

日本大学大学院
日本大学工学部
日本大学工学部

学生員 ○坂 井 裕 之
正 員 長 林 久 夫
正 員 木 村 喜代治

1. はじめに

近年河川における掃流砂量の減少により橋脚や構造物周辺での局所洗掘現象が再び注目されてきた。局所洗掘現象はこれまでも多くの検討がなされてきている。しかしダムや堰などにおいて流量と流砂量が一定の動的安定勾配にある水路においても排砂の機構は、流水の三次元性に密接に関係しており、その機構の複雑さゆえ、検討が困難であるのが現状である。本研究では洗掘による排砂の機構を検討してゆくための基礎として流れの可視化による渦構造の実験的検討から図-1のようなダム模型水路を用いて排砂機構の検討を行うことを目的としている。

2. 実験方法

実験装置として用いた水路は幅30cm、深さ20cm、長さ4mのアクリル製長方形開水路の下端中央に幅10cmの切欠きを有する堰板を設置しダム模型とした(図-1)。このような急縮部をもつ水路では堰上流部に深掘れが生じほぼ砂の安息角程度の急勾配で法肩まで達し、さらに上流では等流状態に応じた勾配が形成される。流量及び流砂量は $3.0(1/s)$ 、 $0.64(cm^3/s)$ のときの斜面形状を固定し、比重約1.0のポリスチレンビーズをトレーサとして流水中に混合させ、スライドプロジェクターにより任意測定面を可視化し、側壁付近から水路中央まで4断面を観察した。解析はビデオ信号を画像処理装置にて粒子の挙動を二値化して、2画面ごとに合成しu, vの流速ベクトルを求めた。

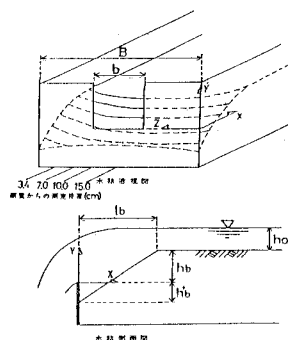


図-1

実験水路概略図

3. 結果と考察

(1) 流速ベクトルと渦の周期性

画像処理装置より得られた画像から各断面毎流速ベクトル図を作成し、さらに渦構造の比較的特徴的な画像を任意に選択してベクトル流跡線図を作成した。図-2がそれを示したものであり、水路壁面側($Z=3.4cm$)及び水路中央($Z=15cm$)の断面をそれぞれ表している。この図は0.2(sec)間におけるトレーサの移動を示しており、これ

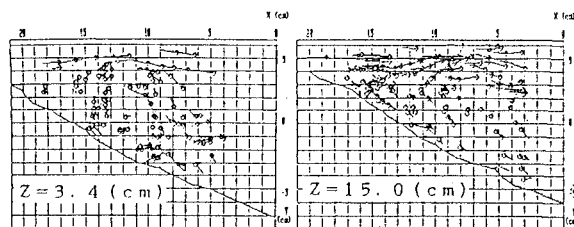


図-2

ベクトル流跡線図

より断面の違いによる渦構造の変化を知ることができる。例えば水路壁面側では法面中央付近と堰付近とでそれぞれ渦構造が確認される。あるいは水路中央断面では法肩付近に渦が存在し、他の部分のほとんどは流出水による支配領域が占めていることなどである。

次にこの渦構造が存在したりしなかったりする渦の周期性がいかなるものであるかの検討を行った。4つに分けた断面全てについて法肩付近、法面中央付近および堰付近の3ヶ所に主に着眼してデータを収集し、グラフ化した。その一例が図-3である。渦が発生した場合を+ (正)として上に、消失した場合を- (負)として下にしてその持続時間が横軸の時間スケールにより描かれている。そしてその渦の発生と消失の時間を具体的に数値化してみたものがAverage Timeであり、これは発生と消失のそれぞれの平均時間を表示したものである。このよう

