

不同街谷形式對都市風場之影響¹

邱英浩² 吳孟芳³ 譚政泓⁴

摘要

本研究將探討不同街道尺度與建築物排列形式所導致之都市風場環境，因於街道進行實際量測較為困難且耗費時間與人力，為能考量不同環境參數可能對風場微氣候所造成之影響，本研究除利用計算流體力學(CFD)與實測數據之比較，以證明CFD於相關研究可信度之外，並利用CFD數值模擬方法進行不同街道尺度與建築排列形式之都市風場模擬，主要探討參數為不同風速、街道尺度及建築排列形式所形成之環境風場，以了解不同街道尺度與建築排列形式之平均流速比變化，期望最終結果能成為建築設計及都市規劃之參考依據。

關鍵字：都市風場、街道尺度、平均流速比、計算流體力學

¹ 本研究為行政院國家科學委員會'96年度「應用遙測與GIS探討都會地區風環境規劃方法與策略」(計畫編號NSC96-2221-E-034-024)研究計畫之部份研究成果，在此特別感謝行政院國家科學委員會之獎助。

² 中國文化大學建築及都市計畫研究所 助理教授

³ 中國文化大學建築及都市計畫研究所 建築動態運算模擬研究室 專任助理

⁴ 中國文化大學建築及都市計畫研究所 碩士研究生

投稿日期：2008年09月16日；第一次修正：2008年11月18日；接受日期：2008年12月03日。



The Effects of Various Types of Street Canyons on the Urban Wind Environment

Yin-Hao Chiu

Assistant Professor, Dept. of Arch and Urban Design, Chinese Culture University

Meng-Fang Wu

Assistant, Dept. of Arch and Urban Design, Chinese Culture University

Cheng-Hung Tan

Master, Dept. of Arch and Urban Design, Chinese Culture University

Abstract

The present investigation aims at exploring the urban wind environment due to the various dimensions of streets and building layouts. Such a study which involves field measurement and long term monitoring is expected and the consumption of cost is high. In order to determine the effects of several parameters which may influence the urban wind environment, CFD was employed after the validation of CFD by the comparison with field measurement results. The effects of various scales of street canyons and layouts were simulated by means of CFD and the factors studied herein include the street aspect ratio, building layout and wind speed. The average velocity ratio was used for the analysis of wind environment. Optimistically, the result obtained from this work can be useful for the architectural design and urban planning.

Keywords: Urban wind environment, urban aspect ratio, average velocity ratio Computational Fluid Dynamics



一、前言

因城鄉發展不均，都市人口因高就業機會及生活便利性而不斷增加。而當都市人口在有限的都市土地裡不斷的成長，為解決都市人口問題，都市中建築物亦漸朝高層化發展。高層建築雖解決了都市空間不足的問題，卻也因都市中建築物密集的發展而對都市的環境品質產生了許多負面的影響，包括如都市風環境的變化而造成污染物擴散、街谷風場導致周邊建築通風不良、行人風場不佳造成行人之不舒適感...等等問題，因此都市發展對於都市環境的影響是不容忽視的。都市的風場會因不同的建築物高度、寬度及街廓型式不同而有所改變，如當風吹過狹長之街谷時形成收縮效應，導致風速會加大或因為都市街谷狹窄，周邊建築物通風效能可能降低。因此本研究利用實際測量之方式，輔以計算流體力學(CFD)數值模擬方法進行不同街道尺度都市風場之模擬，嘗試瞭解不同街道尺度所產生之都市風場，主要研究目的在於：

(一)比較CFD與實測數據之差異，以證明CFD於相關研究之可信賴度。

(二)為初步了解都市環境風場，利用平均流速比分析不同都市街谷之差異：

以建築物高度與街道中心不同高度之比，進行平均流速比之分析，驗證不同街道尺度對平均流速之影響與變化，此無因次分析圖可為日後都市規劃師及建築師於建築配置或建築量體評估之參考，此圖表之應用極廣，僅需配合氣象資料及可於設計階段評估風場微環境之狀態。

二、都市行人風場理論探討

大氣層中愈靠近地表的氣流擾動愈大，紊流強度也愈高，加上都市中的高樓林立（密度高）將使大氣風場更加難以預測，容易對都市中行人風場造成影響，根據先前研究結果得知，行人風場是指離地面1.5~2.0公尺處之風場，直接的影響到行人安全性及舒適性(Hunt, J.C.R., Poulton, E.C., Mumford, J.C., 1976)。行人風場會受到許多因素影響，包括風速、風向、建築物的幾何外形、建築物群與排列形式，其中，建築群中不良的空氣品質與通風不良的街谷，都會造成空氣中污染物的累積，對於座落於臨界街谷的建築物而言，會產生嚴重的影響，包括影響行人之健康，以及週邊居民的生活品質。目前評估風場的方法有很多，較為常見的評估辦法是以製作建築物及其週遭建築物的縮尺模型，在風洞中模擬風場，並配合基地的實際氣候資料進行完整評估，並依據此結果來評估建築物與環境風場的變化：包括絕對評估法、相對評估法、發生機率評估法等，其中，以相對評估法最為常用，此種方法以風速比¹進行評估。該評估結果只能表示風速增減的程度。且評估風場時要視各區域的使用性質的不同，選擇適當的標準，例如露天咖啡廳之使用必須考量其「長時間逗留」、公園或開放廣場則考量「短時間逗留」即可，不同的活動性質與外部空間會有不同的行人風標準。如表1，其他各國不同的評估標準：

¹ 風速比：屋頂之基準風速與街谷風速之比值



表 1 各國所用之行人風評估標準

評估標準	舒適性等級	風速	範圍 (m/s)	發生機率底限
Lawson & Penwarden (1975)	1 長時間停留	\bar{U}	> 3.4	< 4.0 %
	2 站立	\bar{U}	> 5.5	< 4.0 %
Lawson & Penwarden (1975)	3 行走	\bar{U}	> 8.0	< 4.0 %
	4 不舒適	\bar{U}	> 13.9	> 2.0 %
Isyumov & Davenport (1975)	1 長時間停留	\bar{U}	> 3.6	< 1.5 %
	2 短時間停留	\bar{U}	> 5.3	< 1.5 %
	3 慢步行走	\bar{U}	> 7.6	< 1.5 %
	4 快步行走	\bar{U}	> 9.8	< 1.5 %
	5 危險	\bar{U}	> 15.1	> 0.02 %

資料來源：朱佳仁，2006。

三、研究流程、方法與模擬設定

以下分述本研究之研究流程、方法，以及數值模擬設定：

(一)研究流程

本研究首先確立研究動機與目的、文獻之收集與分析，及擬定研究方法與調查計畫。進而進行CFD模擬設定及驗證，最後針對所欲探討的問題與研究目的進行數據分析，以求得不同建築街谷對環境風場之影響(詳圖1)。



