

吹き出し型風洞における2次元乱流シミュレーション(続報)

立命館大学 理工学部 正員 小林絃士

立命館大学 大学院 学生員 ○畑中章秀

1. まえがき

著者らは、翼列と平板列を用いた乱流発生装置を開発し、風洞内で自然風のシミュレートを行ってきた¹⁾。そして、今回は測点位置において自然風に認められる主流方向の位相差を実現するために、前回報告した装置にさらに改良を加え、実験を行った。本報告では、今回さらに改良を加えた乱流発生装置の概要および実験結果について報告する。

2. 実験装置

本研究で使用した風洞は、測定部断面が $0.7\text{m} \times 1.0\text{m}$ の吹き出し型風洞である。図1に示すように吹き出し口から33.5cmの位置に平板列を設置し、平板列の下流側には長さ15cmの整流板を設けた。さらに、整流板の下流側に幅0.7m、高さ0.6m、長さ1.19mの風路を設け、その下流に翼列を設置した。風路内には、平板列からの剥離による気流の乱れを整流するために、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

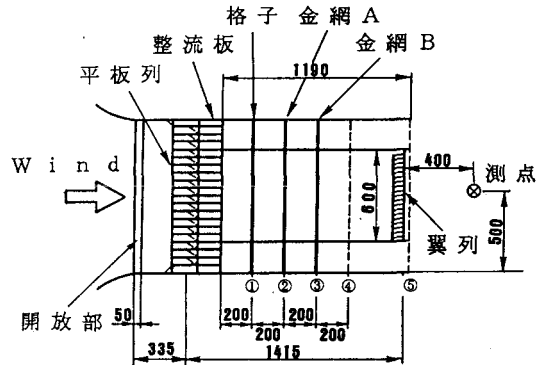


図1 乱流発生装置 (単位mm)

した。また、測点位置において主流方向の位相差を実現するために、平板列は風洞内に設けた高さ0.6mの風路の入口でのみ駆動させて、風路の出口から変動気流が自由噴流となって吹き出すような構造とした。さらに、従来設置されていた測点位置の天井と床を取り除いた。

従来の装置では、平板列の上流側に縮流部を設け、風洞内に設けた高さ0.6mの風路内にはのみ気流が流れるような構造としていた。しかし、風路からの吹き出し部分とそうでない部分との流速差により比較的大きな渦が発生することが予想され、その渦の存在により測点近傍の流速が悪影響を受けていた。高さ0.6mの風路の上下にも気流を流すことによって、吹き出し部分とそうでない部分の流速差が小さくなり、それだけ発生する渦の規模が縮小され、測点近傍の気流に及ぼす影響が軽減されるものと思われる。したがって、風路の上下部分の平板列は駆動させず、回転角 30° の状態ですべて静止させ、気流の一部が流れるようにした。

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の詳細について²⁾では、文献2)を参照されたい。

3. 実験結果

(1) 測定気流パワースペクトル

測定された気流の主流方向成分のパワースペクトルの一例を図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、2~3Hzの周波数領域まで目標とするパワースペクトルに比較的良好に適合しているが、それ以上の周波数領域では目標とするパワースペクトルよりも大きく

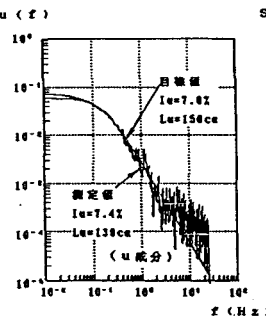
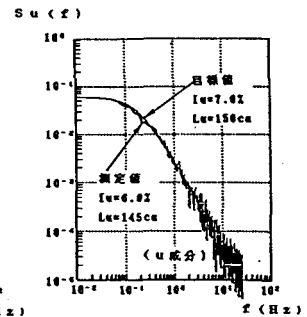


図2 測定気流パワースペクトル

図3 測定気流パワースペクトル
(24メッシュを翼列直後に設置)

Hiroshi KOBAYASHI, Akihide HATANAKA

なっている。これは、翼列および平板列からの剥離による気流の乱れが原因と考えられる。そこで、この剥離による気流の乱れをさらに整流するために、翼列直後に金網（金網幅-1/24インチ）を設け、同様に乱流をシミュレートした。その結果を図3に示す。これより、先ほどみられた2~3Hz以上の周波数領域のパワーの値は1/5程度に小さくなり、全周波数領域で目標とするパワースペクトル形状によく一致していることがわかる。

次に、本装置によってシミュレートされた気流の測定値を表-1に掲げる。シミュレートする乱流の特性値によって金網の種類、設置位置そして枚数を変化させた。シミュレートされた乱流特性値の範囲は、乱れ強度については $I_u=3.1\sim 18.9\%$, $I_w=1.8\sim 10.0\%$ 、乱れスケールについては $L_u=23\sim 450\text{cm}$ （模型の縮尺を1/120と仮定し、実橋に換算すると27.6~540m）, $L_w=6\sim 145\text{cm}$ （同じく、7.2~174m）となる。鉛直方向成分についても与えられたパワースペクトルによく一致する乱れをシミュレートできた。

