

# 附 錄 十二

## 行人高度風環境試驗結果

宜華國際觀光旅館開發案  
風場微氣候風洞效應評估工作  
研究報告

傅仲麟 蔡明樹  
鄭啟明 吳國昌

委託單位：光宇工程顧問有限公司

承辦單位：淡江大學大氣環境及風力工程研究中心  
台北縣 251 淡水鎮英專路 151 號

中華民國八十九年十月十二日

## 摘要

淡江大學大氣環境與風力工程研究中心為即將興建在台北市的宜華國際觀光旅館開發案的新建大樓執行了一項風洞模擬的研究工作。這項研究工作的主要目的是在評估行人風場的舒適性。一座 1:300 的保力龍大廈模型，於加工後被安置在風洞試驗段內轉盤的中央，模型四周半徑 450 米範圍內的建築物，全部被複製成模型，一起安置在轉盤上。

此項風洞測試的研究工作是於本中心的第一號自然邊界層風洞內執行的。我們在風洞試驗段內建立了代表都市地形的邊界層流場，因台北市為中度開發城市，有許多密集且高聳的建築物，故以此流場模擬，其風速剖面指數方程的指數為 0.24，紊流風場具有適當的紊流特性。

對行人可能遭遇到的風速測取是採用 Irwin Probe，共計有 58 測點，測試了 16 個風向，在大樓興建前後各量測一次。測試結果，結合風統計學製出每個測點的無因次化風速和兩種評估標準下的評估結果。表 7-3、7-4 提供各測點在兩種評估標準下的評估結果。整體評估結果對於非位於基地內及基地周邊的測點地表風場環境影響輕微，而位於基地內及基地周邊的測點是因受大樓氣流下沖及尾跡效應影響使得風速較大。

本案基地位於大直重劃區，因該處原為一片空地，而且除了南面的基河二期國宅外幾乎都為尚未開發之空地，所以除了南風及西南風外其餘風向都使該處風速相當高。整體而言，根據評估結果，大樓興建後對風速影響較大的地區有下列幾處，在建築物東南角的測點 12、15、16、27、28 評估結果較差，但因本試驗未設植栽所以結果較保守，若在各開放空間或人行道加設植栽則應有不少改善效果。而在各層樓屋頂活動休憩區方面，頂樓的測點 31、32 較不適宜做休憩區。而六、七層樓頂之中花園及露天餐廳則需加設擋風措施以求提高舒適性。其餘非鄰近大樓的地區則影響不大。

## 摘要

# 目錄

## 研究報告

# 宜華國際開發大直新建大樓 風場微氣候風洞效應評估工作

目 錄	頁 次
摘要	i
目錄	ii
表目錄	iv
圖目錄	v
章節	
第一章 前言	
1.1 研究動機與目的	1-1
1.2 工作範圍及流程	1-2
1.3 報告內容	1-3
第二章 風場環境物理模擬之理論依據	
2.1 邊界層特性	2-1
2.2 物理(風洞)模擬相似律	2-3
2.3 大氣邊界層之物理(風洞)模擬	2-6
第三章 舒適性評估準則	
3.1 舒適性評估準則(一)	3-2
3.2 舒適性評估準則(二)	3-2
3.3 各級風速標準發生機率及評估方法	3-3
第四章 氣象資料的整理與分析	
4.1 氣象資料概述	4-1
4.2 氣象資料整理分析結果	4-1

## 第五章 實驗設備及儀器配置

5.1 風洞 5-1

5.2 風速量測

5-2

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

5-4

## 第六章 本計畫之風洞實驗內容

## 表 目 錄

## 第七章 實驗結果與討論

## 頁 次

5.1 風洞	5-1	表 2-1 大氣邊界層之 $\alpha$ 、 $\delta$ 及 $Z_0$ 建議值 2-7
5.2 風速量測	5-2	表 3-1 風效應概要 3-4
5.3 壓力量測	5-4	表 3-2 舒適性評估準則(一) 3-5
		表 3-3 舒適性評估準則(二) 3-5
		表 3-4 主要開放式風洞一覽表 5-5
		表 5-1 風洞試驗測點分類表 6-4
		表 6-1 地形地貌及建築物之模擬 6-4
6.1 逼近流場特性	6-1	表 7-1-1 大樓興建前各測點在 16 個方向角之無因次化風速 7-4
6.2 地形地貌及建築物之模擬	6-2	表 7-1-2 大樓興建前各測點在 16 個方向角之無因次化風速 7-5
6.3 測點選定	6-2	表 7-2-1 大樓興建後各測點在 16 個方向角之無因次化風速 7-6
6.4 試驗量測項目	6-2	表 7-2-2 大樓興建後各測點在 16 個方向角之無因次化風速 7-7
		表 7-3 依據行人舒適性標準(一)所得之環境風場評估 7-8
		表 7-4 依據行人舒適性標準(二)所得之環境風場評估 7-9

## 第八章 結論與建議

## 參 考 文 獻

**圖 目 錄**

圖	目 錄	頁 次
圖 1-1	宜華國際觀光旅館開發案新建大樓模型	1-4
圖 1-2	風洞試驗模擬範圍建物模型（縮尺 1 : 300）	1-4
圖 2-1	不同地況下平均風速隨高度之變化示意圖	2-8
圖 4-1	台北氣象站各風向平均風速圖	4-3
圖 4-2	台北氣象站各風向發生機率圖	4-3
圖 5-1	淡江大學大氣環境風洞實驗室剖面圖	5-6
圖 5-2	風速量測系統	5-7
圖 5-3	惠斯頓電橋及探針示意圖	5-7
圖 5-4	Irwin probe	5-8
圖 5-5	多頻道風壓掃描系統	5-8
圖 6-1	大氣邊界層平均風速剖面圖	6-4
圖 6-2	大氣邊界層紊流強度剖面圖	6-5
圖 6-3	風洞試驗模擬範圍	6-6
圖 6-4-1	風洞試驗測點分佈圖（非基地內）	6-7
圖 6-4-2	風洞試驗測點分佈圖（基地地面層）	6-8
圖 6-4-3	風洞試驗測點分佈圖（四樓露台）	6-9
圖 6-4-4	風洞試驗測點分佈圖（五樓露台）	6-10
圖 6-4-5	風洞試驗測點分佈圖（六樓戶外活動區）	6-11
圖 6-4-6	風洞試驗測點分佈圖（七樓屋頂花園）	6-12
圖 6-4-7	風洞試驗測點分佈圖（頂樓）	6-13
圖 6-4-8	風洞試驗測點全圖	6-14
圖 6-5	主建築物四周設置之 Irwin probe(如箭號所示)	6-15
圖 7-1-1	大樓興建前各測點之無因次化風速風花圖	7-10
圖 7-1-2	大樓興建前各測點之無因次化風速風花圖	7-11
圖 7-1-3	大樓興建前各測點之無因次化風速風花圖	7-12

大氣環境及風力工程研究中心		
圖 7-2-1	大樓興建後各測點之無因次化風速風花圖	7-13
圖 7-2-2	大樓興建後各測點之無因次化風速風花圖	7-14
圖 7-2-3	大樓興建後各測點之無因次化風速風花圖	7-15
圖 7-2-4	大樓興建後各測點之無因次化風速風花圖	7-16

# 第一章 前言

- 1.1 研究動機與目的
- 1.2 工作範圍及流程
- 1.3 報告內容

## 第一章 前言

### 1.1 研究動機與目的

風是影響建築物設計的主要氣象因素之一，興建一座有足夠抗風強度之高層建築需考慮到風對結構系統形成的動態載重效應，建築外牆的風壓，建築物本身在強風作用下所產生的擺動等結構安全問題，這些問題多年來一直是研究的主要課題。近年來，建築物因為四周氣流風場所涉及的一些環境方面的問題也開始漸漸引起重視。這些環境方面的問題包括有風化、雨水侵蝕、通風、節能、風噪音、空氣污染以及影響地面上行人的微氣候變化等。此一影響地面上行人舒適性的微氣候變化即為本研究案的重點。

影響建築物四周氣流之形狀及速度的因素相當多，它包括有逼近風的特性、風向、風速、建築物本身的小、幾何外型以及鄰近之建築群等。一棟高層建築它本身對風來說就是一個阻礙物。氣流可以因為高樓、高樓群的存在而被改變方向造成下沖、縮流、渠化、渦漩、角流乃至尾流、遮蔽、穿堂風等效應與現象，在街面行人高度上造成建築或建築群修建前所沒有經驗到的一些，例如過高的風速造成人們行為活動之不舒適、塵土紙屑飛揚等問題。在歐美國家城市，像是以風勢強勁而聞名的芝加哥就有門窗被吹破、損壞的報導。在1972年甚至有兩位老婦人在高樓附近被大樓風吹倒以致受傷致死的案例。

這些問題近年來在台灣也愈來愈得到重視。由於經濟的高速發展再加以人稠地稀，迫使建築物型式的改變，樓房有著愈蓋愈高、愈多的趨勢。同時基於日照、景觀等因素也考慮到拉大建築物之間之距離，設置開放空間來提高居住、生活之品質。都會商區在一些大樓底層提供了購物、商場、餐廳、兒童遊玩乃至戶外展覽的空間。而這些空間也不乏將花園、噴泉等設計納入考量。但是這些安排往往存在著因為鄰近高樓改變了風向、風勢而使之經常暴露在惱人的強風之下，失去了它原先設計的美意，甚至影響到它的商業業績。

在一個開放空間、行人徒步區，業主、開發商及建築師都希望

能提供一個舒適、安全的環境，因為這事關一件開發案的成功與完美，包括台灣在內的一些先進國家也紛紛立法來要求作風場的環境影響評估，在興建前之概念、規劃、設計階段，即先預估建築物四周及建築群間的風場、氣流狀況，同時進一步知道如何利用良好的設計來控制它。

目前預估大樓週遭風場變化情形的方法，通常可利用數值計算或風洞物理模擬試驗。然而由於一般都市地形、地況過於複雜以及流況之高度三維性，使得數值模擬在應用上有其極大的侷限性與困難度。因此以風洞物理模擬實驗，配合實場的氣象資料來做風場舒適性的預估，是目前較為可行及可信的方法。本報告即利用風洞物理縮尺實驗，配合實際氣象資料的分析，對於風場環境舒適性的預測提供一些評估的依據。

## 1.2 工作範圍及流程

環境風場的評估應當建立在兩個要件之下：(1) 適當的行人舒適性風速分級標準，(2) 各級風速標準的容許發生頻率。第一項的行人舒適性風速分級標準在使用時，因設施性質而異。簡言之，人行道的主要活動是步行，開放空間則會有靜坐休憩，二者活動性質不同，評估標準自然有異。第二項的容許發生頻率在計算時，則須考慮到不同風向作用時的地面風速差異，以及各風向本身的風速機率特性。因此在從事風洞模型試驗以評估環境風場時，除了需要在恰當的模擬相似律之下，進行多個風向角的地面上行高度風速量測之外；實驗所得數據必須結合建築物所在地氣象資料中之風向風速頻率。計算各風速分級標準之綜合發生頻率，進而評估各測點之舒適性。

本案風洞試驗是在淡江大學大氣環境及風力工程研究中心之第一號邊界層風洞完成。風洞的試驗段為2.0m高、3.2m寬、18.0m長，試驗段設有3.0m直徑之轉盤。研究案之主建築物係宜華國際觀光旅館開發案之新建大樓，該棟大樓總高度約為130m。環境風場風洞試驗採用1:300模型縮尺（見圖1-1）。以主建築物為中心，模擬半徑450m範圍內之建築，置於風洞試驗段轉盤上（見圖1-2）。主建築物本身及四周共設置58個測點，量取人行高度風速。實驗以正北風向為準，每22.5度作一量測，共計16個風向角。實驗所使用的上游逼近風場，則採用適於該地區地形特性之紊流邊界層流。其平均風速

剖面符合指數律 $\alpha = 0.24$  模式，紊流特性亦經檢查與現場狀況相符。

本案分別以大樓興建前及完成後的地貌條件，進行完整的實驗量測，配合氣象局台北測站之風向、風速頻率資料，根據兩種舒適性標準進行評估。如此，除了可以得到大樓落成後鄰近環境風場特性之外；尚可瞭解建築物對於風場環境改變的相對影響。

## 1.3 報告內容

本報告內容如下篇章：

第一章：對本研究案之緣由、目的、工作範圍及實驗流程和全案內容做一概括性的描述；

第二章：有關風洞試驗物理模擬理論依據及項目；

第三章：本報告所採用之兩種舒適性評估準則；

第四章：標的物所在之氣象資料及回歸結果；

第五章：風洞試驗所需之儀器設備與配置方式；

第六章：有關風洞試驗之流場、地形模型及風速量測細節；

第七章：風洞試驗評估結果與討論；

第八章：結論與建議。

# 風場環境物理模擬之理論依據

第一章 第二章 風場環境物理模擬之理論依據

## 2.1 邊界層特性

地表附近空氣的移動受到地面之起伏、建築物、林木作物分佈等的磨擦作用的影響，使得平均風速隨高度而變，形成一垂直分佈剖面，越接近地表風速越慢(參見圖 2.1)；換言之此「風速剖面」直接受到地表粗糙狀況之影響。而影響所及的範圍就稱之為「大氣邊界層」。在邊界層頂部之風速通常稱之為梯度風速(gradient wind)。

2.1 邊界層特性  
2.2 物理(風洞)模擬相似律  
2.3 大氣邊界層之物理(風洞)  
                模擬

一般風工程之應用所涉及的問題大都發生在較強的風勢情況下，近地表上數百公尺高度的大氣邊界層範圍之內。在強風的情況下，大氣機械紊流作用遠超過熱對流作用。由於紊流之強制混合趨向於形成中性層差。所以本節對大氣邊界層之討論僅限於中性層差。

大氣邊界層之厚度，在中性層差的情況下，視風之強度、地表之粗糙程度及所在之緯度而定，通常在數百公尺至數公里之間。本章之風洞模擬實驗，很重重要之一項工作即是要模擬邊界層高度內紊流流場的各項重要性質，其中包括有平均風速特性及紊流特性。

### (一) 平均風速剖面

一般常用於規範邊界層風速剖面的有兩定律，一為指數律(power law)，另一則為對數律(logarithmic law)。

(1) 指數律(power law)

$$\frac{U(Z)}{U_6} = \left(\frac{Z}{8}\right)^\alpha \quad \dots \quad (2-1)$$

式中  $U$ : 縱向之平均風速； $Z$ : 地表上之高度； $U_0$ : 梯度風速； $\delta$ : 大氣邊界層厚度； $\alpha$ : 指數。在現行工程應用中之假設為：

1) 一個 $\alpha$ 為定值之指數律可適用至梯度高度 $\delta$ 及 2) 邊界層厚度 $\delta$ 僅只為指數 $\alpha$ 的函數。

(2) 對數律(logarithmic law)

越接近地表的地方，其風速的擾動性越高，解析描述也就越來越困難。在地表層(或稱之為常應力層 $0 < Z < Z_1$ ,  $Z_1 \equiv 0.1\delta$ )其剪應力值 $\tau_0$ 與地表面之剪應力值 $\tau_0$ 極為接近，且其橫風向之風速分量 $V$ 極小。

式中  $u$ ：剪力風速  $= (\tau_0 / \rho)^{0.5}$ ； $f$ ：科氏力參數； $\rho$ ：空氣密度； $b$ ：常數，其值約在 0.015 至 0.03 之間。

$$U(Z) = \frac{1}{k} u \ln \frac{Z}{Z_0} \dots \quad (2-3)$$

式中  $k(=0.4)$  為 von Karman 常數； $Z_0$  為地表粗糙長度(roughness length)。式(2-3)即為通常所稱之對數律。實場量測結果[2.1]指出，在強風之情況下，對數律之適用範圍可達數百公尺之高度。

有關在不同地表情況下，上述討論之大氣邊界層各參數的建議值，可於表 2-1 中見到。

### (一) 參流特性

紊流強度是紊流擾動流速大小的表達方式。將擾動風速之均方根值(root mean square)除以平均風速值，以百分比之方式表達出來，其定義如下：

$I_{u_i}(\%)$ : i 方向上之紊流強度； $u_i$ : i 方向上之擾動風速； $U_i$ : i 方向之平均風速。縱向擾動風速之方根值與地表剪應力風速有下列關係：

$\beta$  值通常假定與高度無關。在一般工程應用上可取為 0.6。在非常粗糙的地況下，其值可低達 0.4。

大氣邊界層中的紊流性質除了前述的紊流強度之外，紊流長度尺度(turbulence length scale)以及紊流頻密度函數(turbulence power spectrum density function)和交相關頻譜(cross-spectrum density function)都是進行風洞模擬時不可忽略的重要特性。

