

I - 339

構造減衰を変化させた2次元角柱の渦励振に及ぼす乱流パラメータの影響

大阪大学大学院 学生員 鈴木 修
大阪大学大学院 学生員 戸田伸親

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎
立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

1. まえがき 近年, 柔構造物の空力弾性挙動に関して, 乱流中における応答実験が行われるようになり, 渦励振に関しても乱れの影響がしだいに明らかにされつつある。著者らは, 数年前より自然風のパワースペクトルに相似で, 乱れ強度や乱れスケールを独立かつ任意に制御できるアクティブ乱流発生装置を開発し¹⁾, その乱流中において, 様々な断面を用いて乱れ強度や乱れスケールが渦励振に及ぼす影響について調査してきた²⁾。これらの実験は, 渦励振を発生しやすくするため, 構造対数減衰率を極めて小さな0.002程度にしてきた。しかし, 本州四国連絡橋耐風設計基準において橋桁の構造減衰は対数減衰率で0.02になっている。また, 乱流中における渦励振に及ぼす構造減衰の影響はいまだ明確に評価されていない。著者らは, 辺長比2の矩形断面を用いて構造減衰を変化させた渦励振応答実験を行い, 構造減衰が大きくなると, 乱れ強度の影響による最大振幅低減の度合いが大きくなることを報告した³⁾。そこで, 本研究では, 上記の結果を空力減衰の面から説明する。さらに, 辺長比4の矩形断面と, フェアリング付き断面を加えて, 渦励振に与える乱流特性値の影響が, 構造減衰の大きさによってどのように変化するか幅広く調査する。

2. 実験概要 **2.1 乱流発生** Table 1 にシミュレートしたすべての気流の乱流特性値を示す。このように, 本装置はそれぞれの乱流特性値を独立にかつ幅広く制御できる。なお, 表に示す準一様流とは, 平板列および翼列を水平に設定した状態で得られる気流である。また, Fig. 1 にアクティブ乱流発生装置により発生した乱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した。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。

2.2 実験模型 本研究で対象とした断面は, 辺長比2, 4の矩形断面とそれに正三角形のフェアリングをつけた断面である。その断面を鉛直1自由度系にばね支持し, 両端に電磁ダンパーを設置して構造減衰の値を調節した。構造減衰の値は, 渦励振の発生する範囲内で変化させた。採用断面の構造諸元および構造減衰の値を Table 2 に示す。

3. 構造減衰と渦励振 Fig. 2 に準一様流中において構造減衰を変化させた場合の渦励振応答のV-A図を示す。構造減衰の値が変化しても渦励振発生風速はほとんど変化しないことがわかる。また, 構造減衰が大きくなるほど, 応答振幅は減少し, 発生風速域も狭くなる傾向にある。

4. 乱流特性値と渦励振 **4.1 乱れ強度の影響** Fig. 3 に乱れ強度と最大振幅の関係を示す。図より, 乱れ強度が大きくなると, Model Aにおいては最大振幅が低減している。その他の Modelにお

Table 1 Turbulence characteristics

Turbulence No.	Change of	Target				Measured			
		$U(x)/U(y)$ (%)	$U(x)/U(z)$ (%)	$U(x)/U(y,z)$ (cm)	L_x/L_y (cm)	$U(x)/U(y)$ (%)	$U(x)/U(z)$ (%)	$U(x)/U(y,z)$ (cm)	L_x/L_y (cm)
Semi-smooth flow									
TI-04	I & w	4	2	150	37.5	4.5	2.5	148	29.7
TI-06*		6	3			5.8	3.4	144	35.0
TI-08		8	4			8.8	4.3	141	32.4
TI-10		10	5			9.5	5.1	154	40.8
TSu-05	L x u			50	37.5	5.7	3.0	54	29.8
TSu-15*		6	3	150		5.8	3.4	144	35.0
TSu-35				350		6.0	3.1	329	33.6
TSw-12						12.5	5.0	2.8	146
TSw-37*	L x v	6	3	150	37.5	5.8	3.4	144	35.0
TSw-87					87.5	5.9	3.7	142	78.3

* TI-06, TSu-15 and TSw-37 are the same turbulences.

* The mean velocity is 2m/s

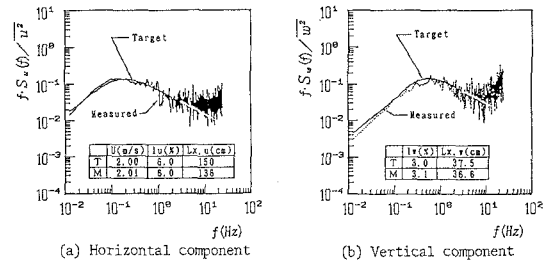


Fig. 1 Power spectra

Table 2 Sectional shape, dynamic characteristics and logarithmic decrement of models

Model No.	Cross-sectional shape Unit:mm	Weight (kg-f)	Frequency (Hz)	Logarithmic decrement
A		1.67	5.50	0.002~0.025
AF1		1.80	5.30	0.004~0.018
D		2.19	5.00	0.004~0.015
DF1		2.32	5.00	0.009~0.020

