

京都大学工学部 学生員 ○児玉 和大
京都大学工学研究科 正会員 中川 一
京都大学工学研究科 正会員 石垣 泰輔

1. 研究目的 近年、自然の復元が認識されるようになり、生態系に配慮した多自然型河川の造成为望まれるようになった。その中で治水面でも、コンクリートで護岸するのではなく、水制を利用して河川を制御する方法が見直されつつある。河川に水制を設置する際に期待できる効果としては、大きく分けて①流速の抑制（減速効果）②水流の抑制（水はね効果）の二つがある。しかしながら日本の河況係数の大きい河川では、しばしば低水時には水はね効果を目的とする河道を維持している水制でも、洪水時に流水が水制の上を流れる場合、水制が粗度として作用することで、実際の目的とは異なった影響を河川に与える可能性がある。本研究では洪水時（流水が水制の上を流れる場合）における水制の抵抗について、種々の断面形状を対象に Nikuradse の相当粗度を用いて抵抗評価を行い、形状による差異について検討をした。

2. 実験装置及び方法 実験は図-1 に示す長さ 40m、幅 2m、深さ 68cm のコンクリート製の単断面直線水路（側壁：一部ガラス）を用いて行った。勾配は水路底面に合板を設置し、1/2000 に設定した。実験では

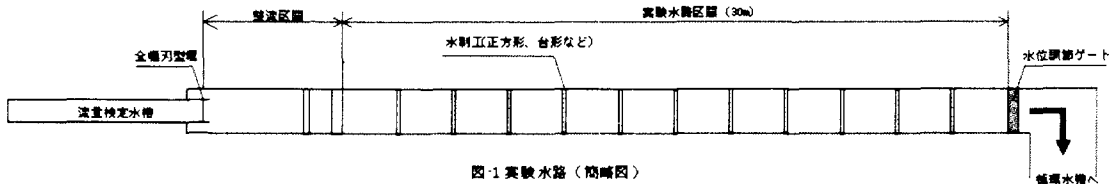


図-1 実験水路（簡略図）

水制を、縦断方向に 2.5m 間隔で設置した。断面形状の影響を検討するため図 2 に示すように正方形、台形①（1:2）、台形③（1:5）の 3 種の断面形状を用いた。また、水制高については、形状が台形（1:2）の場合のみを対象として、台形①の水制高の半分の台形②（1:2）を用いて、高さの検討をした。実験は固定床で行い、またかぶり水深の影響を把握するために表-1 に示した 4 種の流量条件について行った。それぞれの流量に対する等流水深は以下の方法で求めた。実験区間 30m のうち、上流から 5m の地点から 20m までの地点の水深を 50cm ごとにポイントゲージで測定し、水面形から等流であるかどうかを判定した。また上流から 15m の地点の水制一区間を代表して水路中央で 10cm ごとに I 型電磁流速計を用いて流速を測定した。

3. 実験結果及び考察 各ケースの等流水深を表-2 に示す。

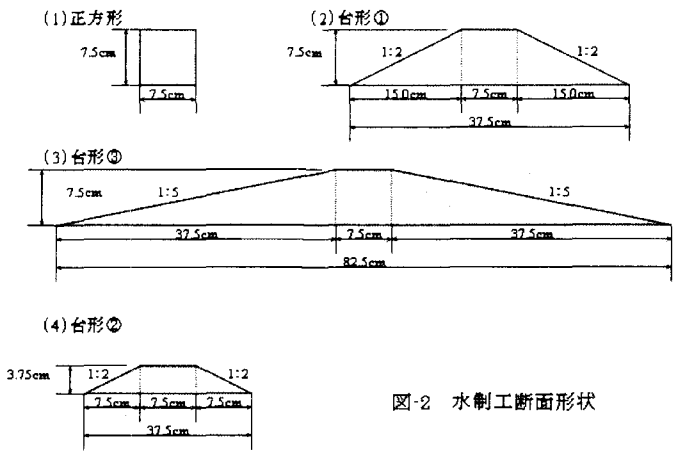


図-2 水制工断面形状

表-1 流量条件

	Case①	Case②	Case③	Case④
流 量 (m ³ /s)	0.086	0.147	0.181	0.292
水 路 幅 (m)	2.0	2.0	2.0	2.0
河床勾配	1/2000	1/2000	1/2000	1/2000

