

II - 317

開水路凹部流れの組織渦の挙動について

阪神水道企業団 正 員 門脇 正夫
 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎
 神戸大学大学院 学生員 池上 迅

1. はじめに

筆者らは河川において流送土砂の制御の目的等で設けられる開水路凹部の乱流特性を調べてきた。しかしながら、その渦構造については不明点が残されているので、本報では画像相関法を用いて組織渦の挙動を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置および計測法

実験水路、実験条件をそれぞれ図-1、表-1に示す。前報¹⁾と同様な可視化を行い、鉛直断面、水平断面において1000枚の画像データを得た。このデータについて画像相関法を適用し流速ベクトルを求めた。

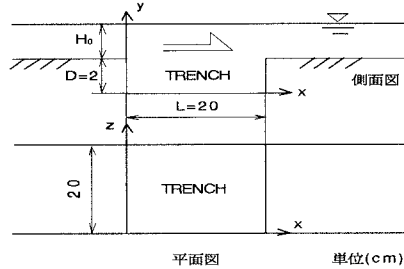


図-1 実験水路

表-1 実験条件

	サンプリング 周波数(Hz)	i	Q (cm ³ /s)	H ₀ (cm)	U ₀ (cm/s)	Re (=U ₀ H ₀ /ν)	Fr (=U ₀ /√(gH ₀))
RUN1	125	0.0016	800	1.9	21.1	4000	0.49
RUN2	250	0.0033	2400	3.5	48.0	12000	0.97

3. 画像処理結果

3.1 流速ベクトル

図-2に平均流速ベクトルを示す。RUN1, RUN2ともほぼ同じ位置で再付着しているが、フルード数の大きいRUN2の方が若干、再付着距離が短くなっている。図-3に瞬間流速ベクトルを示す。RUN1においては主流と凹部の境界面であるせん断層に大規模な剥離渦が存在し、トレンチ底面に再付着している。せん断層上部に局所的に流速が減少しているところは、再付着後の剥離渦が巻き上がり水面に達しようとする状況に対応していると考えられる。RUN2においてはフルード数が大きいので、RUN1に比べ剥離領域が縮小し、巻き上がりが抑制されている。また、再付着後に巻き上がった剥離渦が移流している様子が分かる。

