

2次元角柱の渦励振に及ぼす乱れの影響

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 学生員 上島 秀作

大阪大学工学部 正員 川谷 充郎
大阪大学大学院 学生員 〇太田 圭
立命館大学理工学部 学生員 中西 克佳

1. まえがき 長大構造物の耐風安定性の照査は、従来一様流中で行われてきた。近年、自然風の乱れを考慮した乱流中での応答実験が行われるようになり、一様流中での応答との違いが認識されてきている¹⁾。渦励振に着目すれば、乱れ強度の増加は振幅を抑制すると一般的に認められているが、乱れスケールの影響については未だ不明確な現状である。著者らは3年前より、乱れを表すパラメータを自由に制御できるアクティブな乱流発生装置の開発に着手し、風洞内に自然風と相似な乱流を再現することを試みてきた^{2), 3)}。このたび従来の乱流発生装置を改造し、乱流シミュレーションを行った。その乱流中において、辺長比の異なる2種類の2次元角柱を用いて渦励振応答の測定を行い、乱れを表す各パラメータが振幅に及ぼす影響を調査した。

2. 乱流シミュレーション (1) 従来の乱流発生装置

本研究で使用した風洞は、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。従来の乱流発生装置を図-1に示す³⁾。このように風路内に側壁を用いて、断面1.8m×0.9mの測定風路を設けた。最上流部分に平板列を設置し、風路入り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。鉛直方向の気流変動(w成分)は、翼列により気流に傾斜角を与えることで制御した。翼列によって与えられる気流の傾斜角が測定風路の上下面によって受ける悪影響を少なくし、さらに主流方向に位相差を有する乱流を発生させるため、風路の縮流・拡大を行った。この装置を用いて乱流シミュレーションを行ったが、乱れ強度の大きい乱流をシミュレートする際、周波数0.5~1.0Hz付近のパワーが十分得られないという問題が生じた。そのため乱流パラメータを幅広く変化させた乱流シミュレーションが不可能であった。

(2) 改造された乱流発生装置 改造された乱流発生装置を図-2に示す。先に述べた問題点は風路の縮流・拡大に起因するものと判断し、全断面有効とした。平板列から生じる剥離渦の整流のためハニカム(横浜ゴム製 1/8-10-52D)を設置し、さらに余分な気流の高周波成分をカットし、断面内の一様性を確保する目的でメッシュ(サイズ:20mm)を取り付けた。乱流シミュレーションの方法に関しては、文献2)による方法と同様

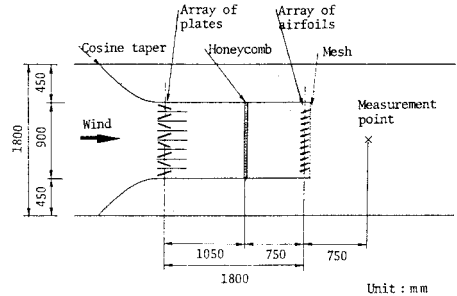


図-1 従来の乱流発生装置

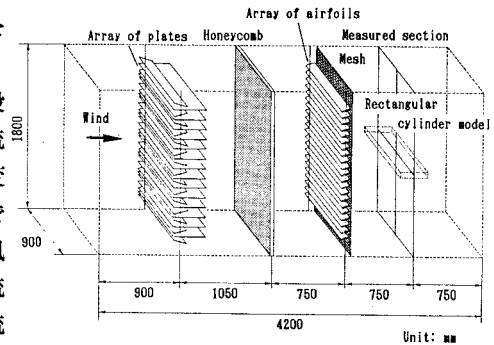
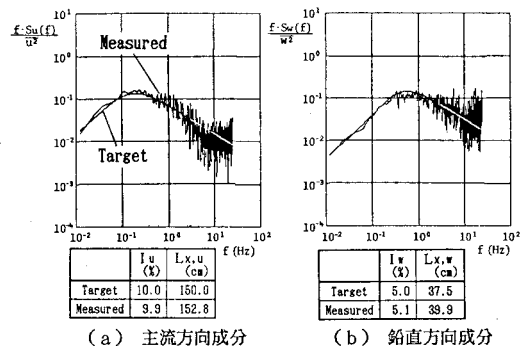


