

水制周辺の流れと河床変動の研究

北海道大学工学部 石田 高啓
 北海道大学工学部 正員 黒木 幹男
 北海道大学工学部 正員 板倉 忠興

1. はじめに

水制の機能は「水はね効果」と「流速減少効果」の2つの基本的な働きや、その組み合わせからなっている。水流の向きを変えて堤防、護岸への衝突を避けること、流速を減少させて堤脚の洗掘を防ぐこと、また、土砂沈殿の誘致、流路固定作用、導流作用など、水制の機能にはいくつかある。水制の効果については、数値計算によってかなり再現されているが、一方解析的な研究はほとんどない。そこで山田⁽¹⁾は、水制の働きを粗度の増加で置き換えて解析的に水制周辺の流れの性質を考察している。

本研究では、透過性・越流型水制を用いて、水制を水路の粗度の増加に置き換えたときの粗度分布を、実験を行い、MacCormack法⁽²⁾を用いた不等流計算により調べることを目的とする。

2. 実験方法

実験水路は全長10m、水路幅30cmの可変勾配水路で、水制は、水路中央付近全面にわたって設置する。水制は、厚さ2mmのプラスチック製で、形状は図-1に示すとおりである。水路の河床は発泡スチロールで、水制の下部を発泡スチロールに突き刺し側壁に直角に固定する。まず最初に水制を3cm間隔で4本設置する。この状態で流量を2通り、勾配を3通りの6パターンの水深を測定する。次に水制の影響を少なくするため、水制を1本にして勾配を同じく3通りに変えて水深を測定した。水深は水制の前後2mの水路中央の水深を測定した。実験条件を図-2に示す。

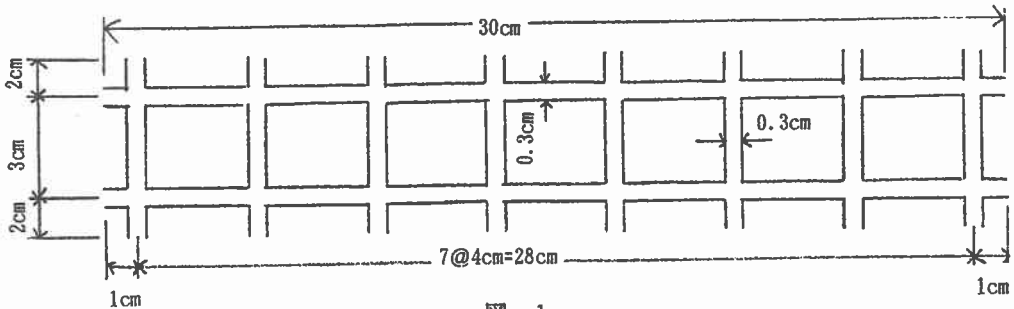


図-1

3. 実験結果

実験結果を図-3に示す。横軸の原点は、水路の下流端である。図からもわかるように、傾向としては大差ないようだが、流量の違いでみると、流量の多い方が水制の下流側の振動が少ない。また、勾配が小さいほど水制上流の堰上げの影響は、広範囲に及んでいる。実験2と実験3は、流量がわずかながら違うので単純に比較はできないが、水制の数を $1/4$ にしているのに水面形の分布傾向としては大差ないが、下流側の

study of flow and river-bed variation near groynes
 by Takahiro Ishida, Mikio Kuroki, Tadaoki Itakura

水深の復活が速く水深の振幅も大きい。しかし、水制の影響が大きく水制1本でも水面形が大きく変化してしまい、予想していた実験結果とはかなりかけ離れたものとなった。条件によっては、跳水も観察された。

case	実験 1			実験 2			実験 3		
	1-1000	1-500	1-200	2-1000	2-500	2-200	3-1000	3-500	3-200
勾配	1/667	1/428	1/188	1/864	1/423	1/188	1/864	1/405	1/202
流量	5.5 (l/s)			3.1 (l/s)			3.5 (l/s)		

図-2

また、3-200と3-500の場合は、実験の誤差により水制より上流の水面形が他のより乱れている。

4. 数値計算とその結果

(1) 数値計算

跳水現象を伴う常射流が混在している不等流計算を行う上でMacCormack法を用いた。これは空間及び時間方向に2次の精度を有する差分スキームであり予測子段階で計算したものをさらに修正予測子段階で補正し、計算精度を高めるものである。なお、初期条件は一定流量 Q を与え、Manningの式で全点において流速 u 、水深 h を計算しこれを与えるものとする。人工粘性係数 k は、 $k=1$ としている。

数値計算は、粗度を増加させ、計算値の水深と実験値の水深がある程度一致するまで試行を繰り返した。粗度の目安として、まず流れを等流と仮定し、水制の上流と下流とに分けてそれぞれの平均水深を求め、それに対応した粗度を最初の粗度の基準とし計算を始めた。

