

長方形および三角形断面開水路流れにおける縦渦の配列特性について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 石垣 泰 輔
 大 阪 ガ ス ○正員 木下 聖 司
 京 都 大 学 学生員 二 摩 慎 一

1. は じ め に

開水路流れに見られる3次元の挙動は、壁面近傍におけるバースティング現象等の内部変数に規定される小規模渦構造、断面形状等の効果による水深スケールの中規模渦構造および湾曲流等の外力の効果による大規模渦構造に大別される。本研究は主に中規模渦構造に着目し、水素気泡法を用いた壁面せん断力の計測および中立粒子による縦渦の可視化結果より、断面形状により規定された縦渦の空間的配置および安定性について若干の検討を加えたものである。

2. 実 験 方 法

壁面せん断力の測定は以下の方式を用いた。壁面近傍約 0.3mmに設置した直径0.05mmの白金線に0.05～0.10秒間隔で水素気泡を発生させ、形成されたタイムラインについて各ケース約30枚連続撮影を行い、タイムライン間隔をデジタイザーを用いて読取る。得られたタイムライン間隔より瞬間速度を算定し、壁面に立てた法線上の速度分布を直線分布と仮定して壁面せん断力 τ を求めた。なお、速度の計測位置は水素気泡の浮上等の影響により評価が困難であるため、 $\int \tau ds = \rho g A I$ となるように決定した。一方、縦渦の可視化は、水路上方および側方より露光時間1/4秒でトレーサを同時撮影し、得られたトレーサの軌跡より流下方向1mm毎に横断面内の座標をデジタイザーで読取り、トレーサの横断面内の挙動をとらえることにより縦渦の推定を行うものである。トレーサとしては粒径1.41～2.00mmのポリスチレン粒子を用いており、静水中の沈降速度は0.47cm/sであり、Allenの終末沈降速度式を用いると、見かけの比重は1.0053となる。なお、各実験は表-1に示す水理条件で行っている。

3. 実験結果および検討

図-1は約30枚のタイムラインの撮影結果より得られた壁面せん断力の平均値 τ とその変動成分 τ' の分布を平均壁面せん断力 τ_0 ($\rho g R I$)で無次元化して示したものである。三角形断面および長方形断面 $B/H=3$ の場合にはほぼ一様であるが、 $B/H=0.5$ の場合には路床・側壁とも明確に波状を呈し、比較的安定した縦渦の存在がうかがえる。

表-1 水理条件表

Case	I	Q(l/s)	B(cm)	H(cm)	T(°C)	Re	Fr
R-1	1/6115	0.423	4.03	8.02	22.90	2244	0.33
R-2	1/2349	0.893	12.00	4.02	28.09	5324	0.38
R-3	1/1465	1.569	20.00	4.01	13.30	4729	0.37

Case	I	Q(l/s)	H(cm)	T(°C)	Re	Fr
T-1	1/428	0.535	4.08	12.61	3810	0.85
T-2	1/390	0.559	4.15	13.60	3989	0.86

