第Ⅱ部門

一方向流中に置かれた楕円体周りの流況に関する実験的研究

大阪市立大学 工学部学生会員山村 雄司大阪市立大学大学院 工学研究科フェロー会員重松 孝昌

1. 研究背景・目的

ポーラスコンクリートや石積み提,砂礫層などの多 孔質構造物は,水質浄化や波浪減衰などの効果を有し ていることは周知のことである.これには,様々な形 状の物体が様々な姿勢で積み重なっている多孔質体内 部および周囲の流体運動が深く関わっていると想像さ れるが,十分な知見は得られていない.これを解明し ようとする既往の研究では,球体を用いて単純な積層 構造を有する多孔質体を対象としたものがほとんどで ある.更には,単一の非球物体周りの流れを詳細に計 測した事例そのものが極めて少ない.そこで,本研究 では楕円体を対象として,一方向流中で迎角を変化さ せたときの流況を詳細に計測することを目的とする.

2. 実験概要および解析手法

実験は,図-1に示すような長さ0.85m,幅0.10m, 高さ0.20mの水平部を有するU字型管水路の中央部 に,3Dプリンター (L-DEVO M2030TP)を使用して 作成した短軸径 $D_S = 2cm$,長軸径 $D_L = 3cm$ の楕 円体の模型を直径 $2 \times 10^{-4}m$ のPE製の繊維で固定 し,ポンプ((株)鶴見製作所)を用いて一方向流(流 速 V_0)を発生させて行った.図-2に示すように楕円 体中心を原点とする座標系を設定し,短軸とx軸とな



Yuji YAMAMURA,and Takaaki SHIGEMATSU shige@eng.osaka-cu.ac.jp



表─1 実験条件							
θ	deg.	-3	12	30	49	58	88
V_0	$\mathrm{cm/s}$	3.8	4.4	4.1	4.0	3.8	3.8
y	cm	0.00 , 0.25 , 0.50 , 0.75 , 1.00					

す角度は 90 度で一定とし,長軸とx軸のなす角 θ を 変化させた.

予め,水中に混入した 50μ m ナイロン粒子を散布し, レーザー光源 (LDB2W: (有) ケンテック)をシート状 に照射してその断面内を移動する粒子を,高速度カメ ラ (Phantom Miro 320:(株) ノビテック)で撮影した. レンズは Micro-Nikkor 105mm/f2.8((株)Nikon)を用 い,撮影時間間隔は 1/50秒,露光時間は 1/1000秒で, 15秒間 (約750枚) 計測した.このとき,撮影画像サイ ズは 1920 × 1200pixel で空間解像度:約 100pixel/cm であった.撮影画像に対して PTV(Super-Resolution KC法)¹⁾を適用し,トレーサー位置 (x_m, z_m)の流速 v_m を求めた後,式(1)を用いて格子点 (x_c, z_c)上の 空間平均流速 $\langle v \rangle$ を求めた.空間平均領域の直径は 0.5cm とした.

$$\langle v \rangle(x_c, z_c, t) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^{M} v_m(x_m, z_m, t)$$
 (1)

ここに, *M* は空間平均領域内に存在する流速計測数 を表す.

3. 実験結果

図-3 に, θ = 30deg. の場合の y=0.00cm における 鉛直断面内の流速分布の経時変化を示す.楕円体後流 域では,一対の渦流が形成されており,一方はz = 0.5cm,x = 2.0 ~ 2.5cm 付近に中心を持つ反時計回 りの渦流である.この渦流は時間とともにその中心位 置とその大きさが多少変動するものの,おおむね定在 している.他方の渦流は,楕円体の上端のやや後方か らの剥離に伴って発生し,前者の渦流と比較すると小



図-5 時間平均流速の分布 (y = 0.00 cm)

さく,後方へと流下してゆく.*x* = 4.0cm 付近でこの 渦流は消滅し,それより下流部では上昇流が卓越した 流れとなっている.

図-4 は,時間平均流の断面による相違を示したも のである.y = 0.00cm における断面では,前述した 渦構造の影響を受けて,後流域の楕円体近傍の下方に 反時計周りの渦流が形成されている.y = 0.25cm の 断面においては,この定在する渦流はやや小さくなる とともに,その上方には流下方向に細長く伸びる時計 周りの渦流が形成されていることがわかる.また,両 断面の後流域においては,およそ $x \ge 3.0$ cm では上 昇流が卓越することがわかる.y = 0.75cm の断面に おいては明確な渦流の存在は見られず,下降流が卓越 していることがわかる.

図-5 は, y = 0.00cm の鉛直断面における時間平均 流の分布を示したものである.時間平均流速の分布か ら後流域の分布を判断するとすれば, θ が大きくなる について後流域がより下流にまで拡がる傾向が見られ る. $\theta = 30(2-4(a))$ および 49deg. の場合には,後流 域内の z > 0.0cm に反時計回りの渦流が形成され,そ の上方に細長い時計回りの渦流が見られる.また,後 流域の下流側では上昇流が卓越する傾向が見られる. 一方, $\theta = 58$ および 88deg. の場合には,後流域内の z < 0.0cm に時計回りの渦流が形成され,その下方に 細長い反時計回りの渦流が見られる.また,後流域よ りも下流側では下降流が卓越する傾向にあることがわ かる.

4. 結論

楕円体周りの流況は,迎角および撮影断面によって 変化することが確認できた.特に,後流域では一対の 渦流が形成されるものの,迎角によって両者の渦流の 大小関係や位置が変動するとともに,後流域の下流側 で卓越する流向が変化することが明らかになった.

参考文献

¹⁾ 竹原幸生,R.J.Adrian, 江藤剛治: KC 法を用いた Super-Resolution PIV の提案,水工学論文集,第44巻, pp.431-436, 2000