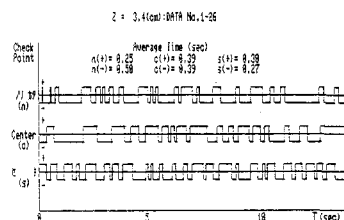


図-3 渦の周期特性

にして得られたデータが図-4にまとめられている。この図は渦が発生（消失）する着眼点として決定した3ヶ所のそれぞれの断面の違いによる変化を追っている。これによる渦の周期性は、まず法肩付近では全ての断面において消失の分布が卓越している。次に中央付近では $Z=10.0$ cmの断面で消失の分布が極端に大きくなっており、他の断面ではほぼ等しい。そして堰付近では壁面側より切欠き内部の発生周期が卓越していることがわかる。

したがってこれらのことより水路壁面側では中央付近に発生する渦が多く、切欠き内部の断面では堰付近に発生する渦が多いといえる。そして切欠きの両端においては三次元性が非常に強く、渦構造はほとんど認められない。以上のことより水路壁面近くの法面中央の渦から水路中央の堰付近直下における強い吹き出しの渦により多くの掃流砂が運ばれ、上流側における巻上げの渦により放出されるという洗掘現象が想像が想像される。

（2）渦の発生に関する自己相関と相互相関

図-5は法肩付近、中央付近、堰付近にそれぞれ発生した渦の周期とその自己相関係数の分布である。例えば $Z=7.0$ cmの断面では堰付近に発生する渦の自己相関係数に0.6(sec)と1.2(sec)の2ヶ所でピークが存在し、1周期約0.6(sec)の規則的な周期を持つのではないかと考えられる。さらに法肩付近にも堰付近より多少遅れた周期性が見られるようであるが、中央付近では発生間隔が長く、ほとんど変動がない。これに対して $Z=15.0$ cmの断面では法面中央付近にわずかに認められるようではあるが、3ヶ所ともほぼ平行な分布を示している。

そして断面内での3つの発生渦がお互いに関係しているのかどうかを調べることを目的として図-6にその相互相関の分布を求めた。この中で周期的な相関特性を持っているものは $Z=7.0$ cmの断面では法肩及び堰であり、 $Z=15.0$ cmの断面では法肩及び中央である。

このグラフよりいえることは相関係数が高ければ各観測点の渦が発生している時と消滅している時がほぼ同時であり、低ければそれぞれの発生と消失時間とがずれているということである。したがって $Z=7.0$ cmでは壁面側であるので中央での発生が多く、中央に関する相関は高いが、法肩と堰では位置的にも離れているので相関にはばらつきが生じる。そして $Z=15.0$ cmでは中央で多少の周期があるので法肩付近と中央付近とで幾分かの変動が見られるが、やはり流出水が大きく影響を及ぼすためにほぼ平行なグラフを描いている。

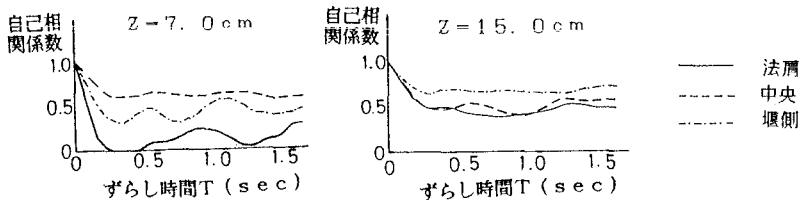


図-5 発生渦の自己相関

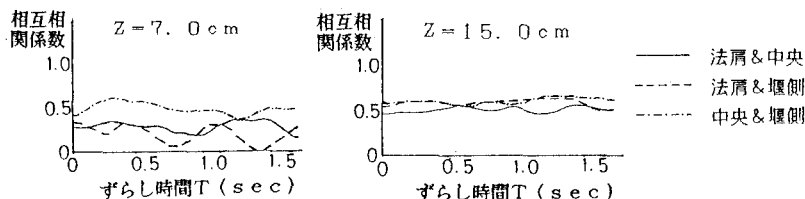


図-6 発生渦の相互相関

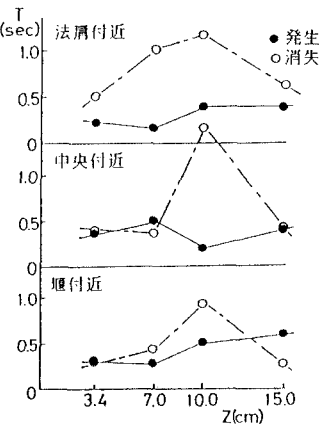


図-4

渦の発生と消失の周期特性