

乱流中における角柱の渦励振に及ぼす構造減衰の影響

立命館大学理工学部 正 員 小林紘士
大阪大学大学院 学生員 金 熙恵

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎
大阪大学大学院 学生員 上島秀作
大阪大学工学部 学生員 〇鈴木 修

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。著者らが行ってきた乱流中の渦励振応答実験は¹⁾、乱流特性値の渦励振に与える影響を検討するのが目的であり、渦励振を発生させやすくするように構造減衰を小さな 0.005 (対数減衰率) 以下に設定してきた。しかし、近年、斜張橋や吊橋の構造減衰に関するデータが蓄積されつつあり、それらの構造減衰の値は、振幅依存性があるため一概には言えないが、対数減衰率で0.02以上と推定されている。本研究では、乱れ強度と乱れスケールを独立に制御させた乱流を用い、角柱の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を調査する。

2. 実験概要

2.1 乱流 実験で用いた乱流は、著者らが開発したアクティブ乱流発生装置により発生し¹⁾、乱れ強度や乱れスケールを独立かつ幅広く制御したものである。ここで用いた7種類の乱流の乱流特性値を表-1に示す。また、気流のパワースペクトルの一例を図-1に示す。図中には、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した。図より、パワースペクトル形状は、ターゲットと良く合っていることが分かる。

2.2 角柱模型 本実験で対象とした断面は辺長比2の矩形断面である。その角柱を鉛直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。構造諸元および構造減衰の値を表-2に示す。辺長比2の断面では、一様流において構造対数減衰率が0.020以上になると渦励振が発生せず、構造減衰の設定を表-2に示すように0.013まで4段階に変化させた

3. 渦励振振幅と構造減衰 図-2に一様流中*における渦励振応答のV-A図を示す。角柱の対数減衰率が大きくなるほど渦励振最大振幅は低減している。また、渦励振の発生風速域が狭くなっている。[* 表-1のsemi-smooth flow]

表-1 乱流特性値

Turbulence No.	Change of	Target				Measured				
		I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)	I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)	
Semi-smooth flow						< 1.5	< 1.5	3	2	
TI-04	I_u & I_w	4	2	150	37.5	4.5	2.4	150	31.3	
TI-06*		6	3			6.0	3.2	153	33.5	
TI-10		10	5			9.4	5.2	163	38.9	
TSu-05	$L_{x,u}$	6	3	50	37.5	5.8	3.3	52	36.5	
TSu-15*				150		6.0	3.2	153	33.5	
TSu-35				350		6.3	3.3	340	37.3	
TSw-12	$L_{x,w}$	6	3	150	37.5	12.5	6.0	152	13.6	
TSw-37						37.5	6.0	3.2	153	33.5
TSw-87*						87.5	5.9	3.2	154	87.2

* TI-06S, TSu-15S and TSw-37S are the same turbulences.
**The mean velocity is 2m/s

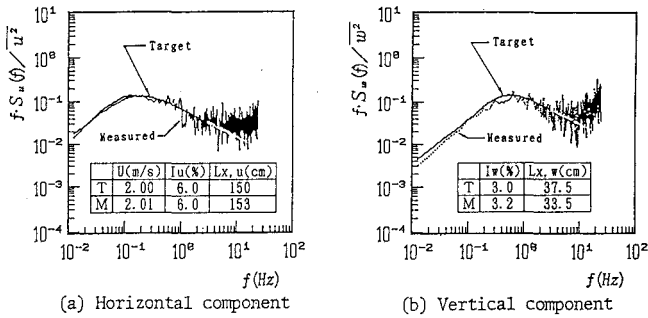


図-1 乱流パワースペクトル密度関数

表-2 構造諸元

Aspect ratio (B/D) D=60mm	Length (mm)	Weight (kg·f)	Natural frequency (Hz)			
2	660	1.62	5.63			
Logarithmic decrement	0.002	0.006	0.010	0.013		

図-3にスクルートン数 $S_c = M\delta / \rho B^2$ (ここに、 M : 単位長さあたりの模型質量、 δ : 模型の対数減衰率、 ρ : 空気密度、 B : 模型の代表長) の変化に伴う渦励振最大振幅の変化を示す。スクルートン数の増加に伴い振幅は低減しているが、スクルートン数の小さい領域の方がその度合いが大きいようである。これは断面形状こそ異なるものの文献2)の結果と同様である。