22 物理(風洞)模擬相似律

在進行物理模擬時之幾何、動力及熱力的一般相似要求可以從檢視分析方法中直接得到[2.7]。將邊界層流之基本質量、動量及能量守恆方程無因次化，可得到下列諸式：

$$\frac{\partial U_i^*}{\partial \dot{x}} + U_j^* \frac{\partial U_i^*}{\partial x_j} + \left[ \frac{L_0 \Omega_0}{U_0} \right] 2 \varepsilon_{ijk} \Omega_j^* U_k^* = - \frac{\partial P^*}{\partial \dot{x}_i} - \left[ \frac{\Delta T_0}{T_0} \frac{L_0 \Omega_0}{U_0^2} \right] \Delta T^* g^* \delta_{ij} \quad (2-7)$$

$$\frac{\partial \Gamma^*}{\partial t} + U_i \cdot \frac{\partial \Gamma^*}{\partial x_i} = \left[ \frac{k_0}{\rho_0 C_p v_0} \left[ \frac{v_0}{L_0 U_0} \right] \frac{\partial^2 \Gamma^*}{\partial x_k \cdot \partial x_k} + \frac{\partial < -\theta' u'_i >}{\partial x_i} \right. \\ \left. + \left[ \frac{v_0}{U_0 L_0} \right] \frac{U_0^2}{C_{p0}(\Delta T)_0} \phi \right] \quad \dots \dots \dots \quad (2-8)$$

式中： $x_i$ ：i 方向座標； $t$ ：時間； $p$ ：質量密度； $U_i$ ：i 方向之局部平均速度； $\Omega_i$ ：i 方向角速度； $L$ ：長度尺度； $P$ ：局部靜壓力； $T$ ：局部瞬間溫度； $\Delta T$ ：溫度差（與乾絕熱遞減率之差）； $g$ ：重力加速度； $C_p$ ：定壓比熱容係數； $k$ ：熱導率； $\rho$ ：密度； $\nu$ ：運動黏滯係數； $\tau_{ij}$ ：i 方向之局部擾動位溫。

$u'_i$ ：擾動速度之 $i$ 方向分量； $\phi$ ：能量消散函數； $(\cdot)_0$ ：參考量； $(\cdot)^*$ ：無因次純量。

欲以風洞邊界層模擬大氣邊界層，其中一組的相似要求即為上述中之無因次參數(括號中之量)相等。這些要求可概述如下：

### (一) 幾何相似律

幾何相似乃使模型與實場於各方面之特性長度縮尺比例( $\lambda$ )一致。特性長度包括有欲模擬實體之尺度 $L$ ，邊界層之厚度 $\delta$ ，紊流之縱向積分尺度 $L_u$ 等。故幾何相似可表示為：

$$\left(\frac{L}{L}\right)_m = \left(\frac{\delta}{\delta}\right)_p = \left(\frac{L_u}{L_u}\right)_m = \left(\frac{L_u}{L_u}\right)_p = \dots = \lambda \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2-9)$$

式中 $(\cdot)_m$ 代表模型； $(\cdot)_p$ 代表實體。

### (二) 動力相似律

(1) 羅斯培數(Rossby number)， $R_0 = U_0 / L_0 \Omega_0$ 相等。 $R_0$ 為流體中慣性力與科氏力(Coriolis force)之比。

(2) 總體理查森數(gross Richardson number)， $R_i = [(\Delta T)_0 / T_0] [L_0 g_n / U_0^2]$ 相等。 $R_i$ 代表流體中浮升力與慣性力之比。如果大氣層流是由二層不同溫度層差所組成，在這種情況下則需二個理查森數 $R_{i1}$ 及 $R_{i2}$ 來定相似要求。

(3) 雷諾數(Reynold's number)， $R_e = U_0 L_0 / \nu_0$ 相等。 $R_e$ 代表流體中慣性力與黏滯力之比。

(4) 普朗特數(Prandtl number)， $P_r = \nu_0 / (\kappa_0 \rho_0 C_{p0})$ 相等。 $P_r$ 為流體中黏滯性擴散力與熱擴散之比。

(5) 埃克特數(Eckert number)， $E_i = U_0^2 / [C_{p0} (\Delta T)_0]$ 相等。 $E_i$ 為流體中慣性力與熱擴散力之比。

### (三) 邊界條件及逼近流特性相似

除了上述之幾何、動力與熱力之相似要求外，尚應包括有地表邊界條件及紊流特性之相似。

#### (1) 地表邊界條件之相似包括：

(a) 地表粗糙物之分佈(包含地表氣動粗糙性質)

(b) 地形起伏

(c) 表面溫度之分佈

#### (2) 邊界層紊流特性之相似包括：

(a) 平均及紊流擾動流速分佈之相似

(b) 紊流頻譜之相似

(c) 平均及脈動溫度之分佈

(d) 順風向之壓力梯度為零

(e) 溫度層差之相似。

如果上述諸項相似要求，能夠同時都得到滿足，則從微尺度至中尺度( $10^3 \sim 10^5$  m)之氣流運動，在一組特定之邊界條件下，可以被準確地模擬。但是，以當今世上之實驗室設備而言，上述所有相似律的要求無法能同時都得到滿足。人們只能針對風工程之某種特定應用，選擇性地採用部份或近似性的一些模擬。

由於強風所產生的機械混合作用能破壞大氣中之層差現象。本案風場環境之探討，側重在風勢較強之情況下，所可能導致之行人舒適性問題。因此，在利用邊界層風洞進行物理模擬實驗時，上述與溫度有關的相似要求如 $R_i$ 、 $P_r$ 、 $E_i$ 等，可以合理地加以忽略。

因為羅斯培數代表科氏力對大氣運動的影響程度，在風洞實驗中對科氏力模擬有極大的困難，換言之無法達到在原模型與模型間羅斯培數相等之要求。但是在模擬邊界層氣流運動時，如果所考慮的距離尺度不大，地球自轉對流場所產生的影響可謂極小。一般而言，在水平距離小於十公里，垂直距離不超過一公里情況下，此項效應可以忽略。通常在建築工程的應用中，風洞實驗的對象鮮有超過 500 公尺者，在此高度下，風向隨高度的變化可不予以模擬。

在低速邊界層風洞實驗中，由於風洞極速的限制及因高速可導致之空氣可壓縮性的考慮，無法達到  $Re=10^7 \sim 10^8$  之實驗狀況。但一般認為當雷諾數(大氣邊界層)超過  $10^5$  此一臨界值，或鈍體之氣動力實驗之雷諾數超過  $10^4$  時，流場之特性已不受雷諾數大小的影響。風力工程之實驗(包括本系風洞實驗)，其雷諾數均要求在  $10^5 \sim 10^6$  之間，故足供實驗進行之需要。再者，依 Kolmogrov 之相似理論，當雷諾數夠大時，紊流頻譜具有慣性次階的特徵，使紊流無因次頻譜呈相似性，在雙對數軸上繪出時具 -5/3 斜率之特性。因此實驗中所量測得之未擾動流場風速頻譜具有此一重要特徵，表示流場能量傳遞機制符合現場狀況。

### 2.3 大氣邊界層之物理(風洞)模擬：

大氣邊界層之物理模擬，通常是使用大型之邊界層風洞在其長試驗段上進行。原則上是在最短之吹程內建立最厚之邊界層，並要求邊界層在試驗段內須在一種平衡狀態。有關於在風洞內模擬大氣邊界層所涉及之問題，在 Davenport & Isyumov[2.8] 及 Cermak & Arya [2.9] 之論文中有所詳述。一般而言，於風洞上底板之鋪以粗糙元(roughness element)，讓邊界層自然發展形成，此法能得到最佳之模擬效果。但是，以西安大略大學(University of Western Ontario)之 25 m 長試驗段之風洞為例，鋪以 2.5~10 cm 之方塊粗糙元(模擬城市地表狀況)，所得之邊界層厚度約為 90 cm；鋪以地毡(模擬鄉村地表狀況)，則僅約 38 cm。相應之模型比例分別為 1/400 及 1/1000。所以，一般吹程較短之風洞，都有必要在試驗段之進口處設置：(1) 主動設施，如 directional jets 或 counter jets 或 (2) 被動設施，如阻流板、網格板、角形洞流發生器等來輔助厚邊界層之形成。對這些被動設施及配套之粗糙元之選擇、大小尺寸之決定大都憑直覺、經驗，以試誤法來得到。

就現今的知識及技術能力而言，欲於風洞內產生可接受之模擬大氣邊界層，最可行的方法是採用錐形擾流板(spires)與粗糙元搭配之方法(可參見圖 1-2)。此法一般而言，能得到令人較為滿意之平均風速剖面及紊流特性。本案研究計畫中所使用之模擬大氣邊界層即以此法得到。

	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$Z_0$ (m)	
Davenport[2.2]	-	-	-	0.16	275	-	0.28	400	-	0.40	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANSI[2.3]	0.1	215	-	0.14	275	-	0.22	370	-	0.33	460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cook, N. J.[2.4]	-	-	-	0.003-0.01	-	-	0.03-0.1	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESDU[2.5]	-	-	-	-	-	-	0.02-0.1	0.26	-	0.2-0.6	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANSI[2.6]	0.11	233	-	0.15	300	-	0.25	400	-	0.36	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 2-1 大氣邊界層之  $\alpha$ 、 $\delta$  及  $Z_0$  建議值

$Z_0$ ：粗糙長度  
 $\delta$ ：邊界層厚度

## 第三章

### 舒適性評估準則

- 3.1 舒適性評估準則(一)
- 3.2 舒適性評估準則(二)
- 3.3 各級風速標準發生機率及評估方法

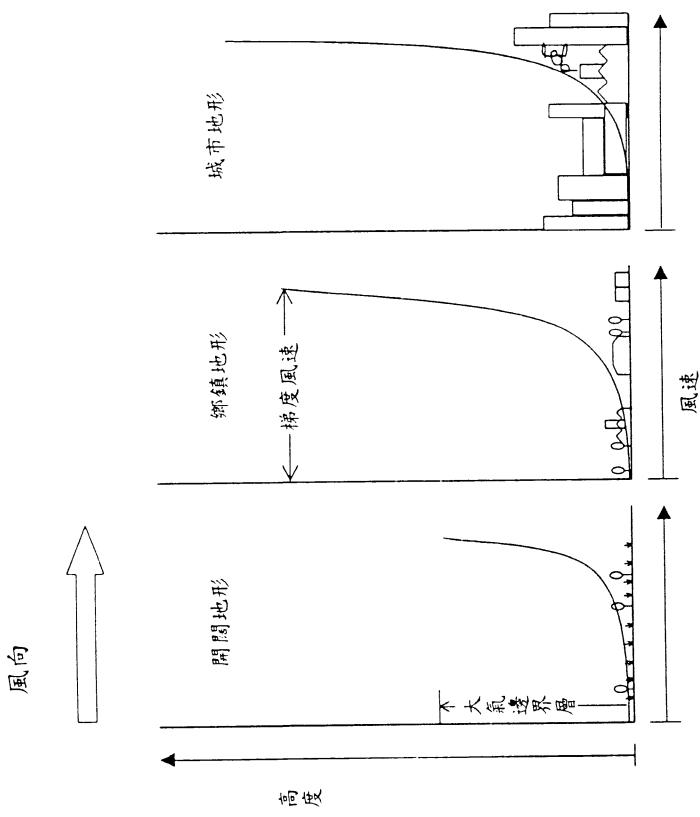


圖 2-1 不同地況下平均風速隨高度之變化示意圖

### 第三章 舒適性評估準則

在建築物「舒適性」的評估判定中，扮演主要角色之「無法接受的不舒適」的這一個概念，可以下述方式來定義它：

在任何一個已知的設計情況下，吾人可以預期，因為風而導致的不等程度的不舒適(參見表 3-1)，視不舒適的程度、設計用途以及當地的風氣象而會有一些不同的發現頻率(次數)。如果這些發生的頻率(次數)被判定、認為過高(過多)，那麼這些「不舒適性」就被認為是「無法接受」。界定這個不等程度之不舒適性的最高可接受的發生頻率即是通常所說的「舒適性評估準則」。

舉例來說，某些地帶偶而會有很強的風勢發生，但是，因為他發生的機率不大(換言之，不是經常發生)，所以人們會覺得它可以被接受。相反的，某些地帶，雖然風勢不強，但是因為它發生的頻率高，人們會覺得那些地方老是在刮風，覺得潛人、覺得不能接受。除此之外，該地之設計用途也必須納入考慮。譬如高爾夫球場，吾人就希望除了特殊情況，如颱風過境等之外，各球道之常年風速最好能保持在  $5\text{m/s}$  以下至  $3\text{m/s}$  之間。

如何適當評估風場環境對行人的影響，因其本身就是一個相當主觀的問題，所以到目前為止並沒有一致的標準。如上所述，原則上，無論採用哪一種評估方法進行定量的舒適性評估時，應當建立在兩個要件之下：(1)適當的行人舒適性風速分級標準，(2)各級風速標準的容許發生頻率。在文獻中可以發現不同研究者提出不同的風速分級標準和不同的發生頻率。RWDI 風工程顧問公司依據 Williams & Soligo [3.1]、Lawson & Penwarden [3.2]、Penwarden & Wise [3.3] 等人的研究，發展了一套舒適性評估準則。國際間以研究風工程著名的科羅拉多州立大學 (Colorado State University) 風洞實驗室的舒適性評估，除了依據上述文獻外，加上了 Hunt, Poitou & Mumford [3.4] 以及 Isyumov & Davenport [3.5] 建議的評估準則。與科羅拉多州立大學風洞實驗室齊名的西安大略大學 (University of Western Ontario) 風洞實驗室則是根據 Penwarden & Wise [3.3]、Isyumov & Davenport [3.6]、Davenport [3.7]、Isyumov [3.8] 等人的研究提出其舒適性評估準則 [3.9]。本文採用 RWDI 顧問公司以及西安大略大學風洞實驗室

所提供的行人舒適性準則進行評估工作，分別稱之為舒適性評估準則(一)及舒適性評估準則(二)。

#### 3.1 舒適性評估準則（一）

風洞試驗中，各測點位置上的試驗結果被表示為風速處於各級速度範圍內的時間百分率，依此判斷某處的風環境是否舒適，根據行人活動舒適性準則，可將風速範圍定為四級(見表 3-2)：

- (1) 坐定時舒適的陣風風速範圍；  
(0~17 km/hr)，(簡稱“坐定”)。
- (2) 站立時舒適的陣風風速範圍；  
(0~25 km/hr)，(簡稱“站立”)。
- (3) 行走時舒適的陣風風速範圍；  
(0~32 km/hr)，(簡稱“步行”)。
- (4) 陣風風速超過每小時 88 公里的極其不舒適風環境；  
(88 km/hr 以上)，(簡稱“嚴重不舒適”)。

研究顯示，如果 80% 以上的時間風速在某等級範圍內，則人們將可舒適地進行該等級內相對應的活動，惟應用此一準則，對各區域需考慮其實際用途，例如室外休憩場地應設置於滿足坐定舒適性要求的區域內，即在該處至少 80% 的時間內其陣風風速小於 17 km/hr。如果在某處，其陣風風速超過 32 km/hr 的出現時間百分率大於 20% (約每周超過 1.5 天)，則該處的風環境對於人行道等區域的行走活動而言是不舒適的，不舒適的風環境會使行人徒步時避開該區而降低原規劃區的實際使用率。

如果某處的陣風風速超過 88 km/hr 百分率大於 0.15% (約每年超過 4 次) 則該處的風環境將被認為是嚴重不舒適甚至認為是危險的，陣風風速達，88 km/hr 以上所產生的風力會使人難以保持平衡，對行人可能造成傷害。

#### 3.2 舒適性評估準則（二）

本研究案所採用的第二種舒適性評估準則(見表 3-3)，同樣是以人們進行不同的活動，諸如坐定、站立、步行等評估風力等級，進

而計算風速求某一設定範圍內之發生機率評估其舒適性。與第一種舒適性準則比較起來，準則(二)活動分類較詳細，分為(1)長時間站、坐；(2)短時間站、坐；(3)慢步行走；(4)快步行走(見表 3-3)。除此之外，就每一種活動評估時風速標準又進一步細分為可接受性良好、可能出現不舒適、及會有嚴重不舒適的風場情況。在使用時，同樣的要視各區域規劃使用的性質不同，選擇適當的評估標準。譬如：風場條件要求最為嚴格“長時間站坐”標準，僅有在規劃設計露天餐廳時，才需要滿足短時間站坐的風場環境即可。舉例而言，在一般休憩區從事短時間站立或坐定，可接受的風場環境為第 4 級風，風速範圍 19~29 km/hr，發生的機率小於每週一次。若是該處的風場特性為第 5 級風，風速範圍 30~39 km/hr，發生機率小於每月一次，則根據評估準則(二)，該處規範提供人們短時間站立、坐定的休憩區，雖然可接受性並不好，但尚不致有嚴重不舒適的情形發生。

最後必須強調，當評估氣候時應特別考慮嚴重的暴風(或颶風)。由於有罕見的颶風可能出現在某地點，在這種情況下，不能簡單地將該區域的風環境認定為“嚴重不舒適”，因為在強颶風期間氣象台會先發佈警報，所以將不會有很多行人從事戶外活動。

