

I-312

ある空力弾性実験用小型・低速風洞装置の製作と性能特性

福岡工業大学 工学部 正員 溝田武人
 福岡工業大学 工学部 機能郁生
 福岡工業大学 工学部 市村日出夫

1. はじめに

既存の実験室内に測定部断面 $0.5\text{m} \times 1.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ （幅×高さ×長さ）を有する空力弾性実験用の小型・低速風洞を建設した。十分なスペースはないけれども、測定部断面で風速分布が出来るだけ一様で乱れ度も低くかつ廉価な風洞を作るべく設計を行なった。その結果、わずかに変則的な形状となったがほぼ満足出来る基本的性能を有する風洞を製作することが出来たのでここに報告する。

2. 基本設計

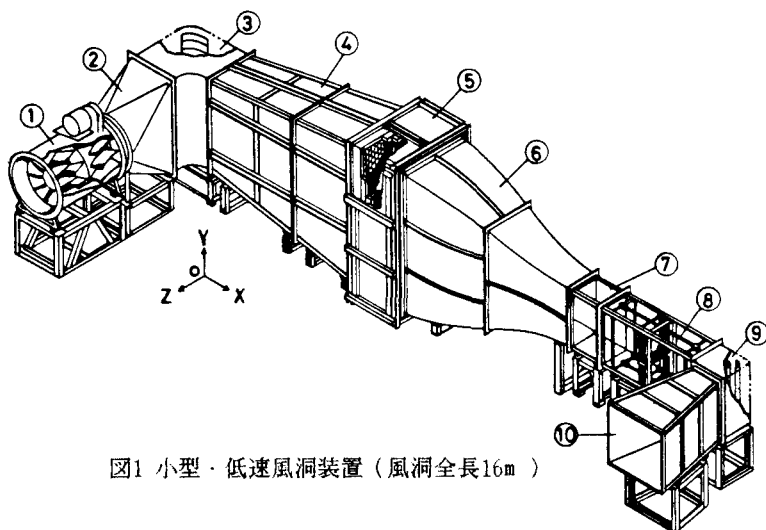
風洞装置は福岡工業大学工学部電子機械工学科（2号館）1階流体工学実験室に設置する。実験室の大きさは $12\text{m} \times 9\text{m} \times 3\text{m}$ （3mが高さ）であり、その一部に据えつける。空力弾性実験用風洞として必要な大きさの上記測定部断面形状の他、流速範囲 $0 \sim 15\text{m/s}$ 、境界層部分を除く流速の一様性は $\pm 1\%$ 以内、同じく乱れ度は 0.2% 程度を目標値とした。そのためにあらかじめ測定部断面が $1/10$ のミニチュア風洞を作り、縮流比および縮流形状、整流部に挿入するヒカと整流金網の枚数などを換え風洞性能の検討を行なった。その結果、目標の性能を得るためには風洞本体の全長が 15m となり、気流の吸込部、吐出部における実験室壁面の影響を減らすためにさらに長いスペースが必要となった。そこで図1に示すような、流路を2所で 90° 曲げた吹出型の形状の風洞を設計し製作した。

3. 風洞各部の概略

①送風機：軸流送風機（吐出部 $\phi 1\text{m}$ ），②第一拡散部：流路断面を $\phi 1\text{m} \rightarrow 0.8\text{m} \times 1.6\text{m}$ 長方形に変更，③第一コーナー：入口の $0.8\text{m} \times 1.6\text{m}$ 長方形断面中央部には $0.6\text{m} \times 1.2\text{m}$ のアルミニウム・ヒカ（対辺距離 10mm ，幅 100mm ）を挿入し，5枚のコーナーで流路を 90° 変更，④第二拡散部：拡大管内で安定な流れが得られるように断面を $0.8\text{m} \times 1.6\text{m} \rightarrow 1.2\text{m} \times 2.4\text{m}$ に上下（左右）方向頂角 15.2° （ 7.6° ）で拡大，⑤整流部：長さ 1.0m の整流部（断面 $1.2\text{m} \times 2.4\text{m}$ ）にアルミニウム・ヒカおよび整流金網5枚（ 40メッシュ ， $\phi 0.2\text{mm}$ ）を挿入し個々に着脱可能，⑥縮流部： $1.2\text{m} \times 2.4\text{m} \rightarrow 0.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ （縮流面積比 5.76 ，縮流形状は正弦波型）に縮流，⑦⑧測定部： $0.5\text{m} \times 1.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ （頂角 1° ，⑦は長さ 0.6m の測定部，⑧は長さ 1.9m の測定部で三次元トラップ装置を装着），⑨第二コーナー：5枚のコーナーで流路を 90° 変更，⑩吐出部： $0.54\text{m} \times 1.04\text{m} \rightarrow 1.04\text{m} \times 1.04\text{m}$ に拡大。

4. 風洞性能の測定結果

測定部の流速：測定部で得られる流速は軸流送風機の回転数 $0 \sim 1235\text{rpm}$ にほぼ比例して $0 \sim 17.3\text{m/s}$ の範囲であり，当初の設計流速 $0 \sim 15.0\text{m/s}$ を十分満足している。電動機の回転数制御はインバータ方式（ $1/60$ まで

