

三菱重工業 正員 中出 收
立命館大学理工学部 正員 小林 紘 士
大阪大学工学部 正員 川谷 充 郎

1. まえがき 風洞実験によって長大橋の耐風安定性を照査する場合に、一様流中と乱流中とでは模型の応答に差が生じることが認められてきている¹⁾。従って、動的応答を適切に評価するために気流の乱れを考慮する必要がある。既往の研究によれば、乱れを表すパラメータのうち、乱れ強度の渦励振に及ぼす影響の大きいことが認められている^{1), 2)}。一方、乱れスケールが動的応答にどれほど寄与しているかは、未だ不明確な点が多い。これは、大きな乱れスケールを有する乱れを風洞内において再現することが困難であるためと思われる。そこで本研究では、大スケールの乱流中において角柱の渦励振応答実験を行い、乱れ強度だけでなく乱れスケールの影響について調査を行った。大きい乱れスケールを有する乱流を発生させるために、格子乱流より1桁大きい乱れスケールを有する乱流の発生が可能であるアクティブな翼列と³⁾、新しく開発した平板列を用いた。また、格子乱流中における応答実験結果²⁾も含めて、総合的に考察を加えた。

2. 実験概要 使用した風洞は1.8×1.8mの断面を有しており、その測定胴内に隔壁を用いて断面1.8×0.9m、長さ3.1mの測定風路とその両側に側風路を設けた。図-1に示すように風路の上流端に翼列を設置し、下流端に平板列を設置した。翼列はNACA0012型と呼ばれる断面形状であり、この翼をすべて同位相に回転変動させ、鉛直方向(w成分)の乱れを制御した。また、下流側の平板列を回転変動させることにより、風路の閉塞率を変化させ、主流方向(u成分)の乱れを制御した。詳細は文献4)に述べてある通りである。

シミュレートされた乱流中において、辺長比 1:2.5 を有する2次元角柱の渦励振に着目した応答実験を行った。模型は幅B×高さD×長さLが150×60×660mmで、長辺を気流に平行にばね支持した。模型重量は2.52kg、固有振動数は5.0Hz、構造減衰は $\delta=0.005$ （振幅B/200）であった。

3. 実験結果・考察 (1)乱流シミュレーション 翼列と平板列によりシミュレートされた気流の乱流特性を表-1にまとめて掲げる。得られた乱流の乱れスケールは、u成分のみ制御した場合には $L_{x,u}=36\sim363\text{cm}$ （模型の縮尺を1/50と仮定し、実風に換算すると18~181m）、w成分制御の場合は $L_{x,w}=15\sim125\text{cm}$ （同じく、7.5~63m）であった。

(2)渦励振応答と乱れスケール 乱流中における渦励振の最大振幅(rms値)の変化を次式で評価した。

$$\text{振幅低減比: } R\eta = \frac{\eta_{\text{tur}}}{\eta_{\text{smooth}}}$$

ここで、 η_{tur} 、 η_{smooth} は乱流中および一様流中での渦励振振幅(rms値)の最大値を示す。この $R\eta$ の $L_{x,u}$ による変化を図-2に示す。これは、乱れ強度 $I_u = \sigma_u / \bar{U}$ 、 $I_w = \sigma_w / \bar{U}$ を一定にするとともに、 $L_{x,w}$ を28~40cmに保ち、 $L_{x,u}$ を36~363cm（乱れスケール比 $L_{x,u}/B$ に換算すると、2~24の範囲）に変化させたものである。D:B=1:2.5の2次元

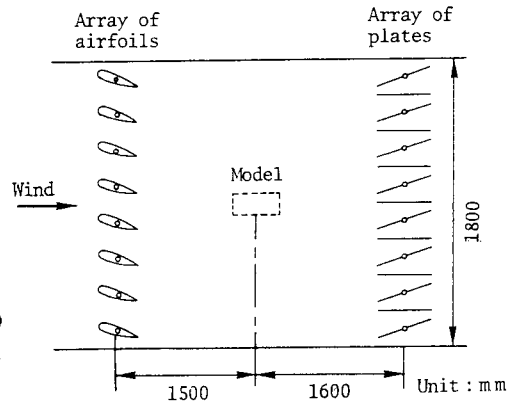
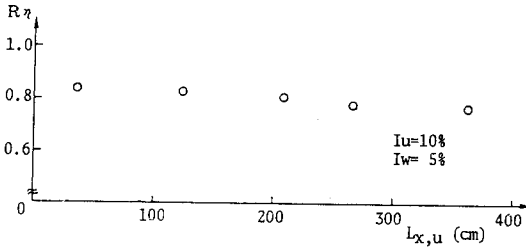
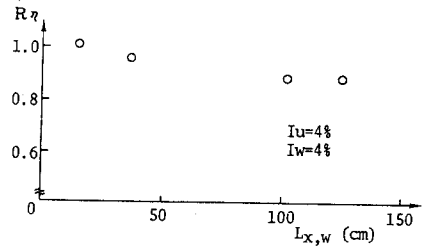