(2) 位相差と相互相関係数

気流の主流方向成分に正弦的な変動を与えた。測点を翼列後方の300mmとさらにξだけ後方の2点にとり、両測点の流速変動の位相差φを求めた。その結果を図4に示す。図中の直線はテイラーの仮説に基づく位相差を示したものである。これより、無次元距離の小さい部分では、テイラーの仮説に基づく位相差に一致している。しかし、無次元距離が大きくなるにしたがってテイラーの仮説に基づく位相差よりも大きな値となっている。

次に、 $U=2\text{m/s}$, $I_u=10\%$, $I_w=5\%$, $L_u=150\text{cm}$, $L_w=38\text{cm}$ の乱流をシミュレートし、水平成分について主流方向(X方向)の2点間における相互相関係数 $R_{\alpha\beta}(\xi, \tau)$ を求めた。その結果を図5に示す。これより、2点間の距離が離れるにしたがって、相互相関のピーク位置が右方向に移動していることがわかる。これは自然風の主流方向における相互相関係数と類似したものである。

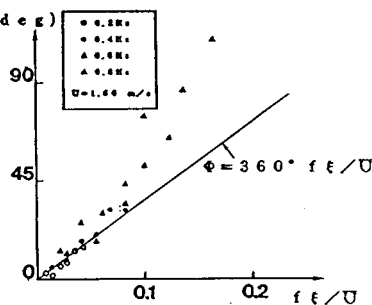


図4 位相差（主流方向）

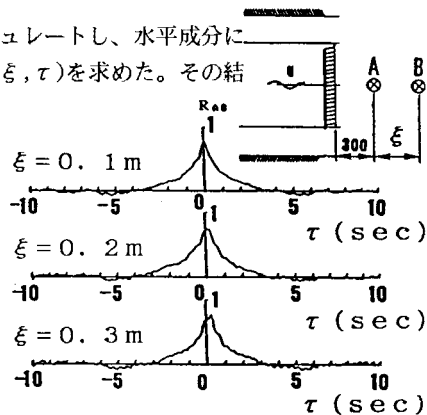


図5 相互相関係数（主流方向）

4. 結論

シミュレートする乱流の特性値によって格子や金網の種類、設置位置そして枚数を適宜変化させることによって比較的広い範囲の乱れ特性を再現することができた。また、位相差については、無次元距離の小さい部分ではテイラーの仮説に基づく位相差を実現することが可能である。主流方向の2点間における相互相関係数は自然風に類似したものとなった。今後模型実験への適用性を調べるために、断面内の分布特性を調べるなどさらに詳細な調査を行う予定である。

《謝辞》 本研究にご協力いただいた立命館大学学生 井上重夫君、安川仁敏君、北湯晋一君に感謝の意を表します。

参考文献 1)畑中他 土木学会全国年講,1989 2)小林他 第10回風工学シンポジウム,1988

表-1 乱流シミュレーション結果

No.	No.	測定値 (目標値)				格子とメッシュ				
		$U(\text{m/s})$	$I_u(\%)$	$I_w(\%)$	$L_u(\text{cm})$	$L_w(\text{cm})$	①	②	③	④
Change of I_u, I_w	1	2.01	18.9 (20.0)	10.0 (10.0)	152 (150)	37 (38)	—	—	—	G2
	2	2.00	14.0 (15.0)	7.7 (7.5)	149	40	G1	1/4	1/6.5	—
	3	2.10	8.6 (10.0)	5.1 (5.0)	149	42	G1	1/8	1/12	—
	4	1.98	5.1 (5.0)	2.7 (2.5)	145	38	G1	1/8	1/12	—
	5	2.04	3.1 (3.0)	1.8 (1.5)	129	38	G1	1/8	1/12	—
Change of L_u, L_w	a	1.98 (2.00)	10.0 (10.0)	5.1 (5.0)	450 (600)	145 (150)	G1	1/8	1/12	—
	b	1.99	9.4	4.8	268 (300)	80 (75)	G1	1/8	1/12	—
	c	2.03	9.8	5.0	78 (75)	21 (18)	G1	1/4	—	—
	d	2.00	9.9	5.3	52 (50)	13 (13)	G1	1/4	—	—
	e	2.08	9.4	5.4	23 (20)	6 (5)	—	—	—	G2

ただし G1は棒の断面が5×5mm、縦横の間隔が50mmの格子
G2は棒の断面が25×10mm、縦横の間隔が100mmの格子
1/4、1/6、1/8、1/12はメッシュサイズ、単位はインチ
①、②、③、④、⑤は格子や金網の設置位置で、上流側から①、②、③、④、⑤となる。
なお、⑤は翼列直後の位置となる。