

アクティブ乱流発生装置によりシミュレートされた気流の乱れ特性について

立命館大学	理工学部	正員	小林紘士	日立造船(株)	砂田博幸
立命館大学	大学院	学生員	○畑中章秀	日立造船(株)	山口映二
日立造船(株)		正員	植田利夫		

1. まえがき 2次元模型による風洞試験は、風洞規模がさほど大きくなくてよい、実験が比較的簡便である、基礎的な研究に適しているなど3次元模型試験に比べいくつかの利点を有している。2次元模型を用いた乱流応答に関する基礎研究は、まだなお重要な課題である。著者らは上述の考えのもとに2次元風洞試験を対象としたアクティブ乱流シミュレーションの研究を行ってきた¹⁾。今回、従来よりも大きな風路断面を持つ回流型風洞にアクティブ乱流発生装置を設置し、乱流シミュレーションを行った。以下その乱流発生装置によりシミュレートされた気流の乱れ特性について述べる。

2. 実験方法 実験は、日立造船(株)所有の大型汎用低速風洞(回流型、2次元モードで使用)で行った。測定断面の寸法は、幅2m×高さ3mである。図1に乱流発生装置の概略図を示す。乱流発生装置は平板列および翼列からなる。平板列により主流方向(u方向)の気流変動を制御し、翼列により鉛直方向(w方向)の気流変動を制御する。平板列および翼列は、新たに設けられた風路(断面寸法幅2000mm×高さ1200mm、長さ2350mm)の入口および出口に設置される。平板列

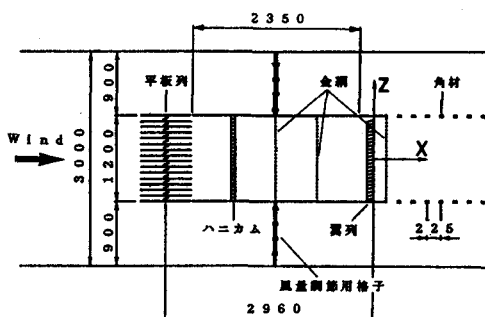


图 1 乱流発生装置概略図 (単位: mm)

で、平板列と翼列の間にハニカム（セルサイズ：19mm）と2枚の金網（メッシュサイズ：上流側から1/4インチ, 1/8インチ）を設置し、さらに翼列の下流側にも金網（メッシュサイズ：1/8インチ）を設置する。本研究では、測定風路内の主流方向の2点間において位相差を有する主流方向気流変動を実現することを目指す。そこで、平板列により作られた変動気流が、新たに設けた高さ1200の風路の出口から自由噴流となって吹き出すような構造とし、さらに、その風路の上下に高さ900の空間を設ける。高さ900の空間を通り抜ける風量を調節する目的で、互いに隣接した2枚の格子を設置する。2枚の格子のうち1枚の格子を横方向にスライドさせることにより、閉塞率を変化させ、風量を調節する。実験では、高さ900の空間を完全に閉塞したケースと一部を開放したケースについて

$Su(n)$ $Sw(n)$

調査を行った。本論文ではそのうち完全に閉塞したケースについて述べる。また、翼列により得られる気流傾斜角の断面内分布特性を改善するために、高さ1200の風路とその上下の部分との境界レベルに断面寸法30mm×45mm、長さ2000mmの角材を225mm間隔で下流方向に並べる。

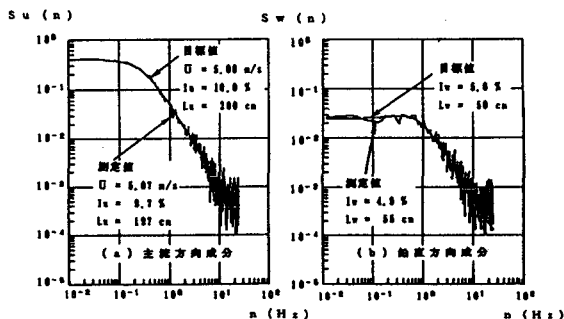


図2 測定気流パワースペクトル

Y, Z座標として示す。シミュレートされた乱流の測定にはX型熱線プローブを用いた。翼列および平板列

はACサーボモータにより駆動し、パーソナルコンピュータによりランダム制御する。乱流シミュレーションは、パワースペクトル形状がKármánの式に適合する乱流を目標とする。乱流シミュレーションの詳細は、文献2)に述べられている。

