

I - 39 風速変動の空間相関を制御するアクティブ乱流生成装置の開発

徳島大学大学院 学生員 ○足立 浩一 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学工学部 正員 野田 稔
ハルテック 白石 展博

1.はじめに 構造物の耐風安定性の照査は、一様気流中の風洞実験で行われることが多いが、一様気流中と乱流中では構造物の応答に違いが生じてしまう。したがって、風洞実験で確認された空力振動現象の発現が、実際の橋では観測されないという状況が生じることがある。この原因の1つとして、自然風が時間的・空間的に変動する乱流であり、風洞内と実橋では接近気流が完全に一致していないという点が考えられる。特に、渦の平均的スケールに関連する乱れのスケールや変動風の空間相関特性を相似にすることは従来の乱流生成方法では困難である。そこで、本研究では、新たに開発したアクティブ乱流生成装置を用いて、風洞内に自然風の有する空間相関特性を再現することを試みた。

2.装置概要 本研究で製作した装置は、鉛直方向に10枚の駆動平板を並べた駆動平板列を主流直交水平方向に風洞断面を5分割するように設置し、各平板列を別々のモーターに接続し、各平板列に独立した動きを与えられる。装置の全体図を写真1に示す。平板に角度をつけることで気流に傾斜角を与え、鉛直成分の風速変動を制御する装置である。本研究では、この装置を使用して変動風速の鉛直成分の空間相関の制御を行う際の目標として、 $U=3.0\text{m/s}$, $I_w=5.0\%$, $L_w=0.5\text{m}$ と設定したので、この条件を用いて測定および補正を数回繰り返した結果、図1に示すようなパワースペクトルおよび乱流特性値が得られた。この結果より、本装置を使用して目標とほぼ一致する乱流特性値を有する乱流を生成できていると言える。また、補正後の目標と一致した時の駆動波形を用いると、パワースペクトル等の乱流特性は再現できることも確認できた。

3.空間相関特性の制御 本研究における目的は、自然風の有する空間相関特性を再現することであるため、自然風の有する空間相関特性を数値として示す必要がある。そこで、自然風の空間相関係数の経験式 $R_{(dY)} = \exp(-dY/L_w)$ を用いて目標の空間相関係数を設定し、測定された空間相関係数を目標に一致させるように空間相関特性の制御を行った。

本研究では、2点間の相関を制御する方法として、駆動波形生成時の波形間の位相差に着目した。位相差を与えるために、波形生成時に求まる位相角をずらす方法を2つ試みた。最初に試みた方法は、基準となる平板列の位相角 ϕ_1 に対して異なる標準偏差に従う正規乱数から求まる値を加えて、位相角 $\phi_2 \sim \phi_5$ を求める方法 ($\phi_i = \phi_1 + \beta_i \pi$) である。この方法を用いて制御を行った結果、図2に示すように基準とした点に対しては、目標とほぼ一致する空間相関係数を得ることができたが、隣の平板列を基準として空間相関係数を見ると、表-1に示すような結果となった。隣合う2つの平板列の中央間の距離はいずれも0.2mであり、経験式より $dY=0.2\text{m}$ のときの空間相関係数は0.67となることから、この制御方法では矛盾が生じている結果となった。この原因として、隣合う平板列同士の相関を考慮せず、基準点に対してのみ相関を一致させたことと考えられる。また、 $dY=0.2, 0.4, 0.6, 0.8\text{m}$ の点では、目標と一致させることができたが、 $dY=0.1, 0.3, 0.5, 0.7\text{m}$ では、目標から大きく外れた結果となった。この原因として、 $dY=0.1, 0.3, 0.5, 0.7\text{m}$ の上流に平板列を支持する支持板があり、この影響を受けていると考えられる。

この問題を踏まえた上で次に試みた方法は、隣の平板列の位相角 ϕ_i を基準として同じ標準偏差に従う正規乱数から求まる値を N 回加えて、位相角 ϕ_{i+1} を求める方法 ($\phi_{i+1} = \phi_i + \sum \beta_k \pi$) である。この方法を用いて制御を行った結果、図3に示すように目標とほぼ一致する空間相関係数が得られた。また、図4に示すように基準点を変えた場合も、目標とほぼ一致する結果が得られたので、上述の矛盾は解決できたと言える。なお、このとき目標に設定した乱流特性を有する気流が主流直交水平方向に一様に分布していることも確認

できた。結果を図 5 に示す。しかし、上述のように $dY=0.1, 0.3, 0.5, 0.7\text{m}$ の各点では、目標から大きく外れた結果となった。

4.結論 本研究は、空間相関特性を制御できるアクティブ乱流生成装置の開発を行い、自然風の空間相関特性の再現を試みた。結果として、製作した装置を用いて、目標の乱流特性を有し、かつ、目標とする空間相関特性を有する気流が生成できた。しかし、装置の影響を受けて、全ての測定点で目標と一致させることはできなかった。また、駆動波形生成にかなりの時間を要する。今後、装置の改良を行うとともに、駆動波形生成に要する時間を短縮する必要がある。