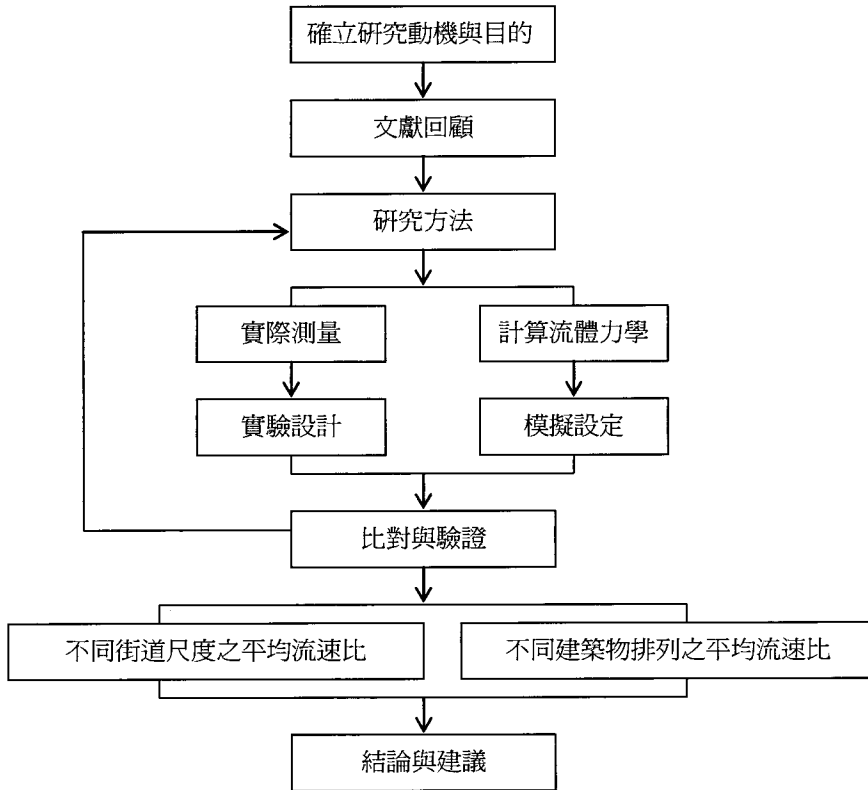


圖 1 研究流程圖

(二)研究方法

研究方法包括文獻回顧、數值模擬與數學模式，以下分述之：

1. 實際測量：蒐集不同測點中不受街道影響的基準風速(屋頂測站基準風速 U_r)，並於同時間於該街道進行量測街谷風速(人行道測站街谷風速 U)，以求得風速比($U_n=U/U_r$)，為降低量測之誤差值並增加可信度，量測時間及數據以越長且越多為佳，且各量測點的選定亦考量不同的街道尺度(如圖2)。測量所使用之儀器包括微型氣象站與熱線風速儀(圖3)。

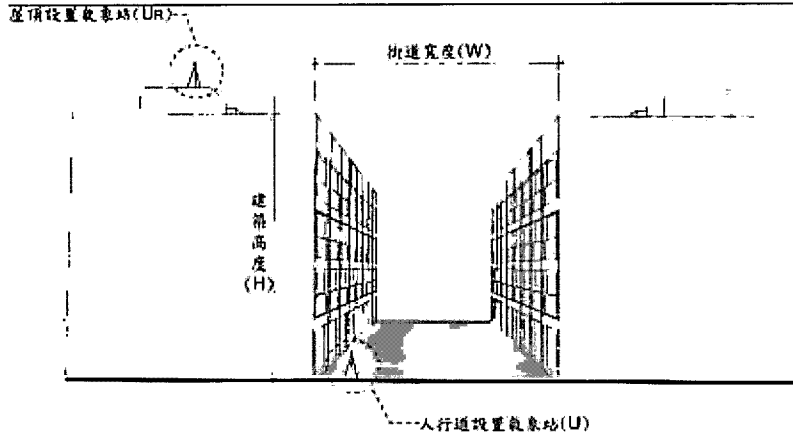


圖 2 量測點位置示意圖

資料來源：本研究繪製



圖 3 微型氣象站與熱線風速儀

資料來源：本研究繪製

在測量地點的選定部分，本研究主要進行建築形式為連棟之實際測量，調查不同街道尺度對環境風場之影響，因此本研究於台北市士林區葫蘆里內選定5種不同街道尺度(如表2)，其建築排列形式均為連棟式建築。

表2 實際測量測點街道尺度

測點	街道尺度	平面位置圖
測點 1	$H/W=15/9.33=1.6$	
測點 2	$H/W=15/8=1.87$	
測點 3	$H/W=18/8=2.25$	
測點 4	$H/W=15/6=2.5$	
測點 5	$H/W=18/4=4.5$	

資料來源：本研究整理

2. 數值模擬：計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)是建立於經典流體動力學、數值計算方法和計算機技術等基礎上，是研究流體動力學諸方程的數值解法以及運用數值方法解析流體流動現象。因此，本研究透過CFD之模擬與計算，分析出在不同風速下，不同街道尺度及建築排列形式之環境風場影響與變化(相關模擬設定如(三)說明)。
3. 資料分析：根據CFD所得之數據，以數學模型計算平均流速比，並將眾多結果以無因次方法簡化為可能於設計階段參考之圖表。



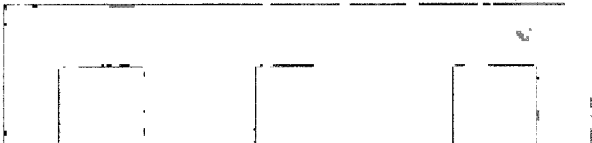



(三) 模擬設定

主要模擬設定包括：街道尺度、建築物排列形式、網格分割、計算場域及邊界條件，以下分述之：

1. 街道尺度

街道尺度(H/W)即為建築物高度與街道寬度之比，H=建築物高度，W=街道寬度，本研究主要模擬之街道尺度分為6種：0.5、1、2、3、4、5(詳表3)：

表3 街道尺度表

H/W-0.5 (H-12 m W-24 m)	H/W-3 (H-12 m W-4 m)
	
H/W-1 (H-12 m W-12 m)	H/W-4 (H-12 m W-3 m)
	
H/W-2 (H-12 m W-6 m)	H/W-5 (H-12 m W-2.4 m)
	

註：以固定建築物高度為例

資料來源：本研究繪製整理

2. 建築物排列形式


主要探討建築物排列形式包括：連棟及獨棟並排兩種：

(1)連棟建築

固定建築物大小(30 m*9 m)及高度 (12 m)，隨著不同街道尺度，街道寬度亦隨之變化(詳表4)：

表 4 連棟建築模擬變數

街道尺度 (H/W)	建築物 高度(m)	街道寬 度(m)
0.5	12	24
1	12	12
2	12	6
3	12	4
4	12	3
5	12	2.4



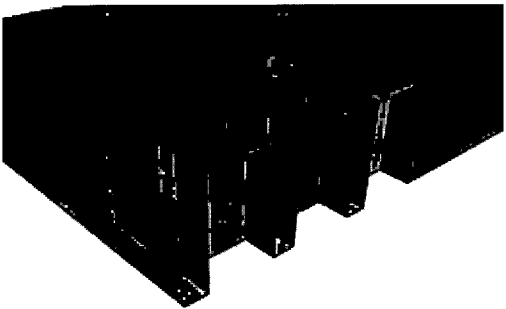
資料來源：本研究整理

(2)獨棟並排建築

固定建築物大小(18 m*18 m、18 m* 9 m)及街道寬度(6 m)，隨著不同街道尺度，建築物高度亦隨之變化(詳表5)：

表 5 獨棟並排建築模擬變數

街道尺度 (H/W)	建築物高度 (m)	街道寬度 (m)
0.5	3	6
1	6	6
2	12	6
3	18	6
4	24	6
5	30	6



資料來源：本研究整理

3. 網格分割

將欲計算區域區分為適當的格點，針對每個格點質量、動量及能量條件進行運算。一般而言通常於流況較複雜的開口部會增加網格數以獲得接近真實之精確數值。因此，本研究網格系統採用結構性網格，並在接近建築物的部份給予較密之隔點分布，以提高收斂的穩定性與較佳的收斂效果，並降低求解時間(詳圖4)。

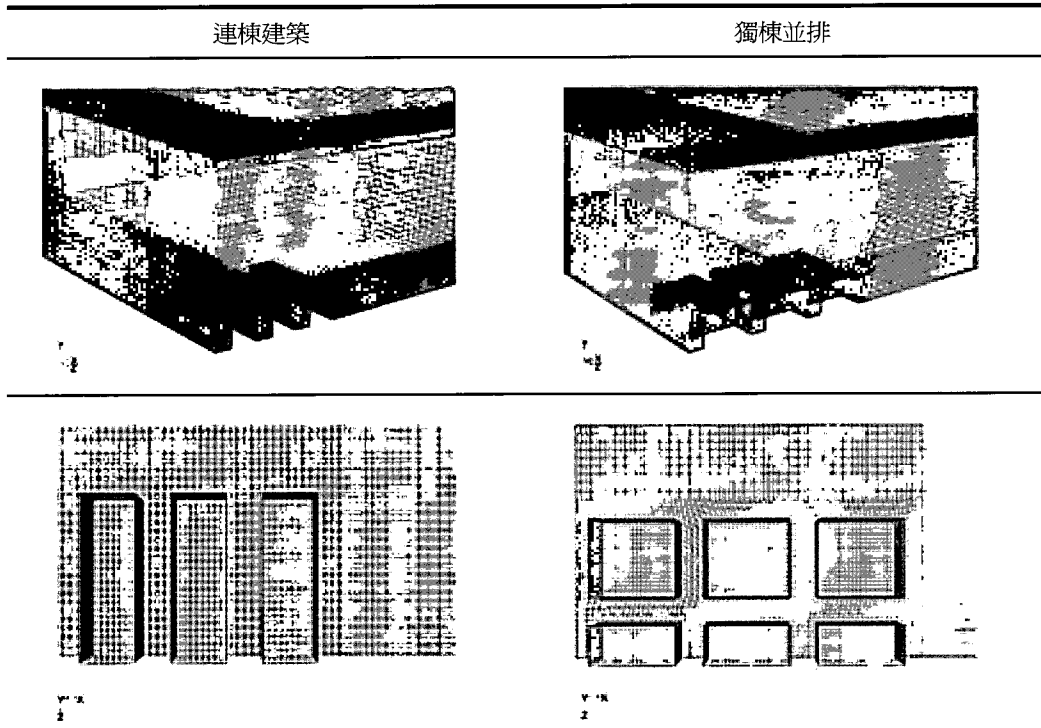


圖 4 網格分割(H/W-2)

