Danish Maritime Institute, Copenhagen, Denmark

横山 功一^{*1}, 伊藤 學^{*2}

Koichi Yokoyama, Manabu ITO

1992年2月に吊橋の全橋模型試験を行うための大型風洞がデンマーク、コペンハーゲン市郊外の Danish Maritime Institute に完成し、長大橋の耐風性に関する国際シンポジウム (International Symposium on Aerodynamics of Large Bridges '92) が世界24ヵ国137名の参加者を集めて開催され、併せて大型風洞の開所式が行われた。

現在、デンマークでは中央径間1,624mの長大吊橋を含むグレートベルトリンクの工事が進捗中であり、この吊橋に関連した耐風設計が鋭意進められている中で、今般この大型風洞の建設に至ったものである。これはわが国においても、世界最長の吊橋となる中央径間1,990mの明石海峡大橋の耐風設計に関連して本州四国連絡橋

公団が茨城県つくば市の建設省土木研究所構内に測定部幅41m、高さ4m、長さ30mの大型風洞を建設した事と似た状況にあり、両国の長大橋梁の耐風性に対する取り組みを対比しながら分析するのも興味深い。

ここではシンポジウムならびに現地見学会における情報をもとに、風洞施設の概要を紹介する。

当研究所は1959年に設立され、3研究グループの1つが約20名ほどの風工学グループである。風工学グループの研究テーマは、1) 風力エネルギー、2) 風荷重、3) 風環境、4) ガス拡散、5) 空力設計となっており、対象構造物は海洋構造物、船舶、車両、橋梁などである。

Fig. 1 DMIのNo.4風洞一般図
(General lay-out of the new wide wind tunnel)

- * 1 建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室長
Head, Structure Division, Public Works Research Institute, MOC
- * 2 埼玉大学工学部
Professor, Saitama University
- (原稿受理: 1992年4月3日)

Fig. 2 平均風速, 乱れ強さの分布 (測定位置: 床上35cm)

"Bare tunnel" velocity and turbulence across the tunnel at nominal deck height of 70 metres (0.35 metres above tunnel floor)

当研究所の風洞施設は以下のとおりである。

D M I 風 洞 施 設

風 洞 (括弧内設置年)	使用断面寸法 (m) (上から高さ, 幅, 長さ)	最大風速 (m/s)	適 用 分 野
No.1 (1959)	1.14	12	風荷重 風環境 大気汚染
閉回路	1.14		
境界層	10.0		
No.2 (1960)	0.70	80	風荷重 流れの可視化 航空
閉回路	1.00		
航空用	2.60		
No.3 (1982)	1.80 (調節可)	24	静的・動的風荷重 風環境, 大気汚染 流れの可視化
閉回路	2.60		
境界層	20.8		
No.4 (1992)	1.7	7	橋梁全体模型 地形模型
閉回路	13.6		
広幅境界層	15.5		

その他に, 注目される施設として船舶の航行シミュレーション装置がある。

No.3風洞の外殻は木製で, 3つのターンテーブルを備え, 吹出口側からそれぞれ, 流線測定 (車両, 船など), 大気汚染, 構造模型試験を主たる用途としている [1]。

No.4風洞 (Martin Jensen風洞) は1992年2月20日に開所式を迎えた新しい風洞である。

本風洞はFig. 1に一般図を示すが, 所要の性能を確保しつつ, かつ既存建物内 ($L \times B \times H = 23.8 \times 15.0 \times 3.4\text{m}$) に納まるように計画された。その為に, 鉛直方向回流式の低速風洞となっている。また, 通常の風洞の様な縮流胴を設ける事が出来ず, 4枚のスクリーンを設置する事で対応している。送風機は9基で, 測定部下流側に支柱が配置され, またコーナーにはベンが配置されている。

本風洞の測定部寸法は, 幅B13.62m, 高さH1.7m, 長さL15.5mであり, 最高風速は7.26m/s, 最低風速は0.44m/sとなっている。測定部寸法はグレイトベルト吊橋の1/200スケール模型を試験するのに十分なものになっている。すなわち, 全長2,700mの吊橋全体が入り, 254mの塔に対しても天井の境界層厚さの2倍の余裕がある。詳細は文献 [2] を参照されたい。

気流特性は実験目的から補剛桁位置 (風洞床面から0.35m) における特性が重要視されており, 風洞の中心12mの範囲の風速分布がFig. 2に示されているが, 平均風速分布2%以内で, かつ乱れ強さは1.3%±0.2%となっている。また, 乱流発生にはスパイアーとカーペットが使用され, 4点での測定からFig. 3のようなスペクトルが得られている。図中には設計で重要な振動数領域が示されている。目標のKaimalスペクトルに対して, 鉛直成分は良い相似性を示しているが, 流れ方向成分は低振動数領域で低下が見られる。

Photo. 1に吊橋模型を示す。補剛桁, 塔は剛性棒を

Fig. 3 橋軸方向4点の乱流スペクトル (図中に Kaimal スペクトルを併記, 上: w成分, 下: u成分)
(Normalized turbulence spectra at 4 positions along the bridge main span. The smooth curves are the Kaimal target spectra.)

用い, ケーブルは重錘で重量, 抗力を相似しており, 従来のものと基本的には同じスタイルであるが, 補剛桁には重量を軽くするために, 発泡ウレタンフォームを用いているのが新しい試みであり, 桁のエッジ形状がうまく再現されないのではないかと心配する声があった。また, ハンガーの伸び剛性は桁剛性棒から片持ち梁で支持される事により相似されている。

グレイトベルト橋に関する風洞試験としては, 今までに補剛桁部分模型試験と主塔弾性模型試験が行われた。その実験項目は三分力測定とバネ支持部分模型試験による振動計測 (一様流, 乱流; 渦励振, フラッター, ガスト応答) であり, 自由振動法による非定常空気力測定

も行われている。また主塔については独立時の振動測定が行われており、設計へ反映されている。また、タウトストリップ模型を用いた乱流試験はカナダのウェスタンオンタリオ大学で行われた。今後行われる試験計画としては完成系を対象として一様流、乱流、斜風での試験がある。

参考文献

- [1] S.O. Hansen & E.G. Sorensen : A new boundary layer wind tunnel at the Danish

Maritime Institute, J. Wind Eng'g. & Industrial Aerodynamics, 18 (1985), p. 213-224.

- [2] L.Wagner Smitt & M. Brinch : A new wide boundary layer wind tunnel at the Danish Maritime Institute, Aerodynamics of Large Bridges (ed. A. Larsen), Balkema (1992), p. 137-144.

Photo. 1 グレイトベルト吊橋の模型
(The wind tunnel test model of the Great Belt Suspension Bridge)