



小型風洞の一試作とその特性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2010-07-08 キーワード: 作成者: 三谷, 将之, 杉野, 建史 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00004473

小型風洞の一試作とその特性

三谷 將之・杉野 建史

北海道教育大学札幌校機械研究室
札幌 002

The Making of a Wind Tunnel and Characteristics of Its Test Sections

Masayuki MITANI and Takefumi SUGINO

Mechanical Laboratory, Sapporo Campus.

Hokkaido University of Education.

Sapporo 002

Abstract

The wind tunnel is an apparatus which artificially makes air flow in ways in which it flows in nature.

Recently, hydrodynamics experiments have commonly been conducted to investigate aerodynamic characteristics using wind tunnel with real or model transportation vehicles and structures including: automobiles, trains, airplanes, buildings, bridges and towers. The investigation of characteristics of aerodynamics used wind tunnel: decrease of drag and increase of lift is useful in the fields of not only transportation vehicles and structures but also sports.

In this investigation, the present authors made a blowout wind tunnel which is small in appearance but has large test section. Its characteristics were investigated.

This wind tunnel was made of woodpanels, wood and methacrylic-sheets, because these materials prevent vibration while affording lightness.

Judging from the exit velocity distribution of the nozzle, the exit velocity of each measurement position has an uniform velocity distribution within the allowable 3% limit. Furthermore, turbulence intensity was 0.14~0.18% when the exit velocity was set at 6.39~17.35m/sec.

As a result of this investigation, it became clear that this wind tunnel can be used as a lowturbulence one.

1. 緒 言

自然界には常に空気の流れがあり、これが風となって物体に当たり、また物体が動くと強い風となって当たる。この現象を人工的に作る装置が風洞である。近年、自動車・汽車・飛行機などの輸送機並びにビルディングまたは塔や橋などの構造物は、実物若しくは模型に風洞を用いて風に関する様々な実験を行うことが普通になってきた。また、スポーツの分野においても風洞を用いて各種の実験研究を行うようにさえなって

来ている。

こうした風洞を使用した流れの研究の重要性から、風洞を手軽に作ることができないかと考え製作してみることとした。すなわち、本研究では出来るだけ安価で、測定断面が大きく、全体としては小型であるような吹出型風洞の製作を試み、その特性を明らかにすることとした。

2. 試 作

風洞を試作するに当たり吹出し測定部断面の形を $400 \times 400 \text{mm}$ の正方形として最大で 10.30m/sec の流速が出ること、さらに速い流速を得ることを目的に吹出し測定部断面の形を $400 \times 200 \text{mm}$ の長方形として最大で 18.89m/sec の流速が出ること、この2つを基本に以下の項目を設計条件として材料を選定し、製作を行なった。

- ①既存する軸流送風機 (HITACHI PROPELLER FAN 50Hz, $100 \text{m}^3/\text{min}$, 45mm Aq , 2870rpm) の使用。
- ②風洞設置面積の縮小化。
- ③加工し易く、容易に入手可能な材料の使用。
- ④風洞各部の移動可能な軽量化。

設計では、吹出し測定部断面積の大きさ並びに送風機の大きさを基準として風洞の各部分の形状と大きさを決定した。しかし、文献¹⁾から各部分の形状を決定するための各種の係数を選択し、最適な数値を用いて算出した寸法では、風洞全体の長さが 10m を超えてしまい非常に大きくなり、準備している設置面積($2.5 \times 7.3 \text{m}$)を大幅に超えてしまった。そこで極力全体を小さくし性能が低下しないように以下の部分について工夫した。

- ①異形管の短縮。
断面積を流れの方向に急に交えることなく、円形から矩形への移行をなるべくゆっくりと行うことが重要であるが、本研究の場合には装置の設置面積の縮小及び圧力損失の減少を考慮し異形管の長さを 400mm と比較的短くした。
- ②拡大管の分離。
文献²⁾によると、流れの剝離の少ない拡がりの角度として 10° 程度が推奨されており、さらに圧力損失が少なく乱れの少ない流れを必要とする場合には 5° が適当とされている。しかしこれらの条件を満たす管長は、計算によるとそれぞれ拡がりの角度が 10° の場合には約 4720mm 、また拡がりの角度が 5° の場合には約 9450mm となり、いずれも長くなり過ぎる結果となった。そのため、拡がり角の大きな角(約 23°)で管長が 1080mm を有するものと拡がり角の小さな角(約 15°)で管長が 1350mm を有するものとの2種類とし、拡大管を2つに分離して管長を短縮した。

