

II-306

種々の透過構造物の後流特性と抗力係数

北海道大学工学部 学生員 南 寛 章

北海道大学 正 員 長谷川 和 義

北海道大学大学院 学生員 柿 崎 恒 美

1.はじめに:同一の透過構造物に同じ条件で通水してもその平均透過流速は異なる可能性があるということが昨年度までの実験により見いだされてきた。この現象は模型の三連ブロックを組み合わせた二次元配列の実験において見いだされたものであるが空隙は水路の横断方向に一樣ではなく三次元的な性質を持っている。このため上述の性質が三次元の故に起きたものかもしれないという疑問が出てきた。そこで本研究では二次性の強い透過構造物によって実験を行うこととした。また、同一の空隙率であっても、代表孔径の大きさの違いや空隙の形状によって異なる抗力係数を有することが考えられる。本研究では三種類の透過構造物について抗力係数を算定し支配パラメータを探ってみた。 表1

2.実験条件:この実験における流量等の条件は表1,2に示す通りである。

3.流速分布と流れの特徴

(1)水制ブロックを用いた実験 (RUNM-1,2)

水制ブロックを横置きに配置して実験を行った。図1にRUNM-2における流速分布を示す。昨年の縦置きの場合の測定 表2

結果に比して逆流域がほとんど見られず、また吹き出し流も見られない。これは、縦置きの場合、上流と下流をまっすぐにつなぐ透過孔が存在する場所と透過を許さない壁面のある場所とが交互に並んでいるのに対して、横置きでは、空隙率が高い割に上下流を直線的につなぐ孔が存在せず、また透過孔上部は壁面が無く透過孔が明瞭ではないためと考えられる。

(2)木材の組み合わせを用いた実験 (RUNM-3,4)

矩形断面の木片を組めて測定した。図2にRUNM-4における流速分布を示す。このケースでは、逆流と吹き出し流が認められるが、決して強くはない。吹き出しは、つねに存在するわけではなく間欠的に起こっている。しかし、昨年の縦置きブロックの場合に比べると、その強度は明かに小さい。

(3)金網スクリーンを用いた実験 (RUNM-5,6)

ワイヤー径が0.2mm、メッシュ間隔が1mmの金網を六重に折曲げ、高さを3cm、幅を1cmとして設置した。図3にRUNM-6における流速分布を示す。このケースで金網の下流で剥離は生じておらず、むしろ異流速流体の自由混合の性質を示している。底面近傍でわずかに流速が大きくなっているのは、金網が水路床に

実験No	構造物	空隙率 (%)	構造物 高さ (cm)	構造物 縦長さ (cm)	構造物 間隔 (cm)	方形 次元
RUNM-1,2	ブロック	69.5	2.5	5.0	25	1.63
RUNM-3,4	木材	44.4	3.0	3.6	25	1.71
RUNM-5,6	金網	88.9	3.0	1.0	25	1.45

実験No	流量 (ℓ/s)	水深 (cm)	河床 勾配	流速 (cm/s)	Fr	Re	C _D
RUNM-1	4.76	7.54	1/236	21.04	0.24	15864.2	1.17
RUNM-2	9.16	9.90	1/236	30.84	0.31	30531.6	1.10
RUNM-3	4.27	7.54	1/236	18.88	0.22	14235.5	1.56
RUNM-4	8.25	9.98	1/236	27.56	0.28	27504.9	1.25
RUNM-5	4.31	7.48	1/236	19.21	0.22	14369.1	0.98
RUNM-6	9.59	10.12	1/236	31.59	0.33	31969.1	0.91

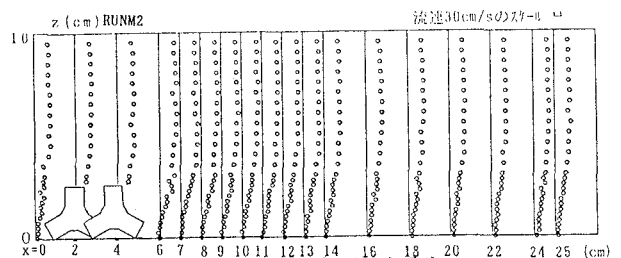


図1 RUNM-2における流速分布

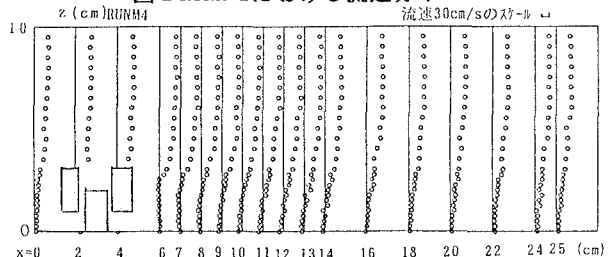


図2 RUNM-4における流速分布

十分接触していないためである。他のケースに比して、流速分布の乱れが少なく、上層部は対数分布的になっている。このことは、このケースで乱れが十分に発達し、自己相似性が保たれていることを意味している。

