

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎 大阪大学大学院 学生員○佐藤 学
大阪大学工学部 学生員 兼重 寛 立命館大学理工学部 真砂智裕
立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

1.まえがき 著者らは、自然風に相似な乱流中において矩形断面のギャロッピングの応答測定を行い、乱れ強度および乱れスケールがそれらに及ぼす影響を調べてきた。¹⁾ 本研究では、これらの応答実験で明らかになった現象を断面回りの圧力の面から調べ、乱流中における応答と断面回りの圧力特性の関係を考察する。

2.実験概要

2.1 乱流発生 Fig.1にアクティブ乱流発生装置により発生させた気流のパワースペクトルの一例を示す。図には乱流シミュレーションの際に目標としたカルマンの提案式によるパワースペクトル密度関数も併記する。図より、パワースペクトル形状はターゲットとよく一致していることが分かる。Table 1に今回シミュレートする全ての気流の乱流特性値を示す。このように、本装置では乱れ強度、乱れスケールを独立かつ任意に制御できる。なお、表に示す準一様流とは平板列および翼列を水平にした状態で得られる気流である。

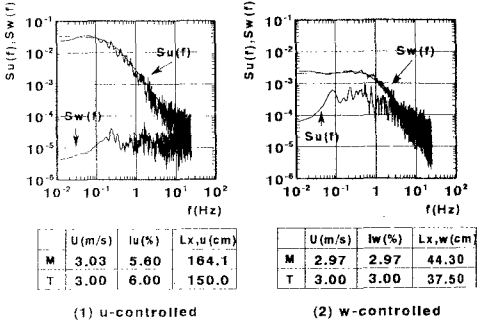


Fig.1 Power spectra of turbulent flow

2.2 実験模型 本研究で対象とする断面は、辺長比2の矩形断面である。この模型をたわみ一自由度系にばね支持し、起振機により応答実験時と同じ振動数(周波数 $f_t=3.4\text{Hz}$)で振動させ、圧力を測定する。

3.ギャロッピング時の圧力特性

3.1 乱れ強度の影響 Fig.2($U=2.6\text{m/s}$: 応答実験では、準一様流中におけるギャロッピング発現風速)、Fig.3($U=3.6\text{m/s}$: 応答実験では、多くの気流においてギャロッピングが十分に発達する風速)の(a)に二次元制御乱流中、(b)に主流方向[u方向]制御乱流中、(c)に鉛直方向[w方向]制御乱流中で乱れ強度を変化させたときの振幅-仕事関を示す。(仕事: 変動圧力が模型になす仕事)

風速 2.6m/s (Fig.2)においては、特に二次元<図(a)>およびw方向制御<図(c)>において、乱れ強度の増加に伴い、仕事が正から負に転じる振幅が小さくなっている。風速 3.6m/s (Fig.3)より、乱れ強度の増加に伴い、仕事の絶対値が減少している。いずれの場合も、乱れ強度の増加に伴い、励振される力が減少している。これらは、応答実験で、乱れ強度が大きくなるのに伴いギャロッピング発現風速が高風速側に移動する傾向と同様である。また、図(b)、(c)を比較すると、u方向制御乱流中よりw方向制御乱流中の方が上記の傾向が顕著に現れ、w方向の乱れの方が強く影響していることが分かる。

Mitsuo KAWATANI, Manabu SATO, Hiroshi KANESHIGE, Tomohiro MASAGO and Hiroshi KOBAYASHI

Table 1 Turbulence characteristics

(a) two dimensional controlled turbulence										
Turbulence No.	Change of	Target				Measured				
		Iu (%)	Iw (%)	Lx,u (cm)	Lx,w (cm)	Iu (%)	Iw (%)	Lx,u (cm)	Lx,w (cm)	
Semi-smooth flow										
TI-04	Iu	4	2			<1.5	<1.5	3	2	
TI-06*	Iw	6	3	150	37.5	5.6	3.1	148.4	41.5	
TI-10	Iw	10	5			9.7	5.3	145.8	44.1	
TSu-05				50		6.0	3.0	50.6	42.1	
TSu-15*	Lx,u	6	3	150	37.5	5.6	3.1	148.4	41.5	
TSu-35				350		5.9	3.0	370.5	43.3	
TSw-12					12.5	5.9	3.0	160.7	15.4	
TSw-37*	Lx,w	6	3	150	37.5	5.6	3.1	148.4	41.5	
TSw-87					87.5	5.4	3.0	169.9	93.6	
*TI-06, TSu-15 and TSw-37 are the same turbulences.										
**The mean velocity is 3m/s										

(b) u,w-controlled turbulence										
Turbulence No.	Change of	Target				Measured				
		Iu (%)	Iw (%)	Lx,u (cm)	Lx,w (cm)	Iu (%)	Iw (%)	Lx,u (cm)	Lx,w (cm)	
TI-04-u		4.0				3.9	1.5	143.8		
TI-06-u*	Iu	6.0	<1.5	150	-	5.6	1.3	164.1	-	
TI-10-u		10.0				9.8	1.4	146.5		
TSu-05-u				50		5.9	1.4	48.7		
TSu-15-u*	Lx,u	6	<1.5	150	-	5.6	1.3	164.1	-	
TSu-35-u				350		6.6	1.5	356.1		
TI-04-w			2.0			2.4	2.0		44.3	
TI-06-w*	Iw	<2.5	3.0	-	37.5	2.5	3.0	-	44.3	
TI-10-w			5.0			2.5	5.1		44.2	
TSw-12-w					12.5	2.3	2.9		16.4	
TSw-37-w*	Lx,w	<2.5	3.0	-	37.5	2.5	3.0	-	44.3	
TSw-87-w					87.5	2.5	3.2		88.0	
*TI-06-u and TSu-15-u, TI-06-w and TSw-37-w are the same turbulences.										
**The mean velocity is 3m/s										