(2) 計算結果

次ページ図-4に粗度、フルード数、計算値、実験値を表に示す。どの場合も粗度分布の傾向は、類似しているように思われる。勾配の違いでみると、勾配が急になるにつれて分布の山が細長くなっているのがわかる。これは堰上げの影響範囲が、急勾

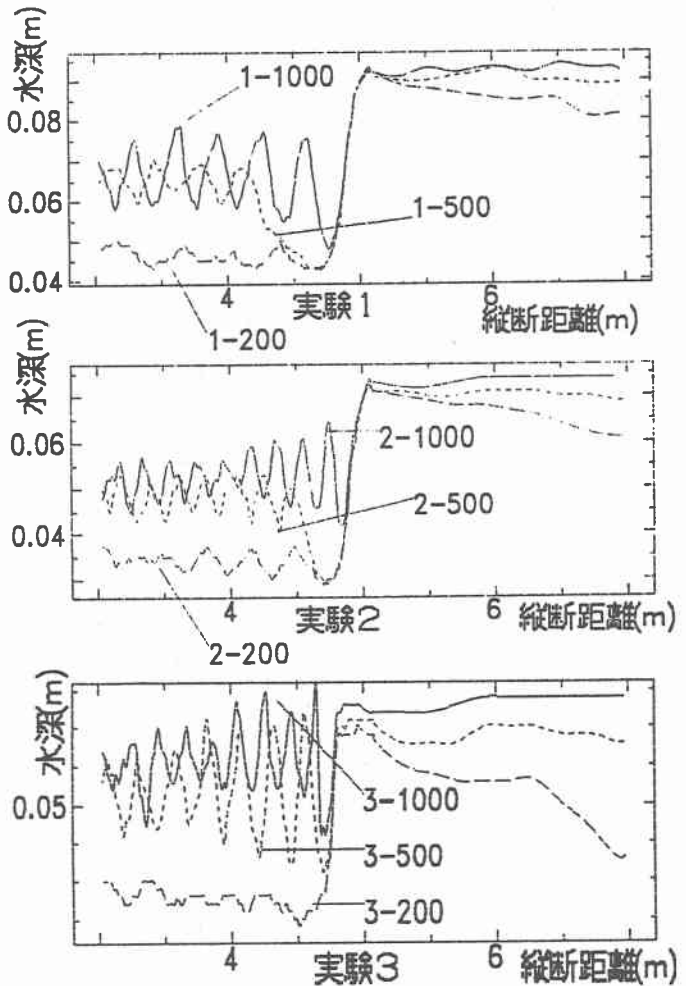


図-3

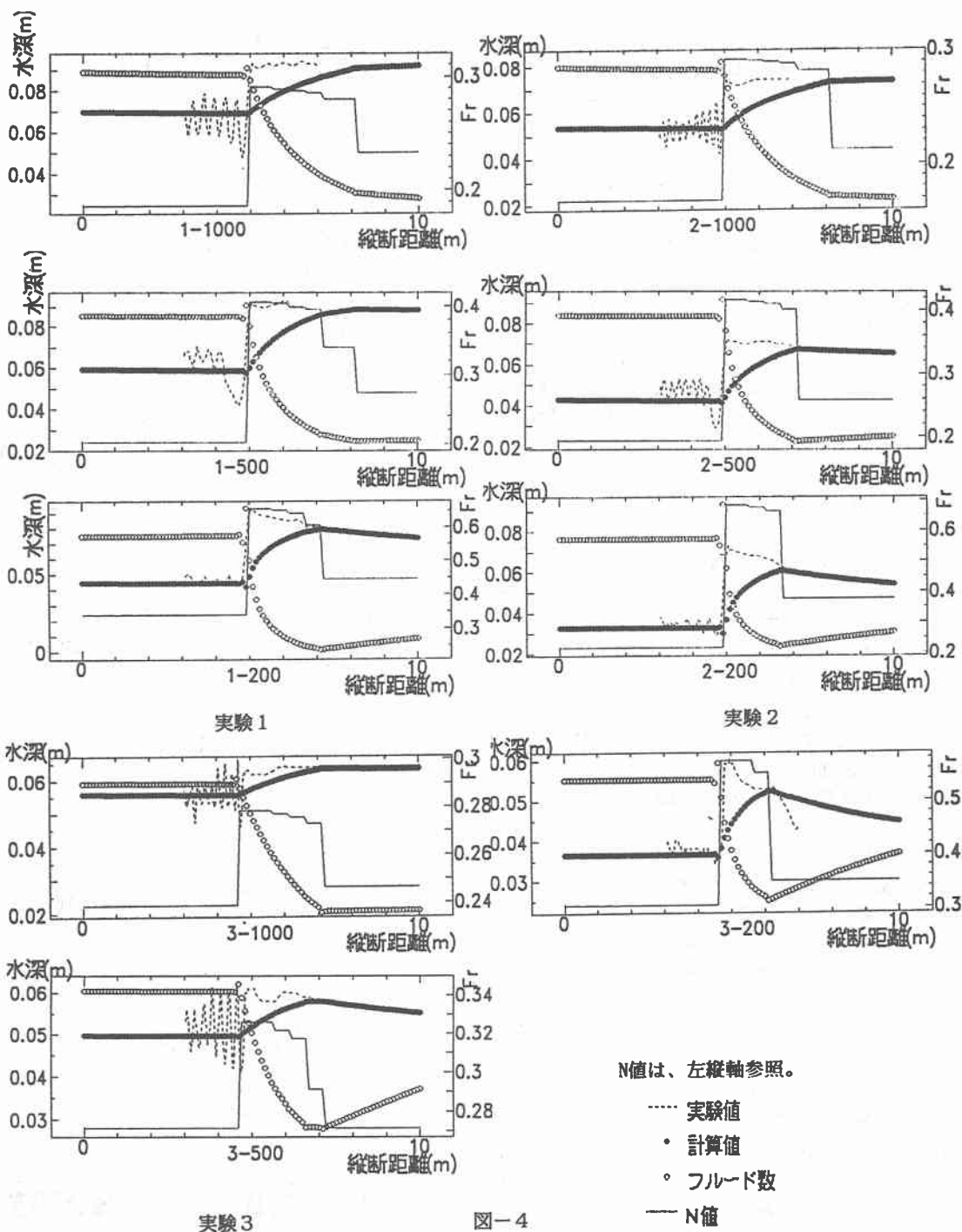


図-4

配になるにつれて小さくなるからである。

ここで、水制の影響によって高めたN値を高い値から3つと、水制を設置した位置の上流と下流の粗度の差をケースごとに表したものを図-5に示す。

これより、水制の数を減らし影響を少なくすると最高値が小さくなり差が小さくなる。また、粗度分布とN値は勾配に影響を受けることがわかる。水制の影響によって増加した粗度は、水制の密度が一定で勾配が一定であれば、流量に関係なくその値は一定になるものと考えられる。たとえば、実験1、2で用いた水制で勾配が1/188あれば、流量に関係なく水制より上流の粗度を0.093, 0.092, 0.090とすればよいことになる。

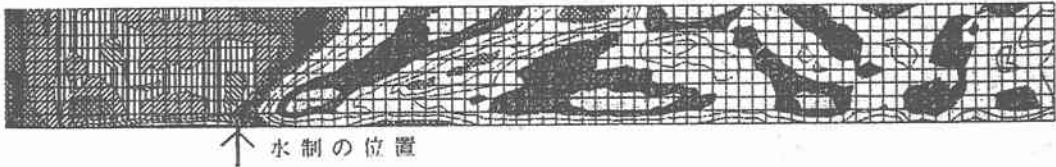
	最高値から3つの値	差
1-1000	0.082 0.081 0.080	0.0573
1-500	0.0925 0.092 0.090	0.0684
1-200	0.093 0.092 0.090	0.069
2-1000	0.083 0.0827 0.082	0.061
2-500	0.092 0.091 0.090	0.069
2-200	0.093 0.092 0.090	0.07
3-1000	0.051 0.051 0.050	0.0285