栈粗度として水制の抵抗を評価する場合、秋草¹⁾や足立²⁾の従来の研究では、水制高の半分を仮想原点としていた。しかしながら本研究においては従来の研究とは以下の点が異なる。(1)従来の研究では水制工の断面形状が四角形であったのに対し、本研究では水制工の形状が異なる。(2)従来の実験では水制高 h_g に対して水深 h が10倍ほどであったが、本研究では水制高 h_g に対して水深 h が2～8倍程度となっている。この二つの条件の違いから、新たに仮想原点について定義する必要がある。本研究ではまず水深から従来の研究で利用されてきた3つの仮想原点の取り方、すなわち水制の天端を仮想原点とする場合、水制高の1/2の位置を仮想原点とする場合、水制の底面を仮想原点とする場合で、それぞれの場合において以下の式を用いて Nikuradse の相当粗度係数 k_s を求めた。

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = 6.0 + 5.75 \log_{10}(h/k_s)$$

それを水制高 h_g で割って無次元化してまとめたものを表-3に示す。ここで $\bar{u}$ は水路における平均流速、 u_* はその摩擦速度である。ここで、また流速分布から以下の式を用いて k_s を求めた。

$$\frac{u}{u_*} = 8.5 + 5.75 \log_{10}(z/k_s)$$

それを水制高 h_g で割って無次元化してまとめたものを表-4に示す。ここで u は水路底面から z の距離にある点の流速である。その結果を比較すると、断面形状が正方形の場合は、表-3(a)と表-4と近い値を示し、仮想原点を水制天端とする評価方法が適している。断面形状が台形(1:2)の場合は、表-3(b)と表-4と近い値を示し、仮想原点を水制高の1/2の位置とする評価方法が適している。しかし、 h/h_g の値が比較的大きい場合(7～8)では河床を水制の底面とする評価方法が適している。断面形状が台形(1:5)の場合は、表-3(c)と表-4と近い値を示し、仮想原点を水制の底面とする評価方法が適している。

ここから ks/h_g は形状によって大きく違うことがわかる。また、流量 Q と ks/h_g の間には何らかの関係があるのではないかと推測される。

4. おわりに 本実験は固定床における実験であったので、移動床における実験との比較も今後の課題である。また、流量と粗度係数 ks の間にあると思われる関係の検討も今後の課題である。

参考文献 1) 秋草勲・吉川秀夫・坂上義次郎・芦田和男・土屋昭彦：水制に関する研究、土木研究所報告第107号、pp.66～153、1960

2) 足立昭平：人工粗度の実験的研究、土木学会論文集、第104号、pp33～44、1964

表-2 各実験ケースにおける等流水深 h (m)

Q (m ³ /s)	正方形	台形①	台形③	台形⑤
0.086	0.2627	0.2139	0.1742	0.1497
0.147	0.3628	0.2627	0.2286	0.2161
0.181	0.3710	0.2837	0.2362	0.2245
0.292	0.4777	0.3694	0.2919	0.2936

表-3 基面の取り方を変えた場合の ks/h_g

(a)水制の天端を仮想原点とする場合の ks/h_g

Q (m ³ /s)	正方形	台形①	台形③	台形⑤
0.086	4.969	2.036	0.657	0.464
0.147	5.657	1.158	0.474	0.630
0.181	3.739	0.862	0.231	0.303
0.292	3.251	0.700	0.105	0.221

(b)水制高の1/2の位置を仮想原点とする場合の ks/h_g

Q (m ³ /s)	正方形	台形①	台形③	台形⑤
0.086	4.260	1.679	0.515	0.406
0.147	5.072	0.993	0.396	0.576
0.181	3.361	0.748	0.194	0.278
0.292	2.996	0.629	0.091	0.207

(c)水制の底面を仮想原点とする場合の ks/h_g

Q (m ³ /s)	正方形	台形①	台形③	台形⑤
0.086	3.551	1.322	0.374	0.348
0.147	4.487	0.828	0.318	0.521
0.181	2.983	0.634	0.158	0.252
0.292	2.741	0.558	0.078	0.193

表-4 流速から求めた ks/h_g

Q (m ³ /s)	正方形	台形①	台形③	台形⑤
0.086	3.320	1.348	0.601	0.395
0.147	2.648	1.052	0.239	0.325
0.181	2.355	0.872	0.204	0.283
0.292	1.895	0.681	0.093	0.224