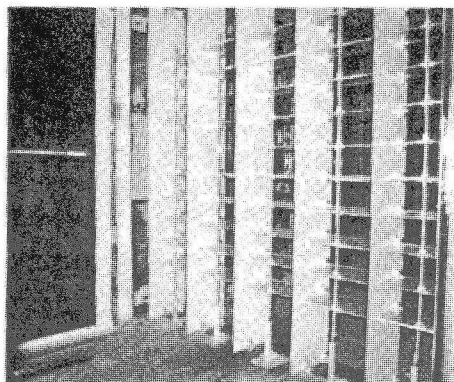


写真 1 装置全体図

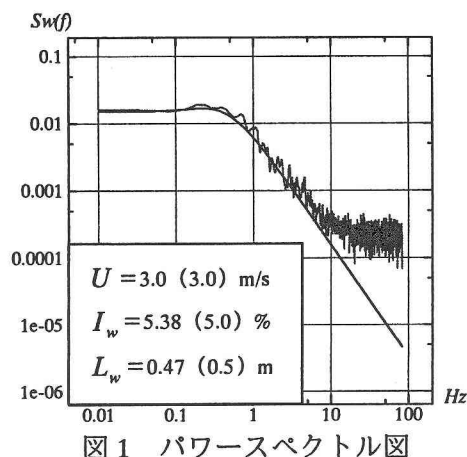


図 1 パワースペクトル図

表 1 隣合う 2 つの平板列の空間相関係数

	$R_{(0.2)}$	R_{w1w2}	R_{w2w3}	R_{w3w4}	R_{w4w5}
空間相関係数	0.67	0.66	0.29	0.05	-0.2

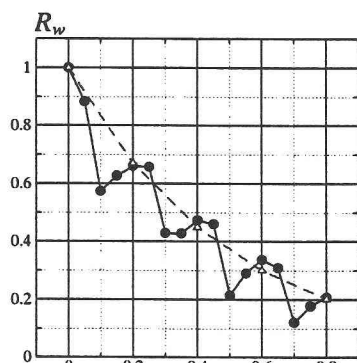


図 2 測定された空間相関係数

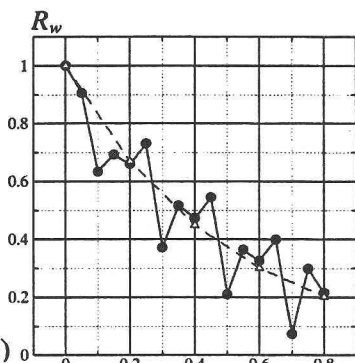


図 3 測定された空間相関係数

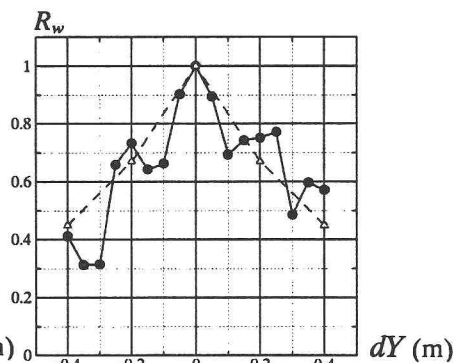
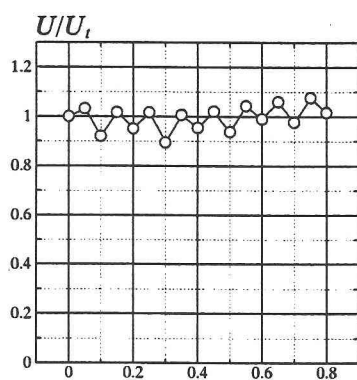
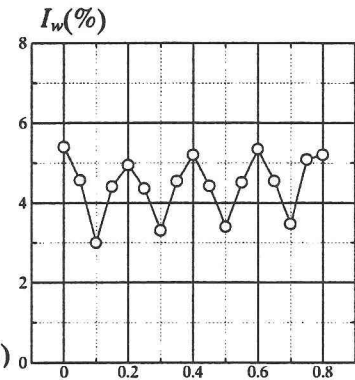


図 4 測定された空間相関係数

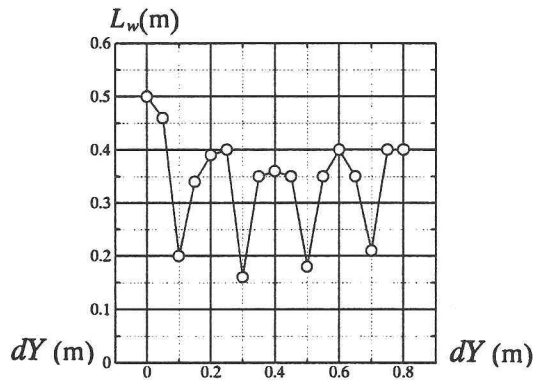
dY : 基準点からの距離 (m)



(a) 平均風速



(b) 乱れ強さ



(c) 乱れスケール

図 5 乱流特性値の断面内分布

dY : 基準点からの距離 (m)