- ③集合管の省略。

風洞全長を短くするため集合管を使用しないことにした。

- ④絞り管の正方形絞り管と長方形絞り管の組み合わせ。

正方形断面の正方形絞り管で得られる流速より更に大きな流速を得るために、吹出口の相対する2面の長さのみを $1/2$ に縮小、即ち断面積で $1/2$ に縮小した矩形断面の長方形絞り管を設置した。

- ⑤振動の防止と軽量化。

送風機の発生する振動は空気の流れに直接影響を与える。そのため、風洞内を流れる空気及び装置の振動を出来るだけ防ぐためと軽量化のために、拡大管と整流管には木材を、そして絞り管にはプラスチックを使

用した。

以上の設計点を配慮して以下に示す風洞の各部分を製作した。図1に小型風洞の概略図を示す。図1の番号に従って各部の材料と大きさ、並びに制作過程を示す。

- ①単管：直径387.4mmで長さ600mmの円筒管は、厚さ0.2mmの亜鉛鉄板をはんだ接合した。
- ②異形管：吸込口が直径388mmの円形断面で吹出口が400×400mmの正方形断面を有する長さ400mmの管は、厚さ0.2mmの亜鉛鉄板をはんだで接合した。
- ③拡大管⁽¹⁾：吸込口が387×387mmの正方形断面で吹出口が830×830mmの正方形断面を有する長さ1080mmの管は、厚さ12mmのコンクリートパネル板を木ネジと木工用ボンドで接合した。
- ④拡大管⁽²⁾：吸込口が830×830mmの正方形断面で吹出口が1062×1062mmの正方形断面を有する長さ850mmの管は、厚さ12mmのコンクリートパネル板を木ネジと木工用ボンドで接合した。
- ⑤拡大管⁽³⁾：吸込口が1062×1062mmの正方形断面で吹出口が1200×1200mmの正方形断面を有する長さ500mmの管は、厚さ12mmのコンクリートパネル板を木ネジと木工用ボンドで接合した。