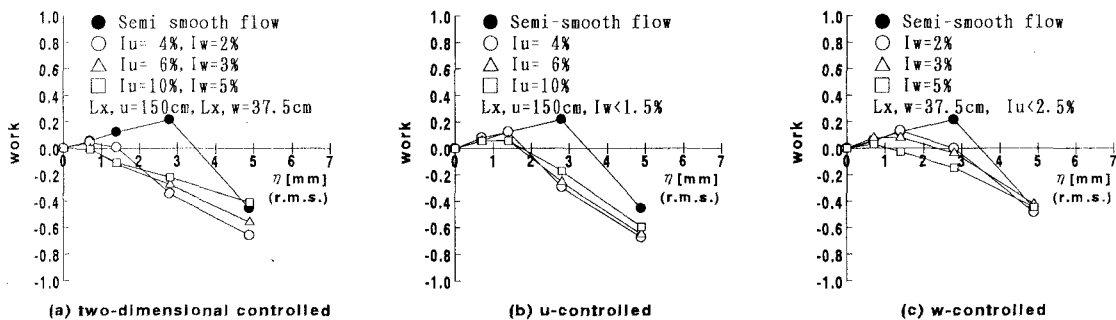


Fig.2 Amplitude-Work $U=2.6\text{m/s}$ (change of turbulence intensity)

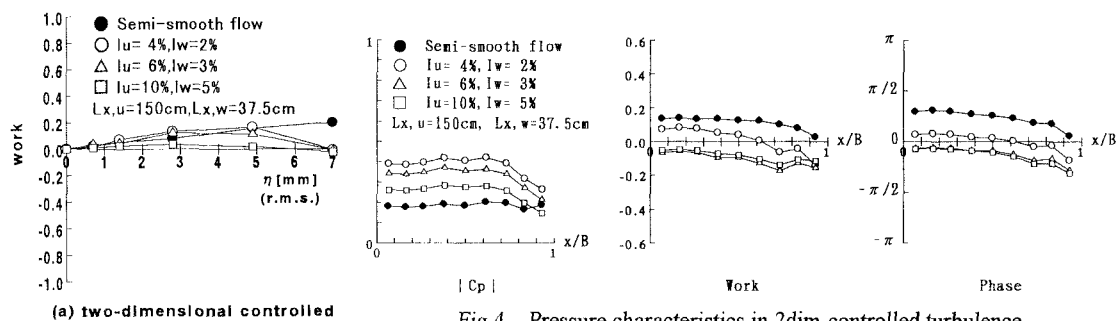


Fig.3 Amplitude-Work $U=3.6\text{m/s}$ (change of turbulence intensity)

Fig.4 Pressure characteristics in 2dim-controlled turbulence ($U=2.6\text{m/s}$, $\eta=1.4\text{mm}$, change of turbulence intensity)

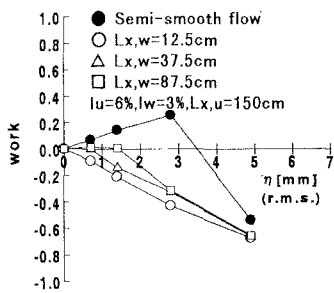


Fig.5 Amplitude-Work $U=2.6\text{m/s}$ (change of vertical scale)

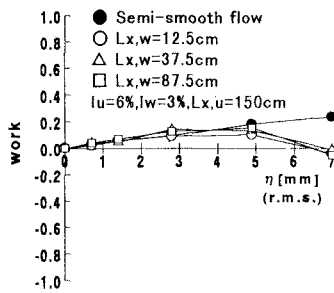


Fig.6 Amplitude-Work $U=3.6\text{m/s}$ (change of vertical scale)

Fig.4に一例として、二次元制御乱流中において風速2.6m/s、振幅1.4mmのときの圧力振幅(圧力変動の振幅)、仕事、位相差(模型変位と変動圧力の位相差、変位の位相が進む時を正)の分布図を示す。仕事と圧力振幅あるいは位相差の関係について、仕事は位相差の影響を受けている。これは風速3.6m/sの場合も同様である。

3.2 主流方向乱れスケールの影響 主流方向乱れスケールの変化に伴う、影響はほとんど見られなかった。

3.3 鉛直方向乱れスケールの影響 Fig.5($U=2.6\text{m/s}$), Fig.6($U=3.6\text{m/s}$)に二次元制御乱流中で、鉛直乱れスケールを変化させたときの振幅-仕事図を示す。風速2.6m/s<Fig.5>においては、鉛直方向乱れスケールが小さいほど、仕事が正から負に転じる振幅が小さくなっていることが分かる。風速3.6m/s<Fig.6>においては、鉛直方向乱れスケールが小さくなるにつれて、仕事の絶対値が減少していることが分かる。いずれの場合も、鉛直乱れスケールの減少に伴い、励振される力が減少している。これらは、応答実験で、鉛直方向乱れスケールが小さいときにギャロッピング発現風速が高風速側に移動する傾向と同様である。仕事と圧力振幅あるいは位相差の分布との関係は乱れ強度を変化させた場合の傾向と同様である。

参考文献 1) 川谷充郎・佐藤 学・小林祐士：乱流中における角柱のギャロッピングおよびねじれフラッター応答特性、