3. 実験結果 目標とする乱流特性値として、平均風速 $\bar{U}=5.0$ m/s、乱れ強度 $I_u=10.0\%$ 、 $I_w=5.0\%$ 、乱れスケール $L_u=200$ cm、 $L_w=50$ cmを設定し、乱流シミュレーションを行った。気流測定点は $(X, Y, Z) = (700, -100, 0)$ とした。

1) 測定気流パワースペクトル 測定された気流の u 成分および w 成分のパワースペクトルの1例を図2に示す。目標とするKármánの式によるパワースペクトルも併記した。これより両成分ともに10 Hz付近の周波数領域まで目標とするスペクトル形状によく一致していることが分かる。

2) 乱流特性値の風速依存性 風洞ファン回転数による乱流特性値の変化を調べた。実験に用いたシミュレート気流の乱れ特性値は、平均風速 $\bar{U}=4.49$ m/sのとき、乱れ強度 $I_u=10.8\%$ 、 $I_w=5.4\%$ 、乱れスケール $L_u=172$ cm、 $L_w=53$ cmであった。ファン回転数により風路の平均風速が変わるが、それにより他の乱れ特性値の変わる様子を図3

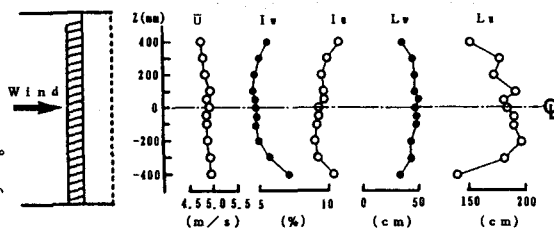


図3 乱れ特性値の風速依存性

に示した。図中横軸は、測定気流の風速である。

これより、乱れ強度 I_u は風速とともに増加しているが、 I_w は風速とともに低下していることが分かる。乱れスケールは L_u 、 L_w ともに風速とともに増加している。 L_w はほぼ線形に変化しているのに対し、 L_u は風速により変化の割合が異なっている。

3) 乱れ特性値の断面内分布 翼列から700mm下流の位置での鉛直方向の乱れ特性値の分布を調べた。図4にその結果を示す。これより、高さ中央部での特性値は、乱れスケール L_u を除いてはいずれも断面中央部の値の±数%以内のばらつきとなっており、ほぼ一様な分布となっている。

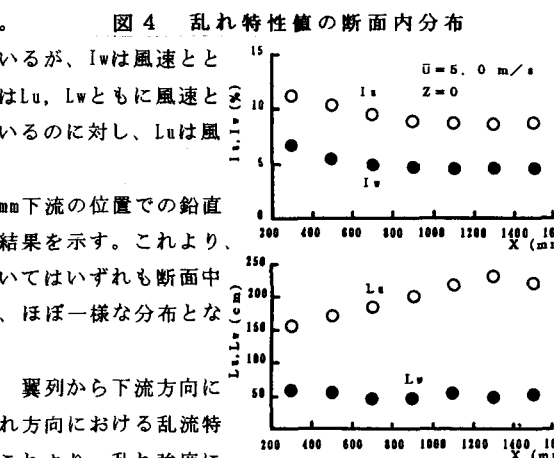


図4 乱れ特性値の断面内分布

4) 翼列からの距離による乱れ特性値の変化 翼列から下流方向に測点を変えて (Y, Z は固定、 X のみ変化)、流れ方向における乱流特性値の変化を調べた。図5にその結果を示す。これより、乱れ強度については I_u, I_w ともに翼列からはなれるにしたがって徐々に値が低下し、 $X=900$ より下流ではほぼ一定の値となっている。乱れスケールについては、 L_u は翼列からはなれるにしたがって徐々に値が大きくなっているが、 L_w は翼列からの距離によらずほぼ一定の値となっている。

図5 翼列からの距離による乱れ特性値の変化

4. 結論 回流型風洞に乱流発生装置を設置し、乱流シミュレーションを行った。その結果以下の結論を得た。①目標とするスペクトル形状を有する乱れを再現することができた。②シミュレートされた気流の乱れ特性値は風速により変化する。模型試験に際しては、各風速ごとに乱流をシミュレートすることになる。③測定部断面内の比較的広い領域で一様な分布得ることができた。④翼列から下流方向に離れるにしたがって乱れ特性値が変化する。

〔参考文献〕1) 小林他 第45回土木学会年講、2) 小林他 第10回風工学シンポジウム、1988