### 3.3 各級風速標準發生機率及評估方法

本計畫結合淡江大學風洞實驗室所得各風向角數據，以無因次化風速為基礎，配合氣象局風速資料計算各級風速發生頻率，並進行舒適度評估。

分析的流程大致如下：

- (1) 風洞實驗室所量測到各風向測點風速除以邊界層厚度處風速，使其成為無因次化風速。
- (2) 利用無因次化風速和實際風場成比例的關係求得邊界層高度的評估風速。
- (3) 將邊界層高度的評估風速代入各風向風速機率函數，求得各風向測點發生機率。
- (4) 最後將各風向測點發生機率分別累加，則各測點發生機率為所求。

表 3-1 風效應概要

蒲福風級	名稱	風速(km/hr)*	效應
0,1	無風-軟風	0~5.4	平靜，無可察覺之風
2	輕風	5.5~11.9	臉頰上感覺到風之輕拂
3	微風	12~19.4	輕質旗幟招展 擾動頭髮 衣襟飄動
4	和風	19.5~28.4	塵土揚起，紙片飛動 頭髮吹亂
5	清風	28.5~38.5	身體可感覺到風力 雪被吹離地面 令人覺得愉快的地表面風的上限
6	強風	38.6~49.7	舉傘困難 頭髮被吹直 穩步行走困難 耳邊之風聲令人不悅 吹離地面之飛雪越過行人高度
7	疾風	49.8~61.6	行走覺得不便
8	大風	61.7~74.5	前行困難 在陣風中保持身體之平衡極度困難
9	烈風	74.6~87.8	人被陣風吹倒

\* 空曠地面上 10 公尺高度之相當平均風速  
註：小數點以下之風速值，是因為原始風速是以「節」(knot)表示( $1\text{m/s} = 1.94\text{節}$ )  
資料來源：Penwarden[3,10]

# 第四章

## 氣象資料的整理與分析

表 3-2 舒適性評估準則(一)

活動性	行人活動舒適的陣風範圍(km/hr)	適用的發生機率
坐定	0~17	$\geq 80\%$
站立	0~25	$\geq 80\%$
步行	0~32	$\geq 80\%$
嚴重不舒適	88~	$\geq 0.15\%$

- 4.1 氣象資料概述  
 4.2 氣象資料整理分析結果

表 3-3 舒適性評估準則(二)

活動性	適用之區域	相對舒適性		
		可容忍	不舒適	危險
快步	人行道	6	7	8
慢步	公園	5	6	8
短時間站立,坐	公園,廣場	4	5	8
長時間站立,坐	室外餐廳	3	4	8
可接受代表性準則		<1 次/1 週	<1 次/1 月	<1 次/1 年

相對舒適性標準(2-8)由滿幅風力等級表示之。

## 第四章 氣象資料的整理與分析

### 4.1 氣象資料概述

風場環境評估乃根據風洞試驗的量測值，配合標的物所在地氣象局實場的氣象資料，計算各測點不同風速之發生機率。再依照第一章節所提之不同舒適性評估準則，而得到風場環境評結果。首先我們需先整理氣象局實場的氣象資料，將各風向的風速作機率分析而不直接引用其風速發生機率相當的小，且颱風來時氣象局並不進行量測。而氣象局所得的是每小時10分鐘的平均風速，因此氣象資料的風速發生機率均落在風速20m/s以內，對於高風速便無資料可用。如此的作法會比直接引用氣象資料來的保守與安全。學者Frank[4.1]的作法即不直接引用氣象局所得的風速風向發生頻率，而是將氣象資料進行迴歸分析，利用迴歸出來的機率密度函數作為評估所採用的資料。一般常用來描述風速風向發生機率的函數是Weibull distribution(偉伯分佈函數)，其公式如下：

$$p(>u) = \alpha \exp[-(u/c)^k]$$

$p$ =風速大於  $u$  的發生機率

$\alpha$ =各風向的累積發生機率

$c$ =各風向尺度風速

$k$ =係數(隨風向角的不同及累積發生機率而變)

### 4.2 氣象資料整理分析結果

作業流程是先將中央氣象局台北測站1977~1998年的22年氣象資料，計算逐時十六個風向角的風速發生機率，再對上述函數做迴歸分析，得到的風速風向發生機率大多和原始資料吻合。結果顯示台北地區全天風向以東方及東北方出現頻率較大（如圖4-1、4-2）。

另一方面，在時間的因素下，氣候的變遷以及周遭環境的改變

會造成風速風向機率的變化，亦即同一測站不同年份的氣象資料，將迴歸出不同的參數。因此我們在引用機率函數做計算時，應選擇較近年份且長時間的風速風向資料來作為評估上的氣象資料依據。另外，有些地點因使用上的時間限制，例如只開放白天使用的學校或廣場；及分季節性使用的游泳池等區域，在作評估規劃時，皆需加以考慮。因為一般來說露天游泳池的開放季節都是在夏季，所以應選夏季的氣象資料來作規劃；若一般的街道高樓區，應選擇全天逐時的氣象資料較合乎實際應用情形。

# 第五章

## 實驗設備及儀器配置



圖 4-1 台北氣象站各風向平均風速圖

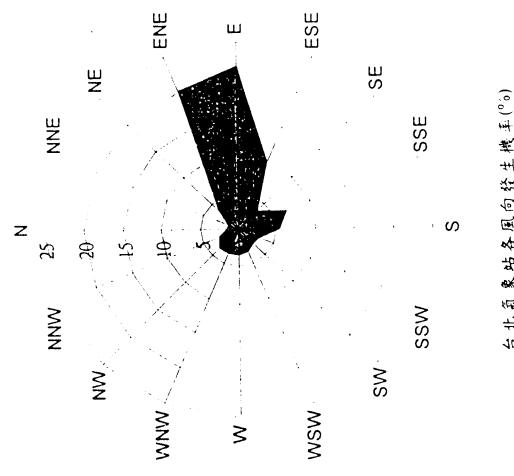


圖 4-2 台北氣象站各風向發生概率圖

## 第五章 實驗設備及儀器配置

本案風洞試驗是在淡江大學大氣邊界層風洞實驗室執行，實驗量測是利用地表風速計測器量測個人行高度水平方向上的風速，並以壓力掃描器快速掃描各地表風速計測器。從而將所得資料傳輸至電腦來記錄、分析與儲存。

### 5.1 風洞

本案物理實驗所使用之風洞設備為淡江大學第一號邊界層風洞，該風洞屬於吸人、開放型，如圖 5-1 所示。

風洞實驗段長 18.0 m，其斷面寬 3.2 m、高 2.0 m，風洞頂板高度可分七段調整，其最大調整高度為 0.4 m。十六槳葉之軸流式風扇(axial fan)其直徑為 2.2 m，由具 175 匹馬力之直流無段變速馬達帶動。風速可經由控制風扇之轉速而得到調整，其流速範圍為 0.7 m/s 至 15 m/s。風洞進口段之收縮比為 4：1，進口段設有蜂巢管及四層之阻尼網(damping screen)，風洞內自由流之紊流強度約為 1%。

在風洞實驗段距進口 13.5 m 處設有直徑 3 m 之旋轉工作平台(turn table)。平台採雙層設計，有效地解決了一般風洞所經常有之氣密性問題。平台可經由電腦操控轉動，其數位式角度計之量測精度可達  $\pm 0.1^\circ$ 。實驗段裝有一台三軸向之載具天車，可透過數位控制器之操作，在整個實驗段進行量測。旋轉台之一側設有觀測室，可透過大型之加強落地窗戶對實驗進行觀測記錄。

開放式邊界層風洞是設計應用於研究中性穩定邊界層之大氣擴散與風力工程問題。根據 Cermak 與其他專家之意見(Hunt & Fennholz, 1975)，其最佳尺寸為實驗段長 20 m，寬度至少為 3 m，高度約 2 m，最高風速應在 10 m/s 以上。表 5-1 顯示當今世上此一類風洞之主要參數。與西方主要大學和風工程顧問公司風洞實驗室之風洞設備相比，不論在設計理念以及尺寸規格、性能等之要求上，顯而可見，淡江大學之邊界層風洞不但毫無遜處，在許多方面上甚至具有凌駕之勢。

### 5.2 風速量測

本實驗風速測量所使用之儀器包括有(見圖 5.2)：

- (一) 皮托管(pitot-static tube) — 用於風洞內風速之監控。
- (二) 热風速儀(thermal anemometer) — 用於對邊界層風速剖面及紊流特性之量測。此套 TSI 公司生產之熱風速儀量測系統包括有

- i. IFA-300 智慧型風速儀(anemometer)
- ii. model 1210-20 一般用途熱膜探針(hot film probe)
- iii. model 1125 探針率定器(probe calibrator)

所謂熱風速儀是利用電流通過金屬導線時會使導線溫度升高，而當流體流經金屬表面時會帶走部分熱量之原理來量測流體之速度。其基本電路為如圖 5.3 所示之惠斯頓電橋(Wheatstone bridge)。當探針(probe)所在位置之電阻 R 值因溫度之改變而改變時，會使電橋失去平衡。探測元(sensor)之運作方式可採用恆電流式(constant current)及恆溫式(constant temperature)兩種。

本研究中心所有之恆溫式風速儀，利用補償電路(compensating circuit)，因應流速之變動，對流經探測元之電流做瞬間之改變來維持探測元之操作溫度固定不變(因而探測元之電阻亦不變)，使電橋保持平衡狀態。吾人可經由回饋電壓的變化來得知所要量測流場中流速之變化。熱膜探針之探頭，即所謂之探測元為一長 1.0 mm 直徑 0.005 mm 之石英棒(quartz rod)，上面覆以高純度之鉑金膜(platinum film)，其外，再覆以一層鋁質之保護薄膜。

本研究是採用 TSI Model 1125 探針率定器依照廠商所設定之標準程序進行率定[5.1]。探針經過率定後可得到探針回饋電壓和風速之間之切確關係。有效風速， $V_{eff} = V \cos \alpha$ ， $V$  為來流風速， $\alpha$  為來流與垂直於探測元軸線之夾角)為電橋電壓 E 之函數。基本率定中兩者之擬合曲線，可以下多項式表示：

$$V_{eff} = K + AE + BE^2 + CE^3 + DE^4$$

式中之係數 K、A、B、C 及 D 可以在率定中得到。

量測與率定期時因溫度之差別對電壓所產生之影響可以下式修正：

$$E = E_0 \times \sqrt{\frac{T_s - T_c}{T_s - T_t}}$$

$E_0$ ：電橋之輸出電壓

$T_s$ ：探測元之操作溫度 ( $\sim 250^\circ\text{C}$ )

$T_c$ ：率定期時之溫度

$T_t$ ：測試時之溫度

量測與率定期時因大氣壓力改變(流體之密度亦隨之改變)而對所量測到流速的影響可以下式修正：

$$V_{eff(cor)} = \frac{P_c}{P_t} \times V_{eff}$$

$P_c$ ：率定期時之大氣壓力

$P_t$ ：測試時之大氣壓力

$V_{eff(cor)}$ ：經過密度修正後之有效流速

由風速儀所輸出之電子訊號經過類比/數位轉換器 (A/D converter)由電腦系統讀取而後進行計算、分析及紀錄、存檔。

測試時探針是架設在風洞內由電腦所控制之載具天車上，天車可在三個軸向上作獨立之移動。探測元之軸線呈水平且與逼近流之流向垂直。

### (三) 地表風速計測器 (omni-directional sensor)

如前所述，在風洞實驗中要介定人行高度的風場，在風速的量測上，通常需要在不同的風向情況下，量測許多接近地表、不同位置的測點。由於邊界條件的複雜，導致各測點風向的高度不準確性，再加以紊流度高，傳統之量測工具如皮托管與熱流速儀使用起來相當困難，其誤差亦大。

本案測試，淡江大學風洞實驗室是採用 Irwin [5-2] 於 1981 年所發展出來的無方向性地表風速計測器來進行量測(見圖 5.4)。其原理是利用管與管中之細管(即管中管，內外兩管共一中心軸，但內管突出較高)，兩者間之壓力差，參照預先率定之結果，可迅速、實用地量測到行人高度上之水平方向風速。

### 5.3 壓力量測

上述之風速量測方法中，亦涉及壓力之量測。本案壓力之量測是採用 Pressure System 公司之 System 8400，此系統為一多頻道風壓掃瞄系統(見圖 5.5)，本實驗室使用內容包括 System Processor (系統處理器，簡稱 SP) 負責處理各感應器傳回之資料，兩具 32 ports 之 Pressure Scanner (壓力掃描器) 其量測範圍為  $\pm 10 \text{ in-H}_2\text{O}$ ，及一部 Scanner Digitizer Unit (數位掃描器，簡稱 SDU) 可在 Irwin probe 的使用中快速掃瞄各壓力孔之壓力值。和一部 Pressure Calibration Unit (壓力率定系統，簡稱 PCU) 率定壓力掃描器之用。

Scanner 所傳遞之訊號為電壓值，其與壓力間之率定係數由 PCU 決定。PCU 內有一具標準壓力計，由外部先供給 100~125 psi 之壓力，經 PCU 調節成我們所決定的五個不同率定壓力後輸出至 Scanner，然後將 Scanner 所反映出來之電壓值透過 SDU 傳回 SP，SP 將會比較輸出壓力及所得電壓，得出率定係數。所以 SP 將 Scanner 傳回之電壓值透過率定係數計算後，可得正確電壓值。

本實驗中將各個 Irwin probe 所受風壓經 PVC 管傳遞至 Pressure Scanner，其量得之訊號傳至 SDU 再經過 SP 計算後所得壓力值傳回電腦，而 Irwin probe 所量得之兩個單點壓力之壓差即可對應出該點風速。

本研究案評估風場舒適性的依據是各測站的每小時平均風速 (hourly mean wind speed)，由於風洞所模擬的風速並不包含超大尺度 (macro scale) 的氣流擾動。因此，在量測值穩定時即可。若是量測擾動值，如 rms 值或是極大值時，則採樣頻率與採樣時間需要遵守模擬的時間縮尺。

表5-1 主要開放式風洞一覽表

	試驗段 長(m)	寬(m)	高(m)	收縮比	馬力 (Hp)	速度 (m/s)	紊流度 (%)
T.K.U.	18.00	3.20	2.00	4 : 1	175	1~16	1.0
C.S.U.	17.42	3.66	2.13	2.8 : 1	50	1.3~12	1.0
U.of W. Ontario	24.38	2.40	1.68	—	—	0~15.3	—
Oxford U.	14.00	4.00	2.00	2.8 : 1	—	0~30	—
EPA	18.30	3.70	2.10	2.8 : 1	100	0~8	0.5
CPP	22.71	3.66	2.13	—	20	0~9.1	—
RWDI	13.00	2.40	1.90	—	—	—	—

T.K.U.淡江大學；C.S.U.科羅拉多州立大學；U.of W. Ontario 西安大略大學；Oxford U.牛津大學；EPA 美國環保署；CPP, Cermak Petreka Petersen 風工程顧問公司；RWDI, Rowan Williams David & Irwin 風工程顧問公司

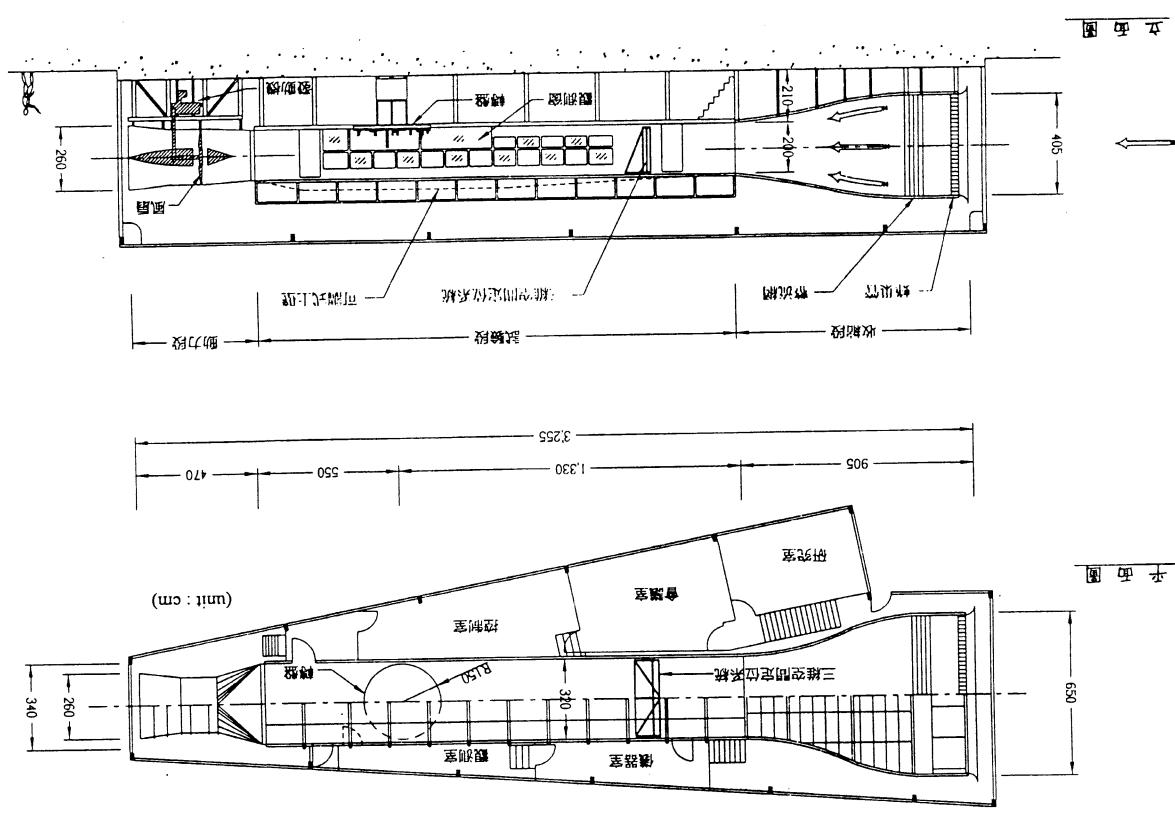


圖5-1 漢江大學大氣環境風洞實驗室剖面圖

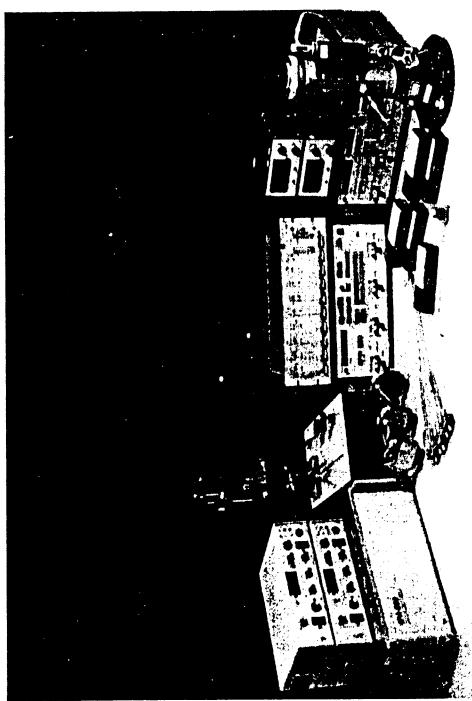


圖 5-2 風速量測系統

Feedback for Constant Temperature Anemometer ( $U=U_B$ )

