資 料

東京大学建築学専攻風環境シュミレータ風洞の紹介

Wind Simulation Tunnel at Department of Architecture, University of Tokyo

糸井 達哉^{*1} 栗田 剛^{*2} 今野 雅^{*3} 鎌田 元康^{*4} 神田 順^{*5}

Tatsuya ITOI, Tsuyoshi KURITA, Masashi IMANO, Motoyasu KAMATA and Jun KANDA

SUMMARY

An Effel-type wind tunnel has been installed at Department of Architecture, University of Tokyo. The size of its working section is 1800mm in height, 1800mm in width and 15600mm in length. The range of wind speed is from 0.5m/s to 13.0m/s. The uniformity of mean wind speed are within $\pm 1.0\%$ and $\pm 1.7\%$ for the mean wind speed of 10m/s and 3m/s respectively, and the intensity of turbulence is below 0.7%(both 10m/s and 3m/s) except for the boundary layer near tunnel walls. Both the structural issues and the environmental issues are to be considered through the experiments using this wind tunnel.

1. 序

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻の風環境シュミレータ風洞が1999年3月に東京大学浅野キャンパス内に完成した。この風洞は1970年につくられた初期の境界層風洞の老朽化によりこれを廃棄し、建て替えたものであり、構造・環境の両分野で使えることを意図した。

自然風、特に強風中における構造物の挙動を精度よく再現することを目的としている。また、都市における汚染物質の大気拡散、ヒートアイランド現象、都市火災の際の気流性状の解明のための実験を行うために低風速でも安定した風速が得られるよう設計にあたって配慮した。

一方でコストパフォーマンスが高く使いやすい大きさを目指した。また、風洞実験室が民家に隣接して設置されるため騒音が十分に低いレベルになるように建屋の仕様を検討した。

本報では、この風洞の基本性能を紹介する。

2. 風洞実験施設の概要

以下、風洞実験施設および設備の概略を紹介する。細かい仕様については、諸元の表にまとめて記すことにする。

2.1 施設の構成

風洞実験室には、既存のゲッチンゲン型風洞¹⁾と今回新設された風洞(Fig.1)とがあり、その2つの風洞の間に計測や制御そしてデータ処理をおこなう測定室がある(Fig.9、Photo1)。小風洞は、当初エッフェル型であったものをゲッチンゲン型につくりかえたものである。新設された風洞は、通常の場合は室内閉鎖回流式エッフェル型風洞として利用される。建屋を風路として用いるために風路部の気密保持に細心の注意をはらった。また、拡散実験や可視化実験などの場合には、建屋の両端に設けた吸排気用の扉を開けることで開放式エッフェル型風洞として利用する。

*1 東京大学大学院工学系研究科修士課程
Graduate student, University of Tokyo

*2 (株) 風技術センター
Wind Engineering Center

*3 東京大学大学院工学系研究科助手
Research Associate, University of Tokyo

*4 東京大学大学院工学系研究科教授、工博
Professor, University of Tokyo

*5 東京大学大学院環境学研究系教授、Ph.D.
Professor, University of Tokyo

(原稿受理：平成11年9月20日)

Photo1 測定室内観
Measurement room

Photo2 測定胴内部（風下側から）
View to downstream

2.2 設備の概要

測定胴断面は 1 辺 1.8m の正方形断面で、全長 29.5m、測定胴全長は 15.6m で境界層長さは 12.5m である。主要性能を Table1 に示す。

2.3 風路部分

(1) 防振胴

風洞本体に送風機の振動が伝わらないために送風機部と拡散胴との間に設けたもので、型鋼・カーボクロス製である。

(2) 拡散胴、整流胴及び縮流胴

Fig.1 および Table2 に示すように拡散胴には整流金網(メッシュ)を 3 枚、整流胴には 120mm の整流格子(ハニカム)と 3 枚の整流金網を設置している。

拡散胴と縮流胴は鋼板・型鋼溶接構造、測定胴は H 型鋼を骨組みとしたベニヤ合板製である。測定室側の壁には壁面にガラス製の観測窓が設けられている。

それ以外の部分は前述のように建屋がそのまま風路として利用されている。

2.4 送風機部分

送風機は両吸込型多翼ファン(シロッコフ

Fig.1 風洞全体図 Plan and elevation

3. 一様流の基本性状

3.1 送風機の回転数と平均風速との関係

風洞の前後の扉を閉じて閉鎖式風洞として利用する場合と扉を開けて開放式風洞として利用する場合の送風機の回転数とターンテーブル中央部の風速との関係を Fig.3 に求めた。風速はターンテーブル中心近くに設置したピトー管のデジタルマノメータによる測定値から換算した風速である。開放式の方が風洞効率は悪くなるため、風速の増加のしかたが小さくなっている。いずれの場合も送風機の回転数が100rpmを超えたあたりからは風速値と線形の関係を持っている。

Fig.3 送風機回転数と測定室内風速の関係
Relation between fan speed and wind speed

Fig.4 平均風速比の分布 (左: 10m/s, 右: 3m/s)

Mean wind speed ratio distribution (left: 10m/s, right: 3m/s)

Fig.5 床面近傍の風速比の鉛直分布 (左: 10m/s, 右: 3m/s)

Vertical distribution of mean wind speed (left: 10m/s, right: 3m/s)

3.2 平均風速比

Fig.4 はターンテーブル中心部における yz 平面内の風速分布を測定したもので、風下側から送風機側を見たときの図である。また、風洞の中心断面の床面近傍の境界層において平均風速の鉛直分布（プロファイル）を測定したものを Fig.5 に示す。

