

II-345

開水路凹部における大規模渦の挙動について

神戸大学大学院 学正員 小出 大輔 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学工学部 正 員 宮本 仁志 岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎

1. まえがき

筆者らは開水路の底面に設けた凹部が流れの構造に及ぼす影響について検討してきた．本稿では，凹部区間の流況に強い影響を及ぼす主流－凹部境界の大規模組織渦を対象にして，凹部形状の変化に伴う大規模渦の発達過程，周波数，移流速度などの特性を画像計測法（PIV）により実験的に調べた．

2. 水理条件および実験装置

水理条件，実験水路をそれぞれ表-1，図-1 に示す．凹部区間の流れはレイノルズ数が 3800，フルード数が 0.23 の水面変動のない常流である．実験水路は筆者らの既往の研究¹⁾と同じであり，凹部深さ D は 2, 3, 5cm の 3 ケースを対象とした．各実験ケースは，主流が凹部底面に再付着する流れ（ $D = 2\text{cm}$ ），凹部内全域で循環流を形成する流れ（ $D = 5\text{cm}$ ），および，その間の遷移的な流れ（ $D = 3\text{cm}$ ）に対応している．流れ場の計測には PIV を用いた．

3. 実験結果

3-1 模擬粒子による流脈

模擬粒子による流脈を図-2 に示す．これは主流－凹部境界の上流側の定点（ $x = 2\text{cm}$ ， $z = 5.0\text{cm}$ ）において，1/60 秒間隔で模擬的に発生させた粒子を，その時刻の瞬間流速ベクトルを用いて移動させたものである．初期段階で流脈は正弦波的な形を示すが（図-2(a)），時間とともに非線形な波へと発達している（図-2(b)）．その後，非線形波はさらに発達し，大規模渦を形成する（図-2(c)）．

3-2 大規模渦のスケール

図-4 に $D = 2, 3, 5\text{cm}$ における大規模渦スケール d の流下方向変化を示す．ここで，大規模渦のスケールは，流下方向瞬間流速 u の鉛直分布を用いて主流－凹部境界における瞬間的な自由せん断層厚さ dz の経時変化を求め（図-3）， dz の極大値を平均することで評価を行った．凹部上流端を原点とし，流下方向に x 軸をとっている．大規模渦のスケールは流下に伴い増大している．また，流下に伴う渦スケールの発達は，

表-1 水理条件

流量 Q (cm^3/s)	758
水深 H_0 (cm)	3.0
断面平均流速 U_0 (cm/s)	12.63
Re 数 ($=H_0 U_0 / \nu$)	3800
Fr 数 ($=U_0 / \sqrt{g H_0}$)	0.23

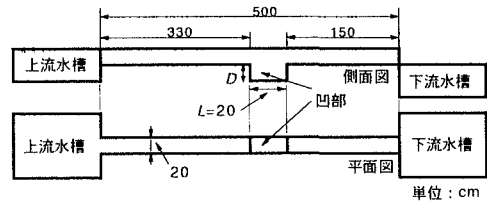
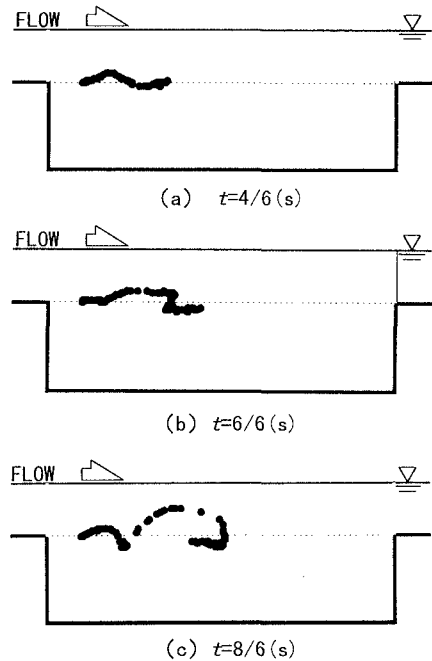


図-1 実験水路の概要

図-2 模擬粒子による流脈図 ($D = 5\text{cm}$)

キーワード 開水路，凹部，大規模渦，PIV

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, TEL : 078-881-1212, FAX : 078-803-1050