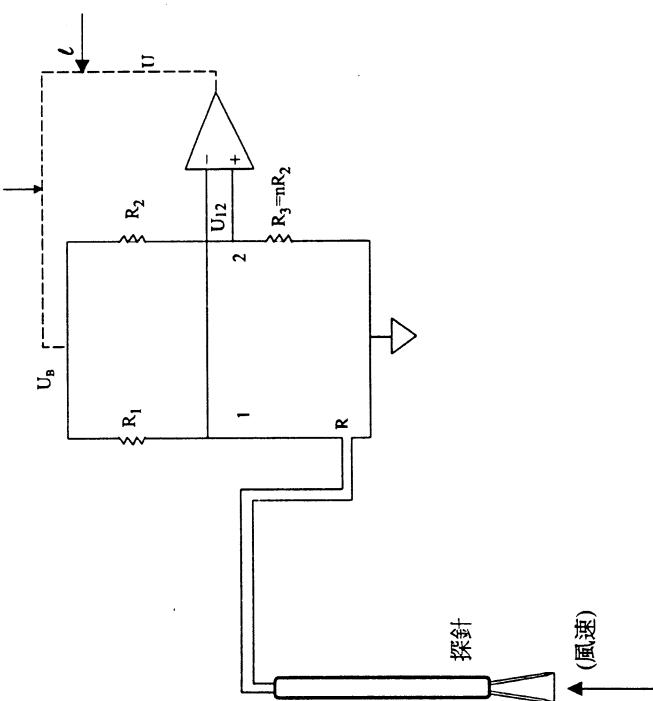


圖 5.3 惠斯頓電橋及探針示意圖

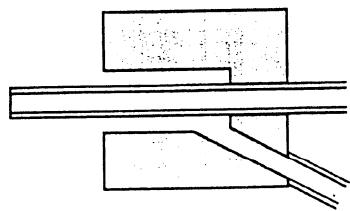


圖 5.4 Irwin probe

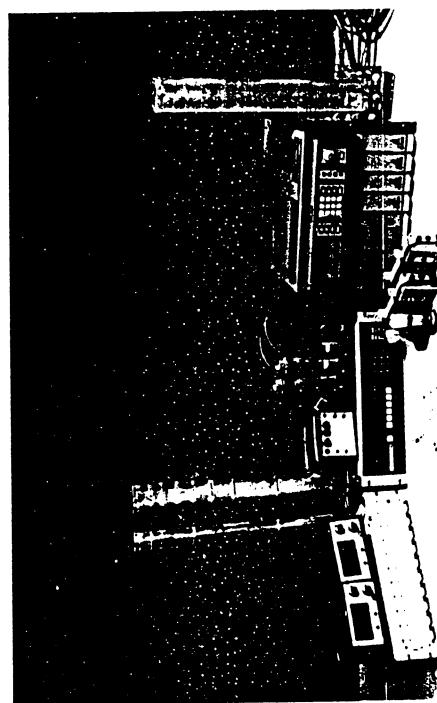


圖 5.5 多頻道風壓探描系統

## 第六章

### 本計畫之風洞實驗內容

- 6.1 逼近流場特性
- 6.2 地形地貌及建築物之模擬
- 6.3 測點選定
- 6.4 試驗量測項目

## 第六章 本計劃之風洞實驗內容

開始風洞試驗之前先要決定好縮尺及模擬的範圍，並且模擬現地正確的流場特性，除此之外，基地模型的製作力求與現地符合(包括鄰近建築物的外型、樓層數，以及空地分佈、圍牆、樹木的模擬製作等)。本案在評估主建築物附近人風場的特性時，對於測點的選定、分佈基本上根據人員的各種需求性來作選擇。分別介紹說明如下：

### 6.1 逼近流場特性

本案使用錐形擾流板和配套之粗糙元及龍齒組合，在風洞之試驗段內建立一能與現場情況相當之模擬大氣邊界層來流。圖 6-1 及圖 6-2 分別顯示順風方向之平均流速及紊流強度隨高度變化之剖面曲線。所建立之模擬邊界層厚度在轉盤處約 150m。

參照表 2-1 及 ESDU[2.5]，中度開發城市之邊界層來流其  $z_0$ 、 $\alpha$  及  $z_0$  值分別約為 450m，0.25 及 0.2~0.6m，本案位於台北地區，雖建築密集但尚未達到像紐約、洛杉磯等屬於建物極高聳且密集之高度開發城市，故以此來做縮尺的依據，吾人可以得到在風洞內所模擬之邊界層縮尺應該在 1/300。至於主建築物附近的風場變化則由實際的地形及建築物模擬來產生。

進行風洞實驗時為了能使縮尺模型的風速量測能適當地用於實際風場，所量測的各個地表風速必須對一穩定的參考風速作無因次化，本實驗選取模型上游大氣邊界層高度  $S$  的量測風速為參考風速。

### 6.2 地形地貌及建築物之模擬

本案環境風場評估之風洞試驗，市街及建築物模型之縮尺比例為 1/300。其模擬之範圍是以基地主建築物為中心，在半徑 450 m 內之鄰近建築物全依縮尺比例製成模型置於風洞試驗段之轉盤上。參考圖 6-3。模型之製作是根據主要建築基地及附近區域的建築物分佈圖、鄰近建築物的樓層數以及空地分佈，進行正確的放樣。其中針

對主建築物的模型製作，需考慮建築細部的造型。至於模擬範圍內的其他建築物則大致模擬其形狀及高度，不考慮造型上的細節變化。本實驗採用保麗龍做為主建築物及周圍建築物的模型材料。

### 6.3 測點選定

為了能夠適當地評估新建大樓對其鄰近環境可能造成的風環境影響，首先我們以煙流在風洞內進行風場的可視化試驗，概略地指認出在模擬範圍內可能出現的較高風速區域①在主建築物附近，考慮下洗氣流的影響區域，行人及車輛出入口、停車場及設計供休憩的區域，例如建築物下方轉角處、巷道風等，作為測點之參考。②其他鄰近區域，考慮主建築物與建築造成氣流下洗及尾跡風壓的影響，如巷道風，及周圍地物易造成高風速處常見如空地及其旁之巷道，其他考量因素尚包括有各區域的使用性質，例如行人將會密集使用的建築物出入口、鄰近人行道、休憩場所等，或是學校等公共場所。

### 6.4 試驗量測項目

本計畫案總共設置了 58 個測點，其分佈如圖 6-4-1 至圖 6-4-7 所示。根據上述對測點性質的討論可概括地區分為 1. 行人出入口 2. 主建築物四周人行步道 3. 車輛出入口 4. 空中花園及空中休憩場所 5. 周邊行人道及街角 6. 學校 (詳見表 6-1)。

測點分類	測點編號
行人出入口	1、2、3、4、5、6 7、8、9、10、11、12
主建築物四周 人行步道	13、14、15、16、17、18、19、20、 21、22、23、24、25
車輛出入口	26、27、28、29
空中花園及空中 休憩場所	30、31、32、33、34、35、36、37、 38、39、40、41、43、44
周邊 人行道及街角	45、46、47、48、49、50、51、52、 53、55、56、57、58
學校預定地	54

