

日本大学大学院理工学研究科 ○学員 工藤 博之

日本大学理工学部 正員 大津 岩夫

日本大学理工学部 正員 安田 陽一

1. はじめに

ダムや堰から流出する放流水のエネルギーを減勢するための方法として、一般的に跳水式減勢工が利用されている。水叩き上において自由跳水が形成された場合、わずかな下流水深の変化によって跳水始端の位置が大きく移動する。跳水の形成位置を安定化させる一つの方法として、水叩き内にバッフルブロックを設置することが試みられている。従来、長方形断面開水路、等流において粗度集中密度 $I = 10.0\%$ で抵抗係数が最も大きくなると報告され¹⁾、その結果を跳水中に設置するバッフルブロックに適用している²⁾。ここで、粗度集中密度とは、粗度1個当たりが流れに影響を与える水底面積に対して、粗度1個の流れに直交する投影面積の割合として定義されたものである。ブロックの粗度集中密度の違いによってブロック全体に作用する抗力がどのように変化するのか明らかにされていないため、跳水中のブロックの配置について、 $I = 10.0\%$ が最適であるか不明である。本研究では、相対ブロック高さ $h_b/h_r \approx 0.9$ を対象として、粗度集中密度の変化による抗力の違いを明らかにし、最適な粗度集中密度を提案した。

2. 実験

本実験は、幅 59.5cm、長さ 6.0m の長方形断面水平水路に、粗度集中密度 $I = h_b^2 / ab \times 100$ を 10.0、8.0、6.0、4.0% に変化させて、図-1 に示されるように立方体のブロックを6列配置した。ブロックに作用する抗力を知るため、ピトー管の静圧管を用いて、ブロック前後の圧力を測定した。実験範囲は、 $5.00 \leq F_r \leq 7.13$ 、 $h_b/h_r \approx 0.9$ 、 $h_b = 1.8\text{cm}$ 、 $0.2 \leq X_s/L_j \leq 0.4$ (F_r : 跳水始端でのフルード数、 L_j : 自由跳水長、 N : ブロックの列数、 X_s : 跳水始端からブロック始端の距離) である (図-2)。

3. 下流水深の変化に伴うフローパターン

バッフルブロック下流側で跳水が形成されている状態 (Blown-out of jump) から下流水深を大きくすると、跳水始端の位置が上流側に移動し、跳水始端がブロック最前列に位置した段階で、表面渦が形成されない流況 (Wave Type flow) へと遷移する。この状態から下流水深を大きくしていくと、ある段階でブロック直上流側で表面渦を伴う流況 (Jump with surface jet) が形成される。この流況からさらに下流水深を上げると、ブロック上流側に Classical jump が形成される (図-3)。本研究では、Jump with surface jet を対象に検討を行った。

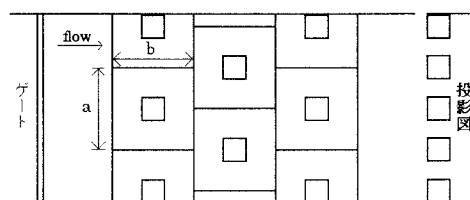


図-1 バッフルブロックの配置図

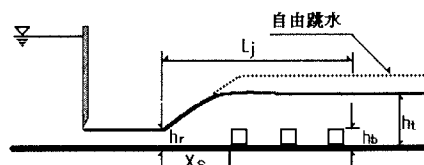


図-2 バッフルブロックにおける跳水

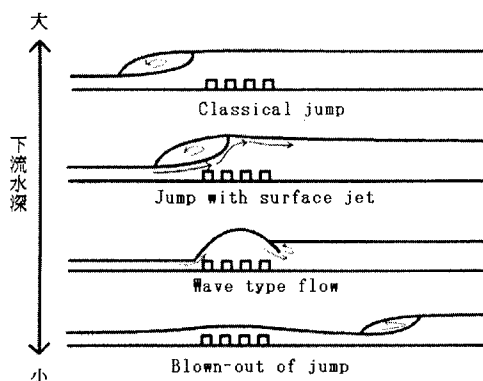


図-3 フローパターン

キーワード: 跳水、バッフルブロック、粗度集中密度、減勢工

東京都千代田区神田駿河台 1-8 日本大学理工学部土木工学科 Tel. & Fax. 03-3259-0409

4. バッフルブロックに作用する抗力

Jump with surface jet における抗力について検討するため、与えられた Fr 、 h_b/h_r 、および X_s/L_j に対して、バッフルブロックに作用する抗力係数(1)について整理したものを図-4~6に示す。

$$C_r = D / (1/2) \rho V_r^2 B h_r \cdots (1)$$

図に示されるように X_s/L_j が大きくなるのに伴い、抗力係数 C_r が減少する。つまり、抗力は X_s/L_j に大きく影響される。また、与えられた Fr 、 h_b/h_r 、 X_s/L_j に対して $I = 6.0\%$ の場合、抗力係数が最も高くなる。実測した抗力と運動量方程式を用いて間接的に得られた抗力との比較を図-7に示す。なお、運動量方程式は跳水部を検査部を選び、流下方向に適用した式(2)である。