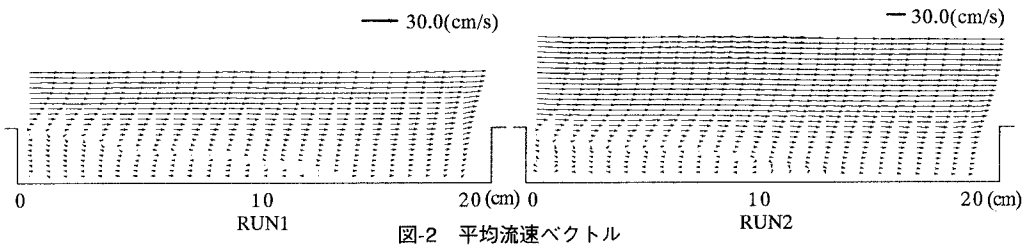


図-2 平均流速ベクトル

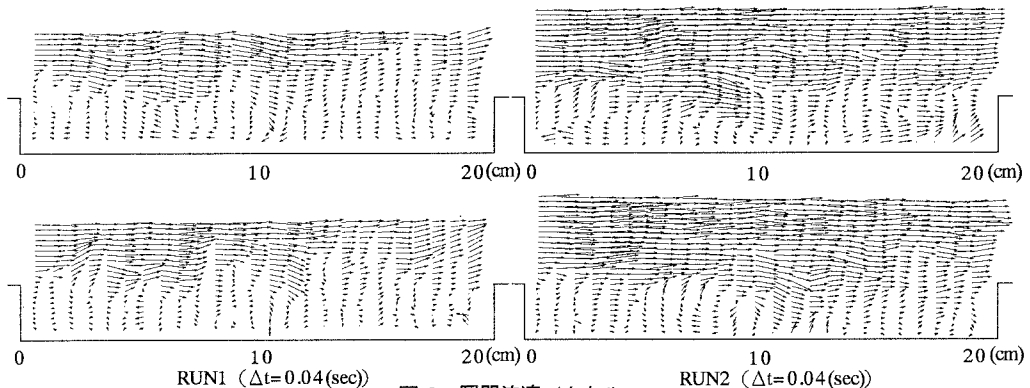


図-3 瞬間流速ベクトル

3.2 発散移流ダイアグラム

トレンチ底面から放出される組織渦の放出特性を検討するためにトレンチ底面付近 ($y=0.5(\text{cm})$) の水平断面中央部 ($z=10(\text{cm})$) において流れ方向に検査線を設けた。ここでは、水平断面内の流速成分を用いて検査線上の二次元発散値 ($\partial u / \partial x + \partial w / \partial z$) を求め、その時々刻々の変化を発散移流ダイアグラムとして図-4 に示した。二次元発散は流入水深 H_0 、断面平均流速 U_0 で無次元化している。RUN1ではトレンチ底面において上流から10~15cm 付近に発散の正の白い領域が集中しており、再付着していることを示す。再付着領域は流下方向に幅広く変動しており、その下流側では発散が負の領域が間欠的に現れている。この領域は流体が上方へ放出されていることを示すので、上昇流が間欠的に生じていると考えられる。RUN2でも同様の傾向がみられるが、再付着後の発散が負の領域がRUN1に比べて少なく、上昇流があまり生じていないと思われる。

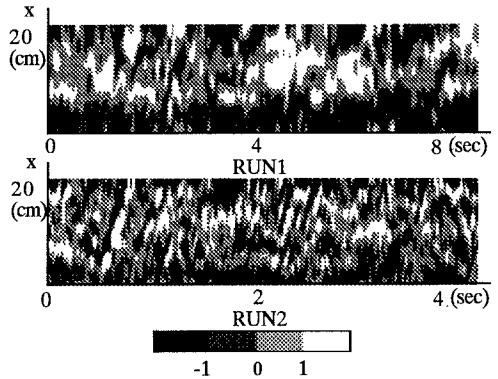


図-4 発散移流ダイアグラム

3.3 スペクトル

鉛直断面流れにおいて図-5に示す各測点での速度変動のスペクトル解析を行い、その卓越周波数を得ることによって流れの中に存在する組織渦の挙動を調べた。図-6に流下方向成分uのスペクトルを示す。点B2, B3で1.5Hz, 4Hzにピーク周波数があり、第一のピークは大規模渦が通過するのに伴う流速変動、第二のピークは剥離せん断層の個々の小さな渦が通過するのに伴って生じる高周波の流速変動によるものと考えられる。点D2においては高周波のピークが消え1.5 Hzにピーク周波数が現れている。この点が再付着点より下流側であることを考慮すると、せん断層で発達した個々の剥離渦が再付着後に生じる上昇流を巻き込んでさらに発達して点B2, B3 より低周波側のピークに移行していると考えられる。また、図-7の鉛直方向成分vのスペクトルにおいて、せん断層である点C3ではRUN1の方がRUN2より高周波の変動をし

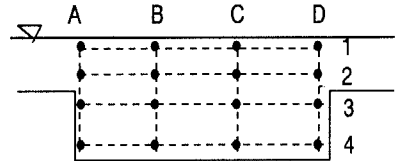


図-5 スペクトル計算点

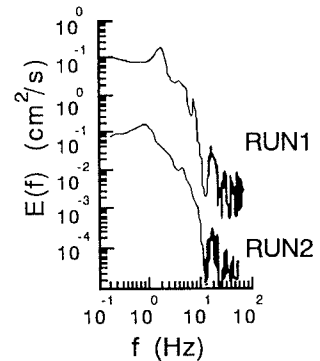
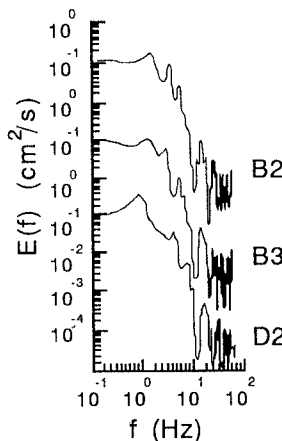


図-6 流速uのスペクトル(RUN1) 図-7 流速vのスペクトル(点C3)

ており、フルード数が増大すると、再付着点下流側における大規模な剥離渦の放出が抑制されると考えられる。

4. まとめ

トレンチ流れにおいて再付着を伴う流れでは、再付着後に剥離渦が巻き上がり上昇流を生じる。そして、せん断層の剥離渦を巻き込んでさらに大規模の渦に発達する。これが水面にまで達しボイル渦を生じると推察されるが、高フルード数の流れではそのような傾向はあまりみられず、ボイルの発生にはフルード数が大きく影響すると思われる。最後に、高速度ビデオカメラを使用させて頂いた近畿大学理工学部 江藤剛治教授、竹原幸生助手に謝意を表します。

参考文献

- 1) 門脇・神田・藤田・八木：画像処理による開水路凹部流れの乱流構造の解析，土木学会第49回年次学術講演会，1994。