表 6-1 風洞試驗測點分類表

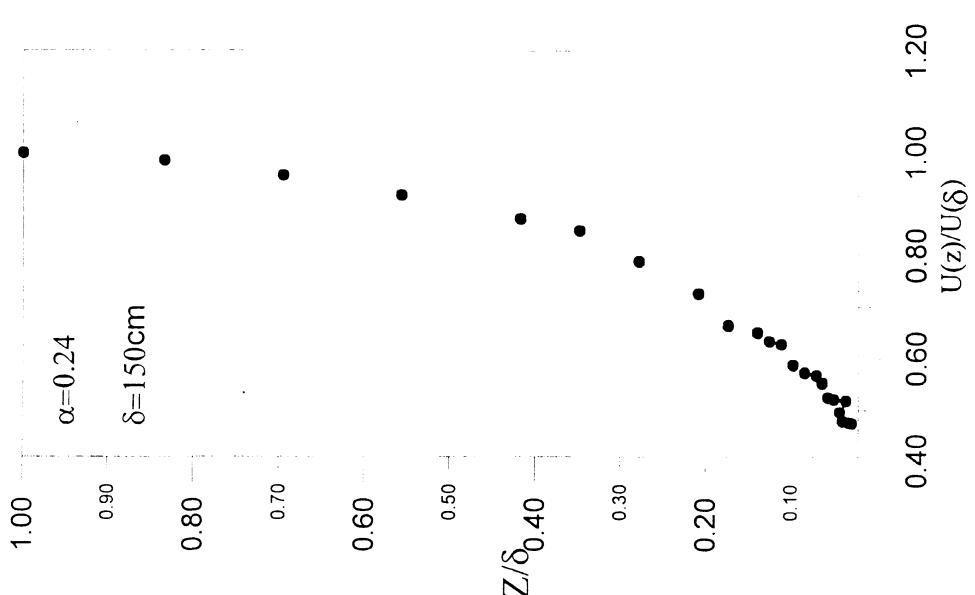


圖 6-1 大氣邊界層平均風速剖面圖

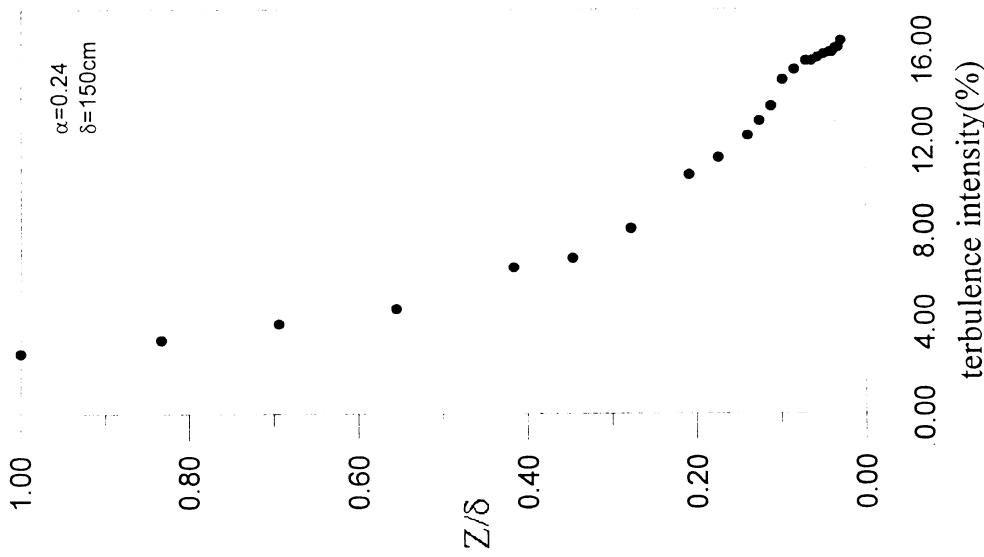


圖 6-2 大氣邊界層紊流強度剖面圖

TKU project 89-9-1

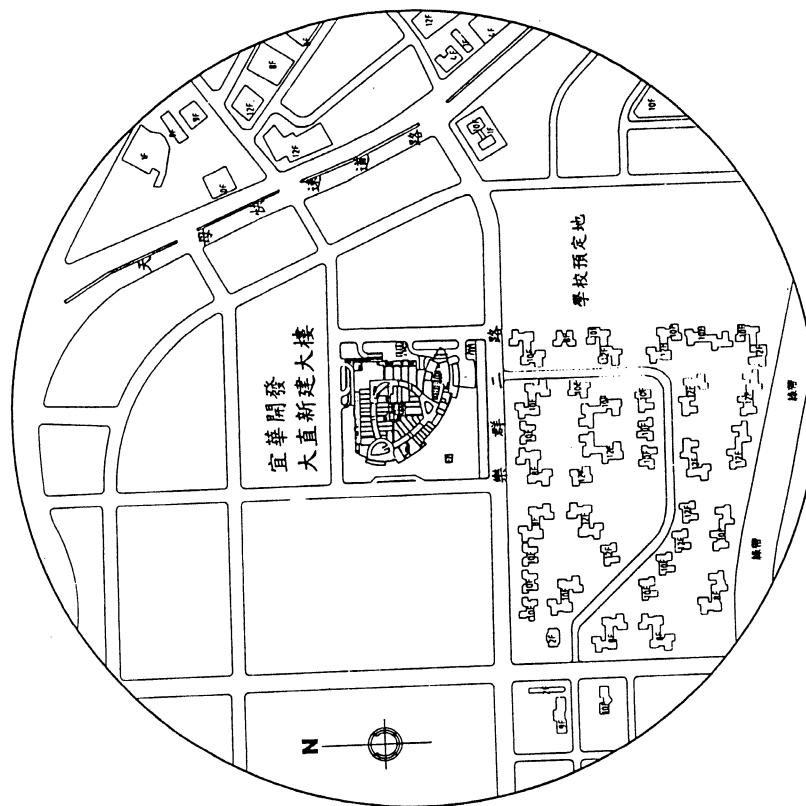


圖 6-3 風洞試驗模擬範圍圖

TKU project 89-9-1

TKU project 89-9-1

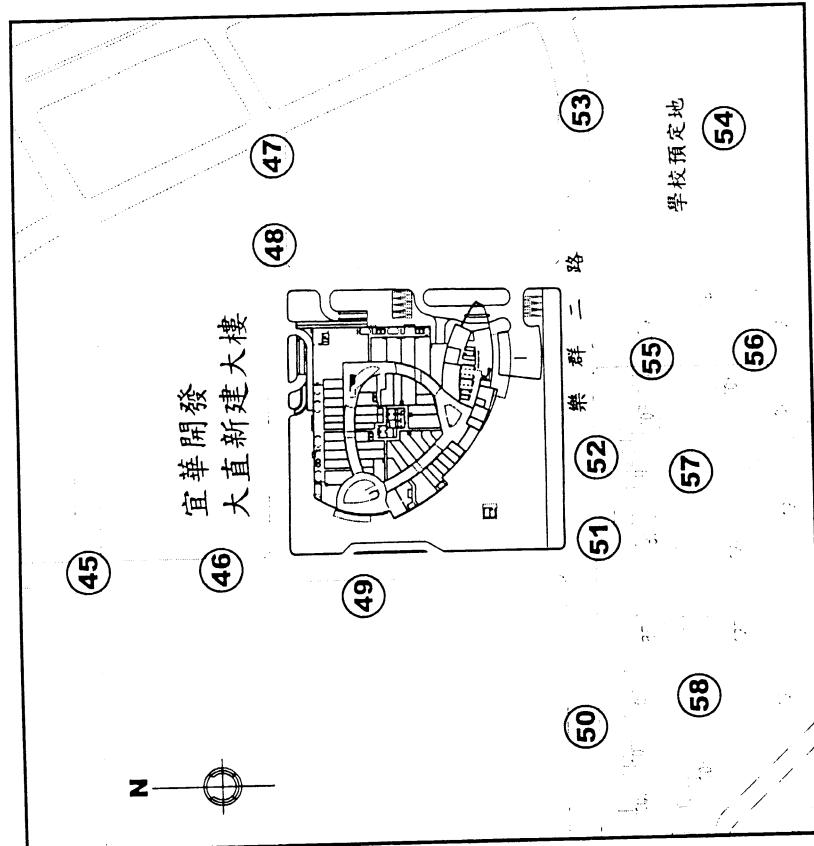


圖 6-4-1 風洞試驗測點分佈圖（非基地內）

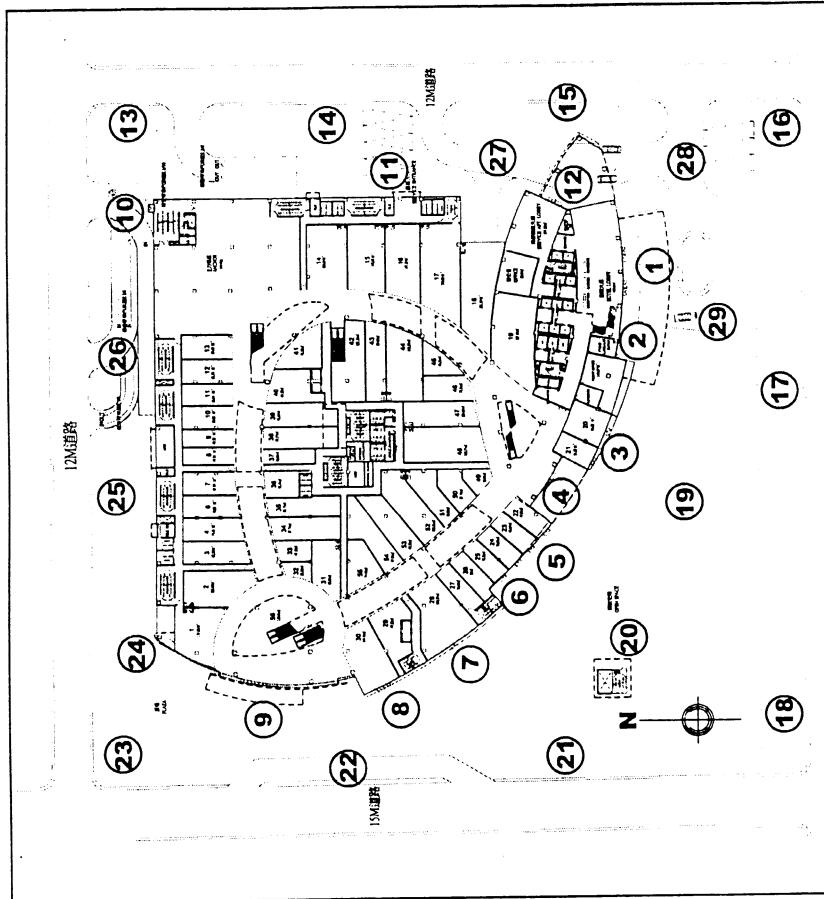


圖 6-4-2 風洞試驗測點分佈圖(基地地表面)

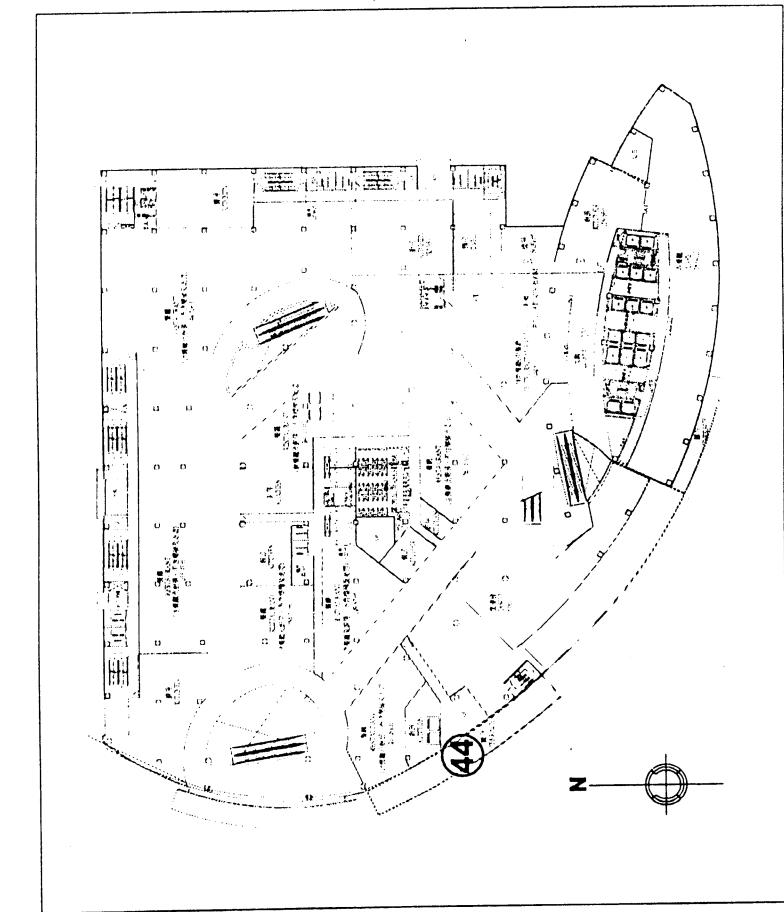


圖 6-4-3 風洞試驗測點分佈圖（四樓露台）

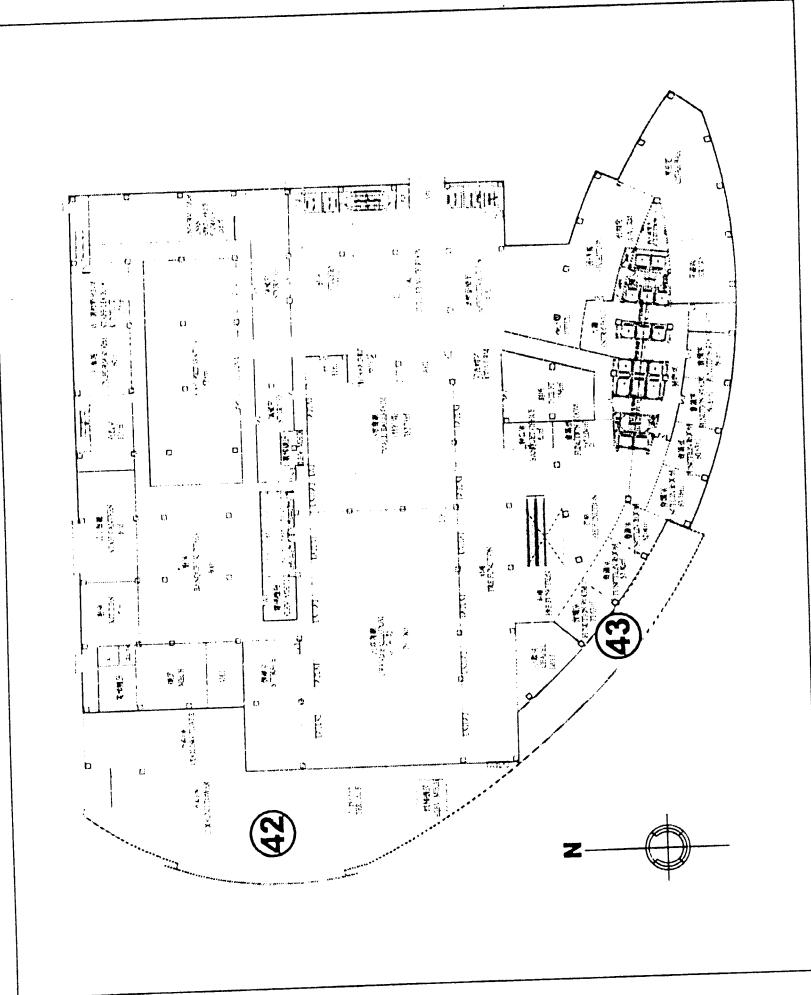


圖 6-4-4 風洞試驗測點分佈圖（五樓露台）

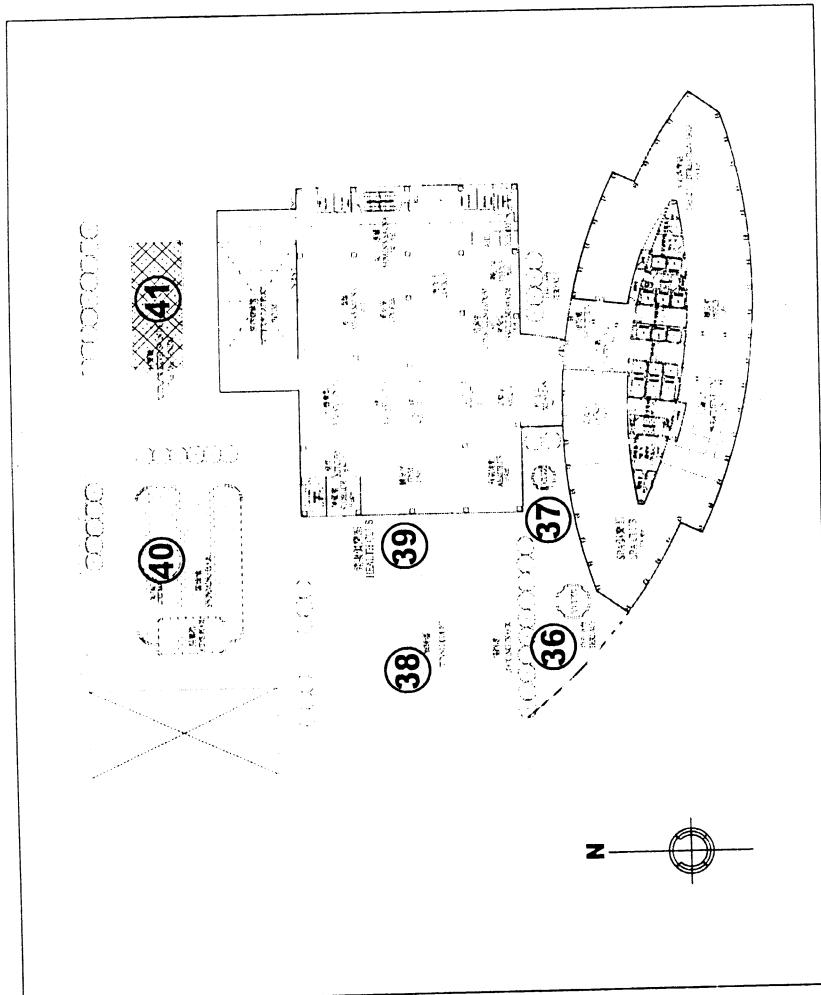


圖 6-4-5 風洞試驗測點分佈圖（六樓戶外活動區）

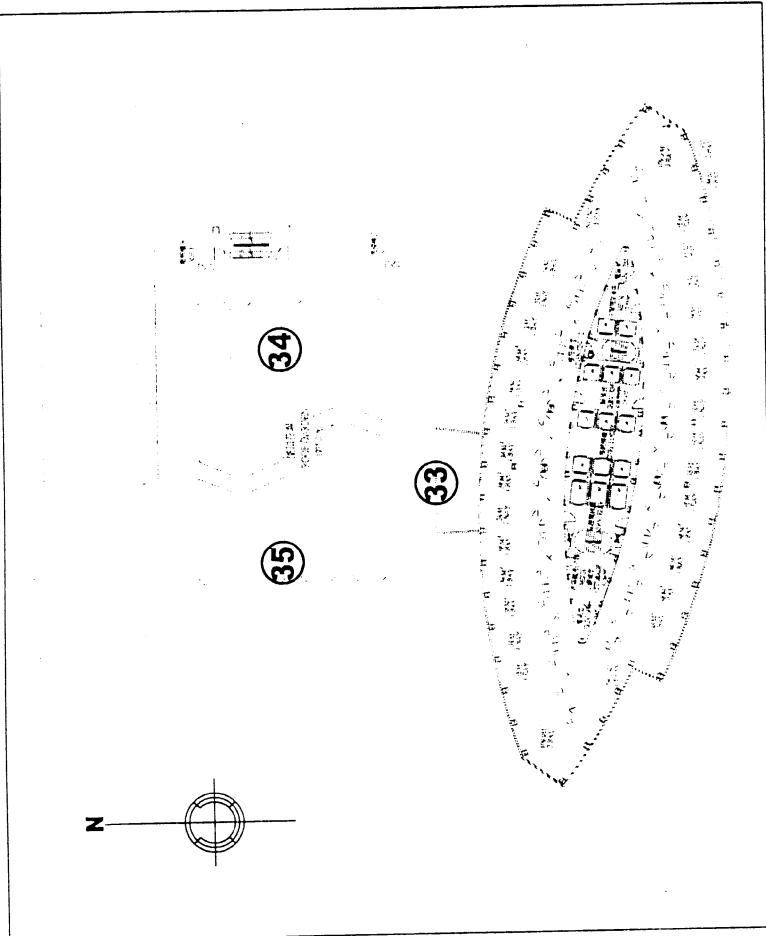


圖 6-4-6 風洞試驗測點分佈圖（七樓屋頂花園）

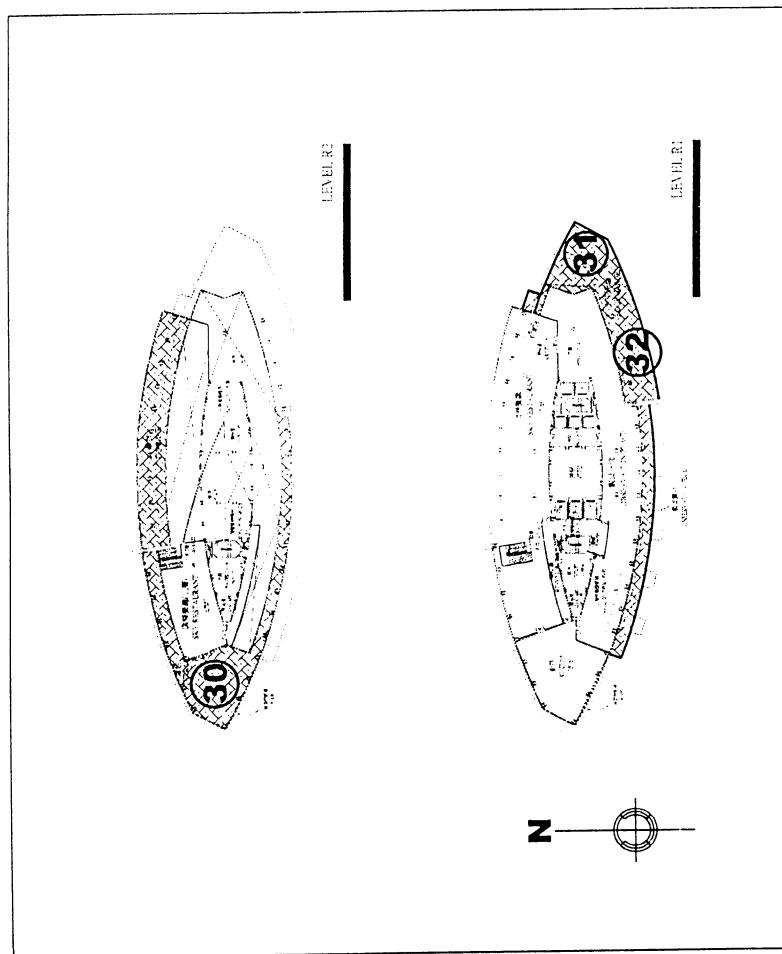


圖 6-4-7 風洞試驗測點分佈圖（頂樓）

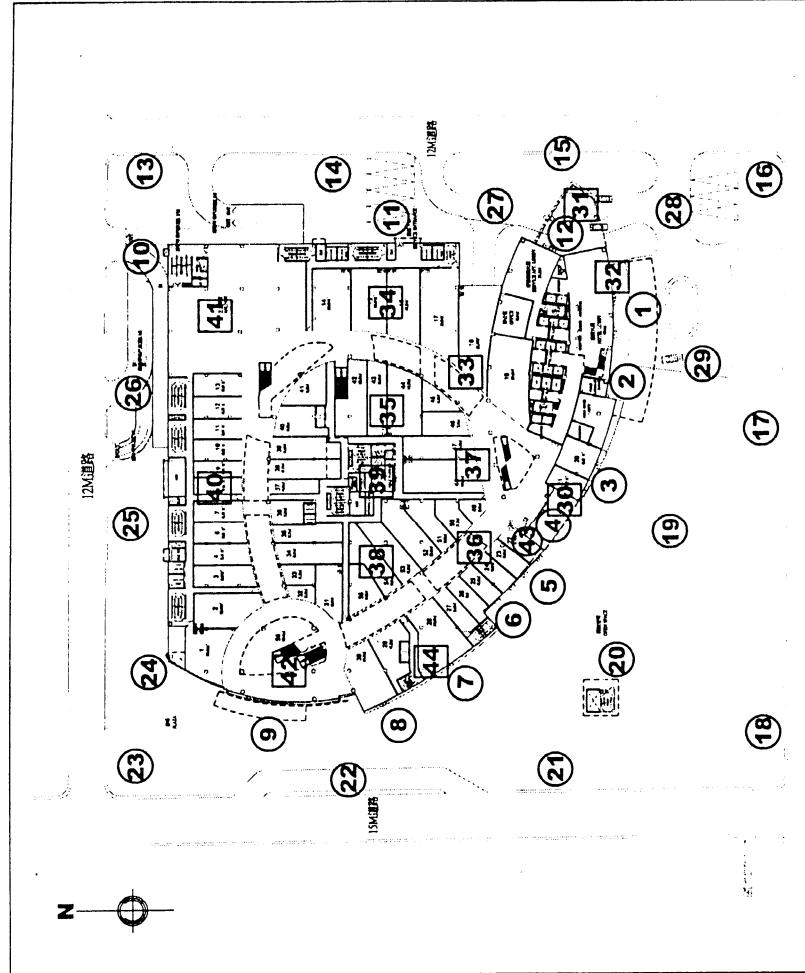


圖 6-4-8 風洞試驗測點全圖

# 第七章

## 實驗結果與討論

## 第七章 實驗結果與討論

本研究案之環境風場量測是風洞實驗室中進行，在定風速下分別量取模型 16 個風向角之地面上行高度風速  $U_i$ ,  $i=1\sim 58$ ，並將量測到的結果對風洞之模擬邊界層高度風速作無因次化得到  $U_i/U_0$ 。如此，大樓興建前後各 16 個風向角所得之量測結果，可以在相同的標準上配合實場的氣象資料來進行舒適性的評估。量測結果如表 7-1-1 至表 7-2-2 所示。各測點的風場環境特性分別說明如下：