4、抗力係数の算定法：構造物の上流側検査断面と、下流側の後流が十分発達した領域中における検査断面の間で流れに対する運動量方程式と、抗力 D と抗力係数 C_D の関係式 $D = \frac{1}{2} \rho C_D U_\infty^2 b k$

より C_D は以下の式でもとめられる。

$$C_D = \frac{2}{U_\infty^2 k} \left[\int_0^{h_1} u_1^2 dz - \int_0^{h_2} u_2^2 dz + \frac{1}{2} g (h_1^2 - h_2^2) \cos \theta + \frac{1}{2} g (h_1 + h_2) l \sin \theta \right]$$

u_1, u_2 : 検査断面における流速 U_∞ : 接近流速 l : 検査断面間隔 k : 構造物高さ

算定のための下流側断面を $X=14\text{cm}$ 、 16cm および 20cm 、場合によっては 25cm にとった。これらの平均値を求めると、表2のようになる。ただし、明かに妥当性をかく数字は除いた。

5、抗力係数の性質：抗力係数を支配するパラメータとして各構造物の空隙率とフラクタル次元を取り上げてみる。

(1) 空隙率 空隙率は、構造物の外形を囲む体積に対するその中の空隙体積の比、として測定した。空隙率と抗力係数の関係は後に示すが、空隙率が大きいほど抗力係数は小さくなる傾向があるらしいことがわかる。

(2) フラクタル次元 フラクタル次元 D は構造物を流れに平行する面によって切断したときに現れる断面を対称状態に並べ粗視化の方法でもとめた。構造物中に空隙がない場合のフラクタル次元 $D=2$ に近いほど空隙が少ない。図4,5は、それぞれ抗力係数 C_D と空隙率 n 、および抗力係数 C_D とフラクタル次元 D の関係を描いたものである。いずれも一意な関係にあり、透過構造物の抗力係数がこれらのパラメータと密接な関係を有していることがわかる。定式化するためには構造物の空隙スケールに関するレイノルズ数の影響を検討しなければならないであろう。今後の課題としたい。

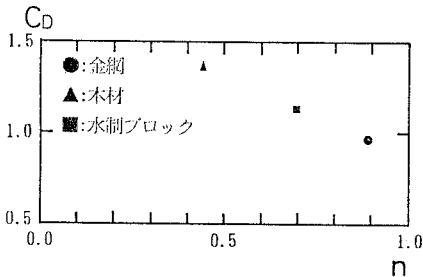


図4 抗力係数 C_D と空隙率 n の関係

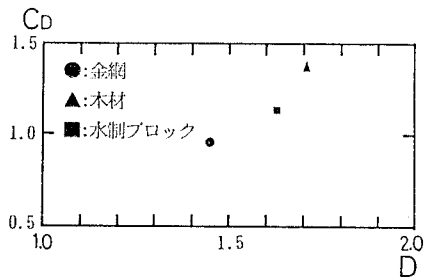


図5 抗力係数 C_D とフラクタル次元 D の関係

謝辞：本研究は文部省科研費一般C(02650352)「透過性ステップ下流域における流れの不思議な構造」並びに(財)鹿島学術振興財団の研究助成を受けた。記して深謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 長谷川和義・三井和久：透過水制工の水理特性に関する実験的研究、土木学会第44回年次学術講演会概要集、1989
- (2) 長谷川和義・柿崎恒美・三井和久：透過水制における透過流量と抵抗特性、水工学会論文集、1990
- (3) 長谷川和義・柿崎恒美：透過質媒体の下流域における流れの構造、土木学会北海道支部論文報告集、1990
- (4) 柿崎恒美・長谷川和義・石井千万太郎：2次元的に配置した透過構造物の抵抗特性、第45回年次学術講演会概要集、1990