資料來源：本研究繪製

4. 計算場域

計算場域因與建築物週遭的風場與建築物的幾何形狀、地物配置等皆有密切的關係，為避免阻塞效應影響計算結果，本研究參考先前研究採用經驗值，將側邊界設定為主建築物6倍寬度、上邊界為5倍建築物高度(圖5)。

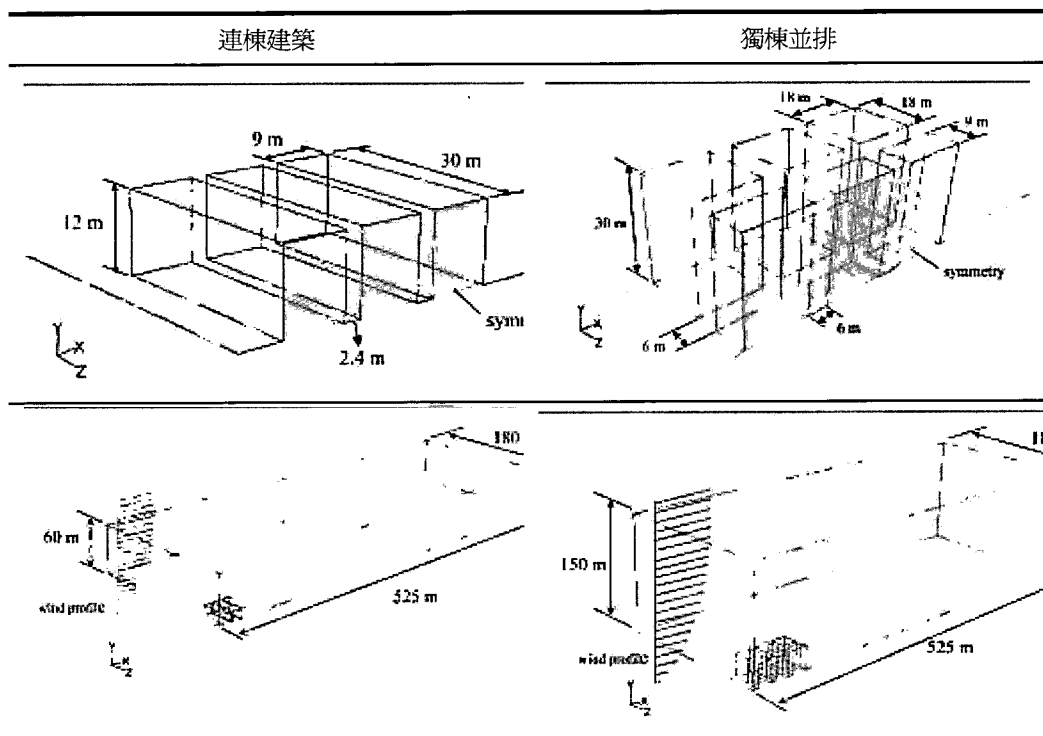


圖 5 計算域設定(H/W-5)

資料來源：本研究繪製

5. 邊界條件

進行CFD數值解析時，必須依據物理條件或相關研究文獻設定邊界值，設定值之正確與否將直接影響模擬結果，也會間接地影響收斂之速度。因此為能求得更接近真實的解答，故入風口處以風梯度作為邊界條件之設定，風梯度之計算主要依照表1及相關公式決定(式一)，出風口則設定為壓力出口，其他部分建築所接觸之下方設為地面，其餘外部空間之面皆設為對稱邊界條件，以降低阻塞比之影響且較符合真實大氣之狀況(表6、圖6)。



表 6 物件邊界設定

設定對象	邊界條件	變因	設定值
背景環境	--	壓力	1 atm
入風口	Velocity inlet (風梯度)	風速	2、3、4、8、12 m/s
		紊流強度	5%
地表、牆壁	wall	材質	--
其他外部風場	Symmetry	--	--
出風口	Pressure outlet	外部壓力	0
		風速	In cell
		外部紊流	In cell

資料來源：本研究整理

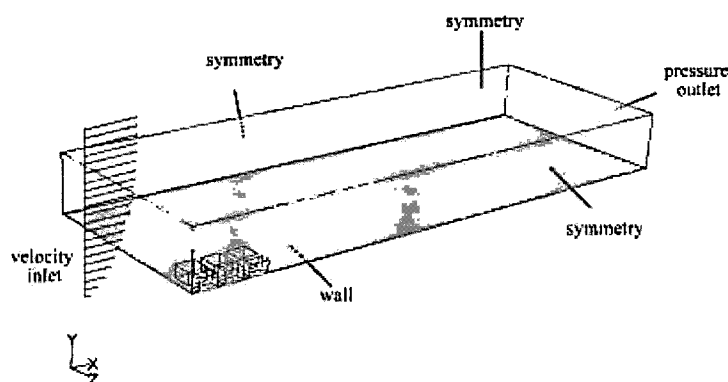


圖 6 邊界條件設定

資料來源：本研究繪製

於入風口處之風梯度部分，在不穩定的大氣狀態下，因地表附近之風速，受地表摩擦作用影響，使平均風速之分布形成一垂直分布的曲線，愈接近地面風速愈小。建築物的高度、植栽的種類、地形的起伏等，均會改變地表之摩擦情形而影響風速之分布。高層建築密集的都會地區，隨高度增加而風速增加較慢，而農村地區，隨高度增加而風速增加較快。此地表附近風速分布受地表粗糙狀況影響之範圍稱為大氣邊界層。大氣邊界層內風速分布，目前以指數律及對數律分布較為普遍，本研究之風梯度採取指數率方法計算。

$$\frac{U(z)}{U_0} = \left(\frac{z}{\delta}\right)^\alpha \dots\dots\dots (1)$$

U_0 = 邊界層外的風速，又稱梯度風速； δ ：梯度高度； α ：指數



其中梯度高度與指數，需視地表的粗糙程度而定，如表7，為British Standards Institution所建議之不同地況邊界層高度與指數。本研究所模擬之區域為大城市之市中心，因此設定指數為0.33，梯度高度為500公尺。

表 7 不同地況的邊界層高度與指數

地況分類	地況特性	說明	指數(α)	c	δ (m)
地況 A	大城市之市中心區	1. 大城市之市中心	0.33	0.21	500
		2. 或 50%以上之建築物高度大於 20 公尺			
地況 B	郊區、小市鎮	1. 郊區、小市鎮	0.25	0.35	400
		2. 或 50%以上建築物高度介於 10~20 公尺			
地況 C	開闊之平原	1. 地勢平坦之草原	0.20	0.52	300
		2. 地面零星散佈的地物高度皆小於 10 公尺			
地況 D	地勢平坦之海岸地區	1. 距海線 500 公尺	0.17	0.68	215

資料來源：BS 5925 (1991)

6. 紊流模型-標準 k-ε 模型

標準 k-ε 模型是典型的二方程模型，也是目前使用最廣泛的紊流模型。該模型是由Launder和Spalding於1972年提出的，在模型中，表示紊流耗散率的 ε 被定義為(朱佳仁，2006、王福軍，2007)：

$$\varepsilon = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial u_i'}{\partial x_k} \right) \left(\frac{\partial u_i'}{\partial x_k} \right) \dots\dots\dots (2)$$

