

利用CFD探討建築群配置對自然通風潛力之影響

陳若華 (Jwo-Hua Chen)

建國科技大學空間設計系

摘要

自然通風對於改善室內空氣品質、提升居住者健康、節約能源等多方面均有正面的貢獻，因此建築設計時朝向提升自然通風潛力的設計方式。本研究透過CFD模擬掌握不同配置之建築群表面風壓分布狀況，進而評估對於用戶自然通風的可行性潛勢，透過比較提供改善的方向與對改善規模的預期程度，在此基礎上進一步研擬改善策略。建築物表面風壓的計算，採用CFD軟體進行計算，有助於評估建築物自然通風潛力，並由各種不同配置對風壓分布的改變進行成效的比較，能最小成本下進行自然通風方案的評估。研究成果有助於對於建築物之自然通風、環境品質有更精確的評估，並使建築物的設計更能符合節能與健康的理念。

關鍵詞：自然通風、建築物配置、表面風壓

The Effect on High-rise Buildings Natural Ventilation Potential with Variant Layout by CFD Method

Abstract

Natural ventilation has a positive contribution to improving indoor air quality, improving occupant health, and saving energy. Therefore, the design of the building is oriented towards the design of natural ventilation potential. This study uses CFD simulation to grasp the wind pressure distribution on the surface of buildings with different configurations, and then evaluates the feasibility potential for natural ventilation of users. By comparing the direction of improvement and the expected degree of improvement, the research is further developed. Improve the strategy. The calculation of the wind pressure on the surface of the building is calculated by CFD software, which is helpful to evaluate the natural ventilation potential of the building, and compare the effects of the wind pressure distribution changes by various configurations. The natural ventilation scheme can be evaluated at the minimum cost. . The research results will help

to more accurately assess the natural ventilation of the building, the environmental quality, and make the design of the building more in line with the concept of energy saving and health.

Keywords : Natural ventilation, Buildings layout, Wind pressures

一、前言

高樓建築受風作用大，但多採用完全封閉的空調型設計，不利於使用者的健康且對於能源消耗更形加劇。封閉型的室內空間，對於使用者而言享受到涼爽舒適的溫度同時，其室內二氧化碳濃度則可能因此而逐漸上升，不易立即察覺，而且室內VOC、細菌、真菌等其他有害物質不易排出，常因此產生病態大樓症候群的出現。台灣地區春秋等季節氣溫宜人、冬季低溫時間不長，適宜自然通風的時數不低。為能充分利用自然的力量促進建築物通風效果，對於集合住宅、學校教室等建築群如能在平面配置方式上加以注意，配合氣候條件，使建築物能輕易的引導合適的氣流進入，讓建築物使用者樂於開窗引進新鮮的自然空氣，減少空調系統開機時間，達到節約能源的目的，營造舒適健康的生活環境。

二、背景介紹

2.1 建築物自然風利用

只要自然風能夠達到有冷卻室溫的效果顯現，自然風的利用就可繼續進行，自然風利用之基本條件可包括：(1) 自然風的溫度須在低於舒適溫度範圍內，以台灣氣候的溼度80% RH下，一般低於或等於27°C；(2) 自然風風速愈大，排熱效果愈佳，一般應大於0.2m/s；(3) 自然風通風窗開口面積愈大愈佳；(4) 自然風通風窗開口效力係數愈大愈佳；(5) 室內所需排熱量愈低愈好。

2.2 建築物表面風壓資料之取得

要了解建築物自然通風的可行性或其潛力，需要掌握建築物個面向的表面風壓資料，再對比於氣象資料，針對不同地區加以評估。各種不同造型的建築物其受風作用之後的表面風壓分布變化甚鉅，在設計階段如能加以掌握，有助於建築物座向、開口部、排列間距、配置型態等多項條件的選取。

建築物表面風壓資料可利用兩種方式取得，一為風洞實驗(Wind tunnel tests)，另一為計算流體力學(Computayional Fluid Dynamics, CFD)模擬計算。