4. 渦励振に及ぼす乱流と構造減衰の影響 図-4~6は乱流特性値 vs. 渦励振最大振幅を示す図である。

4.1 乱れ強度の変化 図-4より構造減衰が大きくなるに従って、乱れ強度の影響による振幅低減が大きくなっていることが分かる。

4.2 主流方向乱れスケールの変化 図-5より、 $\delta = 0.013$ 以外では $L_{x,u}$ は渦励振振幅にほとんど影響を及ぼさないことが分かるが、 $\delta = 0.013$ において乱れスケールが大きくなるに従って渦励振振幅の低減する傾向がみられた。主流方向乱れスケールは構造減衰がある大きさを越えると渦励振振幅に影響を及ぼすのではないかと考えられる。ただし、まだ測点が少なく、今後、詳細に検討を要する。

4.3 鉛直方向乱れスケールの変化 図-6より、構造減衰が変化しても、鉛直方向乱れスケールの渦励振に及ぼす影響は確認できなかった。

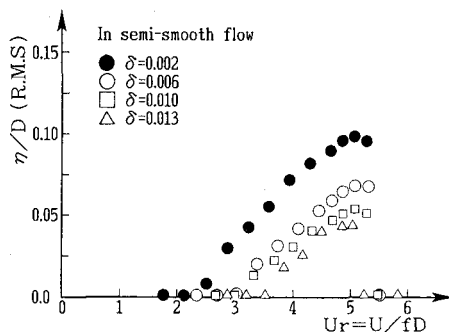


図-2 V-A図(一様流中)

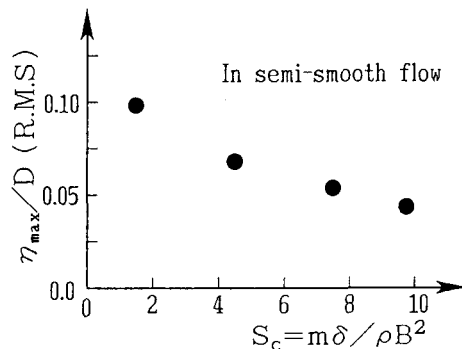


図-3 スクルートン数 VS. 渦励振最大振幅

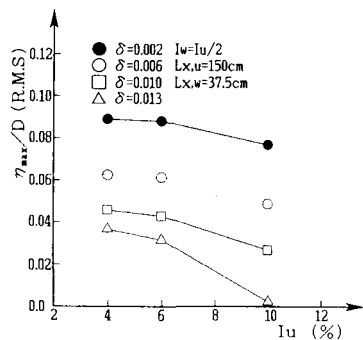


図-4 乱れ強度 VS. 渦励振最大振幅

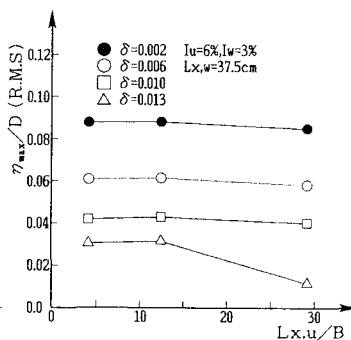


図-5 主流方向乱れスケール VS. 渦励振最大振幅

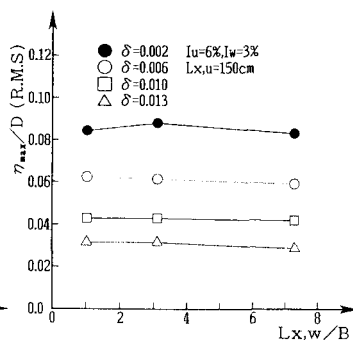


図-6 鉛直方向乱れスケール VS. 渦励振最大振幅

<参考文献>

- 1) 上島秀作・小林紘士・川谷充郎・金 熙憲・太田圭・中西克佳: 2次元角柱の渦励振に及ぼす乱流パラメータの影響, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, I-430, 1990.9.
- 2) 横山功一・佐藤弘史・中神陽一・神寄一夫: 連続箱桁橋の耐風応答に及ぼす構造減衰と気流の影響, 第9回風工学シンポジウム論文集, pp.259-264, 1986.12.