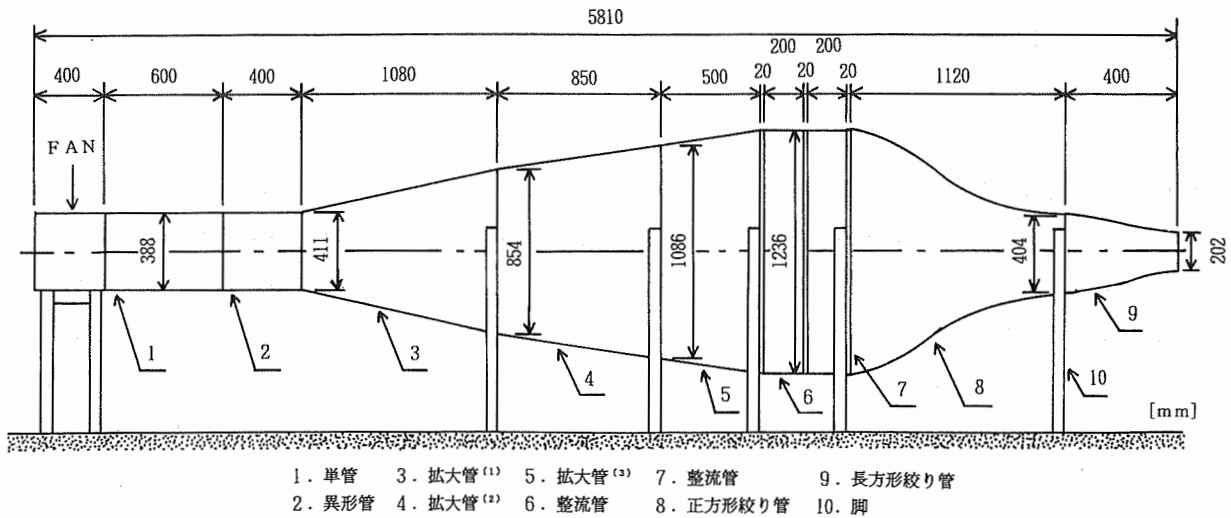


図1 小型風洞装置概略図

- ⑥⑦整流管：1200×1200mmの正方形断面を有する長さ200mmの管は、厚さ12mmのコンクリートパネル板を木ネジと木工用ボンドで接合した。

整流金網は形状が正方形の、1200×1200mmのステンレス金網（メッシュが#40、#60、#80）を厚さ12mmの板材で押えた枠組構造である。

- ⑧正方形絞り管：吸込口が1200×1200mmの正方形断面で吹出口が400×400mmの正方形断面を有する長さ1120mmの絞り管は、厚さ12mmのメタクリル樹脂板をジクロロメタン（塩化エチレン）接着剤で接合した。絞り形状は、文献²⁾より正弦曲線とした。
- ⑨長方形絞り管：吸込口が400×400mmの正方形断面で吹出口が400×200mmの長方形断面を有する長さ600mmの絞り管は、厚さ2mm及び5mmのメタクリル樹脂板をジクロロメタン接着剤で接合した。絞り形状は正方形絞り管の場合と同様に正弦曲線とした。
- ⑩脚：脚は厚さ3mmで40×40mmのアンクル鋼材と厚さ3mmで40×100mmのチャンネル鋼材を溶接接合した。

図2に正方形絞り管の略図を示し、図3に長方形絞り管の略図を示す。

3. 測 定

正方形絞り管及び長方形絞り管の吹出口を測定断面とし、図4と図5に示すように断面の中心を座標系の原点Oとし横方向をX軸、縦方向をY軸とした。測定断面から空気の流れる上流の方向に向かって中心より右方向及び上方向を軸の正方向、中心より左方向及び下方向を軸の負方向とした。

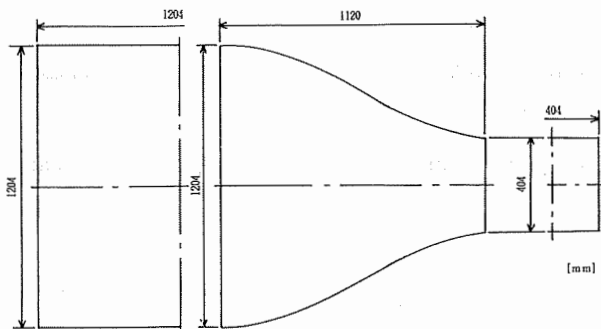


図2 正方形絞り管略図

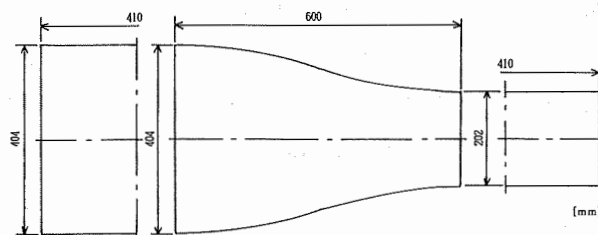


図3 長方形絞り管略図

図6には平均流速及び乱れの測定時における測定断面と測定機器の位置関係を示した。平均流速の測定は、断面中央である原点OからX軸の正方向と負方向及びY軸の正方向と負方向に10mm間隔の点を測定することとし、それぞれの絞り管について5種類の流速変化(正方形絞り管の場合6.39~10.30m/sec, 長方形絞り管の場合11.71~18.89m/sec)をさせて、1種毎に正方形絞り管においては横方向と縦方向合わせて80点, 長方形絞り管においては横方向縦方向合わせて60点を測定した。測定には、プラントル型ピトー静圧管(直径9.0mm)とU字管(ガラス管直径9.0mm)並びにベッツ型マンメータ(理化精機工業株式会社)を使用した。