風洞實驗的作法是在風洞中以人工方式模擬與現況相似的來流條件，並安置建築物相對應的縮尺模型，應用壓力感測設備量測建築物表面個不同區域的風壓分布情形。

CFD觀念上與風洞實驗類似，但透過有限元素搭配紊流模式概念加以計算，首先建立模型網格，設定邊界條件與流場初始條件，分析計算在與現場相似的來流條件下，目標建築物的表面風壓分布情形。兩者均可將建築物本身及周邊建築物等一併納入考量。風洞實驗受限於儀器安裝與量測精度，量測點數或區域往往

有所限制，而CFD計算則可針對目標建築物進行更精細的格網劃分，以取得更細緻的壓力分佈資料，但其耗費的計算資源甚為龐大。

2.3 平均氣象年資料

對於建築物自然通風潛力評估模式所需蒐集之資料，包括外部氣候環境資料及居住環境要求條件的設定，因為自然風的氣溫、風速、風向每個小時是變化而不同的，所以自然風氣象資料必須先蒐集並進行瞭解。成功大學建築研究所林憲德教授所製作的平均氣象年(AWY)逐時資料(林1987)，做為評估自然風逐時之基本資料。該資料氣象年共有8760小時的逐時資料，地點包括台北、高雄、台中、台南、花蓮與台東等六個地點。平均氣象年資料中全年風速風向分布情形以風花圖方式表現(陳2001)，如圖1所示。