Fig4、5 のいずれとも断面中心の測定点の風速値で基準化し風速比を求めた。

鉛直分布(Fig.5)の測定はターンテーブル中央とターンテーブル中央から風上側と風下側にそれぞれ 0.8m の地点の計 3 点で測定を行った。

測定には簡易型 CTA アネモメータ（日本カノマックス MODEL1011）を用いて I 型の熱線風速

計から出力された電圧をリニアライザ（日本カノマックス MODEL1013）を用いて線形化している。このとき同時に温度補正も行っている。その出力を A/D 変換し、PC に入力し処理した。測定は 200Hz で 20 秒間の測定を各点で 2 回ずつ行い、アンサンブル平均をおこなった。

一連の測定を開始する前に熱線の電圧とピトー管の圧力によるマノメータの電圧とのキャリブレーションをおこない熱線の電圧の風速換算式を求めておき、計測した熱線の電圧データを風速値に変換した。さらに、測定ごとに換算風速値を同時に測定したピトー管の風速値で除してデータを補正した。

測定胴内平均風速が約 10m/s と 3m/s のときの

Fig.6 乱れの強さ分布 (%) (左: 10m/s、右: 3m/s)

Turbulence intensity distribution (left: 10m/s, right: 3m/s)

Fig.7 乱れの強さの鉛直分布 (左: 10m/s、右: 3m/s)

Vertical distribution of turbulence intensity (left: 10m/s, right: 3m/s)

測定を行ったが、3m/s の場合は 10m/s の場合と比較して、ピトー管の値に対する信頼性が低くなるため、上記の補正は行わなかった。

10m/s での風速分布の偏差は、水平・鉛直方向とも床面、壁面および天井面から 0.3m 以上離れた部分で±1.0%未満である。3m/s の場合では±1.7%未満となった。

また、Fig.5 よりターンテーブル付近では床面や壁面・天井から 200mm 程度の部分まで境界層が発達していることがわかる。

3.3 乱れの強さ

平均風速の分布と同じ測定点において、乱れの強さを計算した。測定胴断面内での分布と鉛直分布とをそれぞれ Fig.6 および 7 に示す。

風速比と同様壁面境界層を除いた範囲では 10m/s、3m/s の場合ともに 0.7%未満になっている。

3.4 静圧分布

測定部の平均風速を約 10m/s にして、測定胴内部における静圧分布を測定した。静圧の測定

位置は風路断面の中央部である。また基準圧は室内圧とし、室内の空調を全て切ったのちに圧力溜を設置した。

Fig.8 に示す結果においてはターンテーブル上では静圧が 0.1mmAq 以下で、基準圧とほぼ等しい。

また、速度圧から求めたターンテーブル上の風速の気流方向偏差は±0.4%である。

Fig.8 静圧分布

Distribution of pressure along wind tunnel

Fig.9 風洞配置図・音圧測定場所 (A～H)

Site plan and sound measurement point (A to H)

3.5 送風機の運転による音圧レベル

1999年8月19日の14:00から16:30にかけて風環境シュミレータ風洞の音圧測定を行った。

測定位置はFig.9のAからHの計8点である。測定は前後の扉を閉めて行ったが、送風機の回転数が1000rpmのときのみ風洞室の前後の扉を開けて測定を行った。周辺の住宅地に対する騒音に関しては、もっとも悪条件である送風機の回転数1000rpmのときに前後の扉を開けた場合においても隣接道路上での音圧レベルは、Table 6の結果を見る限り、暗騒音のレベルと大差ない結果となっている。実際、送風機を動かしていても、隣接道路上ではほとんど気付くことはない。また、送風機の回転数の変化に伴う測定室内と送風機横1mの音圧レベルをFig.10に示すが、通常使用する回転数では測定室内の作業時にほとんど気にならない程度のものである。

Table 6 各測定点でのA特性音圧レベル

A-weighted sound pressure level

送風機 回転数	音圧レベル[dB(A)]							
	括弧内の値は5分間の等価騒音レベル (L_{eq})							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1000 (扉開放)	75.0	81.4	80.1	47.3	68.9	67.1	55.2 (63.2)	53.0 (61.6)
1000 (扉閉鎖)	78.1	82.3	80.6	48.0	---	---	51.8 (60.5)	---
800	70.5	74.6	74.7	42.5	---	---	54.5 (60.2)	---
600	63.8	70.6	74.6	38.6	---	---	52.7 (57.5)	---
400	54.5	62.2	69.8	35.8	---	---	54.5 (61.7)	---
200	50.8	60.5	65.0	35.8	---	---	53.4 (57.5)	---
0 (送風機 電源入)	41.4	56.8	60.3	34.6	---	---	53.4 (57.1)	---
0 (送風機 電源切)	33.1	33.8	33.5	34.2	---	---	53.6 (60.6)	52.2 (61.1)

4. まとめ

東京大学工学系研究科建築学専攻において東京大学浅野キャンパス内に設置された風洞実験施設の基本性能を報告した。一様流の基本性能は前述の通りである。今後適切な方法で大気境界層を模擬したのち、大気境界層における強風から弱風までのシュミレーションを行った実験に入る予定である。

謝辞

風洞建設中ならびに性能試験中には東京大学岩崎良二助手をはじめ関係各位のお世話になった。紙面を借りて感謝の意を表する。

また、本装置は(株)風技術センターにより、建屋は小松建設工業(株)により設計・納入されたものである。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 斉藤知生, 神田順: 東京大学工学部建築学科 小型境界層風洞の基本特性, 日本風工学会誌 No.49, pp47-53, 1991.11

Fig.10 送風機付近と測定室内の音圧レベル
Relation between fan speed and sound pressure level