### (1) 興建大樓前的環境風場特性

由表 7-1-1 及表 7-1-2 所列大樓興建前地表 43 個測點在 16 個風向角所得之無因次化風速可知，絕大多數測點在各風向角之人行高度無因次化風速  $U_i/U_0$  值均介於 0.15 到 0.5 之間。該大樓基地位於大直重劃區內，開發前該處為一片空地，附近除了南方有基河二期國宅及東方越過天母快速道路有少數新建的科技大樓外，北向及西向大多為尚未開發之空地，所以從無因次化風速列表可看出，測點 1 至 29 是位於興建基地內的測點，當風向從西風順時針至北風時該處風速皆不低，幾乎所有測點無因次化風速皆超過 0.4，而從北東至東南東風因為有少數科技大樓阻擋其風速有稍趨緩的趨勢，而從東南風至西南風則因為基河二期國宅的阻擋使得風速降低不少。而在人行道及街角和附近學校傾定地處的測點方面，測點 47~49 狀況和前述一樣，而在基河二期國宅附近人行步道及廣場的測點並無較明顯的高風速出現。

配合台北地區風速風向頻率，可以計算各種風速標準的發生機率。根據 RWDI 評估準則，所有測點地表風速低於 4.72m/s 的機率皆高於 80%，均滿足“坐”的舒適性標準。

當採用西安大略大學風洞實驗室評估準則時，幾乎所有的測點皆不適合長時間站坐，而位於基地內之測點之測點也大多不適合短時間站坐。其餘街角及人行道的測點則大多不適合長時間站坐，其中測點 48、49 及位於基河二期國宅內部道路的測點 56 較不適合短時間站坐。

### (2) 大樓完成後的風場環境特性

由表 7-2-1 及表 7-2-2 所列大樓興建後共 58 個測點在 16 個風向角所得之無因次化風速，比較大樓興建前的風場環境可知，在基地內的測點受建築物影響甚大，現就各測點發生大風速的風向稍加討論，在建築物四周人行步道部分，測點 3 西北西風順時針至北風時會產生高風速，原因是因為在氣流流經大樓時遭阻擋會在兩側分離而且分離後發生下洗的狀況而造成該處風速較大。測點 14、15、27 在東南、南及西南風向時有高風速產生亦是因分離氣流所造成。測點 17 在北北西、北風及北北東風時產生高風速則應是因氣流流經建築物後再其後方形成之渦漩所造成。測點 18 在北北東風時所量測到之高風速應亦是由於渦漩所造成。而測點 19 在東南風至南南西風時產生之高風速應是氣流受大樓阻擋下洗所致。測點 7、8、22、23、24 處在南南西至西南風所產生之高風速應是由於該風向氣流受大樓阻擋下洗後沿著該弧形外牆流動所致。而測點 16、28 在北風至東北東風有高風速應是因分離氣流所造成。而在建築物各層屋頂之休憩區之風速狀況，測點 30 位於頂樓西邊從南南西風至北風該處風速都不低，尤其北風及西南西風時該處風速最高，而測點 30、31 位於頂樓之東邊，所以該處當風向從東風至南南西風時風速都相當高。另外在六、七樓的戶外平台部分，測點 36 在北風、北北東風及南南西、西南風有高風速產生，發生原因前者應是下洗氣流造成而後者應是因氣流分離所形成，測點 38、40 在南、南南西、西南風有高風速產生原因亦應與測點 36 同。而四、五樓屋外平臺處的測點在西南西風時測點 42 會有較高風速發生，而風向為南南東至南南西時測點 43、44 會有較高風速產生。至於非基地內之人行道街角、及學校預定地的測點與興建前比較改變不大，其中較明顯處是位於基河二期國宅前樂群二路前的測點 52、53、55 及學校預定地測點 54 在北風、北北東風、北北西風時受大樓尾跡影響風速稍有變大，其餘則變化不多。

除了建築物本身的影响外，人行舒適性則需再加入該風向在氣象資料上所記錄之風速及發生機率，才能完整評估，所以在無因次化風速上產生高風速的地方，很可能因使其發生高風速之風向發生機率很低且全年所紀錄之該風向之風速不高，所以評估結果並無不舒適性。而以下是加入風向風速機率所評估的整體結果。

而配合台北地區風速風向頻率，所分析的評估結果，根據 RWDI 評估準則，除車輛出入口測點 28 及頂樓東面的測點 30、31 外，其餘所有測點地表風速低於  $4.72 \text{ m/s}$  的機率皆高於 80%，均滿足“坐”的舒適性標準。

當採用西安大略大學風洞實驗室評估準則時，評估結果如表所示，幾乎所有的測點和興建前一樣皆不適合長時間站坐，而人行出口及鄰近建築物人行步道及車道上各測點亦多不適合短時間站坐。但其中測點 12、15、16、27、28 主要是因風向為東北風至東風時因氣流下洗或遭建築物阻擋分離造成氣流加速所致，而此三個風向為全年發生機率最大，且其平均風速較高的風向，所以評估結果會有慢步甚至快步行走較不舒適的狀況。另外，在大樓各層樓頂的露天休憩區中，測點 30、31 因物於屋頂且受東風影響最大所以評估結果在快步亦有不舒適性，故並不適合做露天休憩。而其餘規劃為露天花園的地區如測點 33、35 亦有慢步不舒適的狀況，應是由東北風時氣流下洗迴捲所造成。而原本規劃為游泳池及露天餐廳的測點 40、41 亦有慢步不舒適的狀況發生，若要從事此用途可能還需加設擋風設施以提升其舒適性。在基地以外的街角及人行道和學校預定地的測點除了位於基河二期國宅前樂群二路前的測點 55、及國宅內部車道上測點 56 但和興建前比較因受大樓所造成氣流尾跡影響其評估結果稍有變差外，其餘和開發前幾乎相同，所以大樓興建對該處應影響不大。

本案基地位於大直重劃區，因該處原為一片空地，而且除了前面的基河二期國宅外幾乎都為尚未開發之空地，所以除了南風及西南風外其餘風向都會使該處風速相當高。整體而言，根據評估結果，大樓興建後對風速影響較大的地區有下列幾處，在建築物東南角的測點 12、15、16、27、28 評估結果較差，但因本試驗未設植栽所以結果較保守，若在各開放空間或人行道加設植被則應有不少改善效果。而在各層樓屋頂活動休憩區方面，頂樓的測點 31、32 較適宜做休憩區。而六、七層樓頂之空中花園及露天餐廳則需加設擋風措施以求提高舒適性。其餘非鄰近大樓的地區則影響不大。

測點	風速			風向			風化風速			SSE
	N	NNE	NE	EEN	E	EES				
1	0.390	0.321	0.335	0.381	0.520	0.510	0.305	0.227	0.227	
2	0.239	0.292	0.362	0.393	0.526	0.489	0.205	0.205	0.275	
3	0.404	0.395	0.394	0.446	0.467	0.314	0.225	0.225	0.243	
4	0.363	0.363	0.368	0.420	0.525	0.415	0.235	0.235	0.238	
5	0.230	0.235	0.207	0.282	0.345	0.201	0.186	0.186	0.148	
6	0.317	0.316	0.332	0.341	0.418	0.320	0.144	0.144	0.258	
7	0.338	0.329	0.353	0.420	0.462	0.416	0.340	0.340	0.324	
8	0.229	0.255	0.307	0.307	0.376	0.337	0.182	0.182	0.256	
9	0.422	0.397	0.375	0.309	0.283	0.233	0.220	0.220	0.332	
10	0.450	0.420	0.348	0.328	0.256	0.256	0.442	0.442	0.333	
11	0.500	0.426	0.409	0.379	0.400	0.431	0.396	0.396	0.260	
12	0.438	0.325	0.334	0.344	0.380	0.307	0.347	0.347	0.216	
13	0.319	0.271	0.312	0.270	0.303	0.332	0.318	0.318	0.283	
14	0.325	0.258	0.271	0.241	0.274	0.404	0.393	0.393	0.325	
15	0.354	0.192	0.170	0.315	0.389	0.334	0.349	0.349	0.246	
16	0.143	0.102	0.092	0.289	0.224	0.458	0.385	0.385	0.177	
17	0.247	0.233	0.229	0.327	0.337	0.115	0.133	0.133	0.240	
18	0.279	0.284	0.317	0.349	0.348	0.229	0.264	0.264	0.211	
19	0.300	0.349	0.420	0.481	0.575	0.283	0.193	0.193	0.251	
20	0.276	0.304	0.297	0.302	0.364	0.219	0.216	0.216	0.206	
21	0.383	0.387	0.379	0.381	0.387	0.273	0.222	0.222	0.241	
22	0.413	0.425	0.425	0.419	0.403	0.382	0.249	0.249	0.268	
23	0.412	0.447	0.449	0.467	0.394	0.478	0.309	0.309	0.366	
24	0.415	0.399	0.386	0.371	0.317	0.415	0.347	0.347	0.357	
25	0.276	0.311	0.346	0.311	0.290	0.479	0.424	0.424	0.314	
26	0.452	0.410	0.397	0.374	0.350	0.492	0.476	0.476	0.337	
27	0.391	0.355	0.349	0.401	0.497	0.496	0.544	0.544	0.442	
28	0.412	0.280	0.299	0.396	0.476	0.487	0.467	0.467	0.268	
29	0.326	0.303	0.311	0.381	0.456	0.310	0.225	0.225	0.276	
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	0.315	0.355	0.296	0.308	0.239	0.333	0.282	0.282	0.337	
46	0.338	0.352	0.291	0.309	0.319	0.398	0.233	0.233	0.281	
47	0.419	0.346	0.359	0.299	0.238	0.419	0.386	0.386	0.444	
48	0.419	0.376	0.368	0.332	0.502	0.444	0.462	0.462	0.462	
49	0.434	0.458	0.379	0.402	0.384	0.236	0.236	0.236	0.246	
50	0.277	0.299	0.341	0.334	0.325	0.206	0.207	0.207	0.158	
51	0.272	0.328	0.402	0.345	0.307	0.203	0.154	0.154	0.204	
52	0.205	0.220	0.251	0.344	0.293	0.143	0.185	0.185	0.185	
53	0.416	0.332	0.279	0.270	0.239	0.344	0.319	0.319	0.418	
54	0.501	0.420	0.258	0.249	0.286	0.358	0.389	0.389	0.403	
55	0.331	0.286	0.201	0.166	0.221	0.221	0.221	0.221	0.285	
56	0.419	0.318	0.345	0.371	0.321	0.313	0.331	0.331	0.386	
57	0.363	0.322	0.296	0.318	0.312	0.329	0.342	0.342	0.345	
58	0.270	0.261	0.293	0.228	0.261	0.183	0.238	0.238	0.197	

表 7-1-1 大樓興建前各測點在 16 個方向角之無因次風速

測點	S	風速				風速				風速				風速			
		SSW	SW	WN	WNW	N	NNE	NE	EEN	EE	ES	SSE					
1	0.223	0.234	0.254	0.387	0.425	0.453	0.411	0.407	0.239	0.238	0.196	0.242	0.255	0.540	0.669	0.450	
2	0.338	0.186	0.225	0.322	0.366	0.367	0.291	0.277	0.197	0.234	0.205	0.218	0.266	0.471	0.626	0.446	
3	0.257	0.226	0.274	0.418	0.446	0.448	0.433	0.404	0.303	0.496	0.303	0.303	0.303	0.493	0.447		
4	0.255	0.221	0.270	0.389	0.386	0.414	0.379	0.354	0.415	0.303	0.126	0.139	0.177	0.383	0.400	0.292	
5	0.188	0.202	0.121	0.360	0.363	0.403	0.336	0.329	0.533	0.401	0.225	0.133	0.209	0.238	0.284	0.366	
6	0.183	0.154	0.246	0.421	0.439	0.468	0.399	0.406	0.479	0.271	0.087	0.130	0.065	0.032	0.224	0.339	
7	0.327	0.308	0.370	0.495	0.416	0.385	0.370	0.370	0.489	0.681	0.430	0.366	0.380	0.394	0.526	0.614	
8	0.080	0.131	0.110	0.425	0.422	0.328	0.340	0.340	0.195	0.303	0.053	0.122	0.117	0.061	0.337	0.652	
9	0.233	0.248	0.433	0.495	0.493	0.422	0.441	0.441	0.453	0.290	0.209	0.198	0.197	0.189	0.258	0.464	
10	0.312	0.265	0.315	0.390	0.420	0.432	0.398	0.441	0.382	0.231	0.092	0.464	0.464	0.300	0.251	0.208	
11	0.236	0.212	0.260	0.405	0.405	0.516	0.520	0.548	0.305	0.260	0.242	0.243	0.243	0.236	0.350		
12	0.271	0.202	0.260	0.417	0.436	0.510	0.451	0.475	0.499	0.619	0.559	0.529	0.437	0.266	0.417	0.635	
13	0.185	0.110	0.122	0.239	0.209	0.170	0.246	0.288	0.225	0.410	0.467	0.382	0.257	0.184	0.177	0.192	
14	0.257	0.189	0.272	0.372	0.371	0.416	0.397	0.393	0.195	0.206	0.219	0.339	0.390	0.251	0.321	0.508	
15	0.150	0.178	0.092	0.322	0.328	0.454	0.406	0.412	0.616	0.626	0.614	0.577	0.275	0.120	0.352	0.640	
16	0.163	0.100	0.123	0.202	0.367	0.393	0.326	0.223	0.518	0.660	0.579	0.494	0.485	0.408	0.371	0.389	
17	0.215	0.145	0.168	0.307	0.462	0.477	0.443	0.371	0.617	0.539	0.463	0.384	0.415	0.415	0.428		
18	0.248	0.250	0.251	0.463	0.378	0.489	0.441	0.341	0.472	0.767	0.326	0.271	0.358	0.271	0.421	0.661	
19	0.246	0.191	0.182	0.266	0.302	0.301	0.286	0.280	0.466	0.733	0.623	0.323	0.348	0.449	0.658	0.738	
20	0.208	0.179	0.185	0.400	0.406	0.429	0.382	0.365	0.479	0.620	0.374	0.251	0.302	0.432	0.552	0.591	
21	0.209	0.225	0.276	0.445	0.445	0.464	0.420	0.404	0.532	0.536	0.282	0.273	0.239	0.371	0.480	0.590	
22	0.199	0.190	0.305	0.323	0.323	0.340	0.349	0.410	0.610	0.443	0.378	0.179	0.252	0.205	0.520	0.721	
23	0.213	0.242	0.425	0.378	0.416	0.381	0.382	0.419	0.529	0.659	0.624	0.473	0.359	0.209	0.402	0.638	
24	0.252	0.267	0.437	0.419	0.457	0.416	0.402	0.422	0.593	0.733	0.623	0.419	0.301	0.254	0.449	0.654	
25	0.330	0.231	0.369	0.404	0.395	0.317	0.319	0.319	0.405	0.485	0.485	0.385	0.175	0.258	0.228	0.198	
26	0.339	0.314	0.396	0.438	0.458	0.443	0.425	0.452	0.368	0.364	0.381	0.351	0.311	0.320	0.257	0.261	
27	0.413	0.371	0.414	0.555	0.548	0.527	0.469	0.422	0.378	0.390	0.626	0.496	0.425	0.420	0.613	0.796	
28	0.266	0.210	0.234	0.366	0.366	0.449	0.441	0.410	0.223	0.533	0.673	0.737	0.639	0.590	0.428	0.390	
29	0.219	0.188	0.230	0.387	0.423	0.466	0.405	0.371	0.471	0.395	0.267	0.268	0.475	0.566	0.469	0.306	
30	-	-	-	-	-	-	-	-	0.732	0.249	0.241	0.201	0.155	0.208	0.223	0.234	
31	-	-	-	-	-	-	-	-	0.246	0.274	0.325	0.559	0.730	0.770	0.757	0.721	
32	-	-	-	-	-	-	-	-	0.224	0.197	0.219	0.459	0.871	0.733	0.781	0.654	
33	-	-	-	-	-	-	-	-	0.277	0.391	0.495	0.535	0.871	0.733	0.707	0.776	
34	-	-	-	-	-	-	-	-	0.307	0.415	0.522	0.553	0.877	0.730	0.707	0.771	
35	-	-	-	-	-	-	-	-	0.427	0.540	0.505	0.571	0.877	0.730	0.707	0.771	
36	-	-	-	-	-	-	-	-	0.828	0.826	0.826	0.246	0.122	0.148	0.125	0.341	
37	-	-	-	-	-	-	-	-	0.311	0.177	0.208	0.213	0.130	0.237	0.201	0.133	
38	-	-	-	-	-	-	-	-	0.454	0.513	0.384	0.425	0.271	0.223	0.260	0.325	
39	-	-	-	-	-	-	-	-	0.307	0.377	0.316	0.320	0.259	0.239	0.221		
40	-	-	-	-	-	-	-	-	0.412	0.628	0.697	0.558	0.430	0.355	0.240	0.330	
41	-	-	-	-	-	-	-	-	0.551	0.600	0.435	0.447	0.544	0.524	0.349	0.524	
42	-	-	-	-	-	-	-	-	0.387	0.678	0.429	0.284	0.283	0.226	0.232	0.550	
43	-	-	-	-	-	-	-	-	0.333	0.373	0.288	0.244	0.213	0.217	0.475	0.752	
44	-	-	-	-	-	-	-	-	0.514	0.415	0.236	0.113	0.101	0.122	0.613	1.020	
45	0.161	0.321	0.397	0.386	0.360	0.362	0.315	0.282	0.266	0.317	0.297	0.309	0.291	0.196	0.321		
46	0.078	0.170	0.310	0.276	0.319	0.323	0.339	0.263	0.209	0.303	0.346	0.346	0.277	0.088	0.261		
47	0.407	0.290	0.287	0.321	0.256	0.308	0.363	0.361	0.303	0.323	0.262	0.194	0.277	0.427	0.518		
48	0.375	0.295	0.316	0.376	0.342	0.387	0.365	0.414	0.420	0.352	0.292	0.288	0.365	0.483	0.378		
49	0.189	0.238	0.417	0.468	0.471	0.500	0.453	0.453	0.538	0.524	0.229	0.274	0.351	0.411	0.495		
50	0.185	0.178	0.236	0.205	0.229	0.338	0.285	0.263	0.270	0.319	0.308	0.286	0.153	0.188	0.227		
51	0.199	0.215	0.237	0.244	0.209	0.230	0.263	0.263	0.287	0.312	0.312	0.292	0.255	0.177	0.232		
52	0.209	0.135	0.170	0.201	0.288	0.328	0.287	0.219	0.424	0.513	0.280	0.361	0.380	0.173	0.275		
53	0.360	0.308	0.181	0.219	0.311	0.451	0.485	0.536	0.511	0.388	0.261	0.289	0.322	0.332	0.368		
54	0.339	0.317	0.213	0.188	0.210	0.313	0.303	0.515	0.602	0.519	0.402	0.285	0.300	0.350	0.375		
55	0.178	0.157	0.154	0.102	0.101	0.234	0.234	0.263	0.294	0.317	0.317	0.293	0.243	0.192	0.202		
56	0.259	0.244	0.277	0.284	0.274	0.402	0.395	0.440	0.333	0.297	0.255	0.353	0.297	0.330			
57	0.337	0.341	0.347	0.339	0.276	0.294	0.386	0.382	0.317	0.317	0.318	0.318	0.308	0.354			
58	0.157	0.244	0.236	0.236	0.238	0.300	0.246	0.246	0.244	0.244	0.242	0.242	0.241	0.253	0.201		