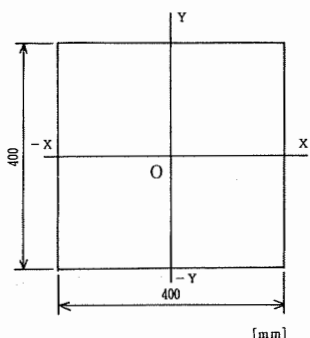


図4 正方形絞り管測定断面図

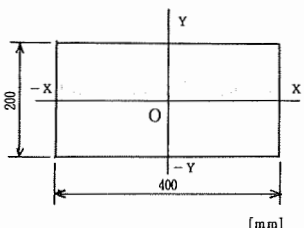


図5 長方形絞り管測定断面図

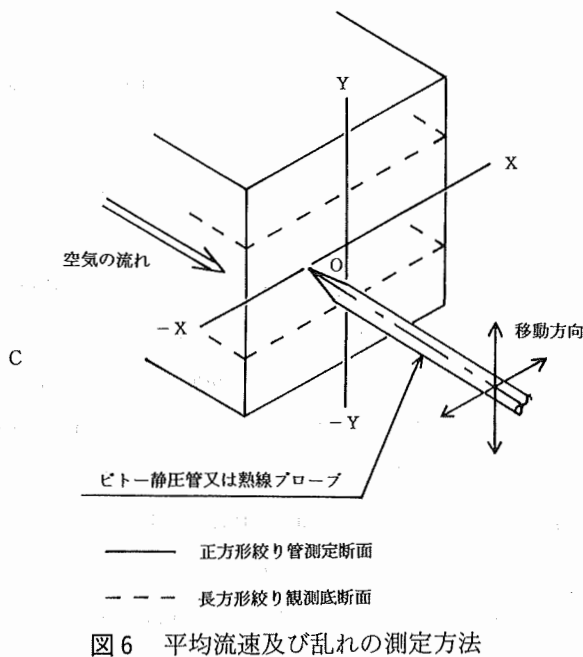


図6 平均流速及び乱れの測定方法

乱れの測定は、平均流速の測定の場合と同様にそれぞれの絞り管について5種類の流速変化(正方形絞り管の場合6.39~10.30m/sec, 長方形絞り管の場合には11.71~18.89m/sec)をさせて、1種毎に測定断面座

標で (0, 0) (50, 0) (-50, 0) (0, 50) (0, -50) の 5 箇所で行った。測定には熱線流速計システム (DC VOLTMETER: NIHON KAGAKU KOGYO CO.LTD MODEL 1009, LINEARIZER: NIHON KAGAKU KOGYO CO.LTD MODEL 1013, CTA ANEMOMETER: NIHON KAGAKU KOGYO CO.LTD MODEL 1011, RMS VOLTMETER: HEWLETT PACKARD 3400A, A. C. VOLTMETER: YOKOGAWA ELECTRIC WORKS, LTD JIS C1102 SPFB-SC33, DIGITAL MULTIMETER: ADVANTEST TR6843, SYNCHROSCOPE: IWATU SS-5215, U字型熱線流速計用プローブ: NIHON KAGAKU KOGYO CO.LTD MODEL 0251-T5, プローブサポート: KANOMAX PROBE SUPPORT 0102 $R_1=0.14$) を使用した。

なお送風機は軸流送風機 (HITACHI PROPELLER FAN 50Hz, 100m³/min, 45mmAq, 2870rpm) を使用し, その回転制御には汎用インバータ (MITUBISHI 200V, 50Hz, FR-E-3700M) を用い, 回転数はデジタルハンドタコメータ (ONO SOKKI CO.LTD HT-4100) で測定した。

また湿度, 大気圧, 気温 (室温) および流れの空気温度は乾湿計, アルコール棒状温度計ならびにアネロイド気圧計を用いて平均流速及び乱れの測定と同時に測定した。

4. 測定結果とその考察

図 7 には流速を 5 種類に変化させた場合の正方形絞り管吹出口での測定断面の X 軸上の平均流速分布を示した。

5 種類の流速の全てにおいて, 測定断面中央から X 軸の正方向及び負方向に ±100mm の位置までは平均流速 (以下「流速」と記す) は一様な部分が存在していることが分かる。しかし測定断面中央から 100mm の位置を超えた後, 測定断面の縁に近づくと流れの流速の値は次第に大きくなり, 一様な部分が見られなくなる。

