

石川高専 正員 布本 博
金沢大学 正員 高瀬信忠
金沢大学 学員 金 龍一

1. まえがき

現在各河川で用いられている水制工法は多くの技術者が古くから研究を重ね試行的にいろいろの工法が用いられ、それらの経験を積み上げて現在に到っているものと考えられる。水制は水流の局所的な水理挙動を積極的に制御するための工作物である。河川における偏流の防止、流路の固定、堤防周辺における流速の減殺ならびに土砂沈殿の誘致、あるいは導流などを目的として、各種の形式の水制が古くから考察、実施されてきているが、水制には透過水制と不透過水制とがある。本実験で対象とする水制は透過水制であって水制の一部を透過させるため、流水より受ける抗力は不透過水制に比べて小さく、その維持が比較的容易である。水制の計画は護岸計画と密接に係る河道計画の構成要素であり、水制の主たる機能として、次のようなことが考えられる。①水流に対する抵抗を増して流速を減少させ岸の崩壊を防ぐ。②水制を行ない岸を守る。③水流を河心に集中させて流路を固定する。④導流を行なう。以上のような水制の水理学的機能を検討するため急勾配水路で実験を行なった。

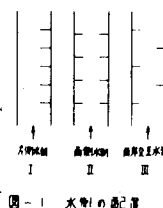
2. 実験概要

使用した水路は78cm(幅)×20cm(深さ)×1080cm(長さ)の木製で勾配は1/100とした。水路内に平均粒径1.79mmの砂利を10cm厚に敷均した。水制はシンダー型水制とし直径2cmで水制の配置状況は図-1に示す通りで、片側水制、両側水制、兩岸交互水制の3つの形式について実験を行ない、水制長は32cmと16cm、水制間隔は96、64、32cmである。実験は表-1のケースについて行ない流量は10ℓ/s、20ℓ/sを通水した場合、また通水時間は10分、30分間とした。

表-1 実験の種類

NO	流量 (cm^3/sec)	水制長 (cm)	水制間隔 (cm)	断面	
1	10	32	64	2	I
2	20				
3	10	32	96	3	I
4	20				
5	10	16	32	2	I
6	20				
7	10	16	32	2	II
8	20				
9	10	16	32	2	III
10	20				

図-1 水制の配置



3. 実験

図-2は実験No.8、No.10、No.2の河床変動状況をみたものである。流量20ℓ/s、通水時間30分で、No.8の実験は兩岸水制でヒア付近の洗掘は大きい。水制領域の洗掘はほとんどみられず、むしろ堆積の傾向がみられ護岸に対する安全性の効果は大きい。水制領域の流速が減少するが中央部の流速は増大し、洗掘が大きく河床低下が著しい。No.10の実験は兩岸交互に水制を投入した場合で、中央部の河床低下は大きい。No.8の実験程ではなく、右岸、左岸の効果はみられるものの堆積傾向は小さい。No.2の片側水制については水制長はNo.8、No.10の実験の倍にしてみたものであるが、水制領域においては堆積するが中央、左岸部の洗掘は著しいものとなる。水制は効果的であるが水制間に大きな堆積をもたらしてもいけないし、また中央部は著しい河床低下となってもいけないので、水制は兩岸の現河床が維持できる程度の間隔が望ましいと考えられる。水制間隔L、水制長Dの比L/Dが2と3について実験を行ない、水制の護岸付け根部はL/Dが2より3の方が洗掘量が大きく、水制先端部はL/Dが3より2の方が洗掘量が大きくなった。水制と水制の間ではL/Dが2より3の方が河床の起伏が小さく平坦となったが、この実験ではL/Dが2では流速減少

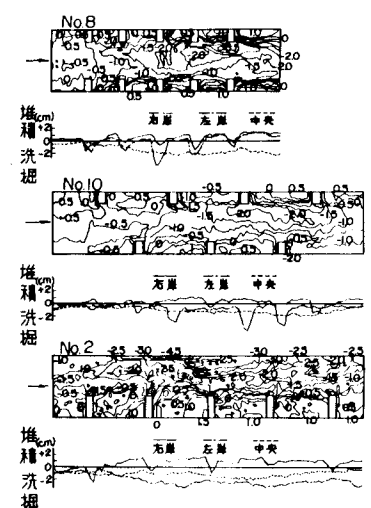


図-2 洗掘堆積図

効果が大きすぎた堆積傾向がみられ、 L/ϕ が3では流速減少効果が現河床を維持できる程度になった。

4. 河床洗掘

図-3は水制部(水制の回り)の最大洗掘深で流量が 20 l/s の場合、同じく図-4は 10 l/s の場合である。第1水制(最上流部)の洗掘が最も大きく、時間的変動も大きかった。洗掘が比較的大きかったのは実験No.3、No.4の L/ϕ が3の実験であった。最上流部に施工する水制は水制の回りをブロック、コンクリートなどで固定するか、またはもっと透過度を大きなものにした方がよいと思われる。