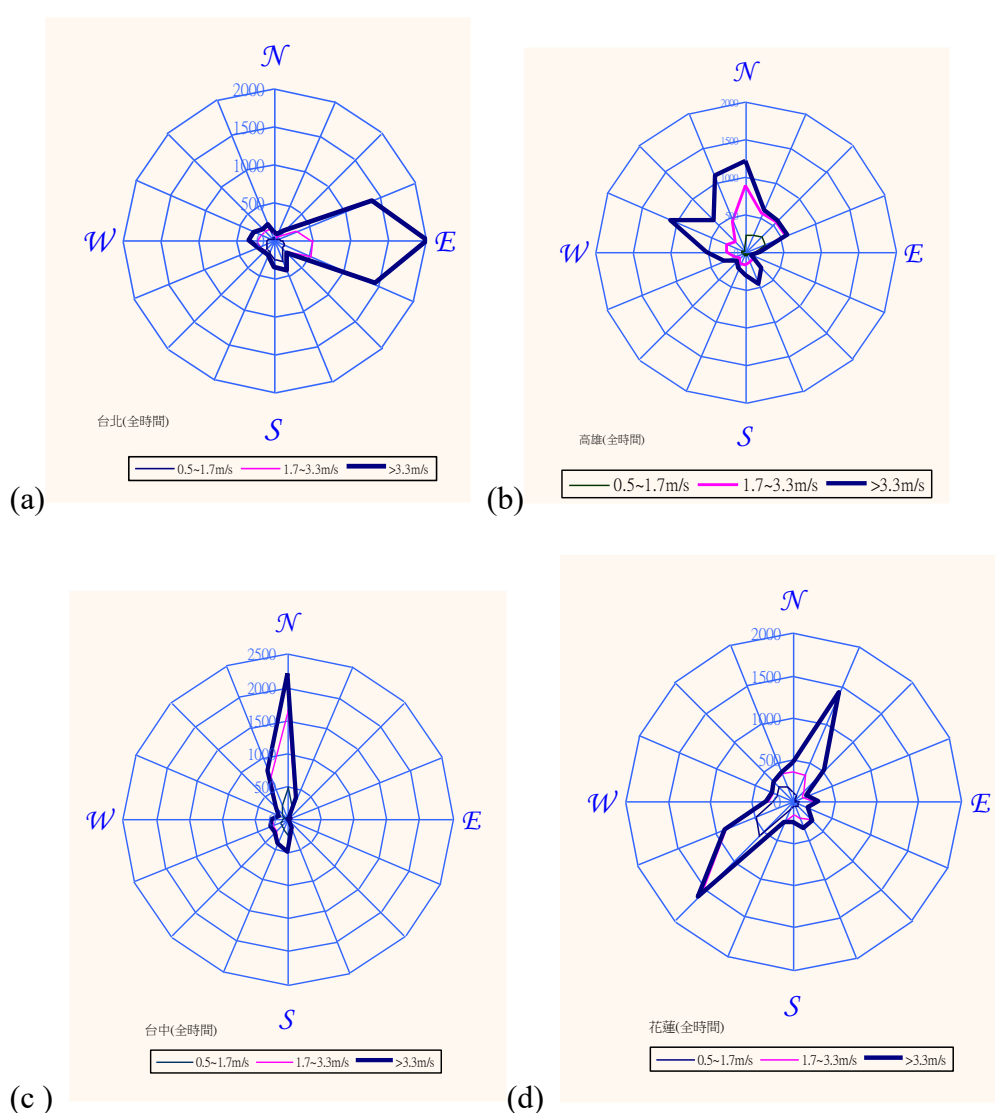


圖 1 依平均氣象年資料繪製 (a)台北 (b)高雄 (c)台中 (d)花蓮等地之風花圖

三、研究方法與內容

3.1 研究方法

3.1.1 CFD 模擬計算

本研究利用CFD軟體進行建築群風環境模擬分析，目標為建築物表面風壓資料。CFD計算採用Fluent軟體，計算域相當於實場400m(長)、300m(寬)、200m(高)，採用適形六面體網格。

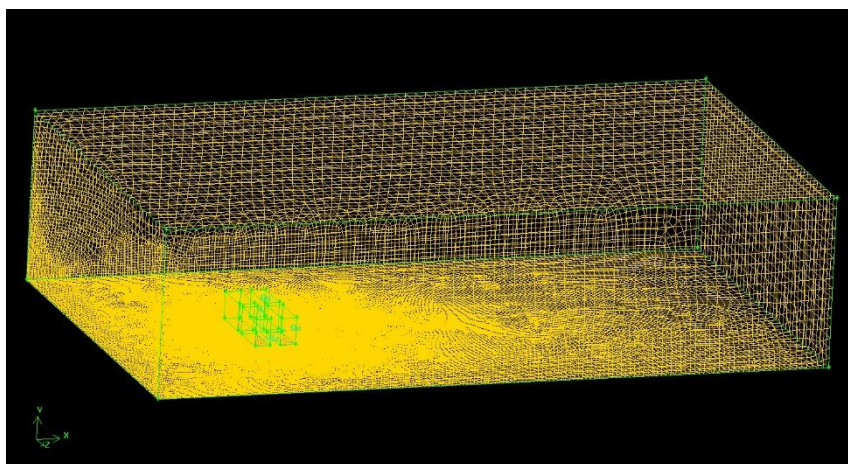


圖 2 計算域之建築物模型及網格示意圖

上游入流面邊界條件以自定義函數(User defined function)方式建立都會地區大氣邊層流場(平均風速剖面指數律指數為0.24、邊界層厚度取450m)，下游面邊界條件則設定為流出(out flow)。網格配置情形如圖2所示。計算時邊界層外部自由流流速8m/sec，入流流速剖面則依邊界層方程式決定各高度層之流速。計算採用(RNG) k- ϵ turbulence model模式，並以SIMPLEC (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations-Consistent) 計算法則解算Navier-Stokes方程式，誤差小於1.0E-4時視為收斂完成。

3.1.2 建築自然通風潛力評估

建立建築群自然通風效能之評估模式，模式之設計首先擇定某一建築群配置方式，由CFD模擬結果得在不同風攻角下其各表面風壓分布及風壓係數。計算得建築物表面個不同位置之風壓(p)，採用以受風面形心位置為作用點方式，將面上各點為風壓以對基底彎矩反算集中(lumped)到形心位置的風壓係數，再將之平均，所得為等同合力作用在形心而面平均分布的風荷載，將此平均值以參考風速(u採用邊界層自由流風速)做無因次化得風壓係數 C_p ，定義為：

$$C_p = \frac{\bar{P}}{\frac{1}{2}\rho u^2} \quad (1)$$

建築物某個面向的風壓係數則曲面上各點的風壓係數平均值為代表，考慮自然通風是以不同面向的風壓差來驅動氣流進入建築物內，但開口部的設計各異，考慮研究目標為自然通風潛力，開口部設計的影響將其忽略，以凸顯風壓驅動的

效果，因此可將建築物各面間最大的風壓差視為最大可能的驅動能力，以此作為該建築物在某個風向上的自然通風潛力指標，如下式所示。

$$\text{自然通風潛力指標 } \widetilde{C_p} = \text{Max}(C_p) - \text{Min}(C_p) \quad (2)$$