図 8 には図 7 の場合と同様, 風速を 5 種類に変化させた場合の正方形絞り管吹出口での測定断面の Y 軸の

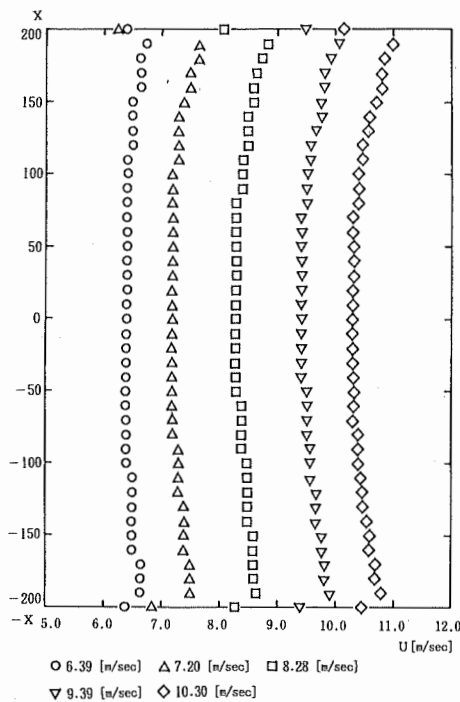


図 7 正方形絞り管における X 軸上の平均流速

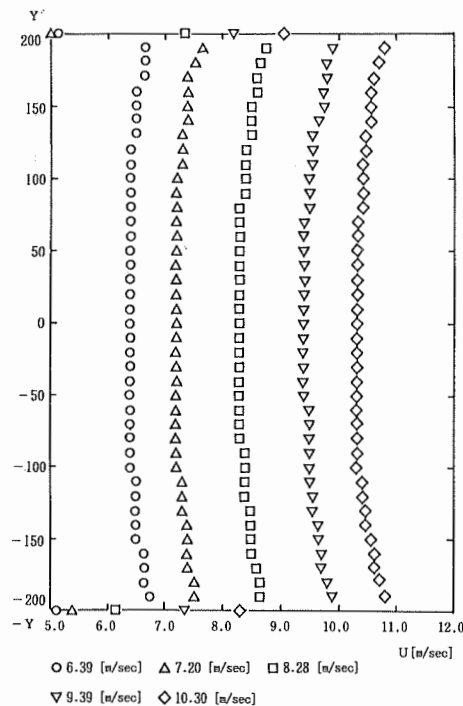


図 8 正方形絞り管における Y 軸上の平均流速

流速分布を示してある。図7と同様に5種類の流速の全てにおいて、測定断面中央からY軸の正方向及び負方向に±100mmの位置までは流速は一樣な部分が存在していることが分かる。しかし測定断面中央から100mmの位置を超えた後測定断面の縁へ近づくにつれ流速の値が次第に大きくなり一樣な部分が見られなくなる。

図9(a)は測定断面中央の流速に対するX軸上の各点での流速比を示したものである。比の値が1.01以内に収まっているのは中心からX軸の正方向及び負方向に最小で0～±100mm最大で0～±110mmの位置まで、同様に1.02以内に収まっているのは最小で0～±120mm最大で0～±150mmの位置まで、そして1.03以内に収まっているのは最小で0～±130mm最大で0～±160mmの位置までである。

図9(b)は測定断面中央の流速に対するY軸上の各点での流速比を示したものである。比の値が1.01以内に収まっているのは測定断面中央からY軸の正方向及び負方向に最小で0～±100mm最大で0～±130mmの位置まで、同様に1.02以内に収まっているのは最小で0～±130mm最大で0～±160mmの位置まで、1.03以内に収まっているのは最小で0～±140mm最大で0～±180mmの位置までである。

以上の測定結果では、平均流速が一樣な部分は測定断面中央付近に位置しており、測定断面の縁付近の流速が測定断面中央の流速より大きくなっている。これは、使用している送風機が軸流送風機で、送風機内部中央にあるモータ部及び軸受部の断面積が送風機吹出口の面積に対し大きな割合(約37%)を占めているのでこの部分の影響が顕著に出ているものと思われる。