表 7-1-2 大樓興建前各測點在 16 個方向角之無因次化風速

測點	S	風速				風速				風速				風速			
		SSW	SW	WN	NNW	N	NNE	NE	EEN	EE	ES	SSE					
1	0.223	0.234	0.254	0.387	0.425	0.453	0.411	0.407	0.239	0.238	0.196	0.242	0.255	0.540	0.669	0.450	
2	0.338	0.186	0.225	0.322	0.366	0.367	0.291	0.277	0.197	0.234	0.205	0.218	0.266	0.471	0.626	0.446	
3	0.257	0.226	0.274	0.418	0.446	0.448	0.433	0.433	0.700	0.504	0.303	0.126	0.139	0.493	0.447		

O 表示符合標準, 發生頻率超過 90%  
△ 表示符合標準, 發生頻率 80%~90%  
× 表示不符合標準

表 7-3 依據行人舒適性標準(一)所得之環境風場評估

測點分佈		興建前評估性等級		興建後舒適性等級	
人	點 1	快步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
出	點 2	快步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
入	點 3	慢步行走	快步行走	慢步行走	短時間站坐
口	點 4	快步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
主	點 5	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
道	點 6	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
物	點 7	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
四	點 8	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
門	點 9	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
人	點 10	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
行	點 11	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
道	點 12	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
物	點 13	短時間站坐	短時間站坐	慢步行走	慢步行走
四	點 14	短時間站坐	短時間站坐	慢步行走	慢步行走
門	點 15	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
人	點 16	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
行	點 17	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
道	點 18	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
物	點 19	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
四	點 20	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
門	點 21	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
人	點 22	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
行	點 23	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
道	點 24	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
物	點 25	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
四	點 26	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
門	點 27	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
人	點 28	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
行	點 29	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
道	點 30	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
物	點 31	慢步行走	慢步行走	行走不舒適	行走不舒適
四	點 32	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
門	點 33	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
人	點 34	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
行	點 35	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
道	點 36	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
物	點 37	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
四	點 38	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
門	點 39	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
人	點 40	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
行	點 41	慢步行走	慢步行走	快步行走	快步行走
道	點 42	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
物	點 43	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
四	點 44	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
門	點 45	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
人	點 46	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
行	點 47	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
道	點 48	慢步行走	慢步行走	慢步行走	慢步行走
物	點 49	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
四	點 50	慢步行走	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
門	點 51	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
人	點 52	短時間站坐	短時間站坐	慢步行走	慢步行走
行	點 53	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
道	點 54	長時間站坐	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐
物	點 55	慢步行走	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
四	點 56	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
門	點 57	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
人	點 58	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
行	點 59	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐
道	點 60	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐	短時間站坐