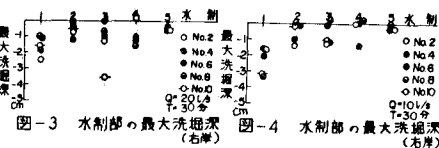
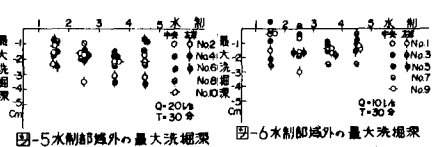


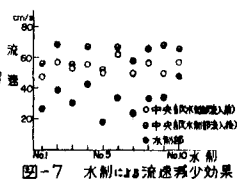
図-5、図-6は水制域外の最大洗掘深で図-5は流量 20 l/s 、

図-6は流量 10 l/s である。片側水制では中央部より左岸部の洗掘深が大きい。流量 20 l/s では片側水制左岸部の洗掘が最も大きく、 10 l/s では両岸交互水制の中央部の洗掘が大きくなった。第1水制付近での洗掘は比較的小さくそれより下流で洗掘が大きくなっている。



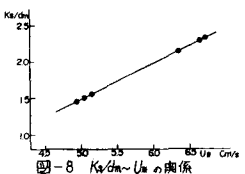
5. 流速減少効果

図-7は水制による流速減少効果をみたもので水制部流入前(上流部)の流速は水制部へ入ると中央部で約12%程度流速が増大し、中央部と水制部(右岸または左岸)では約45%流速が減少し減少効果がかなり大きいことを示している。片側水制では流速減少効果はNo.5、No.6の実験が最も大きい。No.5、No.6の水制長16cm、間隔32cmであるから、水制を長くすることより、水制間隔を短かくとった方が減少効果は大きいように思われる。水制の配置では両側水制の減少効果が最も大きく約56%の減少であった。水制間隔を短かくすれば減少効果が大きくなるが経済的なことも考え短かすぎてもいけない。また流速減少効果が大きすぎると水制と水制の間に異常堆積も起こしかねないので十分な配慮が必要である。



6. $k_s/d_m \sim U_*$ の関係

相当粗度 k_s は岩垣の方法により求め水制部の $k_s/d_m \sim U_*$ の関係を実験No.1～No.6までについてみたのが図-8である。摩擦速度の増大に伴いほぼ直線的に k_s/d_m が増大しており、 L/ϕ が2より3の方が相当粗度が小さな値となっており、 k_s は水制間隔 L が小さい程大きくなることを示している。流れは水制部では抵抗を受け水制領域の流速は次第に減少するが逆に主流部の流速が加速されることから水制部の洗掘は減少し主流部の洗掘が増加することになる。水制領域を通過した下流部では河心より多量の流出土砂があるが流速は減少するので河床は堆積傾向を示し上昇する。



7. 結論

相当粗度 k_s は水制の間隔 L が小さくなると大きくなり流速の減少効果が大きいことから水制間隔が小さい程良いことになるが経済的な問題、または水制部の異常堆積が考えられるので、現河床が維持できる程度の間隔が望ましい。第1水制(最上流部)は洗掘量が最も大きいので回りをブロック、コンクリートなどで固定床にするが流速を大きく変えないような透過度の大きいものにした方がよい。短い水制は流心を岸から遠ざける水制効果が大きく、したがって短い水制は水制先端部が大きく、長い水制は付け根付近において洗掘傾向がみられたが、水制効果は L/ϕ が3より2の方が大きく水流の力を遠ざける効果があったように思われる。なお両側水制(Ⅱ)の場合は水路幅が狭かったこともあり、対岸の水制の影響が入り護岸近くを大きく洗掘した箇所もみられた。最後に本研究において、いろいろ御援助を受けた建設省北陸地方建設局、特に金沢工事々務所の担当者各位に對して深甚の謝意を表する次第である。