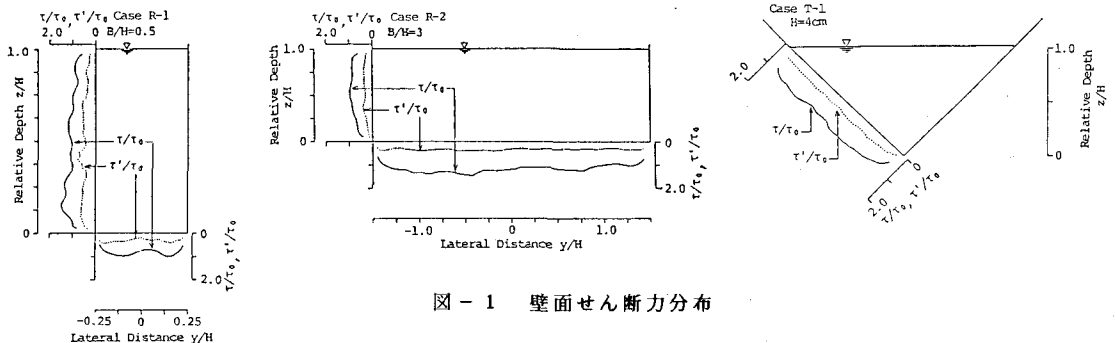


図-1 壁面せん断力分布

Hirotake IMAMOTO, Taisuke ISHIGAKI, Seiji KINOSHITA, Shinichi NIMA

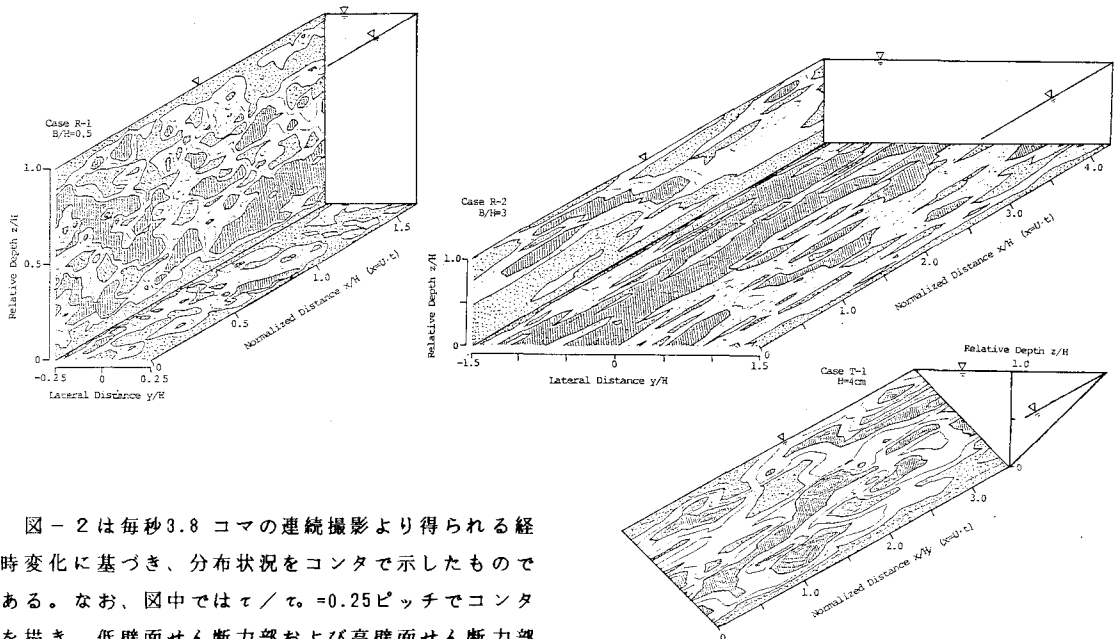


図-2 壁面せん断力の平面分布

図-2は毎秒3.8コマの連続撮影より得られる経時変化に基づき、分布状況をコンタで示したものである。なお、図中では $\tau/\tau_0=0.25$ ピッチでコンタを描き、低壁面せん断力部および高壁面せん断力部を、それぞれ $\tau/\tau_0 < 0.75$ 、 $\tau/\tau_0 > 1.25$ により区分している。図より、隅角部近傍における高壁面せん断力領域や $B/H=0.5$ の路床中央部における低壁面せん断力領域など比較的安定した領域の存在も見られるが、多くの場合、高壁面せん断力部はゆらいでおり、分裂・合体等を繰返している。また、安定した高壁面せん断力領域においても τ/τ_0 の値には変動が見られる。壁面せん断力の高い領域に縦渦の下降部が存在すると考えると、一部の安定した縦渦を除き、多くの場合、縦渦は分裂・合体を繰返し、時間的・空間的にかなり変動していると考えられ、隅角部近傍に生ずる一対の縦渦は水路幅・水深の短い方のほぼ0.5倍程度のスケール²⁾で、発生位置および強さ等に若干の変動があるものの、流下方向に比較的安定に存在していると推定される。

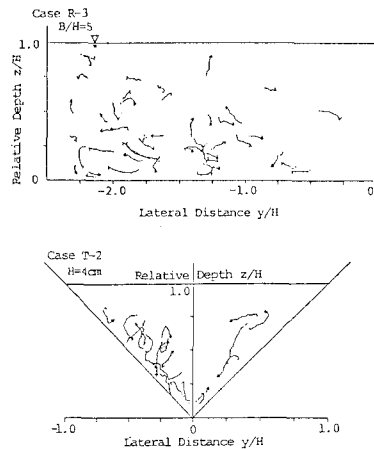


図-3 トレーサー法による可視化結果

図-3は中立粒子を用いた縦渦の可視化結果を示したものである。時間的・空間的な流れの変動のためトレーサは複雑な挙動を呈すが、隅角部近傍においてはトレーサの挙動がほぼ一定であり、比較的安定した流れの存在が推定できる。

以上のように、側壁の影響が十分に及ぶ範囲では縦渦は比較的安定に配列されるが、側壁の効果が及ばない範囲では縦渦は分裂・合体を繰返し、不安定な存在となることが推定された。しかしながら、本研究では縦渦の変動特性等を十分にとらえておらず、今後の研究課題としたい。

参考文献 1)土木学会編；水理公式集，pp. 411，1971.

2)今本博健，石垣泰輔；開水路隅角部付近における縦渦の配列特性について，第28回水理講演会論文集，pp. 257～262，1984.