3-500	0.053 0.053 0.051	0.025
3-200	0.060 0.060 0.057	0.036

図-5

5. 考察と今後の課題

粗度の増加だけでは堰上げが起こらないので、水制の影響を粗度の増加だけで表現するのは困難であると考えられる。上流の堰上げが表現できれば下流の振動している部分もうまく表現できるであろう。そのために、なにか別の手法と併せて水制の影響を粗度に置き換える必要があると思われる。

今回の実験で流量と粗度、勾配と粗度分布、水制の密度と粗度の関係において、ある程度の傾向をつかむことができた。今後は、実験のパターンをもっと多くとってこれらの関係をはっきりさせたい。また、今回の実験は、水路幅全面に水制をおいた1次元のみで行っているが、現在、水路幅の1部に水制を置いた2次元の計算を行っている。2次元の実験結果のみを示す。図-6は、水深のコンター図である。水制は今回の実験と同じものを使用する。水制の幅は10cmである。上流端、下流端では測定の誤差もありはつきりしないが、水制付近ではいい実験値が得られたと思われる。



□ 4-4.2	■ 4.2-4.4	■ 4.4-4.6	■ 4.6-4.8	■ 4.8-5
■ 5-5.2	■ 5.2-5.4	■ 5.4-5.6	■ 5.6-5.8	■ 5.8-6
■ 6-6.2	■ 6.2-6.4	■ 6.4-6.6	■ 6.6-6.8	

図-6

6. 参考文献

- (1) 山田浩次: 蛇行河道における水制の効果に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集第50号
- (2) 崇田徳彦, 清水康行, 渡邊康玄: MacCormack法を用いた常・射流計算, 北海道開発局土木研究所月報 1990年9月