紊流黏度 μ_t 可表示成 k 和 ε 函數，即：

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3)$$

C_μ 為經驗常數、k 和 ε 是兩個基本未知量，對應之方程式為：

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \dots\dots\dots (4)$$



$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \dots\dots(5)$$

G_k : 由平均速度梯度引起的紊動能 k 的產生項

G_b : 浮力引起的紊動能 k 的產生項

Y_M : 可壓縮紊流中的擴張

$C_{1\varepsilon}$ 、 $C_{2\varepsilon}$ 、 $C_{3\varepsilon}$: 經驗常數

σ_k 、 σ_ε : 與紊動能 k 和耗散率 ε 對應的Prandtl數

應用標準 $k-\varepsilon$ 模型求解流動及熱傳問題時，控制方程包括連續方程式、動量方程、能量方程、 k 方程與 ε 方程，若不考慮熱交換的單純流場計算問題，則不須包含能量方程，方程可表示成：

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\phi)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\phi)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\phi)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + S \dots\dots(6)$$

對於標準 $k-\varepsilon$ 模型的適用性，有幾點需要注意：

- (1)模型中的相關係數，主要是根據一些特殊條件下的試驗結果而確定的，在不同的案例討論不同的問題時，會產生不同的數值，因此需要在數值計算過程中針對特定的問題尋求更合理的數值。
- (2)當雷諾數比較低時，例如在接近牆壁的地方的流動，紊流發展並不充分，其影響不如分子黏性的影響大，流動可能產生層流狀態，因此，對於低雷諾數的流動使用便會產生問題，常用的解決方法有兩種：利用壁面函數法以及採用低雷諾數的 $k-\varepsilon$ 模型。
- (3)標準 $k-\varepsilon$ 模型在用於強旋流、彎曲壁面流動或彎曲流線流動時，會產生一定的誤差，原因在於標準 $k-\varepsilon$ 模型對於 Reynolds 應力的各個分量假定黏度係數是相同的，而在彎曲流線的情況下，紊流式多向性的，此為標準 $k-\varepsilon$ 模型之缺點，但本計算問題並無過多彎曲流動之情形，故採用此紊流模型應是足以解答類似問題。

四、數據分析

(一) CFD與實測數據之比較

本研究分別將CFD與實測數據經計算求得之風速比繪製成比較圖(如圖7、8)，將現場量測與數值模擬之數據相互比對，結果發現，CFD模擬所得之結果與實測所得之數據相近(如表八及圖七、八之標示虛線)。顯示出本研究於進行CFD模擬時所採用之數學模式、物理條件設定均屬於合理之範圍，由此證明CFD於相關研究具有一定的可信度，亦即後續研究若需探討更多不同街道尺度或不同建築排列形式之環境風場等，利用CFD之模擬亦可得到趨近於實際量測之結果，可更有效的節省時間與人力、物力並於設計階段直接運用。



表八 實測數據與 CFD 模擬風速比比較

街道尺 度	街谷-1			街谷-2		
	實測數據	CFD 模擬	誤差(%)	實測數據	CFD 模擬	誤差(%)
1.6	0.11	0.2	9 %	0.63	0.16	14 %
1.87	0.04	0.22	18 %	0.58	0.34	6 %
2.5	0.02	0.14	12 %	0.48	0.1	10 %

資料來源：本研究整理

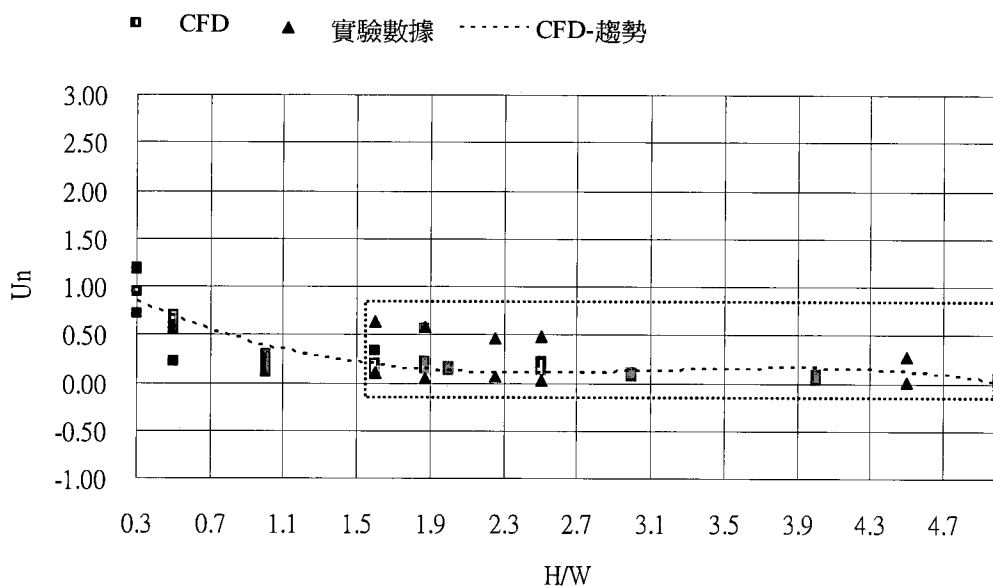


圖 7 CFD 與實測數據之比較(街谷 1)

資料來源：本研究繪製



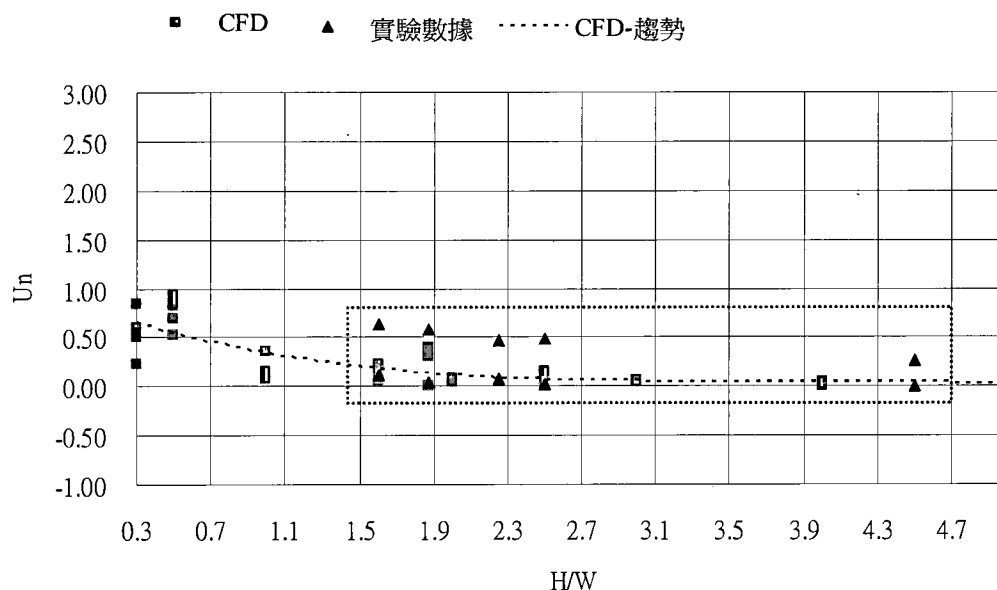


圖 8 CFD 與實測數據之比較(街谷 2)

資料來源：本研究繪製

(二) 數值模擬

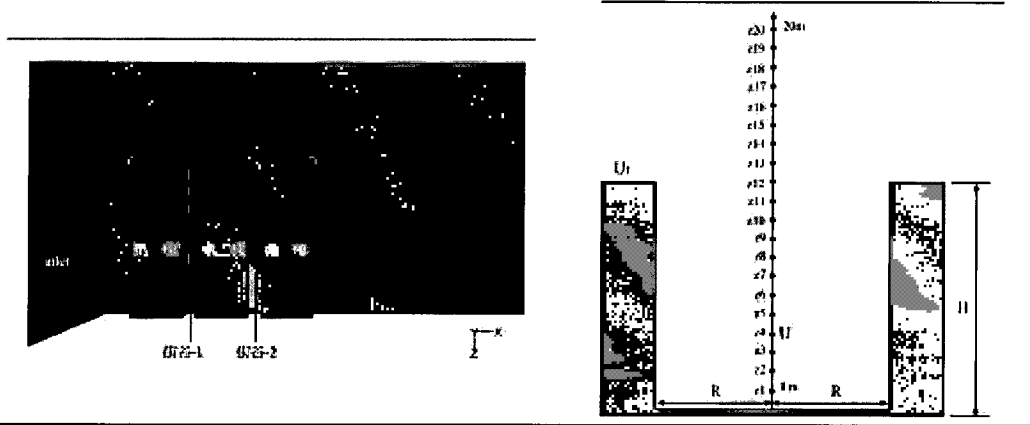
本研究主要在於探討不同建築排列形式對都市風場之影響，故以下分別針對兩種建築排列形式，進行平均流速比之分析與比較。為求不同風速於不同街道尺度中，建築物高度對平均流速比之影響與變化，本研究以無因次法，針對 Z/H 、 U/U_r 進行分析，其中： Z 為於兩棟建築物間、街道中間，高度每1公尺設定測點； H 為建築物高度(單位：m)； U 街谷內所設定每個 Z 測點之風速(單位：m/s)； U_r 與建築物同高之自由風速(單位：m/s)：

