

I-356

2次元模型実験用乱流のアクティブシミュレーション

栗本鉄工所

正員 ○野村浩史

立命館大学 理工学部

正員 小林紘士

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の乱れを表す全ての特性値を再現する方法は少ない。特にスケールの大きな乱流を得ることが難しいとされている。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

図1に示すように、幅0.7m、高さ1mの風洞測定部の上流の吹き出し口より0.4mの所に鉛直方向10段の弦長154mmのNACA0012翼列を設置し、そこより後流側4.6mの所に鉛直方向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。

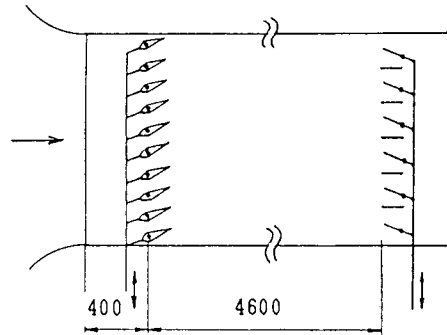


図1 翼列配置

2次元風洞で必要とされる自然風の乱れ特性は、乱れ強度、乱れスケール、パワースペクトル形状である。この内、乱れ強度、スケールは、パワースペクトルが与えられれば計算できる。シミュレーションの第1の方法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、これを風洞風速の時系列に変換し、更にそれを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利用して翼列制御電圧を補正し、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。

シミュレーションの第2の方法では、風速の時系列を与えて、これと同じ波形の変動風速を得ることを試みる。目標値を得るために風速のフーリエ変換値を利用する他は第1の方法と同じ手法である。

3. 実験結果及び考察

再現する自然風乱流は、乱れ強度 $I_u=10\%$ 、 $I_w=6\%$ 、および乱れスケール $L_u=3m$ 、 $L_w=0.6m$ としてESDUの式の基づいてパワースペクトル目標値を設定した。

このスケール L_u の値は格子乱流によって得られるスケールに比べかなり大きいものである。ここに添え字 u, w は、それぞれ気流の水平成分と鉛直成分である。

図2に補正の繰返し回数と各乱流特性値の目標値への収束度を示す。3回で目標値の20

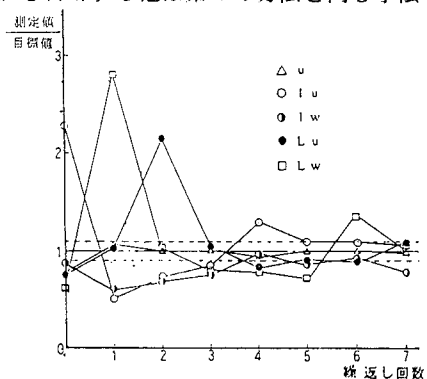


図2 繰返し回数とシミュレーション目標値への収束度

%まで収束している。その後の補正の繰り返しによっても十分収束しないのは、上流側翼列に大きな迎角を与えたときの翼端からの流れの剥離などの影響と考えられる。図3に図2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、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に合っているが、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剥離によるものと考えられる。

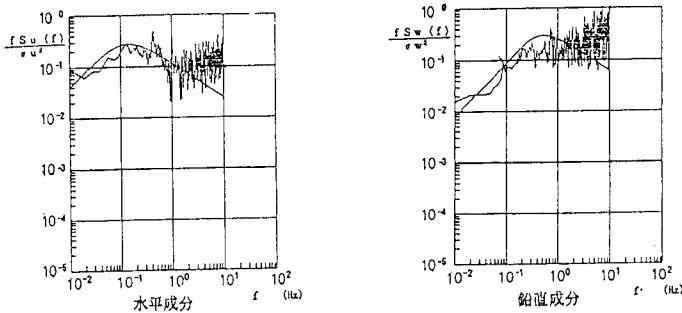


図3 風速の基準化パワースペクトル

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4に自然風の水平成分の現地実測値を風洞換算した時系列と、それを風洞内に再現したものを示す。これを見ると両方の波形がほぼ一致しており、風速の水平成分の時系列は風洞内にうまく再現されたことを示している。図5に自然風の鉛直成分の現地実測値を風洞換算した時系列と、それを風洞内に再現したものを示す。これらの波形から、翼からの剥離によると思われる2Hz以上の周波数成分をカットしたものを図6に示す。図6から、ほぼ似た波形が得られており、風速の鉛直成分の時系列は低周波成分についてはコントロールできることを示している。

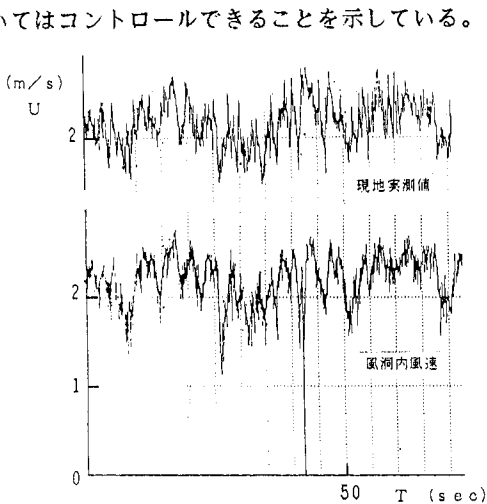


図4 自然風の実測時系列とシミュレート風速の時系列（水平成分）

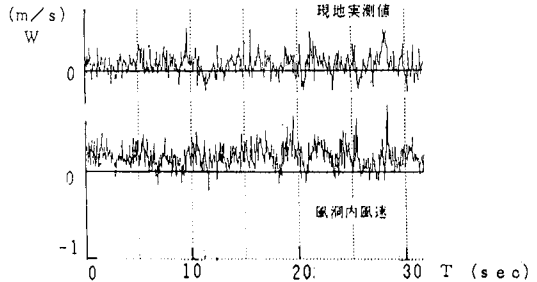


図5 自然風の実測時系列とシミュレート風速の時系列（鉛直成分）

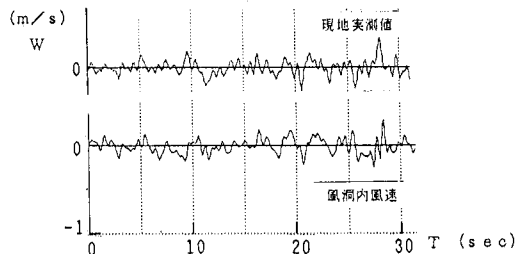


図6 自然風の実測時系列とシミュレート風速の時系列（鉛直成分 2Hz以上カット）

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。また実測した自然風の時系列を風洞内に再現することが可能であることがわかった。

さらによい結果を得るためには、翼断面、翼列の構造などを改善すること、測点を上流側に移動させるなどの工夫が必要である。