図-1 乱流発生翼列

表-1 乱流特性

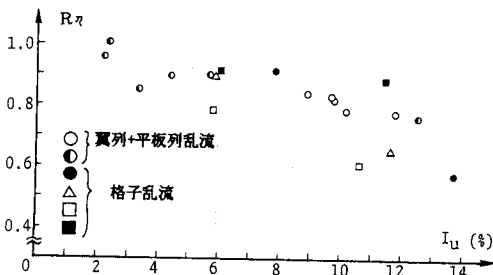
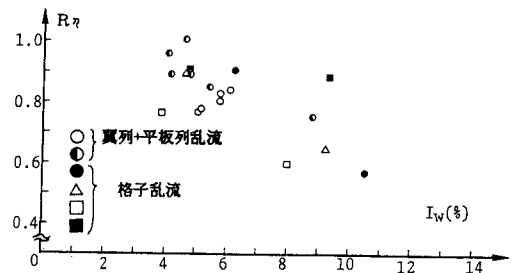
	気流名	I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)
u成分制御	乱流 A	8.9	6.1	36	33
	乱流 B	9.7	5.8	126	28
	乱流 C	9.8	5.8	209	35
	乱流 D	10.2	5.2	267	33
	乱流 E	11.8	5.1	363	40
w成分制御	乱流 1	2.3	4.7	10	15
	乱流 2	2.2	4.1	17	37
	乱流 3	4.3	4.2	317	102
	乱流 4	5.7	4.8	116	125

角柱の渦励振応答に関して、 $L_{x,u}$ の増加により渦励振振幅 rms 値は減少の傾向を示すものの、その割合は小さく、振幅低減効果のほとんど無いことが認められた。また、渦励振発生風速も一樣流中と変わらず同一の風速域であった。次に、 $R\eta$ と $L_{x,w}$ の関係を図-3に示す。 $L_{x,w}$ が15cmから125 cmに増加すると渦励振最大振幅が約1割減少しているが、このとき I_u が2.2%から5.7%まで増加しているため、乱れ強度の影響を受けているものと推察される。この場合 $L_{x,u}$ も変化しているが、図-2からその影響は小さいと思われる。この角柱の渦励振に対し、 $L_{x,w}$ の影響も小さいものと言える。

図-2 $L_{x,u}$ による振幅低減効果図-3 $L_{x,w}$ による振幅低減効果

(3)渦励振応答と乱れ強度 文献2)より得られた格子乱流中における $D:B=1:2.5$ の角柱の渦励振と乱れ強度の関係と、今回得られた実験結果を併せて図-4, 5に示す。それぞれ I_u (主流方向成分) と I_w (鉛直方向成分) についてまとめたものである。これらの図では乱れ強度の変化と共に乱れスケールも大きく変化しているが、図-2, 3からその影響はほとんど無いと判断できる。図-4, 5より、ばらつきは見られるものの、乱れ強度が渦励振を抑制する効果のあることが認められる。特に、 I_w の方が振幅低減効果の大きいことが認められる。

以上の結果から、 $D:B=1:2.5$ の角柱の渦励振は、乱れスケールの大きさによる影響は少なく、乱れ強度が増加すると振幅が抑制されるといえる。

図-4 I_u による振幅低減効果図-5 I_w による振幅低減効果

謝辞 最後に、本研究を進めるにあたり大阪大学工学部学生・太田圭君、立命館大学理工学部学生・畑中章秀君には終始御協力いただきました。ここに厚く感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 例えば、鈴木利彦・樋上秀一：土木学会第40回年次学術講演会講演概要集，I-223，1985.9. 2) 中出 収・小林紘士・川谷充郎：土木学会第42回年次学術講演会講演概要集，I-300，1987.9.

3) Cermak, J. E., Bienkiewicz, B. and Peterka, J. A : Federal Highway Administration Report No. FHWA/RD-82/148, 1983.2. 4) 野村浩史・小林紘士：二次元模型実験用乱流のアクティブシミュレーション：本講演概要集，1988.10.