1. 連棟建築

如表九所示，設定 Z/H 為0.08~1.67，即建築物間測點高度為1~20公尺，主要在於探討不同街道尺度條件下，不同街谷內建築物高度對環境風場之影響：

表9 連棟建築 Z/H、U/Ur 說明

街道尺度(H/W)	建築物高度(H)	建築物間測點高度(Z)	Z/H
0.5	12 m	1~20 m	0.08~1.67
1	12 m	1~20 m	0.08~1.67
2	12 m	1~20 m	0.08~1.67
3	12 m	1~20 m	0.08~1.67
4	12 m	1~20 m	0.08~1.67
5	12 m	1~20 m	0.08~1.67

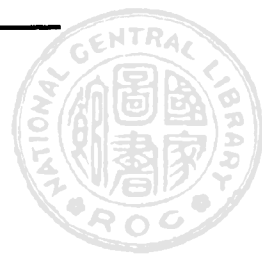
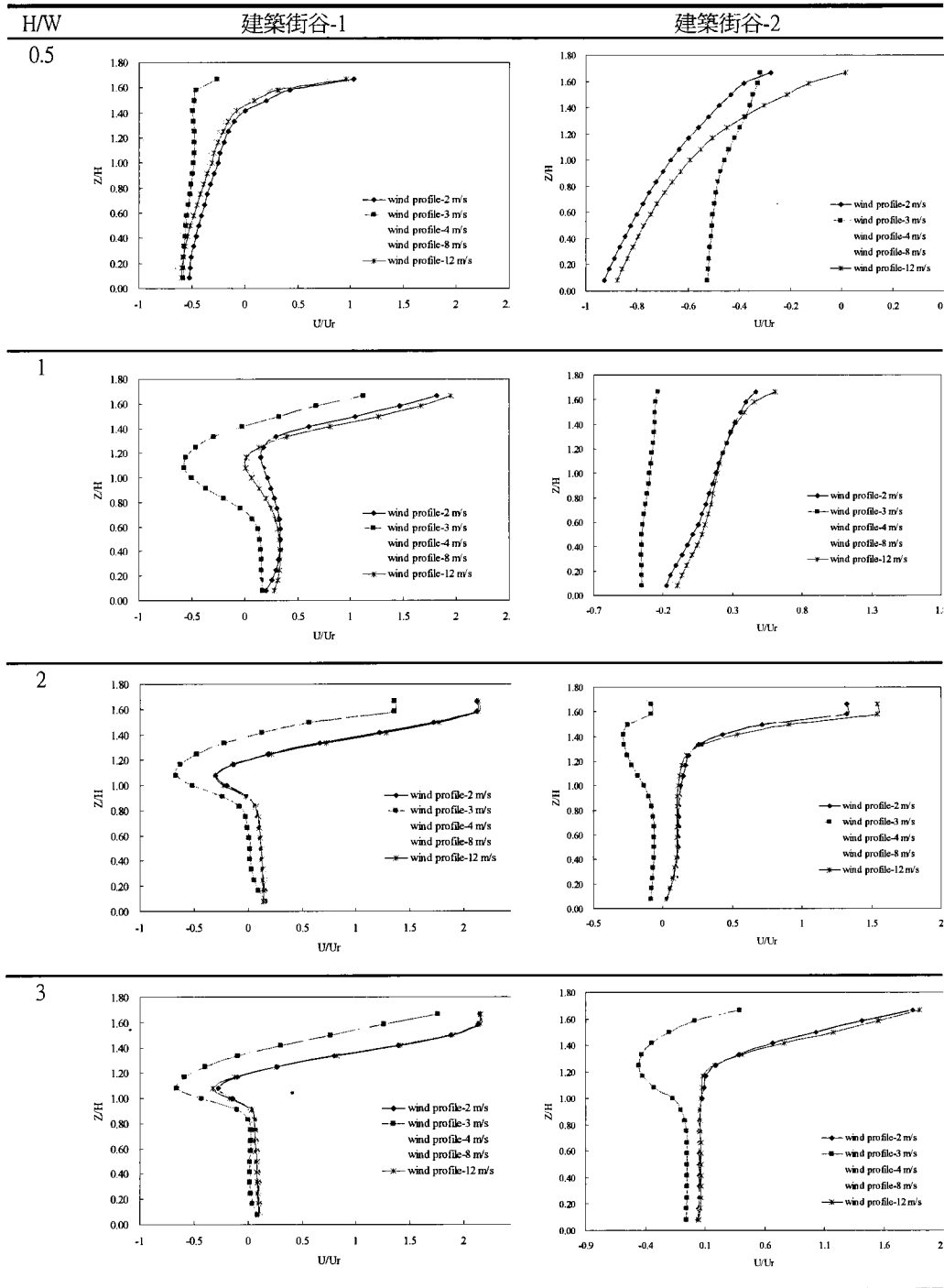


資料來源：本研究整理

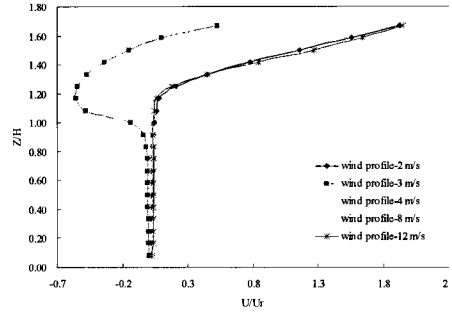
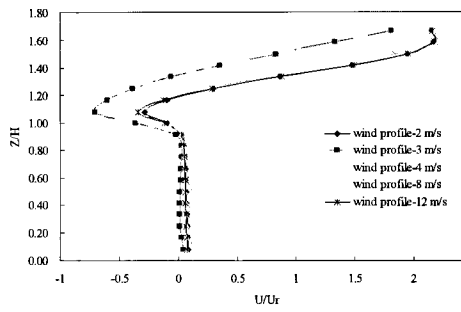
以街道尺度為主；探討各基準風速於不同建築街谷內之變化，如表10所示，首先針對街谷-1進行探討，顯示出隨著街道尺度越大，對於不同風速所造成之平均流速比之影響差異越小，且變化較為穩定；當街道尺度為0.5時，隨著Z/H值越大，平均流速比亦趨緩的增大，尤其當風速為3 m/s，街谷風速較不受Z/H值之變化而影響，而當風速為4 m/s時所產生的平均流速比遠大於其他風速之影響，亦即當風速為2 m/s、8 m/s、12 m/s時Z/H對於平均流速比之影響差異較為接近；當街道尺度在1以上時，Z/H為0.8~1.25(約為12~15m)，其平均流速比則呈現負值，顯示出於該高度產生渦流現象。相較於街谷-2，因受街谷-1之影響，平均流速比多為負值，隨著Z/H值越大，平均流速比呈現趨緩之增加；街道尺度在2以上時(街道越窄)，Z/H在1以上(約於建築物高度12m上方)所造成之平均流速比差異較大，顯示出在不受建築物之影響情況下，所產生的風速較大。



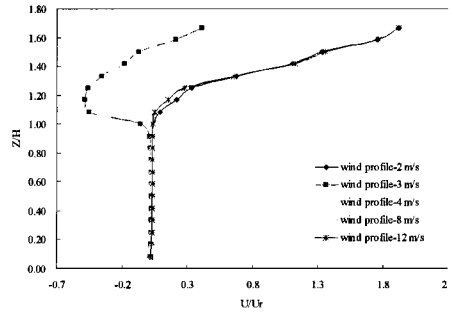
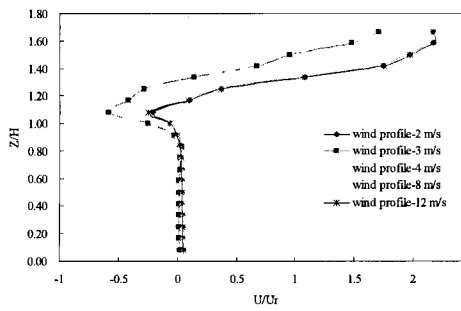
表 10 不同街道尺度之平均流速(連棟建築)



