

I-430

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 上島 秀作
大阪大学工学部 正員 川谷 充郎
三菱商事 正員 太田 圭

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 熙憲
大阪市立大学工学部 正員 中西 克佳

1. まえがき 近年、長大構造物の動的な耐風安定性照査のための風洞実験が一樣流のみならず乱流中で行われるようになってきた¹⁾。しかし乱れを表す各パラメータが構造物の動的な応答に及ぼす影響については、断面形状等が複雑に関係しているため、定量的な評価が確立されるには至っていない。著者らは3年前より、自然風に相似な乱流を風洞内にシミュレートするために、平板列および翼列を用いたアクティブな乱流発生装置を開発してきた。さらに、シミュレートされた乱流中で、各パラメータが渦励振応答に及ぼす影響について調査してきた^{2), 3)}。本研究では改造された乱流発生装置を用いて、乱れ強度および乱れスケールをそれぞれ独立かつ広範囲にわたり変化させた乱流シミュレーションを行った。そのシミュレートされた乱流中において、辺長比の異なる2種類の2次元角柱の渦励振応答の測定を行った。

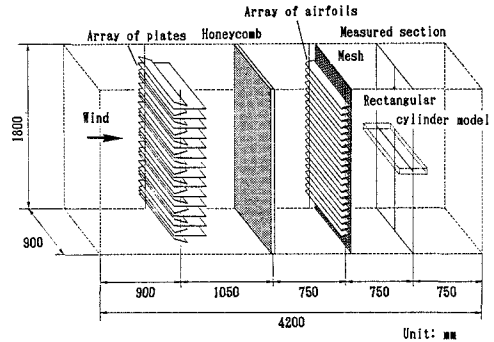
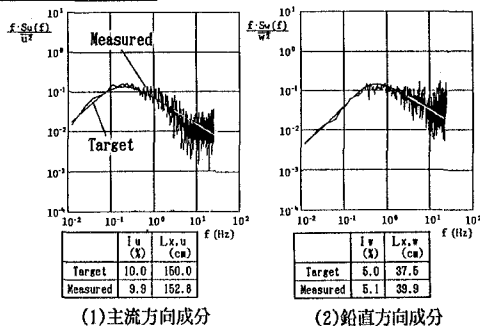


図-1 乱流発生装置

2. 乱流シミュレーション (1) **乱流発生装置** 本研究で利用した風洞は、測定断面が1.8m×1.8mのゲッティンゲン型の回流型風洞である。この風路内に隔壁を用いて、図-1に示すように断面1.8m×0.9mの測定風路を設けた。測定風路上流に平板列を設置し、風路入口の閉塞率を変化させることにより主流方向の気流変動（u成分）を制御した。しかし、平板を回転変動させると剥離渦が生じ、気流に望ましくない乱れが含まれる。この剥離渦を整流するため平板列下流にハニカム（横浜ゴム製 1/8-10N-52D）を設置した。その後翼列により気流に傾斜角を与え鉛直方向の気流変動（w成分）を制御した。この翼列直後に、余分な気流の高周波成分を最終的にカットし、かつ気流の断面内一様性を確保する目的でメッシュ（サイズ：20メッシュ）を取り付けた。

(2) **乱流シミュレーション結果** 乱流シミュレーションの方法は文献4)による方法と同様であり、ここでは省略する。本装置により得られた気流の基準化パワースペクトルの一例を図-2に示す。図中



(1) 主流方向成分

(2) 鉛直方向成分

図-2 気流のパワースペクトル

表-1 乱流特性

Turbulence No.	Change of	I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)
A	L _{x,u}	10.2	5.5	62.5	33.7
B		10.0	5.4	107.1	35.5
C		9.9	5.1	162.8	39.9
D		9.7	4.9	252.8	38.2
E		9.9	4.9	381.6	38.9
F	L _{x,u}	8.0	3.1	55.8	32.4
G		5.9	3.0	83.7	34.3
H		5.5	2.9	146.6	37.9
I		5.6	2.9	146.6	37.9
J		5.7	3.1	318.1	39.5
a	L _{x,w}	9.6	4.8	150.0	12.5
b		9.7	5.2	145.7	25.8
c		9.9	5.1	152.8	39.9
d		9.7	5.1	144.1	59.1
e		10.0	5.7	153.6	75.4
f	L _{x,w}	8.0	3.0	184.4	14.1
g		6.0	3.2	159.6	24.6
h		5.5	2.9	146.6	37.9
i		5.9	3.0	159.5	58.6
j		6.1	3.1	155.3	79.9
1	I _u & I _w	4.0	2.2	122.8	31.8
2		5.5	2.9	146.6	37.9
3		7.4	4.0	159.9	37.9
4		9.9	5.1	162.8	39.9
5		12.3	6.3	151.8	34.1
6		14.3	7.9	153.8	35.1
7		16.4	9.1	154.1	32.8
8		18.9	10.5	147.7	37.2
10	I _u & I _w	4.1	2.2	302.5	69.3
11		5.8	3.0	344.0	81.2
12		7.4	4.1	384.3	84.4
13		10.1	5.5	370.8	77.9
14		11.1	6.3	339.1	79.8
15		13.1	7.8	350.8	82.4
16		15.7	8.9	340.4	72.8
17		18.0	10.2	336.7	72.0
18		20.4	11.0	316.6	65.7

