

東北大学大学院 学生員 笠川稔郎
東北大学工学部 正員 首藤伸夫
東北大学工学部 学生員 清野潤一

1 まえがき 著者らは、家屋や地物等の大障害物群の影響を考慮に入れた津波の遡上などの非定常計算を行なう際、必要となる抵抗則を明確にすべく実験を進めてきた。その結果の一部は、既に報告した¹⁾。ここでは、条件の異なる実験を行ない、その結果と既報との結果を比較、検討し、若干の知見が得られたので報告する。

2. 実験 実験は、長さ16.0m、幅0.8m、高さ0.6mの両側面がラス張りの矩形断面可傾水路を用いた。水路の上流側のバルブを操作して流量を変化させ、下流側の可動堰を調節して背水高を変化させることができる。実験用模型の大きさは、18cm×18cm×75cmで、その平面形は正方形である。模型の配置は、既報の予備調査の結果をもとに家屋等の面積占有率が平均的な場合を想定して決定した。既報との実験条件の比較を表-1に示す。実験は、定常流について行なった。測定した水理量は、平均水位と流量であった。平均水位は、障害物上流はポイントゲージで、障害物間と下流側水位はマノメーター及びバースト式水位計で測定した。流量は、水路下流端量水槽の四角堰を用いて測定した。また、水路下流側の可動堰を操作して障害物群下流側水位を調節し、各流量につき数種のデータを得た。

3 結果の整理と考察 既報では、第1列目と第2列目以降を分けて考察した。今回の実験(B)から得られた第1列目のデータを既報で用いたD'Aubuisson公式に適用しても十分に近似し得ない。縮流係数 $C=0.8$ とした場合を図-1に示す。これは、AとBでは縦断方向間隔が異なることによる流況の違いとD'Aubuissonが用いた仮定を十分に満足していないためと考えられる。

ここでは、障害物群を一体のものみなして整理する。単一障害物について、Kindsvatner, Carter は、以下のように損失水頭を評価している²⁾。諸元を図-2に示す。断面1と3にエネルギー方程式、連続方程式を適用すると

$$\alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + \alpha'_1 y_1 = \alpha_3 \frac{v_3^2}{2g} + \alpha'_3 y_3 + h_e + h_f \quad (1)$$

$$Q = B y_1 v_1 = C_c b y_3 v_3 \quad (2)$$

α_1, α_3 : エネルギー補正係数 h_e : 渦による損失水頭 C_c : 縮流係数

α'_1, α'_3 : 静水圧分布からのずれの補正係数 h_f : 摩擦損失水頭

$\alpha'_1 \approx 1, \alpha'_3 y_3 = \rho_p \frac{v_3^2}{2g} + y_3$, $h_e = \rho_e \frac{v_3^2}{2g}$ と仮定して、(1),(2)を Q について解くと

$$Q = C_c b y_3 \sqrt{2g(\Delta h - h_f + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g})} \quad (3)$$

$$C = C_c / \sqrt{\alpha_3 + \rho_p + \rho_e} \quad \text{流量係数} \quad (4)$$

(3)をCに関して解けば $C = Q / b y_3 \sqrt{2g(\Delta h - h_f + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g})} \quad (5)$

そして、この理論が障害物群に対しても適用できるものと仮定する。また、 $\alpha \approx 1$ とし、摩擦損失より形状損失の方がより支配的であると考え、 $h_f = 0$ とする。従って、解析に用いる流量係数Cは、次の形をとる。

$$C = Q / b y_3 \sqrt{2g(\Delta h + \frac{v_1^2}{2g})} \quad (6)$$

	A	B
面積占有率(%)	48.6	30.4
縦断方向間隔(cm)	7.0	2.20
横断方向間隔(cm)	8.67	
最終流速	6	5
流量 (m^3/sec)	1.2×10^{-4}	

表-1 実験条件の比較

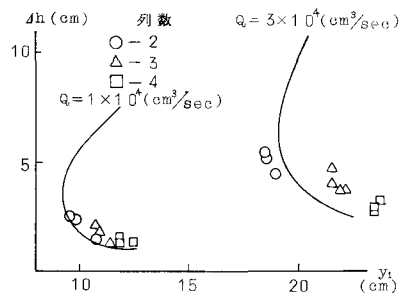


図-1 実験式との比較

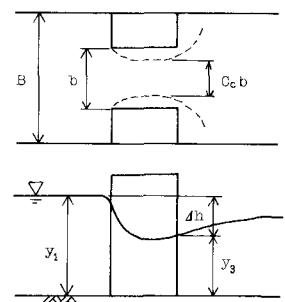


図-2 諸元(1)