3.1.3 最適建築座向與配置挑選

建築物的自然通風潛力指標會隨著風向的不同而有很大的差異，因此形成在某個風向有利於自然通風而可能在另一個風向上則非常差，因此也形成建築物座向選擇上的考量因素之一。配合平均氣象年的資料，可以得知在建築物坐落的地區其常年風向分布狀況，也可針對該地區可自然通風利用的時段，進行分析其主要的風向及風速分布情形。

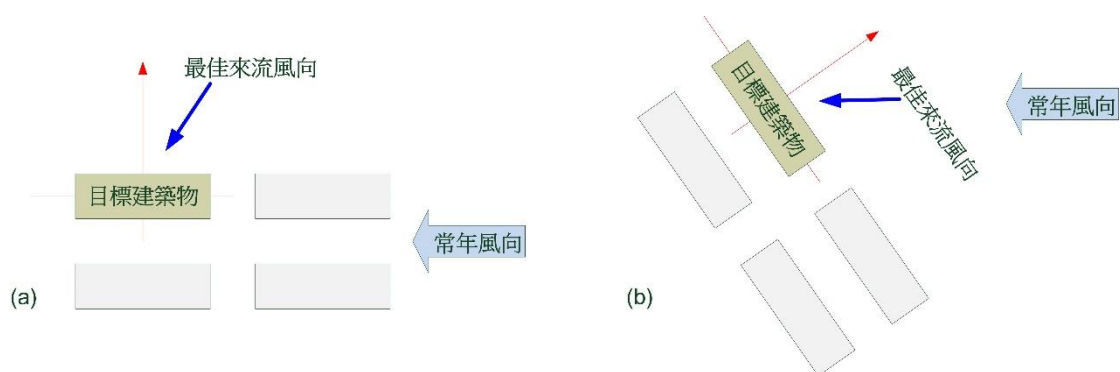


圖 3 建築物座向之調整，(a)計算所得最佳來流風向與常年風向不一，(b)調整建築物座向以取得最佳自然通風效益

建築物與周邊建築物共同進行CFD模擬計算，可得目標建築物在該種配置條件下在各不同風向角的自然通風潛力，在合乎業主要求、都市計畫等條件下，盡可能使最大的自然通風潛力的風向與可自然通風最大的方向做成一致，則可得最佳的自然通風效益。