図1 小型・低速風洞装置（風洞全長 16m ）

制御可能)で
行なう。軸流
送風機の回転
むらは1000
rpm 付近で
 ± 1 rpm以下で
ある。

流速分布の
一様性と乱れ
度分布:

図2(a), 2(b)
は⑦測定部中
央断面(⑦の
測定部前縁か
ら0.3m)の十
字方向におけ
る時間平均流
速分布 U およ
び乱れ度分布

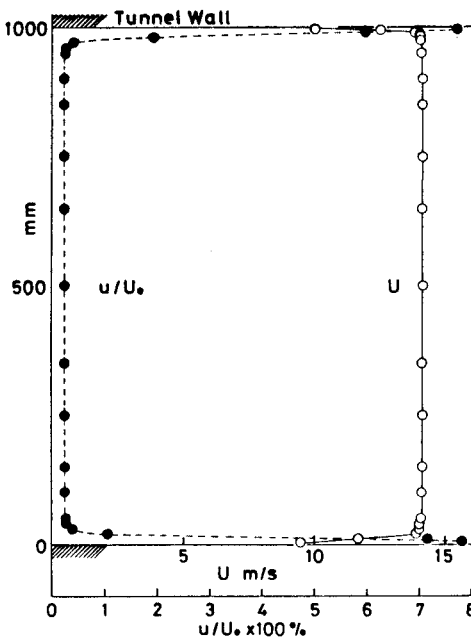


図2(a)測定部⑦中央断面 Y方向 (図1 参照)
の $U, u/U$ 。

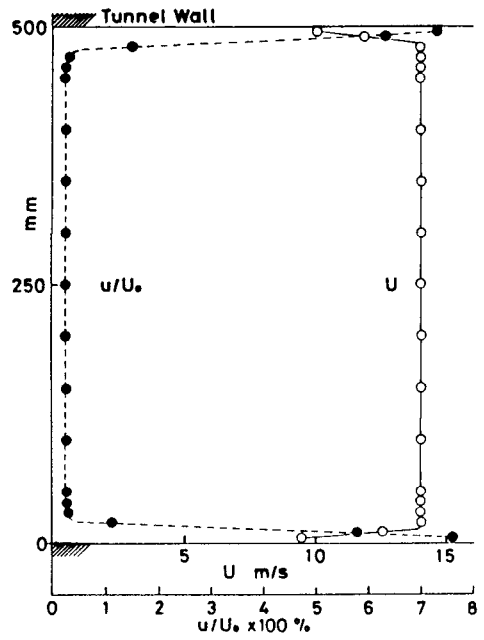


図2(b)測定部⑦中央断面 Z方向 (図1 参照)
の $U, u/U$ 。

$u/U \times 100\%$ である。ここで U は各測定位置の時間平均流速、 u は20KHz までの変動流速の振幅の実効値、 U は風軸中心における時間平均流速である。これらの測定結果によると、まず境界層の厚さは上下の壁面で30mm, 左右の壁面で20mm程度である。この境界層部分を除いて流速分布の一様性は非常に良く、 U に対して $\pm 0.889\%$ 程度の偏差しかない。また乱れ度は0.25%程度の値がプロットされているが後述の理由から実際にはさらに低いものと考えられる。

5. 測定部における乱れ度

①軸流送風機出口付近の時間平均流速は α^2 部の影響を大きく受け、乱れ度も40~60%と大きい。アルミニウム・ヒカムを③第一コーナー入口に挿入し軸流送風機の旋回流を初期の段階で抑えると⑦測定部の流速分布の一様性および乱れ度とも改善された。

アルミニウム・ヒカムおよび整流金網5枚を通過した⑤整流部出口(縮流部入口)の乱れ度は0.4%程度であった。その後⑥縮流部では面積比5.76に縮流される。Pankhurst and Holder 1)によれば、この縮流面積比では入口における乱れ度の約30%に減少する。従って⑦測定部では乱れ度は $0.4\% \times 0.3 = 0.1\%$ 程度となる。本実験に使用した定温度型熱線流速計の回路のノイズは、乱れ度に換算して0.1~0.2%あるので図2(a), 2(b)に示した乱れ度0.25%を補正すると0.1%台の乱れ度が実現されていると考えられる。

6. おわりに

空力弾性実験用小型・低速風洞装置を製作した。実験室のスペース等の制約条件から風洞としては変則的な形状となったが気流拡散部や整流部を注意深く製作することにより、測定部断面ではほぼ満足出来る風洞特性を実現できた。

設計に際し御極東機械製作所技術部大木秀男部長には貴重な御意見を賜りました。製作に際して野田清技術員およびS61年度流体工学研究室卒業研究生には大変お世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献 1)Pankhurst, R. C. and Holder, D. W.: Wind-Tunnel Technique, Sir Isaac Pitman & Sons, 1952, p. 84.