

宮 崎 大 学 大 学 院  
博 士 学 位 論 文

非対称干渉要素によって変位を受ける円柱後流渦の制御

2006年9月12日

宮崎大学大学院工学研究科  
システム工学専攻

小田純子

# 目次

<b>1</b>	<b>序論</b>	<b>5</b>
1.1	はじめに	5
1.2	物体後流の渦制御に関する過去の論文	5
1.3	二物体周り流れに関する過去の論文	7
1.4	本研究の目的	9
1.5	本研究の内容	10
<b>2</b>	<b>実験装置と方法</b>	<b>12</b>
2.1	はじめに	12
2.2	実験装置	12
2.2.1	回流水槽	12
2.2.2	風洞	14
2.3	“仕切板のケース”と“二円柱のケース”の実験状況	14
2.4	背圧の測定法	19
2.5	ストローハル数の測定法	19
2.6	PIVによる流速測定	20
2.6.1	実験装置と測定法	20
2.6.2	FFT 相互相関法	21
2.6.3	パラメータの設定法	23
2.7	むすび	26
<b>3</b>	<b>干渉要素の相対位置の変化による円柱後流渦の特性</b>	<b>27</b>
3.1	はじめに	27
3.2	レイノルズ数効果	27
3.3	背圧(仕切板のケース)	31
3.4	背圧(二円柱のケース)	31

3.5	ストローハル数 (仕切板のケース)	34
3.6	ストローハル数 (二円柱のケース)	34
3.7	むすび	38
<b>4</b>	<b>PIVによる主円柱後流の観察</b>	<b>40</b>
4.1	はじめに	40
4.2	単独円柱のケースでの流れパターン	40
4.3	仕切板のケースでの流れパターン	41
4.3.1	対称配置 $Z/d = 0$	41
4.3.2	非対称配置 $Z/d = 0.5$	43
4.3.3	非対称配置 $Z/d = 1.0$	43
4.4	二円柱のケースの流れパターン	43
4.4.1	対称配置 $Z/d = 0$	43
4.4.2	非対称配置 $Z/d = 0.5$	46
4.4.3	非対称配置 $Z/d = 1.0$	46
4.5	臨界ギャップの空間トレース	50
4.6	渦形成長さ	52
4.6.1	様々な定義による渦形成長さ	52
4.6.2	仕切板のケースの渦形成長さ	52
4.6.3	仕切板のケースと二円柱のケースの渦形成長さの変化	54
4.7	むすび	58
<b>5</b>	<b>結論</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>謝辞</b>	<b>61</b>

## 主な記号

$U$ :時間平均主流速度

$G$ :主円柱中心線から仕切板までの水平距離, または副円柱中心線までの水平距離

$Z$ :主円柱中心線から仕切板までの鉛直距離, または副円柱中心線までの鉛直距離

$T$ :主円柱上側の剥離剪断層

$B$ :主円柱下側の剥離剪断層

$d$ :主円柱と副円柱の直径

$T'$ :副円柱上側の剥離剪断層

$B'$ :副円柱下側の剥離剪断層

$H$ :水槽実験では水深, 風洞実験では測定部の高さ

$P$ :有効スパン長

$N$ :検査領域サイズ [pixel]

$u$ :主流方向変動流速

$u'$ :主流方向変動流速の r.m.s. 値

$v$ :主流直角方向変動流速

$v'$ :主流直角方向変動流速の r.m.s 値

$L$ :主流方向速度変動の r.m.s. 値  $u'$  から求めた渦形成長さ

$L'$ :平均渦度から求めた渦形成長さ

$L''$ :主流直角方向速度変動の r.m.s. 値  $v'$  から求めた渦形成長さ

$I$ :乱れの強さ  $I=\sqrt{u'^2}/U$

$t$ :時間

$C_{pb}$  :時間平均背圧係数  $C_{pb}=2(P_b-P_\infty)/\rho U^2$

$S_{peak}$ :パワースペクトルのピーク値

$\rho$ :流体の密度

$\alpha$ :画像変換係数 [pixel/mm]