いても最大振幅が若干低減している。また、Model Aにおいては、構造減衰が増加するほど、乱れ強度の影響による最大振幅の低減の度合が大きくなっている。

4.2 主流方向乱れスケールの影響 Fig. 4 にModel Aの鉛直方向乱れスケールと最大振幅の関係を示す。図より、構造減衰が変化しても、主流方向乱れスケールは最大振幅にほとんど影響を及ぼしていない。また、その他のModelでもほとんど影響を及ぼしていない。

4.3 鉛直方向乱れスケールの影響 Fig. 5 にModel Aの鉛直方向乱れスケールと最大振幅の関係を示す。図より、構造減衰が変化しても、鉛直方向乱れスケールは最大振幅にほとんど影響を及ぼしていない。また、その他のModelでもほとんど影響を及ぼしていない。

5. 空力減衰 Fig. 6 にModel Aの構造減衰を変化させた場合のV-A図の一部を示す。Fig. 7 にModel Aの乱れ強度を変化させた場合の空力減衰を示す。図には、構造減衰(正值)の回帰直線を負値として併記した。文献4)と同じように乱流中での空力減衰は一樣流中のものより小さくなる傾向があった。空力減衰と構造減衰との交点の横軸が渦励振定常振幅と考えられ、構造減衰が大きくなるほど、乱れ強度の影響による渦励振振幅の低減の度合が大きくなっていることが分かる。これは、上記の渦励振応答振幅からの結果と同じ様な傾向を示している。

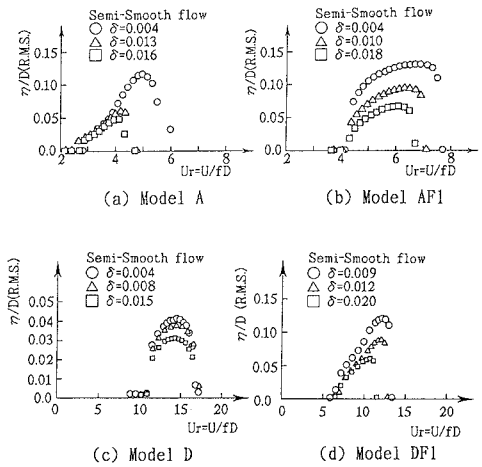


Fig.2 Response amplitude
(Change of structural damping)

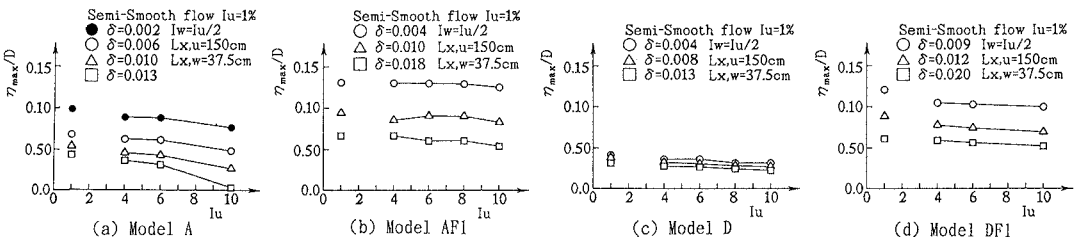


Fig.3 Maximum amplitude vs. turbulence intensity

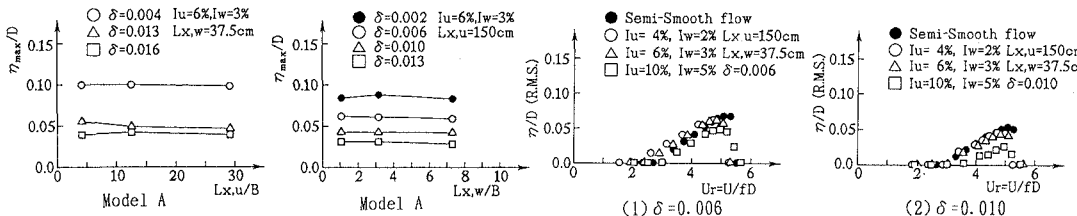


Fig.4 Maximum amplitude vs.
horizontal scale

Fig.5 Maximum amplitude vs.
vertical scale

Fig.6 Response amplitude (Change of turbulence intensity)

<参考文献>

- 1) 小林紘士・川谷充郎・金 照恵・太田圭・上島秀作: 第11回風工学シンポジウム論文集, pp. 225-230, 1990. 12.
- 2) 小林紘士・川谷充郎・金 照恵・上島秀作: 構造工学論文集, Vol. 38A, pp. 889-898, 1992. 3.
- 3) 小林紘士・川谷充郎・金 照恵・上島秀作・鈴木修: 平成4年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, I-67, 1992. 5.
- 4) 西尾一郎・小林紘士: 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集, I-301, 1987. 9.

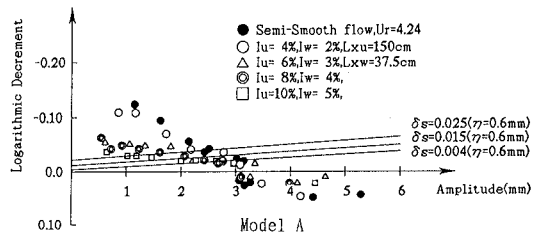


Fig.7 Aerodynamic damping (Changing of turbulence intensity)