

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 中村 勝男
豊橋技術科学大学 正会員 足立 昭平

本研究は護床工設計の基礎資料となる、六角ブロックの流水抵抗の測定を目的とする予備実験である。ここでは、開水路実験により粗度要素としての六角ブロックに対する抵抗則の実験常数を定め粗度係数を求め、若干の考察を加えるものである。

1. 実験装置と実験方法

実験に用いた水路は鋼製ペンキ塗装の幅 40 cm、深さ 20 cm、長さ 14 m の長方形断面直線水路であり、水路床勾配は $1/500$ である。実験用水の供給は循環式であり、用水は低水槽からいったん高水槽へポンプアップされたのち、給水管で実験水路へ導かれ、流量検定槽を通過して低水槽に還元される。流量調節は給水管の制水弁によって行ない、また流量検定には三角ぜきを用いた。また実験水路の下端には水位調節板を設け、これを操作して各実験ともほとんど等流に近い状態で行なった。実験に用いた流量は表-1 に示す 6 Case である。水位の測定はポイントゲージを用いた。各水深の流速測定には超小型プロペラ流速計を使用し、アンプよりアナログ出力させペンシログラフに接続して流速の記録を取りそれより各水深平均流速値を読み取った。水深の基点は図-2 に示す六角ブロックの b 点とし、ここからの高さをともに水深その他の諸量を測定した。粗度要素として採用した六角ブロックは図-1 に示す形状のものでモルタル製である。このブロックを水路床に、図-2 写真-1 に示すように三点支持として規則正しく並び、防水用パテで接着した。ブロックは水路に、上流側 3 m の位置より 7.3 m、個数約 2500 個並べた。

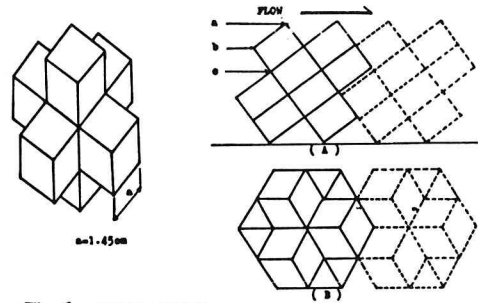


図-1 ブロック形状

図-2 ブロックの配置のしかた

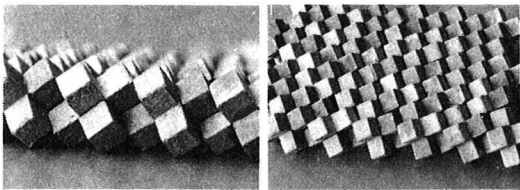


写真-1 配置されたブロック

2. 実験結果

各流量 Q (lit/sec) において、基点から垂直上向きに測った高さ Y (cm) と、その深さにおける流速の時間的平均値 $\bar{u}$ と摩擦速度 $U_{*b}(\sqrt{I_w h})$ で無次元化した値の関係を片対数紙にプロットしたものが図-3 である。ここに、 I_w は水面勾配、 h は水深、 g は重力加速度である。なお、流速は図-4 に示すように時間的に変動しているが、目視により概略の平均値 $\bar{u}$ を求めた。粗面壁の場合、流速分布式は
$$\frac{\bar{u}}{U_*} = \frac{1}{k} \ln \frac{Y}{Y_0} \quad (1)$$
 (k は定数、 Y_0 は粗面を代表する長さ)

表-1 実験条件および測定諸量

Case.NO.	1	2	3	4	5	6
Q (l/s)	8.43	6.84	6.41	5.85	5.17	3.96
I_w (x10)	2.20	3.00	2.85	2.95	2.95	3.05
h (cm)	7.7	6.5	6.2	5.8	5.4	4.8
A	5.8	5.5	7.1	6.1	4.4	5.7
B	5.7	4.9	4.7	5.1	5.6	4.8
(k)	0.397	0.418	0.324	0.377	0.523	0.404
n	0.0250	0.0290	0.0277	0.0280	0.0284	0.0310

$$\frac{2.3}{k} = A, \quad -\frac{2.3}{k} \log_{10} Y_s = B$$

と置き、(1)式を变形して速度分布式を次のように書く。

$$\frac{\bar{u}}{U_{sh}} = A \log_{10} Y + B \quad (2)$$

図-3より(2)式の常数A, Bに相当する数値を読み取った結果を表-1に示す。

(2)式を $Y=0 \sim h$ で積分して平均 $\bar{u}$ を求

める。

$$\frac{\bar{u}}{U_{sh}} = \frac{1}{h} \int_0^h \frac{\bar{u}}{U_{sh}} dy$$

$$= \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{1}{h} \int_{\epsilon}^h (A \log_{10} Y + B) dy$$

$$\therefore \frac{\bar{u}}{U_{sh}} = A \log_{10} h - \frac{A}{2.3} + B \quad (3)$$