3.2 研究內容

本研究探討主要兩種造型配置方式，包括平行排列方式以及十字形布局方式，造型配置情形如圖4所示，採用之建築物尺寸如表1所示(陳2001)。

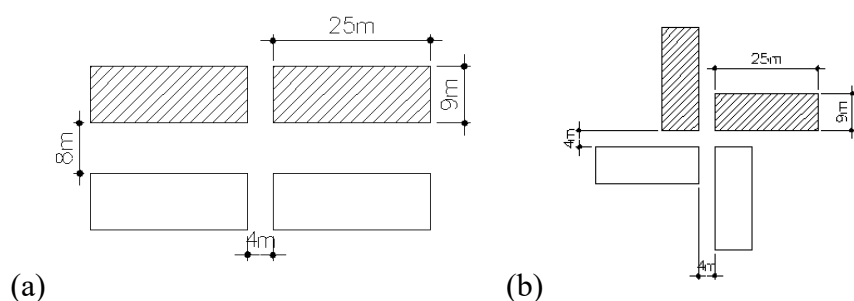


圖 4 建築物簇群造型配置方式，(a) 平行排列，(b) 十字形布局

表 1. 氣動力模型尺寸

編號	樓層數	高度(m)	寬度(m)	深度(m)
(a)	5F	16	25	9
(b)	8F	26	25	9

四、結果與討論

4.1 建築物表面風壓

本研究首先比對CFD計算結果與實驗量測成果，將分析條件與實驗條件設定為一致的狀況，其中來流風攻角45度及兩種配置情形下的計算結果如圖4-1所示。計算中將建築物的網格切割較為細緻，因此建築物表面風壓分布的情形可以有比實驗更清晰的了解。CFD計算的正確性驗證是風洞實驗成果，實驗是風洞中產生縮尺的大氣邊界層紊流流場進行模型量測，CFD計算則以紊流模式進行模擬，為避免人為更動流場參數造成物理現象失真的情形，紊流模型的參數均使用系統內定的值進行計算。每個不同風攻角及不同間距的均須逐一個別的計算，因此在過程中計算消耗較大的計算機資源。CFD計算成果可表現不同造型配置情況對建築物表面風壓的影響，如圖5為風攻角45度，間距8m，平行排列與十字型布局對於建築物表面風壓的分布情形。由圖5可見十字形布局對於建築物表面風壓分布有較高的變化性，特別是在接近中庭空間附近其風壓分布在四棟建築物上均有較高的變異，此種特性較為有利於自然通風的應用。

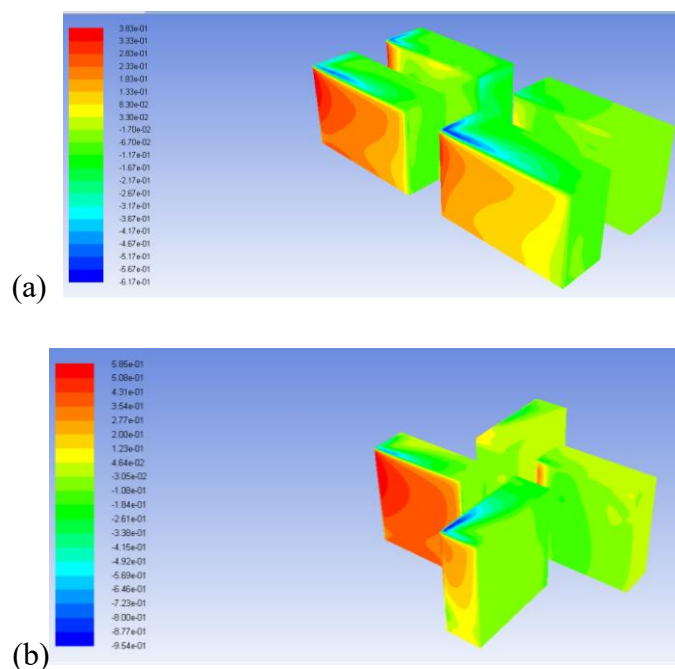


圖 5 風攻角 45 度，間距 8m，建築物表面風壓係數分布情形，(a)平行排列 (b)十字型布局

將各個間距與風攻角作用下建築物表面平均風壓係數的CFD計算結果及實驗資料做對照，如表2所示，表中同時依據(4)示計算各建築物立面的最大風壓差，以探討其自然通風潛力，比較實驗值與CFD計算結果隨實驗控制參數的變化其區示甚為吻合，以立面最大風壓差的決定係數 (Coefficient of determination, R^2)驗證兩者的吻合程度，結果如圖6所示，決定係數值為0.9751顯示兩者吻合程度甚高，據此可推論本研究初步以CFD模擬計算的成果具有可信度。

表 2 CFD 與實驗所得建築物採平行配置條件時立面間之最大風壓差

風攻角	間距 4m		間距 6m		間距 8m	
	CFD	實驗	CFD	實驗	CFD	實驗
0.0	0.488	0.704	0.467	0.642	0.461	0.681
22.5	0.333	0.458	0.348	0.425	0.348	0.447
45.0	0.248	0.299	0.268	0.318	0.222	0.336
67.5	0.122	0.151	0.101	0.150	0.099	0.163
90.0	0.039	0.018	0.046	0.032	0.053	0.067
112.5	0.018	0.059	0.030	0.065	0.045	0.138
135.0	0.046	0.066	0.026	0.066	0.014	0.077
157.5	0.067	0.075	0.052	0.058	0.045	0.031
180.0	0.087	0.107	0.077	0.104	0.071	0.081

