

I - B30

乱流中における矩形断面のねじれフラッターおよび圧力特性

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎
大阪大学工学部 兼重 寛

大阪大学大学院 学生員 佐藤 学
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ねじれフラッターの応答測定を行い、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、乱流中での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、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。

2.2 実験模型 本研究で対象とする断面は、辺長比($B/D=7, 10$)の矩形断面である。この模型をねじれ一自由度系にばね支持し、起振機により応答実験と同じ振動数(周波数 $f=2.800\text{Hz} < B/D=7$, $f=1.225\text{Hz} < B/D=10$)で振動させ、圧力を測定する。

3. ねじれフラッター圧力特性

3.1 辺長比 10 ($B/D=10$) の矩形断面

(1) 準一様流中における圧力特性 測定の風速全ケースにおける準一様流中の振幅-仕事図を Fig. 2 に示す。(仕事：変動圧力が模型になす仕事) 応答実験における加振時のねじれフラッター発現風速(約 3.5m/s)より低風速側では、振幅が小さいとき抑制力が働き、ねじれ振動が発生せず、ねじれフラッター発現風速以上では、加振振幅が増加すると共に仕事も増加し励振力が強くなっている。これは、応答実験と同様に、発散的に振動が発達することを示す。

(2) 乱れ強度の影響 Fig. 3 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]制御乱流中において、風速 4.5m/s で乱れ強度を変化させたときの振幅-仕事図を示す。Fig. 3 において、乱れ強度の増加に伴い、仕事が減少している。また、図(b), (c)を比較すると、鉛直方向制御乱流中より主流方向制御乱流中において仕事が小さくなっており、乱れ強度の鉛直方向成分より主流方向成分が強い抑制力を有することが分かる。測定の風速全ケースにおいて同様の傾向が見られた。

(3) 主流方向乱れスケールの影響 Fig. 4 に示すように、二次元制御乱流中において、風速 4.0m/s で主流方向乱れスケールが小さいときに仕事が減少している。

キーワード：フラッター、矩形断面、圧力特性、アクティブ乱流発生装置、乱れ特性
連絡先：〒565 吹田市山田丘 2-1, Phone 06-879-7598 Fax 06-879-7601

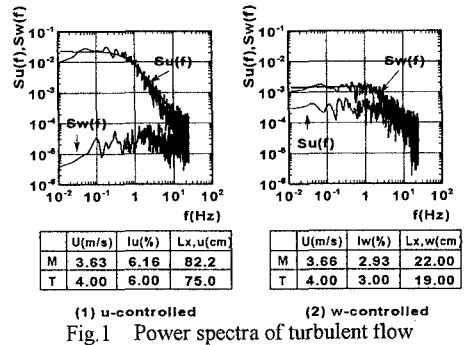


Table 1 Turbulence characteristics
(a) two-dimensional controlled turbulence

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			4.5	2.1	72.3	20.2
TI-06*	Iw	6	3	75	19	6.0	3.1	76.9	20.7
TI-10	Iw	10	5			11.2	5.3	75.7	21.0
TSu-02				25		5.9	3.2	31.7	21.5
TSu-07*	Lx,u	6	3	75	19	6.0	3.1	76.9	20.7
TSu-17				175		6.5	3.1	153.8	21.1
TSw-07					7	6.2	2.9	85.4	10.2
TSw-19*	Lx,w	6	3	75	19	6.0	3.1	76.9	20.7
TSw-44					44	6.0	3.3	72.2	42.0

*TI-06, TSu-07 and TSw-19 are the same turbulences.

**The mean velocity is 4m/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				4.5	1.5	82.6	
TI-06-u*	Iu	6.0	<1.5	75	-	6.2	1.3	82.2	-
TI-10-u		10.0				11.2	1.4	75.2	
TSu-02-u				25		5.8	1.4	25.6	
TSu-07-u*	Lx,u	6	<1.5	75	-	6.2	1.3	82.2	-
TSu-17-u				175		6.4	1.5	170.8	
TI-04-w			2.0			2.4	2.0		21.2
TI-06-w*	Iw	<2.5	3.0	-	19	2.5	2.9	-	22.0
TI-10-w			5.0			2.5	5.1		21.7
TSw-07-w				7		2.3	2.8		10.1
TSw-19-w*	Lx,w	<2.5	3.0	-	19	2.5	2.9	-	22.0
TSw-44-w					44	2.5	3.1		47.5

*TI-06-u and TSu-07-u, TI-06-w and TSw-19-w are the same turbulences.