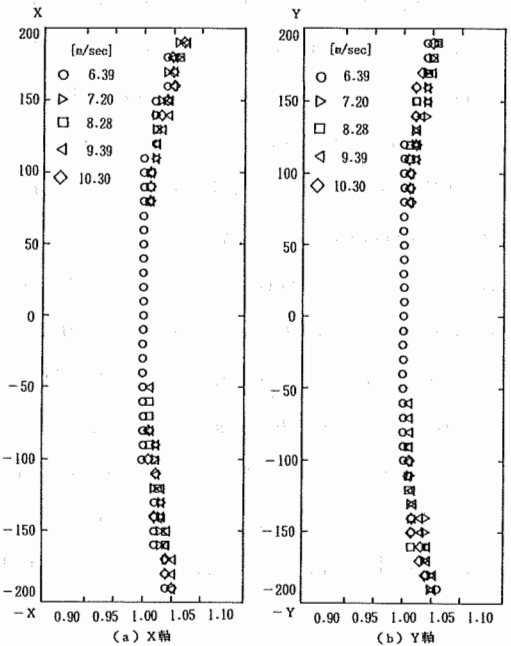


図9 正方形絞り管におけるX軸とY軸上の流速比分布

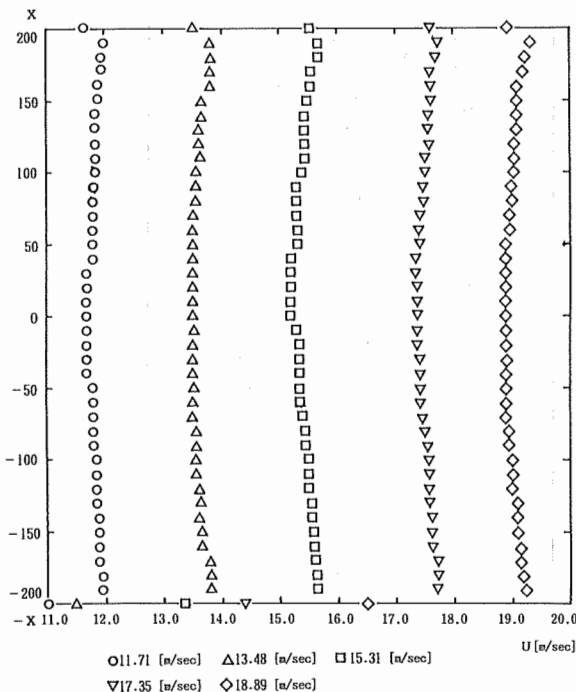


図10 長方形絞り管におけるX軸上の平均流速

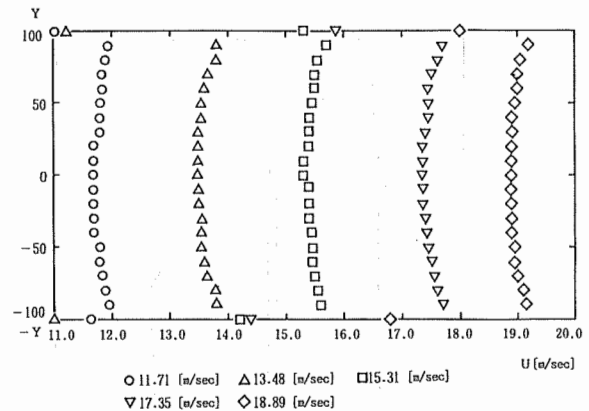


図11 長方形絞り管におけるY軸上の平均流速

図10には流速を5種類に変化させた場合の長方形絞り管吹出口での測定断面のX軸上の流速分布を示した。5種類の流速の全てにおいて、測定断面の中心からX軸の正方向及び負方向に±190mmの位置まではほぼ同様に流速の値は緩やかな勾配を描いて大きくなっ

ていることが分かる。

図11は図10の場合と同様、流速を5種類に変化させた場合の長方形絞り管吹出口での測定断面のY軸の流速分布を示したものである。

X軸上の場合と測定長さは異なるものの5種類の流速の全てにおいて、測定断面中央からY軸の正方向及び負方向の±90mmの位置までは、ほぼ同様に流速の値は緩やかな勾配を描いて大きくなっている。