以下、跳水が生じた場合と生じなかった場合とに分けて、流量係数 C の値を評価する。また、大障害物群における諸元を図-3に示す。

1) 跳水が生じた場合、計算に用いた水位 y_0 は、Aの場合実測値とした。しかし、Bの場合、水位 y_0 の測定は行なわなかった。そこで、以下の手順でBの場合の y_0 を算出した。A,Bの場合とも第1列目による損失水頭が最も大きく、第2列目以降各列の損失水頭は比較的小さく、列数や流量が変化してもほとんど同じ傾向があった。そこで、最後列による損失水頭も小さいものと考え、最後列上流の比エネルギーを用いて射流側水位 y_0 を算出した。Aの場合の実測値 y_0 と計算値 y_0 の間には、流量、列数の如何にかかわらず線形性があつた。最後列上流側で常流に復帰した流れは、最後列による縮流の影響を受けて射流となる。AとBとでは障害物間隔が異なるだけで、模型の大きさは同じであるため、最後列が流れに与える影響は同程度であると考えられる。従つて、Bの場合にはAにおける y_0 と y_0' との関係を用いて y_0 を計算し、それを流量係数 C の算出に用いた。流量 $1 \times 10^4, 3 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{sec}$ の場合について、流量係数と列数との関係を図-4,5に示す。図より、流量係数の変化の傾向がつかめる。A,B両者とも、列数が増加すると C の値は減少する。これは、単一障害物の水路幅縮小比が減少する場合と類似の傾向と考えられる。また、Bの勾配の方が大きく列数増加の影響が顕著である。

2) 跳水が生じなかった場合、Aの場合、計算に用いた水位 y_0 は実測値とした。Bの場合、Aの y_0 と y_0' (両者とも実測値)とに、線形関係があるため、その関係を用いて実測値 y_0 から計算した。流量 $2 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{sec}$ の場合について、図-6に示す。横軸には、最後列下流側水位 y_0 を用いたFr数($= \frac{Q}{B y_0 \sqrt{g y_0}}$)をとった。図より、Aの場合、列数による違いは認められず、全体的に流量係数 C とFr数との間に正の相関がある。しかし、Bの場合、列数増加の影響が現われている。すなわち、列数の少ない時の流量係数 C の値の方が大きく、また、各列数時に下流側水位を上昇させる程、小さくなる傾向が現われている。このことは、どの流量の場合でも言える。

4. まとめ、A,Bの実験データを流量係数 C について整理し得られた幾つかの所見を要約する。流量係数 C の値は、障害物間隔の大きさに影響される。跳水の存在する場合、 C とFr数との間に正の相関が認められる。

本論文では、障害物群を一体のものと考えて、流量係数を導入して評価したが、流量係数を支配する因子は、障害物間隔だけでなく、 Fr b/B L/b など多数存在する。従つて、これら各因子を考慮した実験を行ない、流量係数を評価することが、今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 笹川, 首藤: 大障害物における流水抵抗, 昭和52年度東北支部技術研究発表会講演概要
- 2) Kindsvater, Carter: Tranquil Flow Through Open-Channel Constrictions, Transactions, ASCE, vol.120, 1955

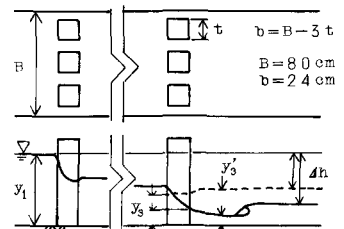


図-3 諸元(2)

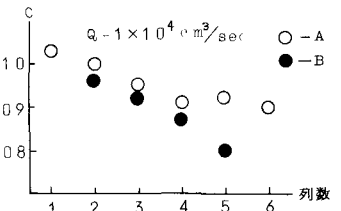


図-4 Cの評価(1)

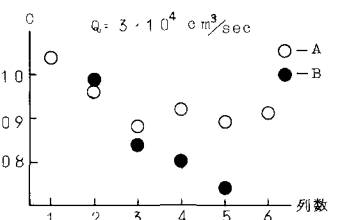


図-5 (C)の評価(2)

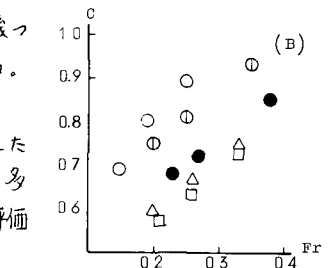
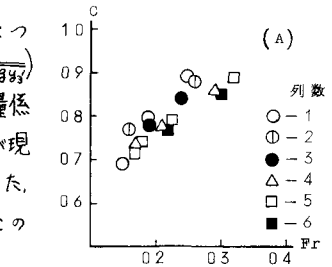


図-6 Cの評価(3)
($Q = 2 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{sec}$)