4



5



資料來源：本研究整理繪製

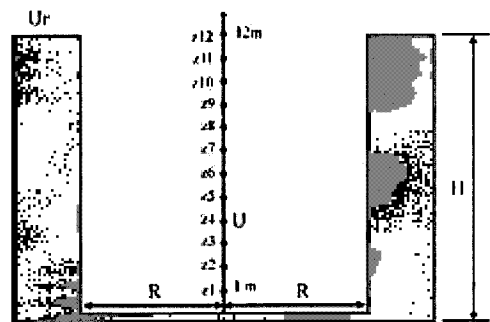
2. 獨棟併排建築

如表11所示，設定 Z/H 最大為1，亦即等同於建築物高度，其主要目的在於探討不同建築物高度之情況下，不同街谷對環境風場之影響與變化：



表 11 獨棟併排建築 Z/H、U/Ur 說明

街道尺度(H/W)	建築物高度(H)	建築物間測點高度(Z)	Z/H
0.5	3 m	1~3 m	0.33~1
1	6 m	1~6 m	0.17~1
2	12 m	1~12 m	0.08~1
3	18 m	1~18 m	0.61~1
4	24 m	1~24 m	0.04~1
5	30 m	1~30 m	0.03~1



(H/W-2)

資料來源：本研究整理

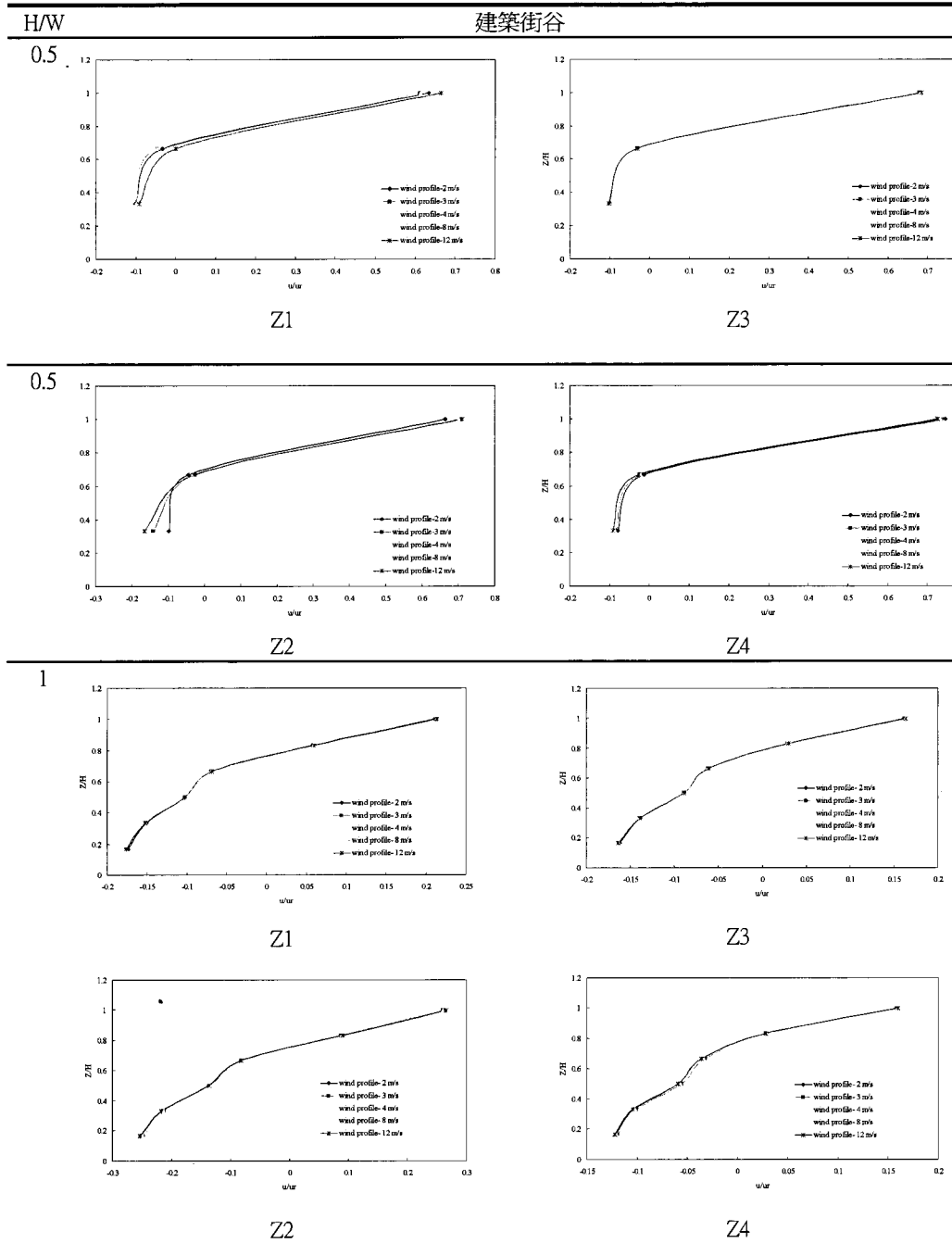
相同以街道尺度為主，探討各基準風速於相同街道寬度時，不同建築物高度條件下，不同建築街谷內環境風場之變化，如表十二所示，隨著街道尺度越大，街谷內之平均流速比之變化也越大。

當街道尺度為0.5時，平均流速比均呈現出Z/H小於0.67(高度約為2公尺)時之變化較小，當Z/H大於0.67時， u/ur 則明顯產生變化，亦即當與建築物同高時之風速越大；當街道尺度為2時，於街谷Z1(詳表十示意圖)開始出現當Z/H大於0.25(高度約為3公尺)時，隨著建築物高度越高(Z/H越大)，平均流速比越小，當Z/H大於0.91(高度約為11公尺)時，平均流速比隨之增大，其他街谷(Z2~Z4)則多呈現出隨著建築高度越高，流速比則越小，尤其在街谷Z3時之變化較其他街谷大，唯有相同的是，均呈現出越接近建築物高度頂端時之風速越大，尤其當高度為11公尺處平均流速比明顯增大；當街道尺度為3時情況亦同，唯有在街谷Z3、Z4時其平均流速比最大。

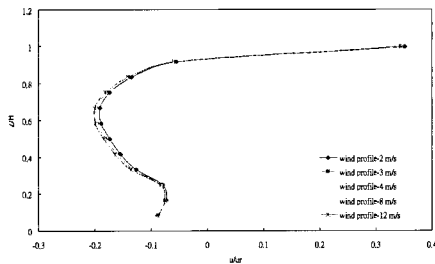
相較之下，當街道尺度為4時，則開始於街谷Z2呈現出Z/H小於0.25(高度約為6公尺)時，風速越小(2 m/s)其平均流速比之變化較小，隨著風速越大(12 m/s)其變化亦越大，顯示出不平均流速比較易受基準風速與建築高度之影響。隨著Z/H越大，平均流速比則越小，直至Z/H為0.83(高度約為20公尺)時，平均流速比隨著高度越高而增大。



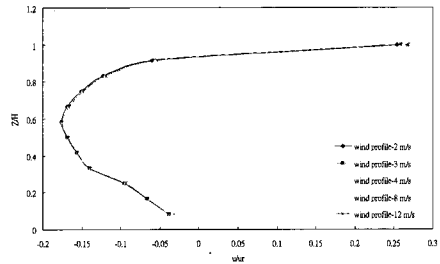
表 12 不同街道尺度之平均流速(獨棟併排)