図12 (a) は測定断面中央での流速に対するX軸上の各点における流速比を示した。比の値が1.01以内に収まっているのは測定断面中央からX軸の正方向及び負方向に最小で0～±120mm最大で0～±160mmの位置まで、同様に1.02以内に収まっているのは最小で0～±180mm最大で0～±190mmの位置まで、1.03以内に収まっているのは最大最小ともに0～±190mmの位置までである。

図12 (b) は測定断面中央での流速に対するY軸上の各点での流速比を示したものである。比の値が1.01以内に収まっているのは測定断面中央からY軸の正方向及び負方向に最小で0～±50mm最大で0～±90mmの位置まで、1.02以内に収まっているのは最大最小ともに0～±90mmの位置までである。即ち、測定断面の縁から10mmの位置までを除いては、流速比の値が1.02以内で流速は一様である。

図13には正方形絞り管吹出口及び長方形絞り管吹出口の測定断面座標 (0, 0) (50, 0) (-50, 0)

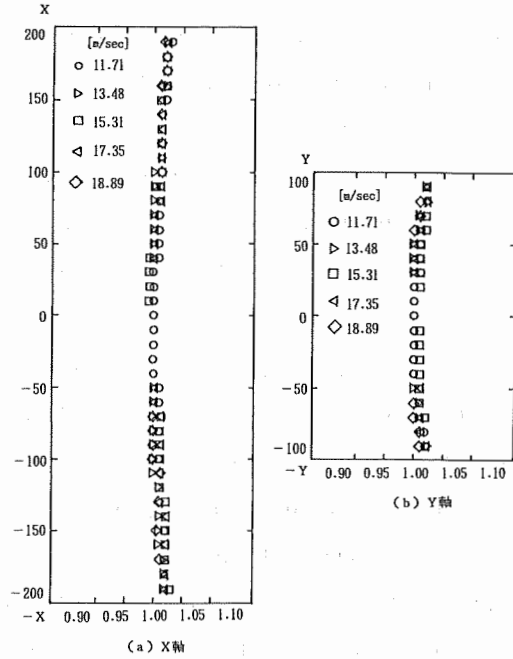


図12 長方形絞り管におけるX軸とY軸上の流速比分布

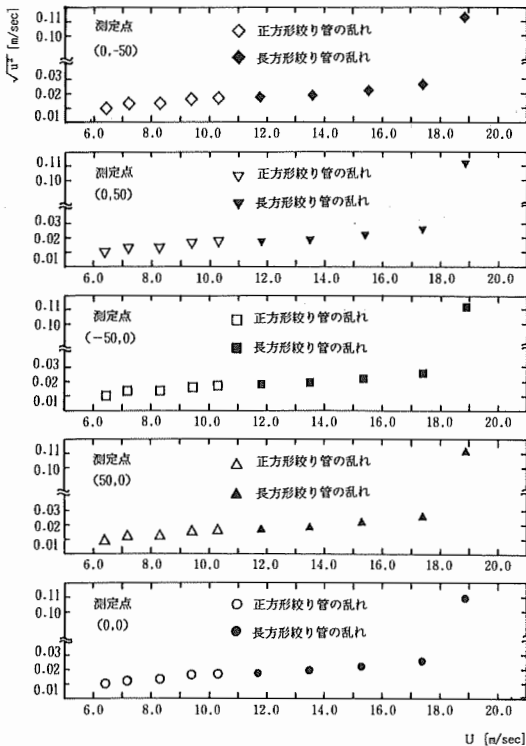


図13 正方形絞り管及び長方形絞り管の乱れ ($\sqrt{u^2}$)