$\nu$ :流体の動粘性

Re:レイノルズ数  $Re=Ud/\nu$

$f_v$ :円柱後流渦の卓越周波数

$S_t$ :ストローハル数  $S_t=f_v d/U$

$f_J$ :ジェット状の加速した流れの周波数

$P_b$ :時間平均主円柱背圧

$P_\infty$ :上流における時間平均基準圧力

# 目 次

1	Sketch of a wavy model with a rectangular cross-section from Bearman <i>et al.</i> [1]. . . . .	6
2	A view of circular cylinder fitted with a spiralling arrangement of surface control bumps from Owen <i>et al.</i> [2]. . . . .	6
3	Classification of interference regions adapted from Zdravkovich [9]. . . . .	8
4	Water tank facility. . . . .	13
5	Spanwise velocity distribution in the water tank. . . . .	13
6	Wind tunnel facility. . . . .	15
7	Spanwise velocity distribution with endplates in the wind tunnel. . . . .	15
8	Schematic of the flow configurations. . . . .	17
9	Wind tunnel experiment situation. . . . .	18
10	PIV system. . . . .	22
11	Example for FFT cross correlation method. . . . .	22
12	PIV system timing chart. . . . .	25
13	Variation of $-C_{pb}$ with $G/d$ for the two-cylinder case. The data were taken in the wind tunnel ( $Re=7.6 \times 10^3$ ). . . . .	28
14	Variation of $-C_{pb}$ with $G/d$ for the two-cylinder case. The data were taken in the wind tunnel ( $Z/d=0.75$ ). . . . .	29
15	A comparison of between the wind tunnel experiment and the water tank experiment for the two-cylinder case ( $Z/d=1.0$ ). . . . .	30
16	Variation of $-C_{pb}$ with $G/d$ for the splitter-plate case in the water tank ( $Re=1.1 \times 10^4$ ). . . . .	32
17	Variation of $-C_{pb}$ with $G/d$ for the two-cylinder case in the water tank ( $Re=7.4 \times 10^3$ ). . . . .	32
18	Correspondence $-C_{pb}$ and flow patterns for the two-cylinder case on $Z/d=0$ . . . . .	33
19	Variation of $-C_{pb}$ with $G/d$ for the two-cylinder case in the wind tunnel ( $Re=2.9 \times 10^4$ ). . . . .	33
20	Variation of $St$ with $G/d$ for the splitter-plate case in the water tank ( $Re=1.1 \times 10^4$ ). . . . .	35

21	Variation of peak with $G/d$ for the splitter-plate case in the water tank ( $Re=1.1\times 10^4$ ).	35
22	Variation of $St$ with $G/d$ for the two-cylinder case. The data were taken in the water tank ( $Re=7.4\times 10^3$ ).	36
23	Power spectra for $Z/d=1.5$ .	36
24	Variation of $St$ with $G/d$ for the two-cylinder case in the wind tunnel ( $Re=2.9\times 10^4$ ).	38
25	Vorticity distribution for single cylinder case.	41
26	Vorticity distribution for $Z/d=0$ .	42
27	Averaged streamlines for $Z/d=0$ .	42
28	Vorticity distribution for $Z/d=0.5$ .	44
29	Averaged streamlines for $Z/d=0.5$ .	44
30	Vorticity distribution for $Z/d=1.0$ .	45
31	Averaged streamlines for $Z/d=1.0$ .	45
32	Vorticity distribution for $Z/d=0$ .	47
33	Averaged streamlines for $Z/d=0$ .	47
34	Vorticity distribution for $Z/d=0.5$ .	48
35	Averaged streamlines for $Z/d=0.5$ .	48
36	Vorticity distribution for $Z/d=1.0$ .	49
37	Averaged streamlines for $Z/d=1.0$ .	49
38	Trace of critical gaps for all levels.	50
39	Definition of vortex formation length $L$ .	53
40	Definition of vortex formation length $L'$ .	53
41	Definition of vortex formation length $L''$ .	53
42	(a) $u'$ distribution. (b) Averaged vorticity distribution. (c) $v'$ distribution. Post-critical régime ( $Z/d=0.5$ , $G/d=2.8$ ).	54
43	Variation of vortex formation length with $G/d$ .	56
44	Schematic representation of the variation of vortex formation length with $G/d$ .	56