表 7-4 依據行人舒適性標準(二)所得之環境風場評估

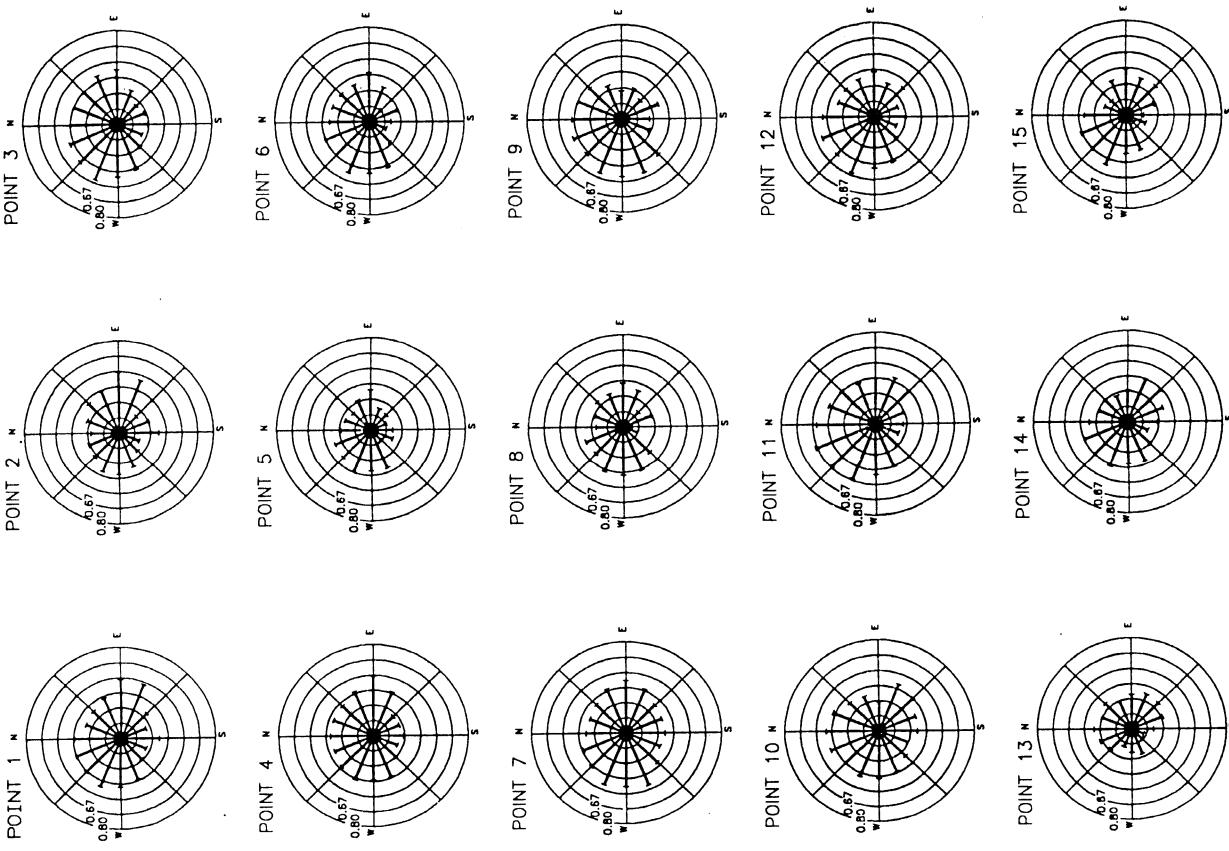


圖 7-1-1 大樓興建前各測點之無因次化風速風向花圖

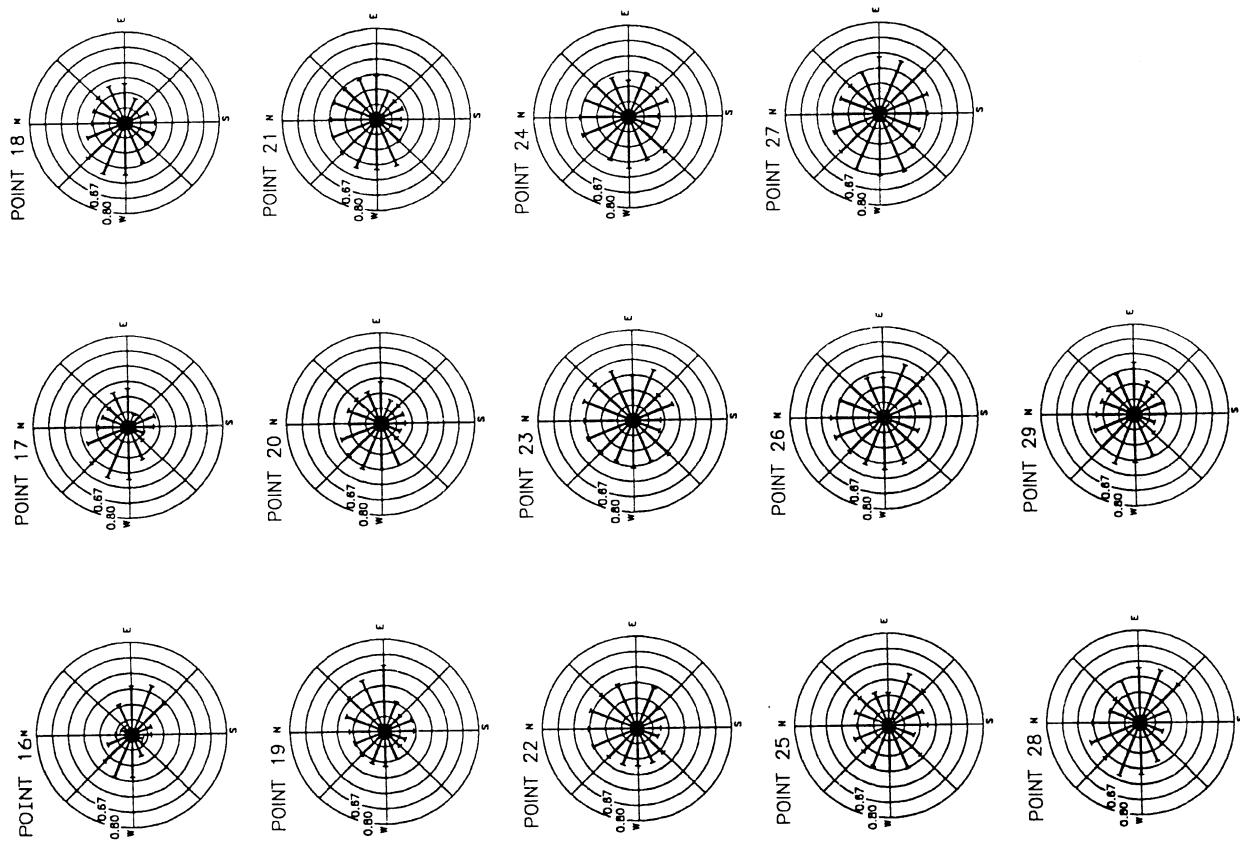


圖 7-1-2 大樓興建前各測點之無因次化風速風花圖

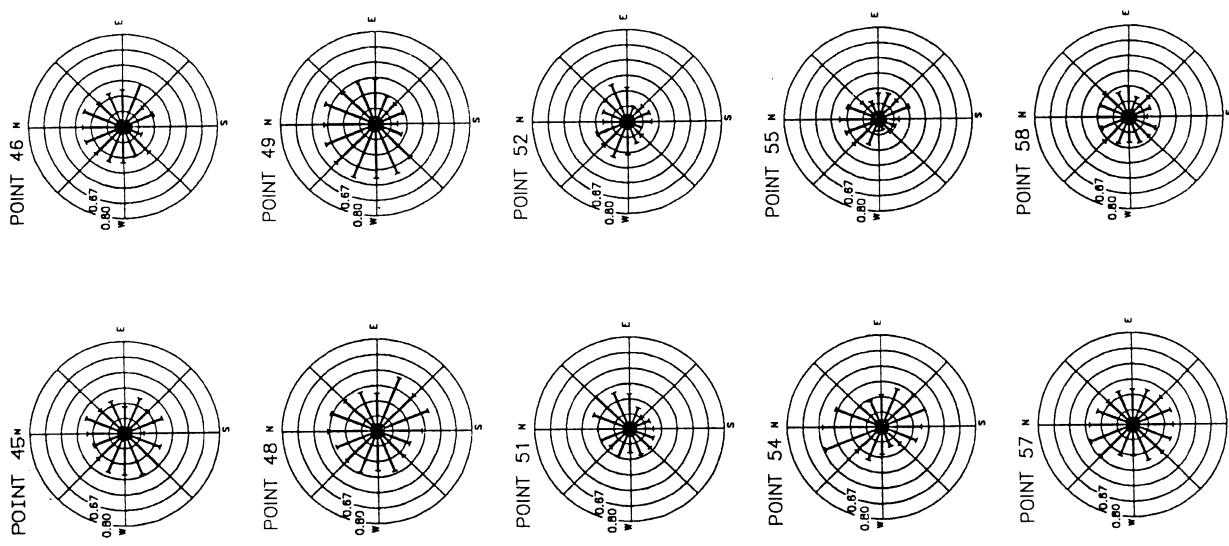


圖 7-1-3 大樓興建前各測點之無因次化風速風花圖

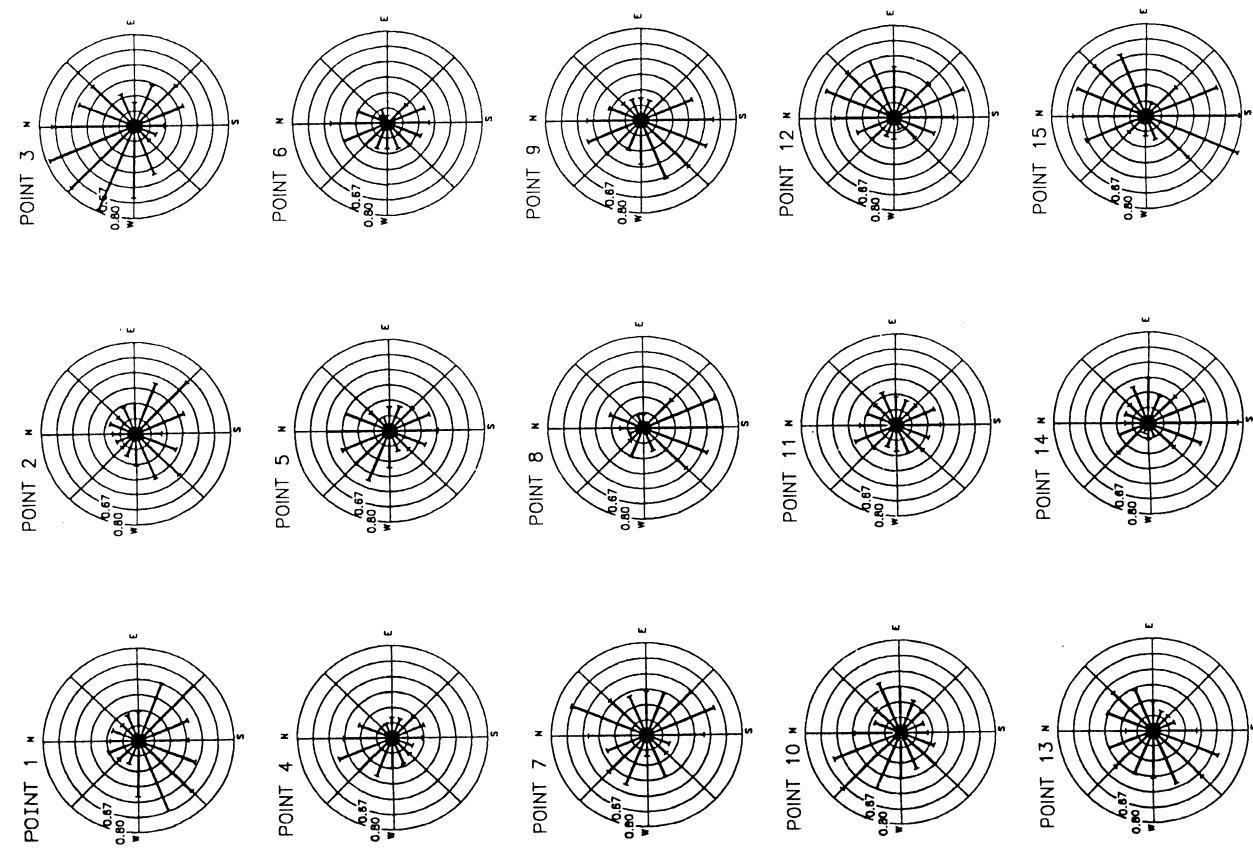


圖 7-2-1 大樓興建後各測點之無因次化風速風向圖

TKU project 89-9-1

7-13

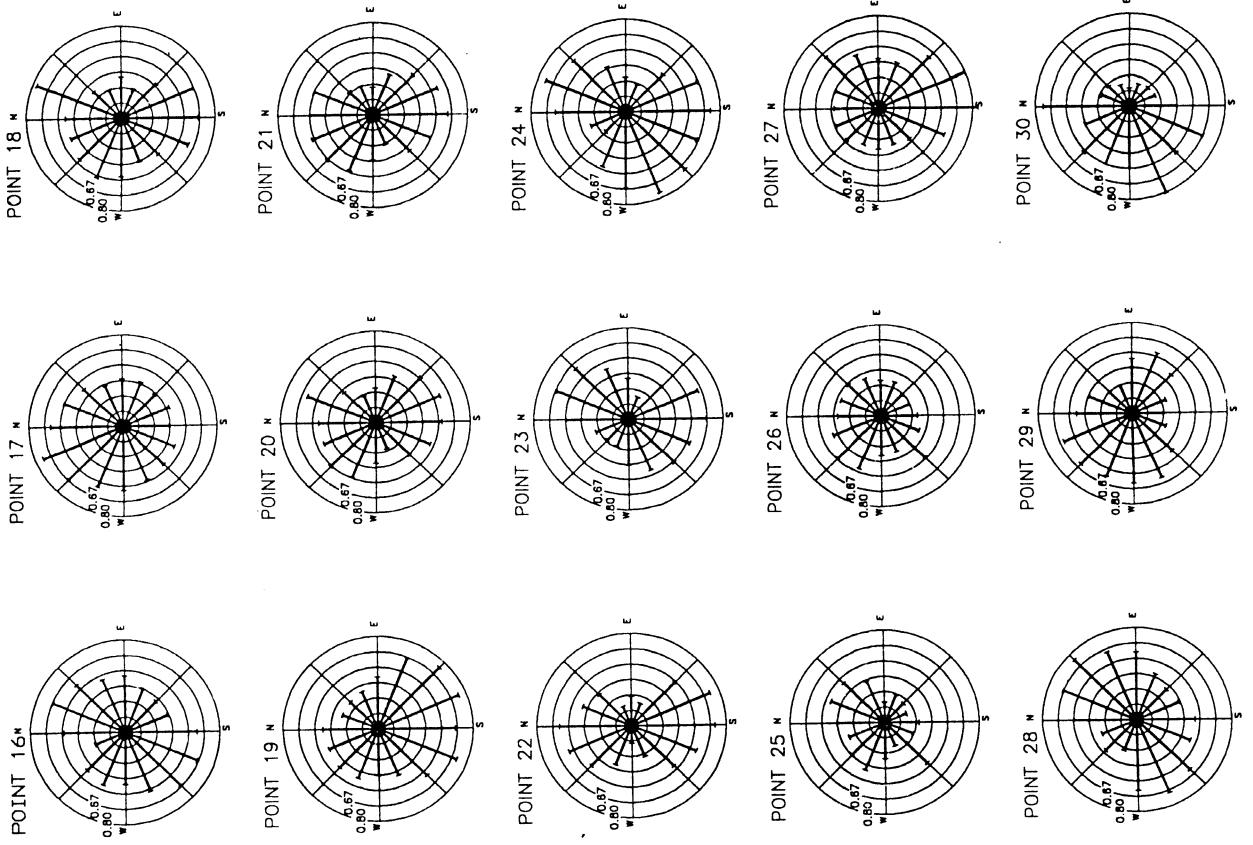


圖 7-2-2 大樓興建後各測點之無因次化風速風向圖

TKU project 89-9-1

7-14

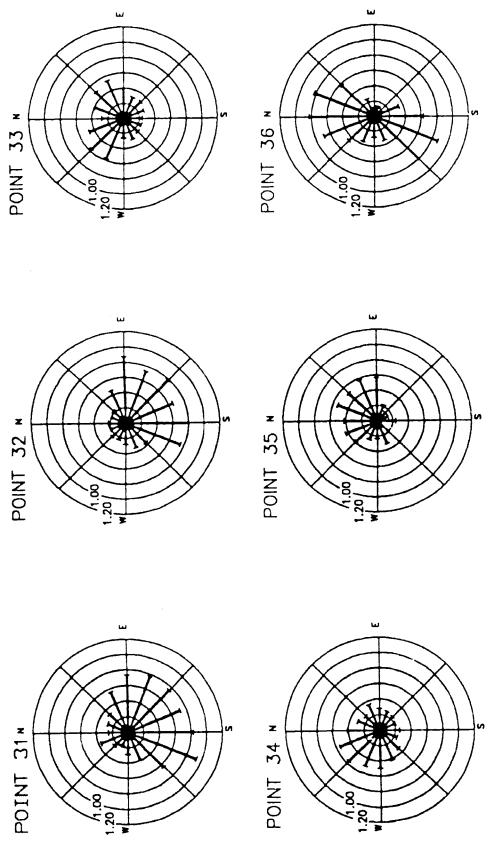


圖 7-2-3 大樓興後各測點之無因次化風速風向圖

TKU project 89-9-1

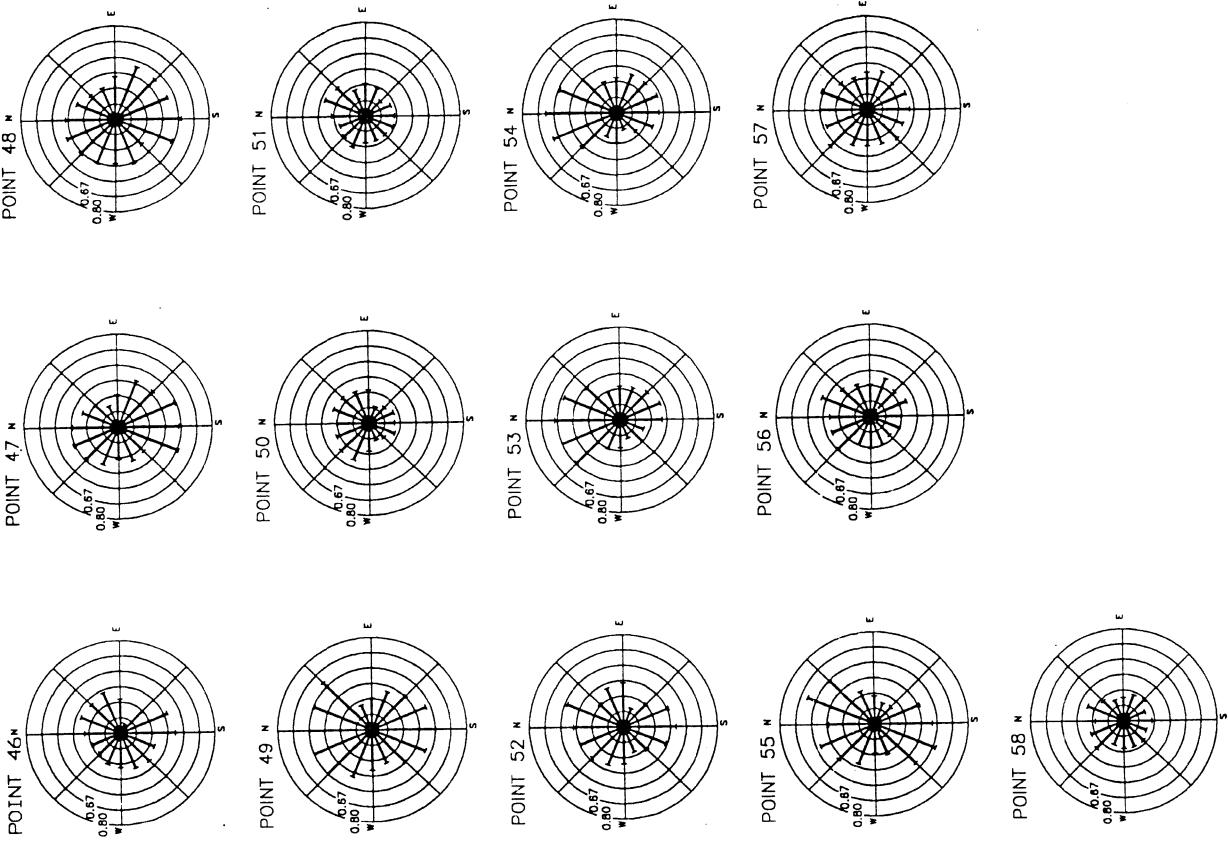


圖 7-2-4 大樓興後各測點之無因次化風速風向圖

TKU project 89-9-1

## 第八章

### 結論與建議

## 第八章 結論與建議

大樓興建後對非基地內的風場環境大體上無太大影響，而基地內因風向關係，評估結果對於建築物東南隅一帶，風速較有影響。

- a. 根據行人舒適性評估標準（一）所得結果，興建基地因原為一片空地，所以該處風速稍高，但所有測點均滿足分類為“坐”的風場要求。大樓落成後對鄰近人行道、十字路口街角、學校等處的地面風場影響不大。而在建築基地內除車輛出入口測點 28 及頂樓東面的測點 30、31 外，滿足“站”的舒適性標準外。其餘所有測點，均滿足“坐”的舒適性標準。
- b. 根據行人舒適性評估標準（二）所得結果，在大樓興建之前幾乎所有的測點皆不適合長時間站坐，而位於基地內之測點之測點也大多不適合短時間站坐。其餘街角及人行道的測點則大多不適合長時間站坐，其中測點 48、49 及位於基河二期國宅內部道路的測點 56 較不適合短時間站坐。大樓落成後幾乎所有的測點和興建前一樣皆不適合長時間站坐，而人行出入口及鄰近建築物人行步道及車道上各測點亦多不適合短時間站坐。但其中測點 12、15、16、27、28 評估結果會有慢步甚至快步行走較不舒適的狀況。另外，在大樓各層樓頂的露天休憩區中，測點 30、31 因位於屋頂，評估結果在快步亦有不舒適性，故並不適合做露天休憩。而其餘規劃為露天花園的地區如測點 33、35 及規劃為游泳池及露天餐廳的測點 40、41 亦有慢步不舒適的狀況，若要從事此用途可能還需加設擋風設施以提升其舒適性。在基地以外的街角及人行道和學校預定地的測點除了位於基河二期國宅前樂群二路前的測點 55、及國宅內部車道上測點 56 但和興建前比較因受大樓所造成氣流尾跡影響其評估結果稍有變差外，其餘和開發前幾乎相同，所以大樓興建對該處應影響不大。

本案基地位於大直重劃區，因該處原為一片空地，而且除了南面的基河二期國宅外幾乎都為尚未開發之空地，所以除了南風及西南風外其餘風向都會使該處風速相當高。整體而言，根據評估結果，大樓興建後對風速影響較大的地區有下列幾處，在建築物東南角的測點 12、15、16、27、28 評估結果較差，但因本試驗未設植栽

所以結果較保守，若在各開放空間或人行道加設植被栽則應有不少改善效果。而在各層樓屋頂活動休憩區方面，頂樓的測點 31、32 較不適宜做休憩區。而六、七層樓頂之空中花園及露天餐廳則需加設擋風措施以求提高舒適性。其餘非鄰近大樓的地區則影響不大。

參考文獻

## 參考文獻

- [2.1]Carl , D.M., Tarbell,T.C., and Panofsky , H.A. “Profiles of Wind and temperature from towers over homogeneous terrain”, J.Atmos. Sci.,30 (1972), pp.788-794.
- [2.2]Davenport, A. G. “The relationship of wind structure to wind loading ”, Proceedings of the Symposium on Wind Effects on Buildings and Structures, Vol.1, National Physical Laboratory, Teddington, U. K., HMSO, London, (1965), pp.53-102.
- [2.3]American National Standard A58.1-1982. Minimum Design Codes for Buildings and Other Structures, ANSI, Inc., New York, (1982).
- [2.4]Cook, N. J. “The designer's guide to wind loading of building structures, Part I: Background, damage survey, wind data and structural classification”, Building Research Establishment Report, London, Butterworths, (1985).
- [2.5]ESDU(1982) Strong winds in the atmospheris boundary layer, Part I mean-hourly wind speeds. ESDU Data Item NO.8026, Engineering Sciences Data Unit, London, 51P.
- [2.6]蔡益超、陳瑞華、項維邦。建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂。內政部建築研究所專題研究計劃成果報告。MOIS-850015 , 中華民國85年6月
- [2.7]Cermak,J.E. “Application of fluid mechanics to wind engineering”. A Freeman Scholar Lecture, ASME J.of Fluids Engineering, 97 , No.1, (1975), pp.9-38.
- [2.8]Davenport,A.G.and Isyumov,N. “ The application of the boundary layer wind tunnel to the prediction of wind loading ”: Proceedings of International Research Seminar ,Wind Effects on Buildings and Structures , (1967), pp.210-230.
- [2.9]Cermak,J.E and Arya,S.P.S.“Problems of atmospheric shear flow and their laboratory simulation ”. Boundary Layer Meteorology, I, (1970), pp. 40-60 .
- [3.1]Williams, C.J., and Soligo M.J., “ A Discussion of the Components for a Comprehensive Pedestrian Level Comfort Criteria”, Eighth International Conference on Wind Engineering, London. (1991).
- [3.2]Lawson, T.V., and Penwarden, A.D., “The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings”, Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, United Kingdom, (1976), pp. 605-622.
- [3.3]Penwarden, A.D., and Wise, A.F.E., “Wind Environment around Buildings” Building research Establishment Report H.M.S.O. (1975).
- [3.4]Hunt, J.C.R., Poulton, E.C., and Mumford, J.C., “The Effects of Wind on People; New Criteria Based on Wind Tunnel Experiments”, Building and Environment, Vol. II, (1976), pp.15-28.
- [3.5]Isyunov, N., and Davenport, A.G., “The Ground Level Wind Environment in Build-Up Areas”, Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, United Kingdom, (1976), pp.403-422.
- [3.6]Davenport, A.G., “An Approach to Human Comfort Criteria for Environmental Wind Conditions”, Colloquium on Building Climatology, Stockholm, (1972).
- [3.7]Isyunov, N., “Studies of the Pedestrian Level Wind Environment at the Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory of University of Western Ontario”, Journal of Industrial Aerodynamics, Vol. 3, (1978), pp.187-200.
- [3.8]Wind Tunnel Testing: A General Outline, Report of the Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, University of Western Ontario, (1991).
- [3.9]Cermak,J.E.d Arya,S.P.S.“Problems of atmospheric shear flow and their laboratory simulation ”. Boundary Layer Meteorology, I,(1970), pp.40-60 .
- [3.10]Penwarden, A.D., “Acceptable wind speeds in towns”, Building Science. Vol.8, (1973), pp.259-267.

[4.1]Frank,H.Durgin,"Pedestrian level Wind Criteria Using the Equivalent anerage," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,Vol. 66, pp.215-226,1997

[5.1]Hunt, J. C. R & Femholz, H. 1975 Wind-tunnel simulation of the atmospheric boundary layer: a report on Euromech 50, J. F. M, 70, pt. 3, pp.543-559

[5.2]TSI Incorporated, IFA 300 Constant Temperature Anemometer System Instruction Manual. May, 1997.

[5.3]Irwin , H.P.A.H. "A Simple omnidirectional sensor for wind-tunnel studies of pedestrian-level winds". J. of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics.7 (1981), pp.219-239.