構造物用風洞実験設備

The Low Speed Wind Tunnel

細見 雅生^{*1}, 木場 和義^{*2}

Masao HOSOMI, Kazuyoshi KOBAYASHI

1. はじめに

近年、大型橋梁や高層ビルなどの大型構造物の建設がさかんに行われている。これらの構造物は可とう性に富み長周期で振動し易いため、耐風性、特に動的耐風性に対する検討が必要になることが多い。現在、耐風性に関する研究は活発に行われているが、風の問題は解析的な扱いが極めて困難なことから風洞実験の役割が重要なものになっている。当社においても、風洞実験による構造物の耐風性の検討の重要性に鑑み、駒井鉄工大阪工場に吹き出し式のエッフェル型風洞を新設した¹⁾²⁾。風洞の全長は約35m、測定部の長さは20mあり、2次元模型実験の他に、今後の風洞実験や研究の動向として重要視されている自然風のシミュレーションおよび3次元模型実験が行えるなど境界層乱流を用いた実験に対応可能な風洞である。本文ではこの風洞設備の概要を紹介する。

2. 基本計画

従来から橋梁や塔の耐風性に関する試験は一様流中における2次元模型を用いて行われるのが一般的であった。しかし実構造物は3次元的な形状をしており、また、それに作用する気流は時間的、空間的に不規則に変動している。すなわち、構造物の風に対する挙動を的確にとらえるには構造部の3次元性や気流の乱れを考慮した試験を実施することが重要であると考えられる。以上のこ

とから、風洞の具備すべき条件として

- ・自然風がシミュレートできること。
 - ・3次元模型的試験が可能なこと。
- が重要であると考えた。すなわち、境界層乱流を用いた3次元模型試験ができる風洞を建設することを目標とした。そのため
- ・自然風に相似な乱流は乱流発生装置から十分離れた点で得られることから、測定部の長さが十分長いこと。
 - ・相似性の点から、十分に大きな縮尺の3次元模型が用いられること。

を考慮して、測定部長20m、幅4m、高さ2m、風速0~10m/sの規模の風洞とした。

この測定部断面では、たとえばスパン400~600mの橋梁で縮尺が1/100~1/150の模型を用いることができる。

また、2次元性に富む構造物の場合、種々の面から試験の容易な2次元模型試験をするために、縮流部を追加設置することにより、風速0~25m/sの風路の設定も可能な構造を計画した。

3. 風洞設備

3.1 概要

本風洞は構造物の耐風性検討のための風洞実験を目的とした低速風洞である。風洞全景をFig.1に、風洞平面図をFig.2に示す。また、風洞の主要目をTable1,2に示す。

*1 駒井鉄工(株)橋梁技術部
KOMAI TEKKO Inc., Bridge Technical Dept.

*2 駒井鉄工(株)橋梁技術部
KOMAI TEKKO Inc., Bridge Technical Dept.
(原稿受理: 1992年12月3日)

3. 2 風洞本体

形式は吹き出し式のエッフェル型である。全長は約35m, 測定部長は20mである。拡散胴と縮流胴の間に位置する整流胴にはアルミ製のハニカムと5枚のスクリーン(ステンレス製金網)を設けて整流を行っている。測定部の断面形状は側壁を取り替えることにより2種類の設定が可能となっている。幅4.0mの場合は3次元実験用, 幅1.5mの場合は2次元実験用として使用することを目的とするものである(以下, 3次元風洞, 2次元風洞と呼ぶ)。縮流率は3次元風洞で2.5, 2次元風洞で6.6である。天井の高さは静圧勾配の影響を考慮し, $-0.1\text{m} \sim 0.4\text{m}$ の範囲で移動可能な構造としている。風速は送風機の回転数により制御し, その制御範囲は3次元風洞として使用する場合は $0.5 \sim 10.8\text{m/s}$, 2次元風洞として使用する場合は $0.5 \sim 25.0\text{m/s}$ である。

3. 3 試験装置, 計測機器

試験装置, 計測機器として,

- ・2次元模型支持装置(回転による迎角の制御が可能)
- ・3分力試験装置(ロードセルとピアノ線により構成)
- ・電磁ダンパー
- ・風速計(ピトー管式風速計, 熱線風速計, 半導体風速センサーによる風速計)
- ・非接触変位計(レーザー式, 光点位置計測式)
- ・微差圧計(セトラ社製)

などを整備している。

また, 計測データの処理については, データの取り込みから計算, 図化を連続して行える機器とプログラムを整備している。

Fig. 3にデータ処理のための機器構成を示す。計算処理は16ビットパソコンにより行っているが, 現在, EWSへの移行を検討中である。

4. 風洞の性能

風洞の基本性能である気流特性を確認するため性能試験を行い, 本風洞が十分な性能を有していることを確認した。性能試験は2次元風洞, 3次元風洞の両方について行った。試験項目は平均風速分布, 乱れ強度分布, 試験可能な風速範囲の確認, および風洞中心軸線上の静圧分布とした。

2次元, 3次元風洞の代表的な平均風速分布をFig. 4に示す。測定断面は標準的な一様流中の試験実施位置とし, 2次元風洞では第2縮流胴終端から1.5m下流断面, 3次元風洞では第1縮流胴終端から4.0m下流断面とした。図は断面全体の平均風速に対する各測点の平均風速の偏差(%)を求めて等高線図に示したものである。2次元風洞, 3次元風洞とも偏差は, 断面周辺部のごくわずかな部分を除いて $\pm 1\%$ 以内であり, 本四公団の風洞試験要領³⁾で示されている基準値を満足している。

平均風速分布の測定と同時に各測点における乱れ強度を調べた。Fig. 5は断面内の各測点における乱れの強度を等高線で表したものである。断面周辺部でやや高めになっている部分も見られるが, 2次元風洞では 0.5% 以内, 3次元風洞では 0.9% 以内であり, 上記基準値を十分満足している。

その他, 風速範囲, 静圧分布についても性能を確認し, 良好な結果を得た²⁾。

Fig. 3 データ処理装置の構成
(Structure of data processing system)

(a) 2次元風洞

(b) 3次元風洞

Fig. 4 平均風速分布
数値は平均風速からの偏差(%)を示す。
(Mean wind speed distributions)

(a) 2次元風洞

(b) 3次元風洞

Fig. 5 乱れ強度(%)の分布
(Turbulence intensity distributions)

5. あとがき

当社大阪工場に新設された風洞実験設備とその性能について概要を紹介した。ここでは報告していないが、 $B/D=2$ の矩形断面の2次元模型を使用した検証試験も実施している²⁾。これらの試験より本風洞設備が構造物の耐風性検討のための風洞として十分な性能を有していることを確認した。また、基本的な風洞試験に必要な試験装置、計測機器の整備は完了した。現在、3次元試験、乱流を用いた試験、可視化など多様な要望に応えられるよう、継続して試験設備の整備、拡充を行っている。最後に、風洞の建設の計画や性能試験などの実施にあ

たり終始懇切なご助言、ご指導を頂いた立命館大学、小林紘士教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 細見雅生, 木場和義: 風洞実験設備の紹介, 駒井技報, Vol. 9, 1990
- 2) 木場和義, 細見雅生: 風洞実験設備の紹介 (その2), 駒井技報, Vol.10, 1991
- 3) 本州四国連絡橋公団: 風洞試験要領 (1980) 同解説, 1980. 6