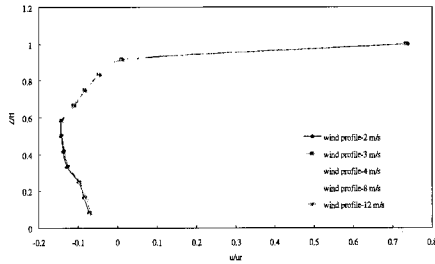
2



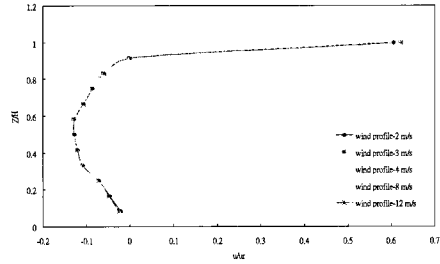
Z1



Z3

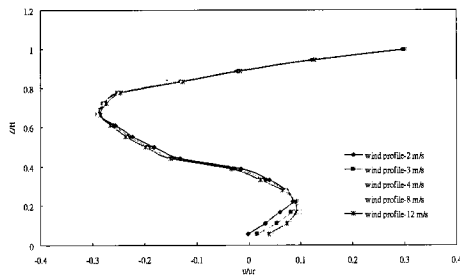


Z2

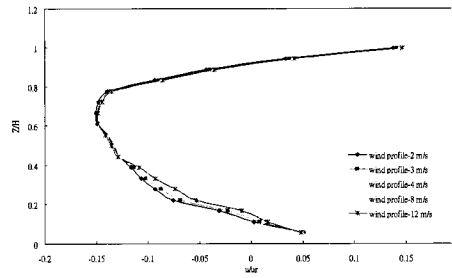


Z4

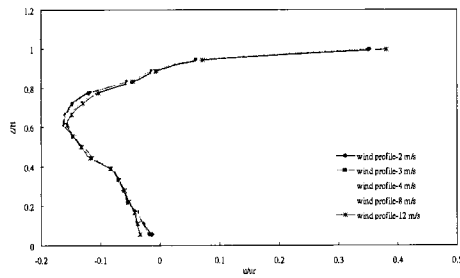
3



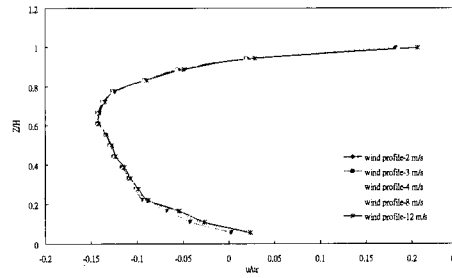
Z1



Z3

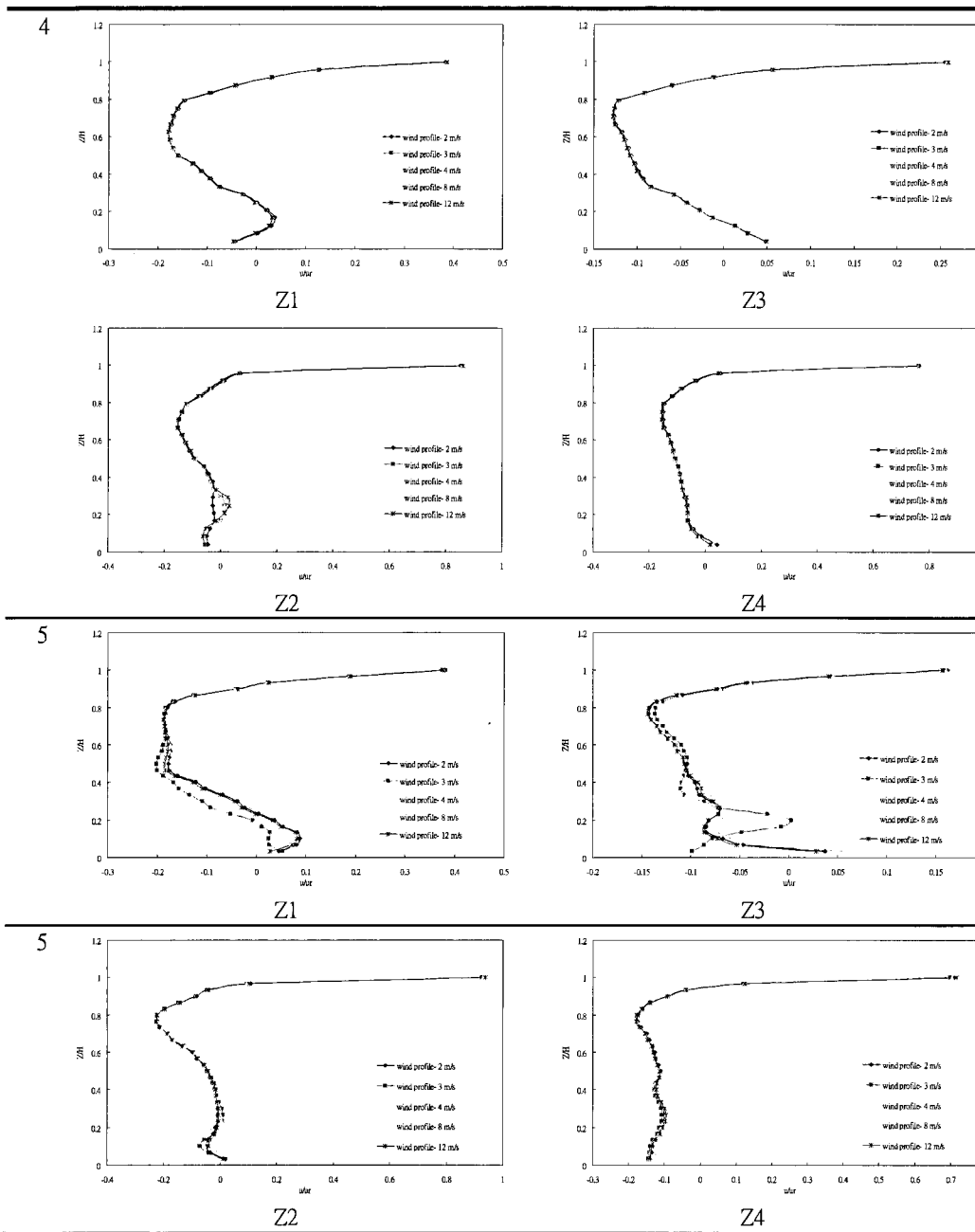


Z2



Z4





資料來源：本研究整理繪製

(三)分析比較

因受到不同建築形式之影響，所產生的風速與平均流速比亦會不同，以相同建築高度為12公尺、街道寬度為6公尺之街道尺度2為例，進行連棟建築形式中街谷1、2，及獨棟併排建築物形式中街谷Z3與Z4平均流速比之比較。如圖9，建築形式為獨棟併排之情況下，不論於街谷Z3或Z4，均呈現出當Z/H小



於0.58(高度約為7公尺)時之風速隨著建築物高度越高而越小，反之則隨建築物高度越高而風速增大。相較之下，建築形式為連棟時，所造成的平均流速比變化較小，於街谷-1時，隨著建築物高度越高則風速越小，而於街谷-2時，建築高度越高則風速亦隨之越大。究其原因，連棟之建築物側面為30 m* 12 m、獨棟併排之建築物側面為18 m* 12 m，顯示出建築物面寬越小，其風速越易受建築物高度而變化，反之，建築物面寬越大，則因受到建築物遮蔽之影響，導致風速較不受建築物高度而產生變化(圖9)。

