

PS II-11

自由水面および固定壁近傍における渦対の挙動の比較

東北大学大学院 学生員○板井雅之

東北大学大学院 学生員 石井義裕

東北大学工学部 正 員 沢本正樹

1. はじめに

開水路における流体の挙動は、自由水面による様々な制約を受ける。そのため、固定壁のみを境界とする流れとは、力学的に異なっている。本研究では、バースティング現象を水槽底面より渦対を発生させるという簡単な流れでモデル化し、自由水面および固定壁近傍における渦対の挙動の可視化を行なった。その結果より自由水面が渦対に及ぼす影響について調べ、自由水面の力学的役割について考察した。

2. 実験方法

実験装置として、図-1に示すような長方形断面を持つ透明なアクリル製の水槽を用いた。水槽の底面には幅 1cm の二次元スリットが設けてある。油圧ポンプを用いてピストンを一定速度で押すことにより、スリットから渦対を発生させた。渦対を衝突させる境界としては、自由水面と固定壁の2ケースとした。固定壁については水槽の上方より水面をおさえる方法とした。実験条件は2ケースともほぼ同じであり、水深は10cm、渦対の移動速度は約20cm/sである。実験方法は注入トレーサ法を用いた可視化とした。トレーサには比重を調整した粒径約 1mm のポリスチレン球を水槽の中に散布した。撮影にはVTRカメラを用い、水槽側方よりシャッター速度 1/60sec で撮影した。トレーサの流跡線の始点と終点の座標をビデオ画像から読み取り、トレーサの移動距離とビデオのシャッター・スピードよりトレーサの平均速度を求めた。現象は非定常であるので、最小二乗法を用いて平均流速および流速勾配を求めた。

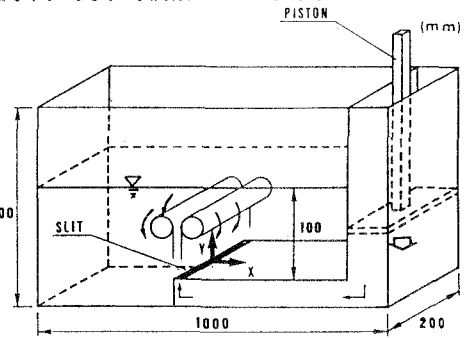


図-1 実験装置

3. 測定結果

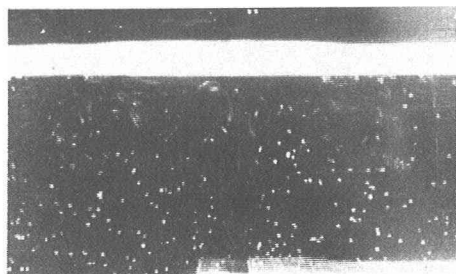
渦対の発生する時刻を時間原点とすると、渦対は約 0.40sec後に境界面に衝突する。ここでは、渦対が境界面に衝突した後である 0.73sec後の測定結果を示す。固定壁の場合の結果を図-2に、自由水面の場合の結果を図-3に示す。①固定壁の場合では、流速の大きい部分は固定壁沿いに広がっている。また、渦度の高い部分も固定壁沿いに広がっており、渦対が固定壁に沿って進行していることがわかる。運動エネルギーも固定壁に沿った部分での値が高い。②自由水面の場合では、固定壁の場合と比較して流速の大きい部分の横方向への広がりはない。流速の大きい部分が境界面に沿って広がるのではなく、斜め下方へ広がろうとしている。渦度分布をみると、渦度の大きい部分の移動速度が固定壁の場合に比べて遅くなっている。そこで運動エネルギー分布をみると、固定壁の場合と異なりエネルギーは場全体でほぼ一様に分布している。

以上のことから、固定壁の場合には渦のもっていたエネルギーは、固定壁との衝突後も渦付近に集中しているが、自由水面の場合には、渦のもっていたエネルギーは衝突後、他のエネルギーに転換されていると考えられる。これは境界が固定壁の場合には、境界が剛体のために渦対の衝突に対し境界が変形しないので、渦対が持っていた運動量は圧力に変化すると考えられる。一方、境界が自由水面の場合には、変形可能な境界なので渦対の衝突により水位が変化し、微量ながら鉛直方向の流速が生じている。そのため、渦対の持っていた運動量は鉛直方向の運動量と水位変化に変わる。その後、波動として水面上をエネルギーが伝搬することによって考えられる。