**The mean velocity is 4m/s

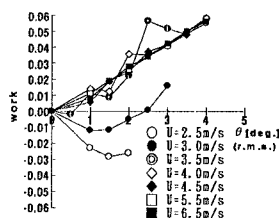


Fig. 2 Amplitude-Work in all velocity cases (Semi-smooth flow)

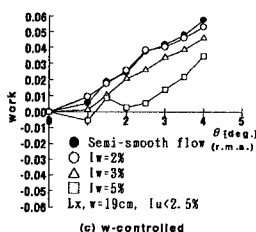
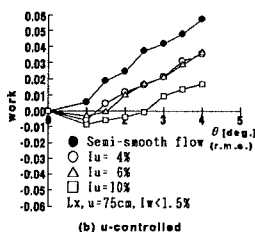
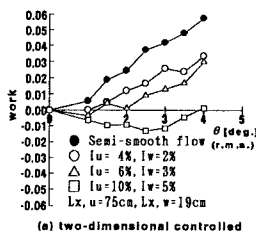


Fig. 3 Amplitude-Work $U=4.5\text{m/s}$ (change of turbulence intensity)

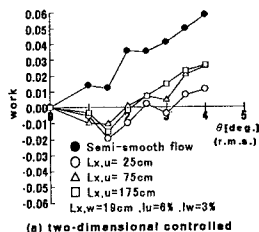


Fig. 4 Amplitude-Work $U=4.0\text{m/s}$ (change of horizontal scale)

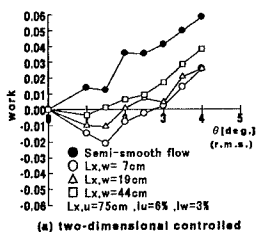


Fig. 5 Amplitude-Work $U=4.0\text{m/s}$ (change of vertical scale)

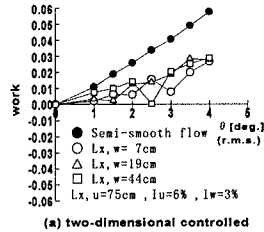


Fig. 6 Amplitude-Work $U=5.5\text{m/s}$ (change of vertical scale)

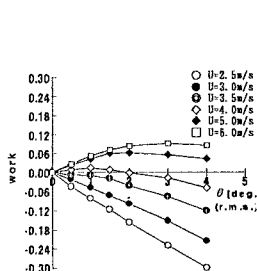


Fig. 7 Amplitude-Work in all velocity cases (Semi-smooth flow)

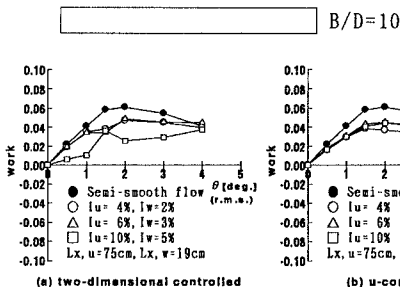
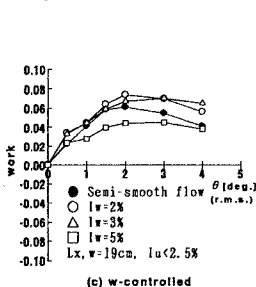
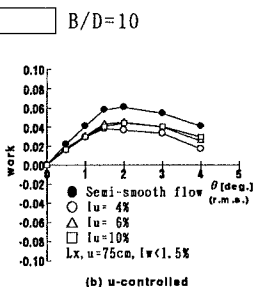


Fig. 8 Amplitude-Work $U=5.0\text{m/s}$ (change of turbulence intensity)



(4)鉛直方向乱れスケールの影響 Fig. 5, Fig. 6 に二次元制御乱流中において、風速 4.0m/s 、 5.5m/s で鉛直方向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 4.5m/s までのケースでは、Fig. 5 に代表されるように鉛直方向乱れスケールの減少に伴い仕事が増加しており、風速の増加に伴って気流間の仕事の減少の割合は少なくなる。風速 5.5m/s 以上では Fig. 6 に代表されるように影響は見られない。

3.2 辺長比 7 ($B/D=7$) の矩形断面

(1)準一様流中における圧力特性 Fig. 7 に測定した風速ケース全てにおける準一様流中の振幅－仕事図を示す。風速の増加に伴って圧力のなす仕事も増加している。また、発現風速近辺 ($3.5\sim 4.0\text{m/s}$) において、小振幅域で仕事が増加しており、フラッターが発生しつつあることが分かる。フラッターが発生している風速 (4.0m/s 以上) において、振幅が大きくなると、振幅の増加に伴い仕事が増加する傾向を示す。

(2)乱れ強度の影響 Fig. 8 に二次元制御乱流中において、風速 5.0m/s で乱れ強度を変化させたときの振幅－仕事図を示す。風速 $2.5\sim 3.5\text{m/s}$ では、気流間でほとんど差はない。風速 4.0m/s 以上では、Fig. 8 に代表されるように二次元制御および鉛直方向制御乱流中において、乱れ強度の増加に伴い、仕事が増加しており、高風速になるほどこの傾向は顕著になっている。主流方向制御においては乱流間の仕事の差はない。

(3)乱れスケールの影響 乱れスケールを変化させたとき、気流間の仕事の差はほとんど見られない。

参考文献 1) 川谷充郎・佐藤 学・小林紘士：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。