

I-271

強風の時系列のアクティブシミュレーション

日立造船(株) 正員 植田利夫 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 日立造船(株) 砂田博幸
 日立造船(株) 山口映二

1. まえがき

乱流中での建造物の動的応答を把握するためには、建造物に作用する変動空気力の特性を知る必要がある。モデル試験での乱流応答の測定は、通常限られたサンプリング時間内で行われる。このとき、モデルに作用する乱流の時刻歴が、乱れ特性値や風速によらず同じであれば都合がよい。スペクトル形状だけでなく、各周波数成分の位相情報も考慮して乱流シミュレーションを行えば、同じ時刻歴を持つ流速の時系列を風洞内にシミュレートすることができる。本論文では、新たに位相情報を考慮した乱流シミュレーション法(以下、波形シミュレーションと称す)を提案する。実験では、任意に発生させた乱流の時系列と実測された自然風の時系列を風洞内にシミュレートした。また、sharp-edge-gustの発生も試みた。

2. 波形シミュレーションの方法

目標とする時系列を電圧に換算し、乱流発生装置を駆動する。目標とする乱流と測定された乱流のパワースペクトルおよび位相角を比較して、乱流発生装置の駆動電圧を補正する。この補正は、両者のパワースペクトルおよび位相角がほぼ一致するまで繰り返され、目標値に近い時系列がシミュレートされる。

3. 乱流発生装置

実験には、回流型風洞(日立造船(株)所有)と吹き出し型風洞(立命館大学)の2種類の風洞を用いた。sharp-edge-gustの実験は、吹き出し型風洞で行った。吹き出し型風洞での乱流発生装置は文献1)に掲載しているもので、本論文では、回流型風洞での乱流発生装置について述べる。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。装置の構成は文献2)に掲載されている装置とは大きく変わらないが、バイパス風路から流れ出る気流の乱れが気流測定点に影響を及ぼしたので、気流の乱れを整流する目的でバイパス風路内部にも格子と2枚のメッシュを設置した。気流測定点は、翼列後縁の風洞断面中央部の位置を原点としてXYZ座標(X-主流方向、Y-主流直角水平方向、Z-主流直角鉛直方向)で示す。

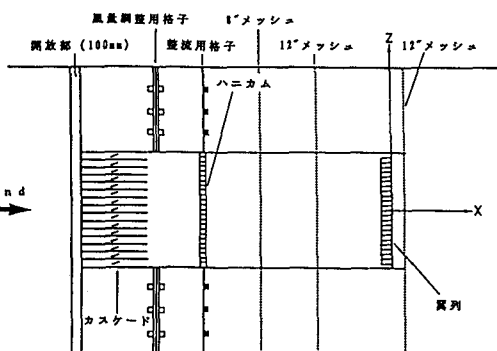


図1 乱流発生装置概略図

4. 実験結果

(1) 乱流の時系列のシミュレーション

乱れ特性を平均風速 $\bar{U}=5.0\text{m/s}$ 、乱れ強度 $I_u=10.0\%$ 、 $I_w=5.0\%$ 、乱れスケール $L_u=200\text{cm}$ 、 $L_w=50\text{cm}$ に設定して、流速の時系列を作成した。作成された流速の時系列を図2(a)に示す。図2(b)は風洞内にシミュレートされた主流方向成分の流速の時系列を示したものである。気流は、 $(X, Y, Z)=(900, -100, 0)$ の位置で測定した。目標とする時系列と測定された時系列の相互相関係数 $R(\tau)$ を求めた。これより、 $R(\tau=0)=0.91$ と比較的高い相関を示し、遅れ時間もなかった。鉛直方向成分についても同様に波形シミュレーションを行った。

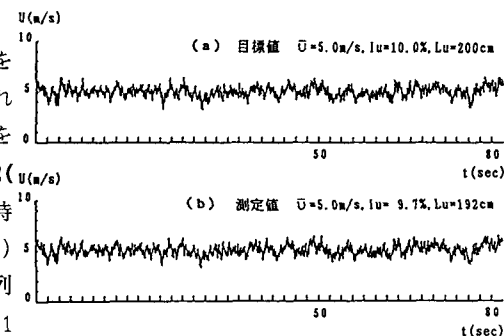


図2 目標とする流速の時系列と測定された流速の時系列(主流方向成分)