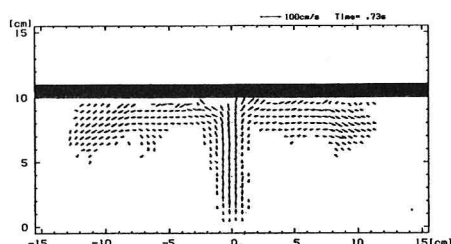
4. まとめ

本研究により得られた結果を以下に示す。自由水面が境界の場合は、境界が変形するため渦対が衝突することにより水面が上昇する。その後、水位上昇は渦の移動にともなう水面変動と波動としての変動とに分かれる。渦対は水面に衝突した後、波動の伝搬にともない移動する。これにより、自由水面の存在する場合の乱流構造は固定壁の場合と異なっていることがわかった

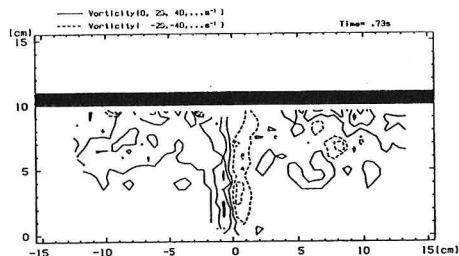
本研究を行うにあたり、東北大学 長尾昌朋助手、佐藤栄司技官の助力を得た。ここに謝意を表します。
 <参考文献>(1)灘岡和夫・増田幹雄・鈴木徹：境界要素法と離散渦法を応用した「波」と「渦」の相互干渉過程の解析，第36回海岸工学論文集，pp.41-45,1989.



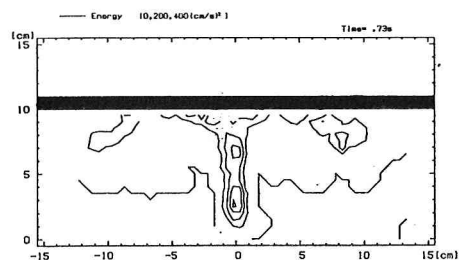
(a) 写真



(b) 流速分布

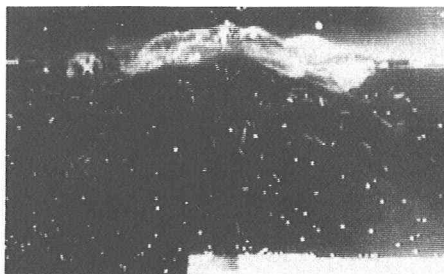


(c) 渦度分布

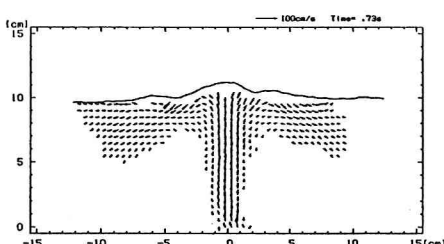


(d) 運動エネルギー分布

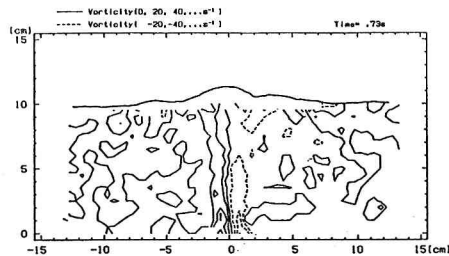
図-2 固定壁



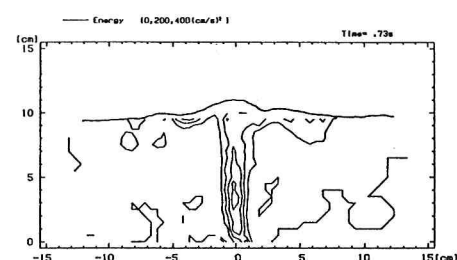
(a) 写真



(b) 流速分布



(c) 渦度分布



(d) 運動エネルギー分布

図-3 自由水面