凹部深さが浅いほど抑制されている。

3-3 スペクトル解析

図-5に凹部深さ D が 5cm の主流-凹部境界における鉛直方向変動流速 w のスペクトル $P_w(f)$ を示す。流下に伴い卓越周波数が徐々に低周波側に移行している。これは大規模渦が流下に伴いより大きなスケールの渦へと成長していることを示している。凹部深さ D が 3cm のケースでも同様な傾向が見られた。凹部深さ D が 2cm の場合には、卓越周波数の単調な低周波側への移行は確認できなかった。これらは、凹部が浅くなるに従い渦スケールの発達が抑制されるという前項での結果を追認している。

3-4 大規模渦移流速度

大規模渦の移流速度 q の流下方向分布を図-6に示す。ここで移流速度 q は、凹部における2点間の流速変動成分の時系列データを用いて相互相関係数を算出することにより次式から移流速度 q を求めた。

$$q = \frac{1}{d} \int_{-d/2}^{d/2} q' dz \quad (1)$$

$$q' = \Delta x / \tau_p \quad (2)$$

ここで、 q ：大規模渦の移流速度、 d ：大規模渦のスケール (図-3)、 q' ：流速変動成分の移流速度、 z ：鉛直方向距離、 Δx ：流速変動成分の2点間の距離、 τ_p ：相互相関係数のピーク値が現れる遅れ時間、である。移流速度 q は、凹部深さ D が大きくなるに従い増加している。また、 $D=2\text{cm}$, 3cm のケースでは、移流速度 q は流下方向にほぼ一定値をとるが、 $D=5\text{cm}$ のケースでは、移流速度 q が流下方向に増加するという傾向がみられた。

4. まとめ

開水路の主流-凹部境界における大規模渦について、凹部の形状変化が大規模渦の発達過程、周波数、移流速度等の特性に及ぼす影響を検討した。大規模渦は凹部上流端から周期的に発生し、流下に伴いそのスケールは増大する。また、凹部深さが浅くなるに従い大規模渦の成長は抑制されるようになる。大規模渦の移流速度は、凹部が深くなるのに伴い増加するようになる。

<参考文献> 1) 宮本仁志・神田 徹・藤田 一郎・池上 迅：PIVによる開水路凹部流れの計測および数値解析，水工学論文集，第41巻 pp. 1049-1054, 1997.

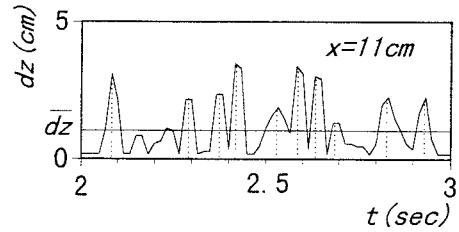


図-3 瞬間的な自由断層厚さの経時変化 ($D=5\text{cm}$)

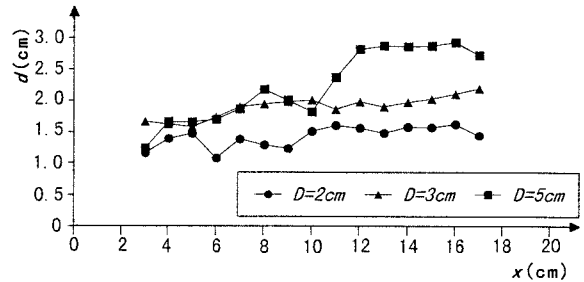


図-4 大規模渦スケール d の流下方向変化

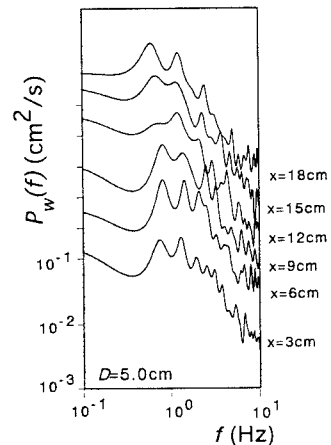


図-5 変動流速 w のスペクトルの流下方向変化 ($D=5\text{cm}$)

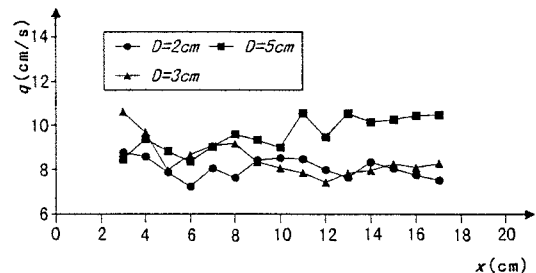


図-6 移流速度 q の流下方向分布