図3(a)および(b)にそれぞれ目標とする時系列と風洞内にシミュレートされた時系列を示す。測定された時系列には、翼列や平板列からの剝離による高周波の乱れが混在していた。本文に掲載されている図は、5.0Hz以上の周波数成分を除去したものである。5.0Hz以上の乱れを除去した時系列の相互相関係数の値は、 $R(\tau=0)=0.88$ と比較的高い相関となり、遅れ時間もなかった。

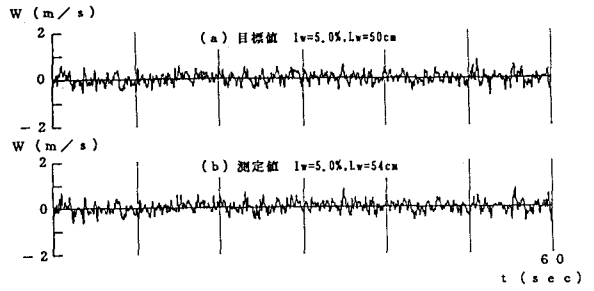


図3 目標とする流速の時系列と測定された流速の時系列(鉛直方向成分; 5.0Hz以上カット)

(2) 実測された風速時系列のシミュレーション

現地観測された自然風の風速時系列を風洞内にシミュレートする。実測値を縮尺1/60、周波数倍率12倍で風洞内に換算した(図4)。

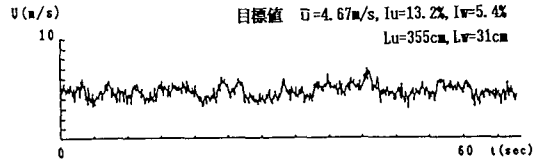


図4 風洞換算された実測時系列

シミュレートされた気流を図5に示す。目標とする時系列と測定された時系列との相互相関係数を求めた。これより、 $R(\tau=0)=0.93$ と比較的高い相関を示し、時間の遅れはなかった。風速の鉛直成分の実測値も同様にシミュレートした。鉛直成分については、 $R=0.77$ (ただし、5Hz以上の乱れの成分を除去した)と主流方向成分よりも若干低い値となった。



図5 シミュレートされた流速の時系列

(3) sharp-edge-gustの発生

鉛直方向の流速が0から0.7m/s ($\bar{U}=4.0$ m/s, $\alpha=0\sim 10^\circ$)までステップ状に急変する流速の時系列をシミュレートした。鉛直方向の流速変動にともない主流方向の流速も変化するが、主流方向の流速の変化にともなって平板列の閉塞率を変化させることにより補正することができる。測定結果を図6の左側に示す。鉛直方向の流速は、約0.3secで0から0.7m/sまで変化している。気流傾斜角で言えば約 10° である。主流方向の流速は、ほぼ一定値となっている。吉村ら⁴⁾は、水槽を利用したsharp-edge-gust発生装置を開発し、約0.5secで最大 8° の迎角の変化を得ている。本装置により得られたsharp-edge-gustは、吉村らの結果とほぼ同程度のものである。ただ、翼列や平板列からの気流の剝離による乱れが混在しており、改善の余地がある。主流方向成分のガストのシミュレーションの結果は、図6の右側に示す通りである。

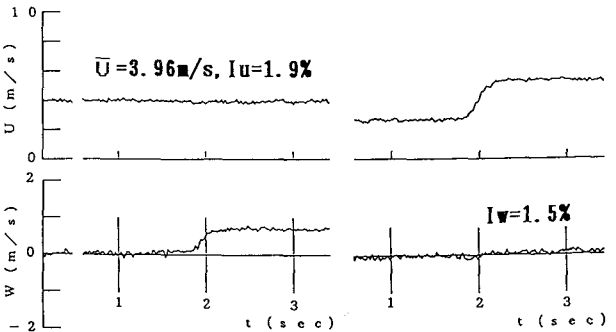


図6 シミュレートされたsharp-edge-gust

5. 結論

本論文では、流速の時系列を風洞内にシミュレートすることを試みた。それにより任意に発生させた流速の時系列および実測された流速の時系列を風洞内にシミュレートすることができた。また、鉛直方向のsharp-edge-gustは既往の研究例と同程度のものではあった。

参考文献 1) 畑中, 小林, 土木学会論文集, 1991, 2) 小林ほか, '91関西年講, 3) 小林ほか, 第10回風工学シンポジウム, 3) 吉村ほか, 第7回風工学シンポジウム, 1982