

振動翼列による自然風乱流の風洞内シミュレーション

立命館大学 理工学部 正員 小林紘士
栗本鉄工所 正員 ○野村浩史

1. まえがき

自然風中における構造物の耐風安定性を正確に評価するには、風洞内に自然風に相似な乱流を再現する必要がある。しかし現在までの所、特に短風路風洞において自然風を表す全ての特性値を再現する方法は少ない。そこで本研究では、2組の翼列を用いて気流のアクティブコントロールを行い、自然風に相似な水平及び鉛直方向の変動風の再現を試みた。

2. 実験方法

断面寸法が $1\text{m} \times 0.7\text{m}$ の風洞測定部の上流の吹き出し口より 0.4m の所に、図1に示す鉛直方向10段の弦長 154mm のNACA0012翼列を設置し、測定部後端の吹き出し口より 5m の所に、図2に示す鉛直方向6段の弦長 170mm の平板翼列を設置した。両翼列ともACサーボモータによりランダム回転運動させることにより、それぞれ風速の鉛直成分、水平成分の変動を与える。風速は、上流側翼列の回転軸より 1.2m 下流側の中央部で測定する。

2次元風洞で自然風の乱れ特性は、乱れ強度、乱れスケールで与えられ、両者を用いてパワースペクトルを与えることができる。本研究ではパワースペクトルの式を与えてそれに一致する様な乱流を発生させることを試みる。両翼列の制御データは、自然風のパワースペクトル目標値を与え、これを風洞風速に換算し、更に翼列制御電圧に換算し作成する。風速の測定値のスペクトルと目標値のスペクトルとを比較しその比を補正し、新たな制御データを与える。これを繰り返すことにより自然風に相似な気流を作り出す。

3. 実験結果及び考察

再現する自然風乱流特性値に関して、乱れ強度 $I_u=10\%$, $I_w=6\%$, および乱れスケール $L_u=3\text{m}$, $L_w=0.6\text{m}$ としてパワースペクトル目標値を設定した。

図3に補正の繰り返し回数と各乱流特性値の目標値への収束度を示す。これより3回で目標値の20%まで収束するが、更に収束度を高めるには、数回の繰り返しが必要であることが判る。図4、図5に図3の7回目の繰り返し実施後の風速のパワースペクトルを示す。図中の滑らかな曲線は、

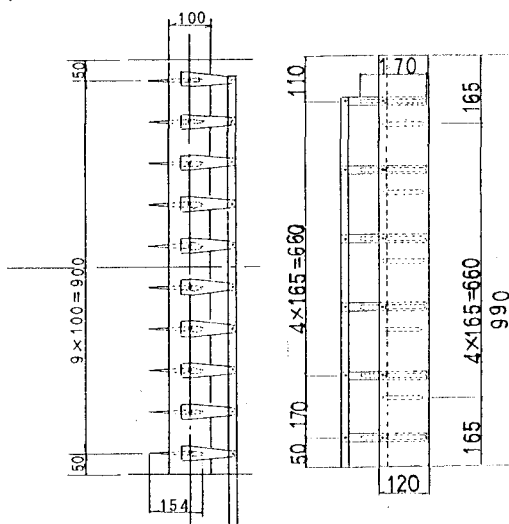


図1 NACA0012翼列

図2 平板翼列

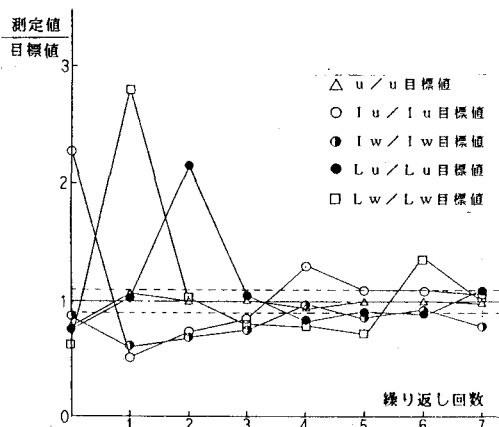


図3 繰り返し回数とシミュレーション目標値への収束度

Hiroshi KOBAYASHI Hiroshi NOMURA

スペクトルの目標値である。これを見ると測定スペクトルは、低周波数領域で比較的良好であるが、高周波数領域では目標のスペクトルより大きい。これは、上流側翼列からの流れの剝離によるものである。