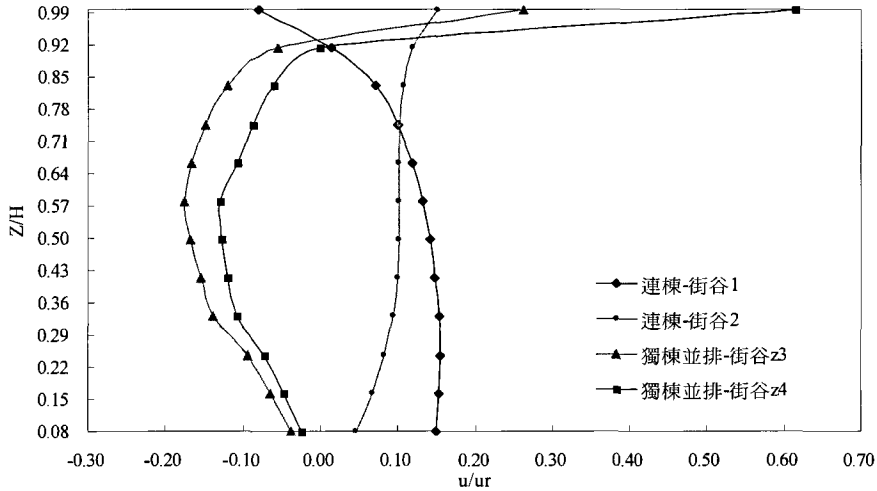


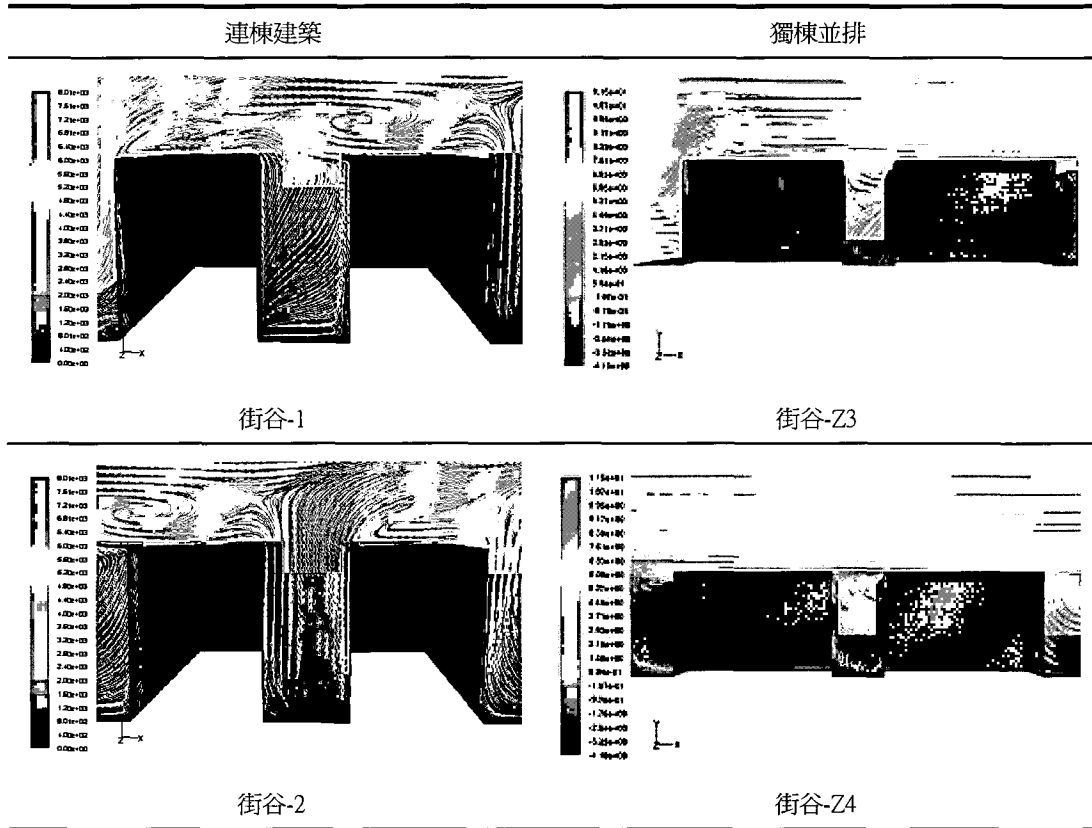
圖9 不同建築排列形式之平均流速比(風速- 4 m/s、H/W-2)

資料來源：本研究繪製

探究其漩渦形式可知，就連棟建築而言，因受街道較窄及建築物面寬較大之影響，使得氣流穿越時街谷內外壓力差，導致街谷上方在建築物高度(12~15m)以上產生渦流，就不同之街谷而言，街谷2因受到前棟建築物等因素之影響，因此街谷2內之風速均小於街谷1，其渦流及風速比之變化亦比街谷1較大。就獨棟併排的建築形式而言，於街谷內之平均流速比隨建築物高度越高則越小，且呈現負值，亦即街谷中有渦流之氣流回流現象，而當位於Z/H約0.58處，則隨著Z/H越高其流速比越大，因此，如表十三所示，於街谷內呈現兩層漩渦形式。



表 13 漩渦形式(H/W-2、風速-4 m/s)



資料來源：本研究整理

五、結論與建議

過去大多以製作建築物及其周邊的建築物縮尺模型在風洞中模擬風場，或是實際至該基地進行量測，不但耗時且消耗人力、金錢，經過本研究之驗證發現，透過CFD所求得之結果與實測所得之數據相近，證明以CFD於相關研究具有一定的可信度，雖兩者之間仍有差異，但是仍屬可接受之合理範圍，此方法仍可於規畫設計階段運用以增加規畫設計之準確度。由本研究數值模擬之結果，相較於連棟建築與獨棟並排建築之平均流速比可知：

- (一)就連棟建築而言，不論風速大小，對於不同街道尺度內之平均流速比，大多呈現 Z/H 值越大則差異越大，顯示出在建築街谷內高度越高則風速越大，若以街道尺度為主；探討各基準風速於不同建築街谷內之變化，街谷-1 顯示出隨著街道尺度越大，不同風速所造成之街谷平均流速比差異越小，且變化較為穩定；街谷-2，因受街谷-1 之影響，平均流速比多為負值，且隨著 Z/H 值越大，平均流速比呈現趨緩之增加。
- (二)就獨棟併排建築而言，街道尺度越大其平均流速比變化越大(詳表 11)，亦即在相同街道寬度條件下，



於建築物較高之環境條件，其風速越易受建築物高度而影響，呈現出高度越低(越接近地面)則風速越小，及高度越高則風速越大之差異。而當街道尺度越小(即建築物高度較低之環境條件)，呈現出隨著建築物高度越高，風速越大之線性關係。

- (三)建築物面寬越大(連棟)，其風速越不易受建築物高度影響，反之，建築物面寬越小(獨棟併排)，其街谷風速越易受建築物高度而產生明顯之變化，尤其當高度約與建築物同高時之風速會明顯遽增。原因應是建築物會阻擋空氣流動，削減部分風速，而受到建築物排列形式與建築物大小之影響，導致建築物面寬越大其風速越不易受建築高度影響。
- (四)研究過程中所建構之無因次分析(不同街道尺度、建築街谷、平均流速比)，可初步判斷不同街道尺度之街谷風場，於設計及規劃階段，僅需利用氣象資料中之風玫瑰圖，配合初步之配置，即可得知外部空間之人行風場及舒適程度，此種無因次方法已經證明是為一有效且簡單之輔助規劃設計圖表。
- (五)在都市快速成長且密集發展的型態下，不但導致都市內的空氣污染嚴重、建築物室內通風不佳，更使生活環境品質維護產生重大問題；且不同的街道尺度(街廓型態、尺度)會形成不同的環境風場，例如街道的尺度過大，氣流就會滯留在街道中，而街道中的廢氣及熱空氣也無法排出。透過此研究成果，預計可以於設計階段有效的推導不同街道尺度、建築物排列形式所可能導致之微氣候變化。

參考文獻

- 王福軍，2007，「計算流體動力學分析-CFD 軟件原理與應用」，北京：清華大學出版社。
- 朱佳仁，2006，「風工程概論」，台北：科技圖書股份有限公司出版。
- 朱佳仁、邱英浩，2007，「台灣都會地區的行人風場」，台北：兩岸三地都市微氣候研討會。
- 邱英浩、吳孟芳，2008，都市風場對行人舒適度影響之研究-CFD 數值模擬，「2008 年科技與社會學術研討會」，新竹。
- 譚政泓、邱英浩、張世典，2007，都市風場對行人舒適度影響之研究(I)-行人街道風速量測與實驗調查，「中華民國建築學會第十九屆第二次建築研究成果發表會論文集」，台北。
- BS 5925, 1991, *Code of practice for ventilation principles and design for natural ventilation*, London : British Standards Institution..
- Fazia Ali-Touder、Helmut Mayer , 2006, “Numerical study on the effects of aspect ration and orientation of an urban street canyon on thermal comfort in hot and dry climate” ,*Building and Environment* , 41 : 94-108.
- Hunt, J.C.R., Poulton, E.C., Mumford, J.C., 1976, “The effects of wind on people: new criteria based on wind tunnel experiments”, *Building and Environment*, 13 : 251-260.
- Melbourne, W.H., 1978, “Criteria for environmental wind conditions”, *J. Indust. Aero.*, 3 : 241-249.

