

吹き出し型風洞における2次元乱流シミュレーション

立命館大学 理工学部 正員 小林紘士
立命館大学 大学院 学生員 ○畑中章秀

1. まえがき

著者らは、前報⁽¹⁾において翼列・板列方式を用いて気流のアクティブコントロールを行い、格子乱流よりも大きいスケールを有する乱流を発生させることに成功した。ところが、本システムにも2,3の問題点(2Hzを越えるとシミュレートが難しくなる、主流方向の相関が1の気流となるなど)があった。そこで、この問題点を解消するために翼列・板列方式に改良を加え、実験を行ったところ比較的良好な結果が得られた。本報告では今回の改良型翼列・板列方式の概要および実験結果について報告する。

2. 実験方法

実験に用いた風洞は測定部が幅0.7m、高さ1mの吹き出し型風洞である。図1に示すように吹き出し口より0.2mの位置に縮流部を設け、その下流側に平板列を設置した。さらに幅0.7m、高さ0.6m、長さ1.2mの風路を設け、風路の下流端に翼列を設置した。なお、この風路は翼列により得られる傾斜気流に対する風洞上下の壁面の影響を避けることを考慮したものである。

また、平板列からの剥離による気流の乱れを整流するために、平板列より下流側0.2m, 0.4m, 0.6mの位置にそれぞれ、格子(幅0.5cm, ピッチ5cm)、金網A(金網幅1/8インチ)、金網B(金網幅1/12インチ)を設置した。風速は翼列の回転軸より0.6m下流側の中央部で測定した。乱流シミュレーションはパワースペクトル形状がKármánの式⁽²⁾に適合する乱流を目標とした。なお本実験で用いた乱流シミュレーション法は文献(1,2)による。

3. 実験結果及び考察

(1)乱流シミュレーションの精度 再現する自然風乱流特性値に関して、平均風速 $\bar{U}=2\text{m/s}$ 、乱れ強度 $I_u=12\%$ 、 $I_w=6\%$ および乱れスケール $L_u=1.2\text{m}$ 、 $L_w=0.36\text{m}$ としてパワースペクトル目標値を設定した。図2は補正繰返し回数と各乱流特性値の目標値への収束度を示したものである。 I_u, I_w については1回の補正でほぼ目標値に近い値となり、その後補正を繰返しても目標値の $\pm 2\%$ の値となり、ほぼ一定している。 L_u も1回でほぼ目標値に近い値となるが、その後補正を繰返しても目標値の0.88~1.08の値で変動している。 L_w は1回で目標値の1.25に近づいているが、その後補正を繰返しても目標値の0.97~1.25の間で変動している。この L_u, L_w の変動については今後検討の余地がある。ここで、 L_u, L_w は風速の自己相関係数を積分して求めたものである。

図3は7回目補正後に測定された気流のパワースペクトルを示す。目標としたKármánの式によるパワースペクトル

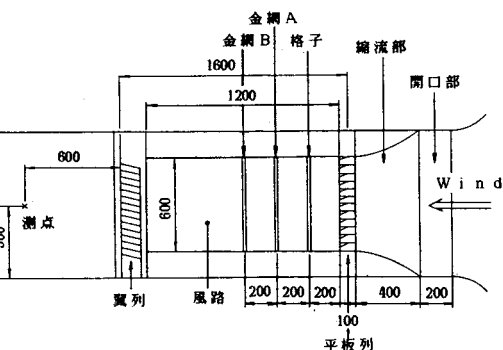


図1 翼列・平板列配置図(単位 mm)

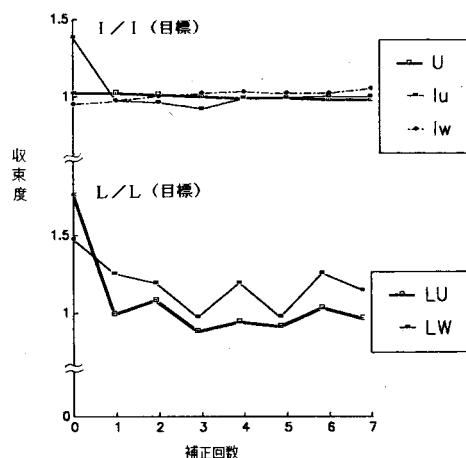


図2 繰返し回数と気流特性値への収束度

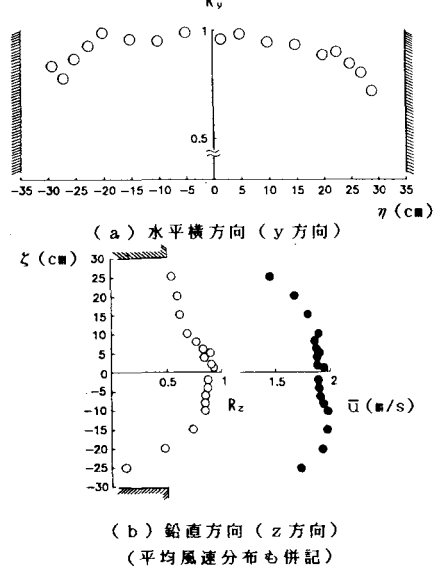
Hiroshi KOBAYASHI, Akihide HATANAKA

ルも併記した。本システムにより得られた乱流は主流方向成分および鉛直方向成分ともに6,7Hz付近の周波数領域まで、目標パワースペクトルとよく適合しており、スペクトルピークも一致している。また、それ以上の高周波数領域の乱れのパワーは文献(1,2)の結果と比べて大きくない。

(2)空間的特性

水平成分についての水平横方向(y方向),鉛直方向(z方向),主流方向(x方向)の相互相関係数 $R_y(\eta, \tau), R_z(\xi, \tau), R_x(\xi, \tau)$ を求め、 $\tau=0$ における値を距離を横軸にとって空間相関係数を求めた。その結果を図4(a),(b),(c)に示す。これより水平横方向については比較的よい相関を示しているものの、鉛直方向については風洞中央部の約15cmを除いては、かなり相関が低い。これは、平均風速の鉛直分布とともに改善すべき問題である。また、主流方向については距離に従って相関が低くなっており、自然風に認められる特性と同様の特性を実現することができた。

次に、上記の測点でシミュレートした気流について主流方向に測点を変えてパワースペクトルを調べた。図5(a),(b)に翼列から0.5m,0.7m下流の位置での主流方向成分のパワースペクトルを示す。これらの図をみると翼列からの距離によって0.7Hz付近のスペクトルの値が変化していることがわかる。模型実験への影響を考慮すると、今後原因の究明が必要である。



4. 結論 図4 空間相関係数

本システムを用いることにより、かなり精度よく目標とする自然風乱流を風洞内に再現できた。しかし、シミュレート気流の2次元性、主流方向のスペクトル分布などに問題があり、本システムの特長に対する基礎的な調査がさらに必要である。

謝辞》 本研究にご協力いただいた立命館大学学生 西川浩和君、美島雄士君に感謝の意を表します。
参考文献 1)野村・小林 土木学会関西支部年講,1988 2)小林他 第10回風工学シンポジウム,1988