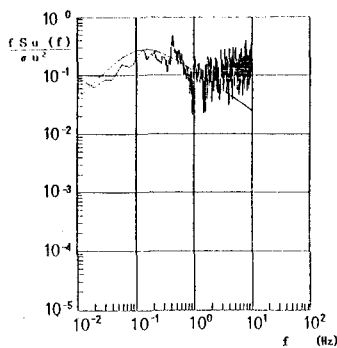


図4 風速の水平成分の基準化パワースペクトル

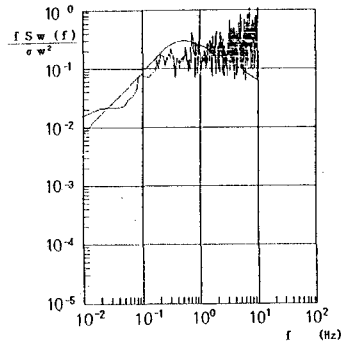


図5 風速の鉛直成分の基準化パワースペクトル

パワースペクトルを与える代わりに風速の時系列を与えて、それを再現することも可能である。図6に自然風の水平成分を風洞換算した実測時系列を示し、図7は、それを風洞内に再現したものを示す。両図を比べてみると波形がほぼ一致しており、実測時系列が風洞内に再現されたことを示している。また、 I_u 、 L_u は目標値の10%以内に入っている。

表1に目標の乱流特性値の1つを変え、シミュレーションの限界を調べた結果を示す。これより自然風で観測される特性値の十分広い範囲を風洞内で再現可能であることが判る。

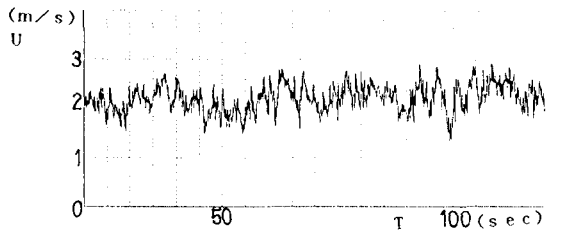


図6 自然風の水平成分の実測時系列

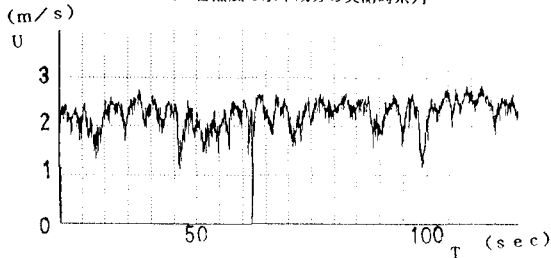


図7 シミュレート風速の水平成分の時系列

表1 各自然風特性値のシミュレーション限界

α (m/s)	α 目標値 (m/s)	I_u 1w (%)	I_u 目標値 1w 目標値 (%)	L_u 1w (m)	L_u 目標値 1w 目標値 (m)
2.803	3.000	17.00 5.783	MAX 8.000	2.567 0.433	3.000 0.600
3.135	3.000	10.68 7.316	10.00 MAX	2.232 0.473	3.000 0.600
3.115	3.000	9.357 5.018	10.00 0.600	9.395 0.678	8.000 0.600
3.149	3.000	8.031 4.706	10.00 0.600	2.675 1.297	3.000 1.200

4. 結論

2組の翼列をランダム回転運動させることにより、目標とする自然風乱流を風洞内に再現できた。また任意の乱流特性を持つ自然風乱流の再現が可能であることが判った。