図-2 改造された乱流発生装置



(a) 主流方向成分

(b) 鉛直方向成分

図-3 気流のパワースペクトル

Hiroshi KOBAYASHI, Mitsuo KAWATANI, Heeduck KIM, Kei OTA, Hidesaku UEJIMA & Katsuyoshi NAKANISHI

でありここでは省略する。本装置により得られた気流のパワースペクトルの一例を図-3に示す。図中には目標としたkárman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よく一致していることがわかる。今回シミュレートした乱流特性を表-1に掲げる。本装置により、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 シミュレートした乱流中において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パラメータ、特に乱れスケールの影響を調査した。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。これら模型の構造諸元を表-2に示す。乱れによる振幅低減効果は、振幅低減比（ $R\eta = \eta_{tur} / \eta_{sno}$ ）で評価した。ここで、 η_{tur} 、 η_{sno} 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 Lx,u を変化させたときの $R\eta$ の変化を図-4に示す。この図より辺長比 2の角柱に関しては、 Lx,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、 Lx,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 Lx,w の変化と $R\eta$ の関係を図-5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。一方、辺長比 5の角柱に対しては、 Lx,w の減少に伴う明らかな振幅低減効果が確認された。また、図-4および図-5から、辺長比2の角柱について乱れ強度の増加に伴う振幅低減効果も確認することができる。辺長比 5の角柱についても同様の結果が得られている。

表-2 模型の構造諸元

Aspect ratio	1:2	1:5
Depth(D)×Width(B)×Length(L)(cm)	8×12×66	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

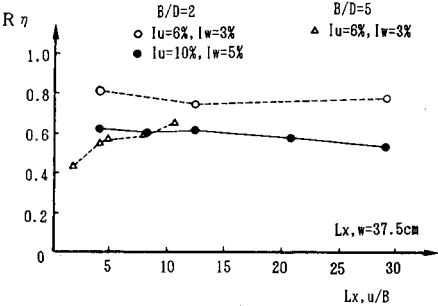


図-4 主流方向乱れスケールによる振幅低減比

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	52.5	33.7
B		10.0	5.4	107.1	35.5
C		9.9	5.1	152.8	39.9
D		9.7	4.9	252.8	38.2
E		9.9	4.9	361.6	38.9
F	$L_{x,u}$	6.0	3.1	55.8	32.4
G		5.9	3.0	93.7	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	58.1
e		10.0	5.7	153.6	75.4
f	$L_{x,w}$	6.0	3.0	164.4	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	152.8	39.9
5		12.3	6.3	151.8	34.1
6	I_u & I_w	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		4.1	2.2	302.5	69.3
11	I_u & I_w	5.8	3.0	344.0	81.2
12		7.4	4.1	364.3	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	I_u & I_w	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

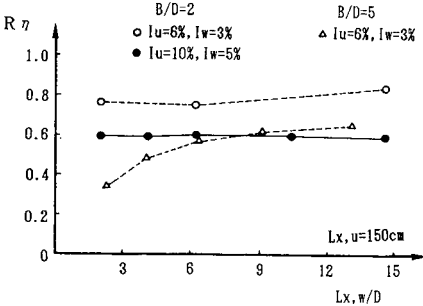


図-5 鉛直方向乱れスケールによる振幅低減比

<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) 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.

3) 小林紘士・川谷充郎・金照恵・太田圭・畑中章秀：2次元風洞内における乱流シミュレーション，日本風工学会年次研究発表会梗概集，日本風工学会誌，第41号，pp.11-12，1989.10.