マンシング(Manning)の公式におい

$$R \rightarrow h \text{ とし } v = \frac{1}{n} h^{2/3} I^{1/2}$$

$$\text{摩擦速度 } U_{sh} = \sqrt{g \cdot I_w \cdot h} \text{ より}$$

$$n = \frac{1}{v} h^{2/3} I^{1/2} = \frac{h^{2/3}}{\sqrt{g}} \frac{1}{U_{sh}} \quad (4)$$

(4)式の $\frac{1}{U_{sh}}$ に(3)式を代入すると粗度係数 n は平均流速より

$$n = \frac{h^{2/3}}{\sqrt{g}} \left(A \log_{10} h - \frac{A}{2.3} + B \right) \quad (5)$$

(5)式より求めた粗度係数 n の値を表-1

に併記した。

3. 考察

図-3に見られるように、流速分布には、一応対数則が適用可能と判断し得るが、この流れを人工粗度上の流れについての既往の研究と対比すれば、例えば足立は¹⁾、サン型人工粗度においては A の値として5.75、またイボ型人工粗度においては10.6という実験常数を与えている。今回の六角ブロッコ上の流れの場合、表-1に見られるように $A=4.4 \sim 7.1$ を示しており、サン型に近い特性と見ることが出来る。一方、 B は4.7~5.7であり、比較的一定している。また、マンシングの粗度係数 n は0.025~0.031の間で変動しており平均的に0.028程度と評価できる。以上のように六角ブロッコの流水抵抗に関する基礎的諸数値が得られたが、実験回数はまだ不十分であり、上記の諸数値は必ずしも高い信頼性を有するものではない。今後、種々の実験条件に対する詳細な実験の積み重ねによつて、より多くの実験資料の蓄積に努める所存である。

謝辞

本報告作成に当っては中村俊六助教授に暖かい御助言を、また実験においては小林、和田両氏の御助力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

《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，昭39.4，pp.33~44.

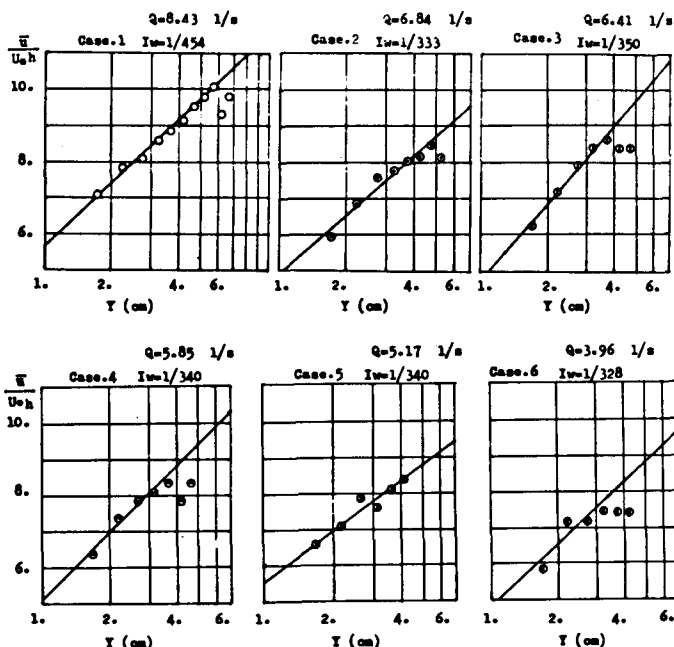


図-3 流速分布

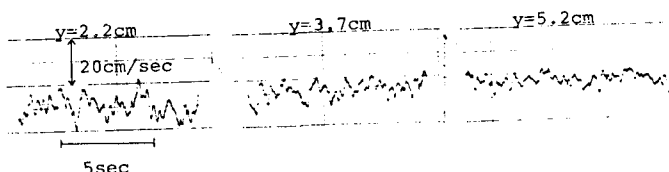


図-4 各水深における流速の変動