$$C_{rm} = \{ 1 - (h_r/h_r)^2 \} / Fr_r^2 + 2(1 - h_r/h_r) \cdots (2)$$

図に示されるように、15%以内で実測値は計算値と一致する。

5. 粗度集中密度と各列に作用する抗力の割合

$5.00 \leq Fr \leq 7.13$ において、各列に作用する抗力の割合の一例を図-8、9に示す。ここでは、粗度集中密度 $I = 10.0\%$ と $I = 6.0\%$ に関して比較を行う。 $I = 10.0\%$ と $I = 6.0\%$ の場合では、ブロック各列に作用する抗力の割合に違いが見られる。すなわち、 $I = 10.0\%$ では、一列目で7~8割も占めており、ほぼ3列目までしか抗力がかかっていないのに対して、 $I = 6.0\%$ では、一列目で5~6割を占め、6列目まで抗力がかかる。

6. 結論

本実験では、跳水中におけるバッフルブロックの粗度集中密度を変化させたときの抗力に関して、実験的検討を加え、抗力係数が最大となる粗度集中密度は6.0%であることを明らかにした。

7. 記号説明

a: ブロック設置間隔(水路横断方向)、b: ブロック設置間隔(水路縦断方向)、B: 水路幅、 C_r : 抗力係数、 C_{rm} : 運動量方程式に代入して間接的に得られた抗力係数、D: 抗力、 Fr_r : 跳水始端でのフルード数、 h_b : ブロックの高さ、 h_b/h_r : 相対ブロック高さ、 h_r : 跳水始端水深、 h_r : ブロック設置時の跳水終端水深、 h_r/h_r : 相対下流水深、I: 粗度集中密度、 L_j : 自由跳水長、N: ブロックの列数、 X_s : 跳水始端からブロック始端の距離、 ρ : 水の密度

8. 参考文献

- 1) 足立 昭平 人工粗度の実験的研究 土木学会論文集第104号 pp. 33~pp. 44. 1963
- 2) ヒシャム S モハメドアリ イボ粗度による跳水の制御 土木学会論文集 No. 456 pp21~pp28. 1992

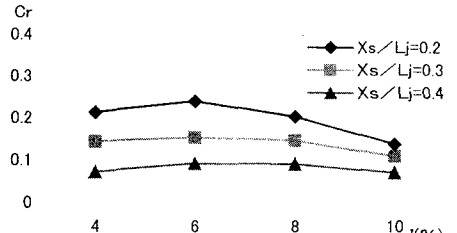


図-4 $Fr=5.00$ での抗力係数と粗度集中密度の関係

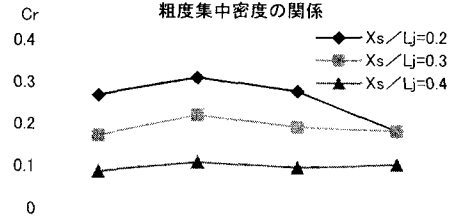


図-5 $Fr=6.00$ での抗力係数と粗度集中密度の関係

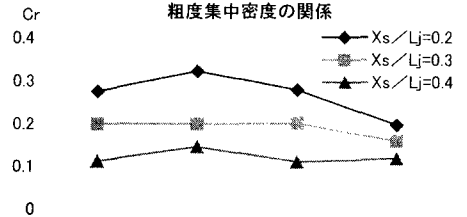


図-6 $Fr=7.13$ での抗力係数と粗度集中密度の関係

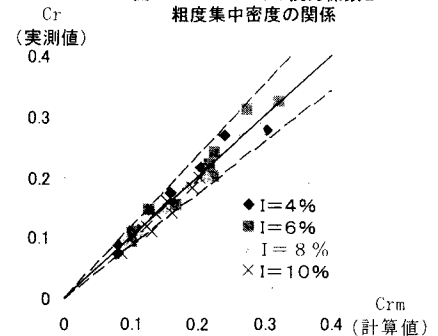


図-7 抗力係数(実験値と計算値)

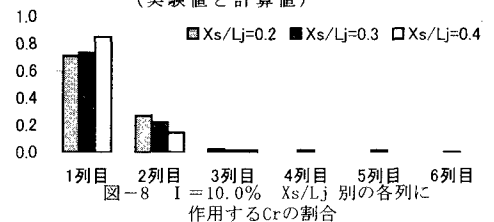


図-8 $I = 10.0\%$ X_s/L_j 別の各列に作用する C_r の割合

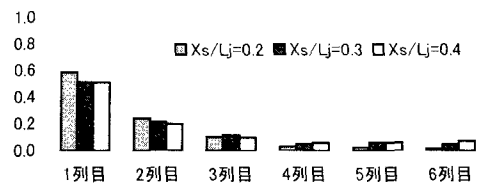


図-9 $I = 6.0\%$ X_s/L_j 別の各列に作用する C_r の割合