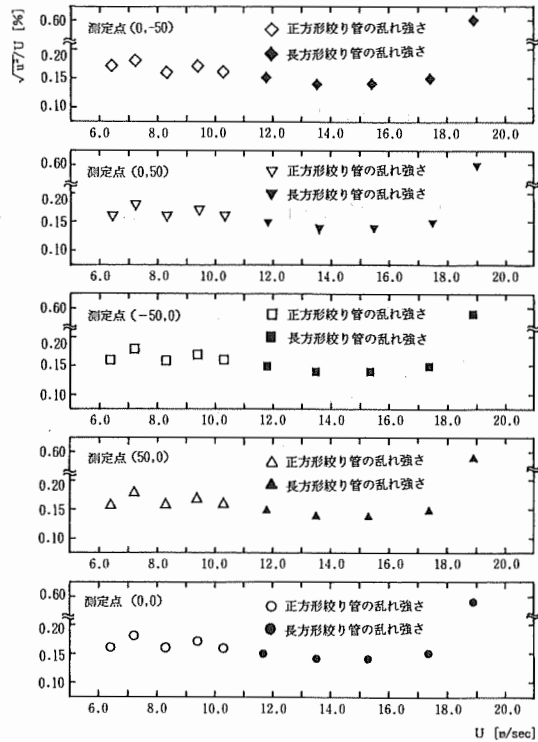


図14 正方形絞り管及び長方形絞り管の乱れ強さ ($\sqrt{u^2}/U$)

(0, 50) (0, -50) における乱れ (変動速度成分の2乗平均平方根) の平均流速による変化を示した。

正方形絞り管吹出口での乱れは測定を行った5つの座標の全てにおいて、平均流速が6.39~10.30m/secの間では0.011~0.017m/secの間に収まっている。

長方形絞り管吹出口での乱れを5つの測定点毎にまとめると、(0, 0)においては平均流速が11.71~18.89m/secの間では乱れは0.017~0.112m/sec, (50, 0)においては平均流速が11.77~18.89m/secの間では乱れは0.017~0.112m/sec, (-50, 0)においては平均流速が11.77~18.89m/secの間では乱れは0.018~0.112m/sec, (0, 50)においては平均流速が11.77~18.94m/secの間では乱れは0.017~0.114m/sec, (0, -50)においては平均流速が11.77~18.94m/secの間では乱れは0.017~0.114m/secに収まっている。

図14には正方形絞り管吹出口及び長方形絞り管吹出口の測定断面座標(0, 0) (50, 0) (-50, 0) (0, 50) (0, -50) における乱れ強さの平均流速による変化を示した。

正方形絞り管吹出口での乱れ強さは5つの測定点の全てにおいて、平均流速が6.39~10.30m/secの間においては乱れ強さは0.14~0.18%の間に収まっておりその平均値は0.166%である。

長方形絞り管吹出口での乱れ強さを5つの測定点毎にまとめると、(0, 0)においては平均流速が11.71~17.35m/secの間では乱れ強さは0.14~0.15%, (50, 0) と (-50, 0) においては平均流速が11.77~17.40m/secの間では乱れ強さは0.14~0.15%, (0, 50) と (0, -50) においては平均流速が11.77~17.45m/secの間では乱れ強さは0.14~0.15%の間に収まっている。しかし平均流速が18.89~18.94m/secの間では乱れ強さは0.59~0.60%になっている。

低乱れ風洞の乱れ強さはその値に違いがあるものの約0.03~0.12%であるので、今回製作した小型風洞はその乱れ強さの値から低乱れ風洞にごく近いものと言える。従って、低乱れの条件下で行う実験の流速の範囲は6.39~17.35m/secの間である。

5. 結 言

本報では、小型風洞の製作について述べ、実際に試作した風洞の吹出口の特性を調べた。その結果を要約すると次の通りである。

- ①製作した風洞の吹出口においては流速の変動が3%以内で流速分布が一様な測定断面を得ることが出来た。
- ②流速を6.39~17.35m/secの間に設定すると乱れ強さは0.14~0.18%の間に収まり低乱れ風洞として使用可能である。
- ③流速を6.39~18.89m/secの間に設定すると乱れ強さは0.14~0.59%となり、平均流速を重視した風洞としてその用途を十分に果せる。

参 考 文 献

- 1) 進藤章二郎, 低速風洞実験法, コロナ社 (1992), pp.1~23, pp.28~32
- 2) 谷一郎, 小橋安次郎, 佐藤浩, 流体力学実験法, 岩波書店 (1980), pp.14~29, pp.42~47, pp.120~124, pp.132~149, pp.170~196
- 3) 釜口展宏, 有田行雄, 煙突排ガスの拡散に関する風洞実験, MITUBISHI TECHNICAL BULLETIN (1965) p. 7
- 4) 日本機械学会編集, 機械工学便覧, 日本機械学会 (1954), 第8編 pp.4~5, p.37