には目標としたKármánの式によるパワースペクトル密度も併記した。この図より、シミュレートされた乱流が目標値と良く一致していることが分かる。また、シミュレートした総ての乱流特性を表-1に掲げる。この表から分かるように、本装置を用いた乱流シミュレーションでは、乱れ強度や乱れスケールをそれぞれ単独に、しかも十分広い範囲で変化させることが可能である。

3. 角柱の渦励振応答 ここで得られた乱流中において2次元角柱の渦励振応答実験を行い、渦励振に及ぼす乱れの各パラメータの影響を調査した。実験は、辺長比（弦長B/高さD）が2および5の2種類の角柱を用いて行った。これら角柱の構造諸元を表-2に示す。乱れによる振幅低減効果は振幅低減比（ $R\eta = \eta_{tur} / \eta_{smo}$ ）で評価した。ここで、 η_{tur} 、 η_{smo} はそれぞれ乱流中および一様流中での渦励振応答振幅（rms値）を示す。

(1) 主流方向乱れスケールの影響 $L_{x,u}$ を変化させたときの $R\eta$ の変化を図-3に示す。この図より辺長比2の角柱に関しては、 $L_{x,u}$ の影響をほとんど受けないことが分かる。しかし辺長比5の角柱については、 $L_{x,u}$ の減少に伴い若干 $R\eta$ も減少する傾向がみられる。

(2) 鉛直方向乱れスケールの影響 $L_{x,w}$ の変化と $R\eta$ の関係を図-4に示す。この図からも辺長比2の角柱に対して、その影響はほとんど見られない。また辺長比5の角柱に対しては、 $L_{x,w}$ の減少に伴う明らかな振幅低減効果が確認された。

(3) 乱れ強度の影響 乱れ強度と $R\eta$ の関係を図-5に示す。この図より辺長比2および5の角柱共に、乱れ強度の増加に伴う明らかな振幅低減効果が確認された。また、辺長比5の角柱の方が辺長比2の角柱よりも乱れの影響を強く受けることが分かる。2次元角柱の辺長比の違いによる乱れの影響の効果については、西尾・小林⁵⁾の研究報告等があるが、今回の実験結果はそれらと同様の結果を示している。

<参考文献>

- 1) 横山功一・佐藤弘史・福田誠：自然風を考慮した橋の耐風安定調査報告書，土木研究所資料第2260号，1985.10.
- 2) 中出収・小林紘士・川谷充郎：角柱の渦励振に対する乱れの影響，土木学会第43回年次学術講演会講演概要集，I-327，1988.10.
- 3) 小林紘士・川谷充郎・太田圭・金熙恵・土田和希人：乱流中における2次元角柱の渦励振応答，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，PS I-18，1989.10.
- 4) 小林紘士・川谷充郎・太田圭・畑中章秀：スケールの大きい乱流中における2次元角柱の渦励振応答特性，構造工学論文集，Vol.35A，pp.811-816，1989.3.
- 5) 西尾一郎・小林紘士：格子乱流中における辺長比の異なる角柱の渦励振に関する実験的研究，土木学会第42回年次学術講演会講演概要集，I-301，1987.9.

表-2 模型の構造諸元

Aspect ratio	1:2	1:5
Depth(D)×Width(B)×Length(L)(cm)	6×12×66	6×30×66
Weight (kg)	2.34	4.09
Natural Frequency (Hz)	5.20	2.95
Logarithmic Decrement($\eta=B/200$)	0.005	0.005

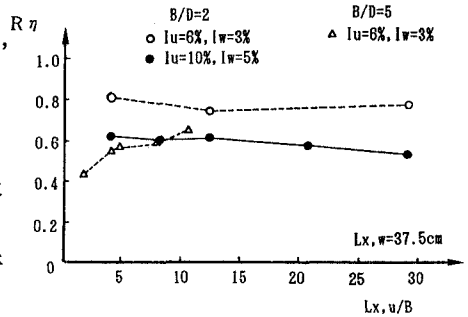


図-3 主流方向乱れスケールによる振幅低減比

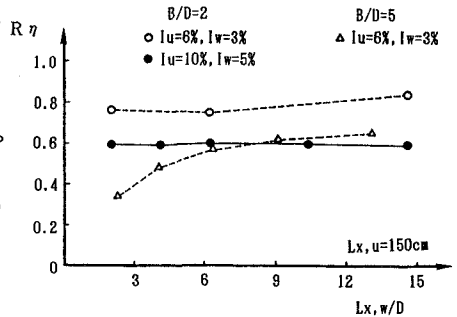


図-4 鉛直方向乱れスケールによる振幅低減比

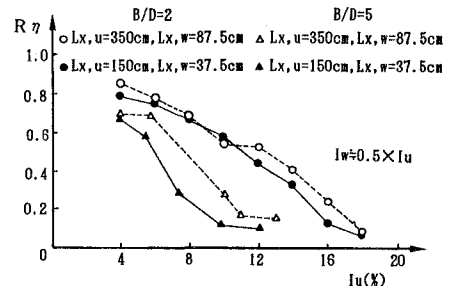


図-5 乱れ強度による振幅低減比