおける流況(a)と流況(d)の h_t/h_1 の値はほぼ同様であり、自由跳水の場合より小さい値を示す。また、与えられた F_1 に対して下流水深が図-4に示した値よりも小さい場合、Wave type flow(流況(b),(e))が形成される可能性がある。従って、安定した跳水を形成させるためには、図-4に示した下流水深が必要である。

4 Jump with Surface jet と Wave type flow の水面形

Jump with Surface jet(流況(a),(d))および Wave type flow(流況(b),(e))の水面形状を(2)式の関係で整理した一例を図-5に示す。図中実線は自由跳水の場合²⁾を示す。

$$(h-h_1)/(h_2-h_1)=f(x/L_j) \quad \text{-----}(2)$$

図-5に示されるように、Wave type flow(流況(b),(e))の場合の波高は Jump with Surface jet(流況(a),(d))の跳水終端水深より1.3~1.5倍程度大きくなることが認められる。

5 Jump with Surface jet (流況(a)) および Jump with Bottom jet (流況(f))のブロックに作用する抗力について

全ブロックの抗力に対する各列の抗力の占める割合を図-6に示す。

図-6に示されるように Jump with Surface jetの場合、主流がブロックによって水面近くまで上昇しているため、3列までに全抗力の90%以上を占める。また Jump with Bottom jetの場合、3列までに全抗力の約80%程度を占めるが、主流が底面近くに位置するため4, 5, 6列目にも抗力が作用する。

6 Jump with Surface jet(流況(a),(d))、Jump with Bottom jet (流況(f))における流速特性

6-1 最大流速の減衰状況

最大流速の実験値を(3)式の関係で整理した一例を図-7に示す。図中実線は自由跳水の場合²⁾を示す。

$$(u_m-v_t)/(v_t-v_t)=f(x/L_j, F_1, h_b/h_1) \quad \text{-----}(3)$$

図-7に示されるように、最大流速の減衰状況は各流況ともブロック下流側において自由跳水よりも大きく減衰し、自由跳水の長さの80%程度で最大流速が十分に減衰することが認められる。また Jump with Surface jetの場合、主流がブロックにより急に上昇し始める位置($x/L_j=0.5$ 付近)で、最大流速の減衰率が大きくなっている。

6-2 最大流速の生じる位置

最大流速の生じる位置 y_1 の実験値を(4)式の関係で整理した一例を図-8に示す。図中実線は自由跳水の場合²⁾を示す。

$$y_1/h_2=f(x/L_j, F_1, h_b/h_1) \quad \text{-----}(4)$$

図-8に示されるように、Jump with Surface jetの場合と Jump with Bottom jetの場合とは y_1 の変化傾向が異なることが確かめられる。Jump with Surface jetの場合、自由跳水の場合とは異なり主流は $x/L_j>0.4\sim0.5$ で水面近くに位置するようになる。また、Jump with Bottom jetの場合、 $x/L_j<0.7\sim0.8$ でも主流は底面近くに位置する。

記号説明

F_1 : 跳水始端でのフルード数, h_1 : 跳水始端での水深, h_b : ブロックの高さ, h_2 : $h_1(\sqrt{8F_1^2+1}-1)/2$, h_t : 跳水終端での水深, L_b : ブロックの設置長さ, L_j : 自由跳水の長さ($=5.5h_2$), u_m : 最大流速, v_t : 跳水始端での平均流速, $v_t: q/h_t$ (q : 単位幅流量), x : 跳水始端からの水平距離, y_1 : 水路床から u_m の生じる位置までの距離

参考文献

- 1) H. S. Ali, 石原, 中村, 和田, (1992) 土木学会論文集 No. 456/II-21, pp21~28
- 2) Ohtsu, I., Yasuda, Y. and Awazu, S. (1990) "Free and Submerged Hydraulic Jumps in Rectangular Channels", Report No. 35, Res. Inst. of Sci. and Tech., Nihon Univ., pp1~50

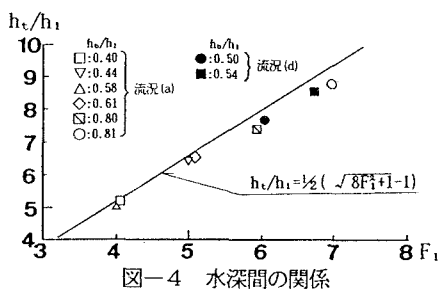


図-4 水深間の関係

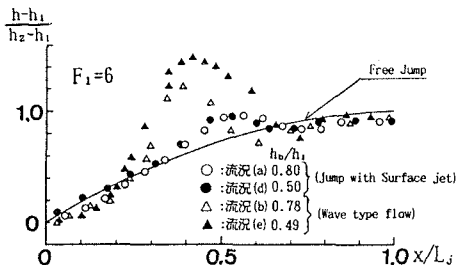


図-5 水面形

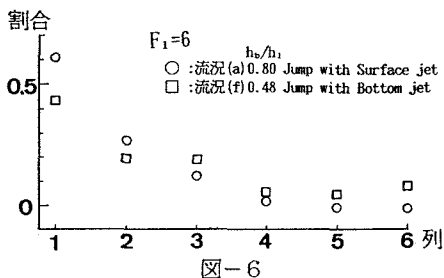


図-6

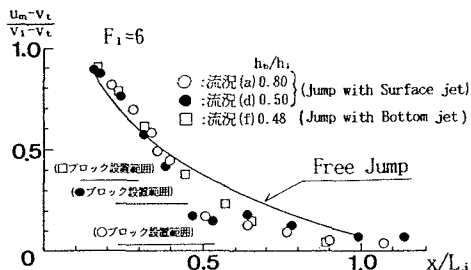


図-7 最大流速の減衰図

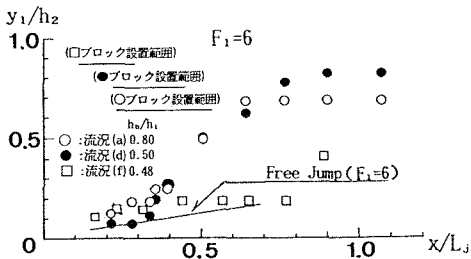


図-8 最大流速の位置