

II-191

縦渦と並列らせん流に関する実験的検討

宇都宮大学工学部 F 員 須賀 堯三
建設省関東地方建設局 三浦 淳
宇都宮大学工学部 正 員 池田 裕一

1. はじめに

並列らせん流については、約30年前、河川の洪水流のような巨大な流れにおいても存在することが示唆された。それ以来、その内容に関する研究は多々なされてきたが、未だ未解明の点が多く残されている。しかし、現実には、橋脚洗掘や流量観測の誤差の原因等、並列らせん流の効果は種々現れており、早急な現象の解明が必要と思われる。

本研究では空気気泡によって強制的に「縦渦を並べたもの」を形成させ、それを流下させ安定した「並列らせん流」になると仮定した。そして、現在まで提案されたモデルのような時間平均された縦渦列に関して、その瞬間瞬間の特徴ある動きに注目し、並列らせん流の構造に関する特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置及び方法

実験水路として長さ4m幅68cmの亚克力製直線水路を用い、勾配は1/1000とした。縦渦を作成する装置として、エアーポンプにビニールチューブを接続し、水路床に17cm間隔で4本敷設した。そしてそれぞれ5cm間隔で開けた径1mmの小孔から空気を平均 $1.3\text{cm}^3/\text{s}$ で散気した。可視化実験を行う際のトレーサとして蛍光性のあるウラニン、赤色蛍光塗料を用いた。これらを撒くためのチューブは、散気のためのチューブに併設した。横断面可視化に関しては、観察面上の流れに影響を及ぼさぬよう、スリット面より下流側約90cmのところにミラーを設置し、スリット面上の現象をそのミラーにより側面へ反射させ、それを撮影した。概略図を図-1に示す。

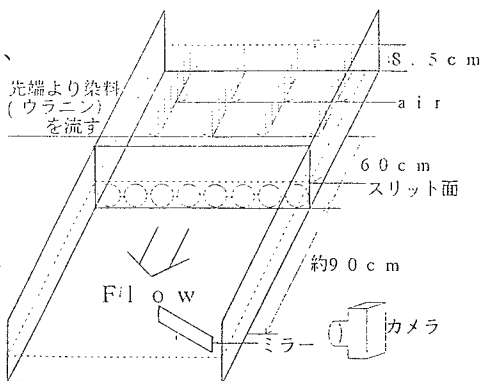


図-1 実験装置概略図

3. 実験結果及び考察

(1) 時間平均流れとしての並列らせん流

並列らせん流が最も安定して形成される条件を確認するため、チューブ間隔は一定にし、水深を変化させた時の時間平均された横断面流況を計測した。計測地点はチューブ端より、下流側60cmのところである。また補足的に各条件において可視化も行った。

その結果、縦渦は水深を直径とするような大きさに

推移しようとする傾向が見られた。よって水深の2倍間隔で、散気を行ったとき、最もらせん流は安定することが推測された。この時の2次流(V, W)のベクトル図を図-2に示す。本研究では、この条件下において、可視化実験を行った。水理条件は、水深 $h=8.5\text{cm}$ 、流速 $v=6.25\text{cm/s}$ 、フルード数0.07、アスペクト比8.0である。

(2) 可視化実験

可視化を行った断面は図-3に示す。

まず横断面①の可視化例を写真-1、写真-2に示す。写真-1は上昇部の挙動を示すものである。底面から染料が上方に伸びているところが気泡チューブの延長上で、上昇部に当たるところである。上の写真を見ると、底面から伸びる染料が左に傾いている。そして下の写真にいくに従い徐々に右側に傾き始める。こ

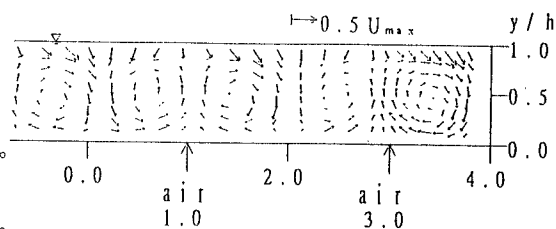


図-2 2次流(V, W)のベクトル表示

のようにらせん流は安定していてもゆらゆらと揺れながら推移している。写真-2は沈込部を中心とした写真である。底面に左右に2カ所染料が残っているところが上昇部である。上の写真を見ると右側の渦が大きく、左側の渦は小さくなっており、そして下の写真にいくに従い、徐々に左の渦が大きくなり、右側の渦が小さくなっていくことが確認できる。このことより渦は左右交互に大小変化をしていると思われる。

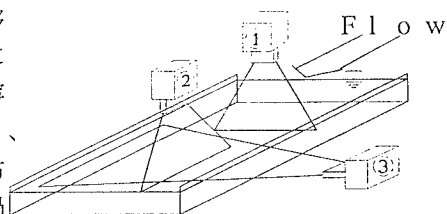


図-3 可視化を行った断面

次に縦断面②における可視化結果を写真-3、写真-4に示す。写真-3は上昇部の挙動である。このようにある程度まとまった形で上昇しており、また上昇する角度も斜め上方となっている。また竜巻状の上昇も確認された。写真-4は沈込部のものである。ここでは渦の大小により流速の遅速が見られるものの、おおよそ一様に沈み込んでいることがわかる。また沈込みの角度はほぼ鉛直になっており、上昇部のものとは異なっている。このように並列らせん流は、ただ縦渦がぐるぐる回っているようなものではないといえる。

最後に水平断面③における可視化結果を写真-5に示す。これは水面付近での様子であるが、沈込部において染料が交互にかみ合うようになっていることが確認された。このかみ合わせられることが、らせん流安定に関連した一つの現象と思われる。また染料の拡がり方からかみ合わさる部分の縦渦が大きくなったと思われるところに、湧昇点が存在することが推測される。この湧昇点は千鳥状に分布し、流下方向へはおおよそ2h間隔となっているようである。また底面付近において、渦が隣りに入り込むような不安定現象が見られた。これは今後の検討が必要である。



写真-3 縦断面上昇部

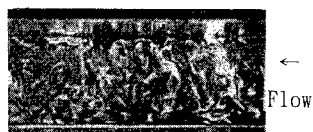


写真-4 縦断面沈込部



写真-5 水平断面水面付近



写真-1 横断面上昇部



写真-2 横断面沈込部



写真-3 横断面上昇部



写真-4 横断面沈込部



写真-5 横断面上昇部



写真-6 並列らせん流の3次元構造

4. 結論

これらの見いだされたことより、構造図を作成した（写真-6）。

これは今回の実験条件を基にした流れの構造であるが、他の条件時の構造の理解の上でも、役立つものと思われる。

【参考文献】1)木下良作：並列らせん流に関する実験的研究、北海道開発局石狩川開発建設部委託調査、河道形状と洪水流に関する検討業務報告書；1976 2)今本・石垣：開水路流れにおける縦渦の3次元構造について、第30回水理講演会論文集、pp565-570；1986