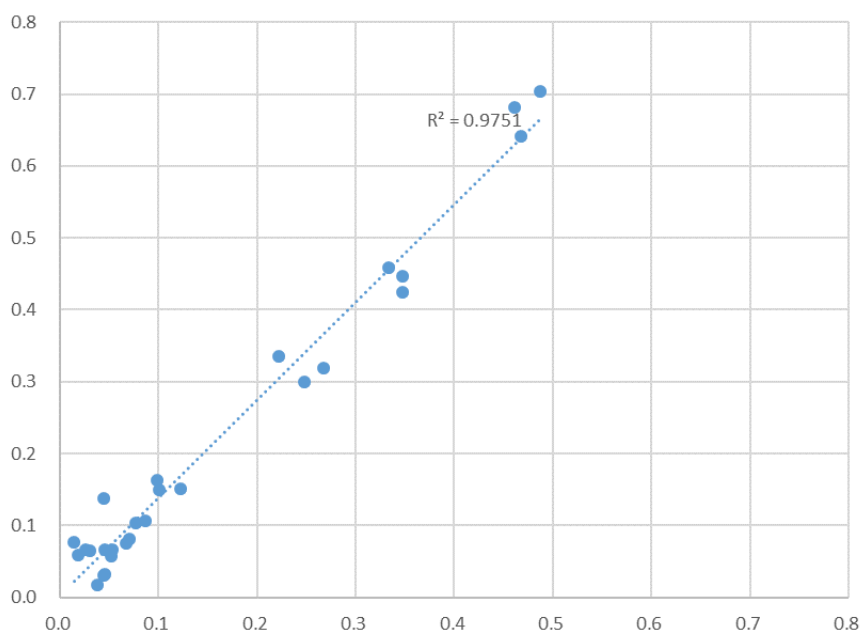


圖 6 CFD 與實驗所得平行排列建築物立面間最大風壓係數差之決定係數

表 3 建築物採十字型配置條件時 CFD 計算所得整面間之最大風壓差

風攻角	CFD 計算所得最大壓差		
	間距 4m	間距 6m	間距 8m
0.0	0.360	0.384	0.418
22.5	0.423	0.439	0.450

45.0	0.400	0.424	0.443
67.5	0.483	0.484	0.508
90.0	0.428	0.363	0.401
112.5	0.054	0.054	0.054
135.0	0.097	0.095	0.065
157.5	0.066	0.059	0.073
180.0	0.064	0.071	0.117

本研究進一步探討十字形布局情形下建築物的表面風壓分布情形與自然通風潛力，計算各風攻角及間距條件下的變化，整理其建築物各面表面平均風壓係數及最大壓差值如表3所示。由於檢討的目標建築物凸出於上游區域，有表3可見在風攻角0~90區間，目標建築物的自然通風潛力較高。目標建築物的自然通風潛力與表4-1中的CFD計算結果相比亦是較高的，顯示十字形布局提供較多的風壓變化區域，這樣示較為有利於自然通風利用。風攻角大於90度角時，十字形布局與平行布局造型建築群的自然通風潛力均呈現大幅下降，顯示受鄰棟建築的遮蔽效應影響，此類建築簇群的造型布局常存在嚴重的鄰棟遮蔽狀況。遮蔽的效應以間距小、平行布局等狀況下較為嚴重，十字形布局顯然因建築物外伸較多，因此自然通風潛力略高，比較表2與表3的風攻角大於90度情形，即有相同的狀況出現。

4.2 自然通風潛力評估

由CFD計算結果顯示，十字形造型布局的自然通風潛力是略高於平行布局的建築群，對於規劃建築簇群的布局方式時，應以考慮可製造更大的風壓分布變異性為主，因此交錯式的布局往往會比整齊畫一排列的方式更為有效。以十字形造型布局而言，比較各不同間距情形下自然通風潛力的變化，如圖7所示，顯示間距比的增加，在各不同風攻角情形均有提升自然通風潛力的作用，因為本研究變化的間距比變化幅度介於4~8m間，對於建築物而言均不屬於較大的間距，但仍有提升自然通風潛力的作用，顯示間距的影響甚大。而以風攻角0度為例，由間距變化可見間距由6m變化至8m時提升的效果最多，4m提升至6m時幅度較小，因此以本研究所用的26m高度建築物，能有8m以上間距時，自然通風的利用將會顯著提高。

比較不同間距及風攻角作用下，十字形造型布局的某邊建築物其自然通風潛力提升的狀況如表4所示，表中顯示在風攻角0~90度區間，增加間距有明顯正比的提升自然通風潛力效果。而大於90度風攻角的作用則較為不明顯，因為自然通風潛力在此風攻角區間其值本來就不大，因此偶發性的出現大幅提升值，對效益而言則並不大。

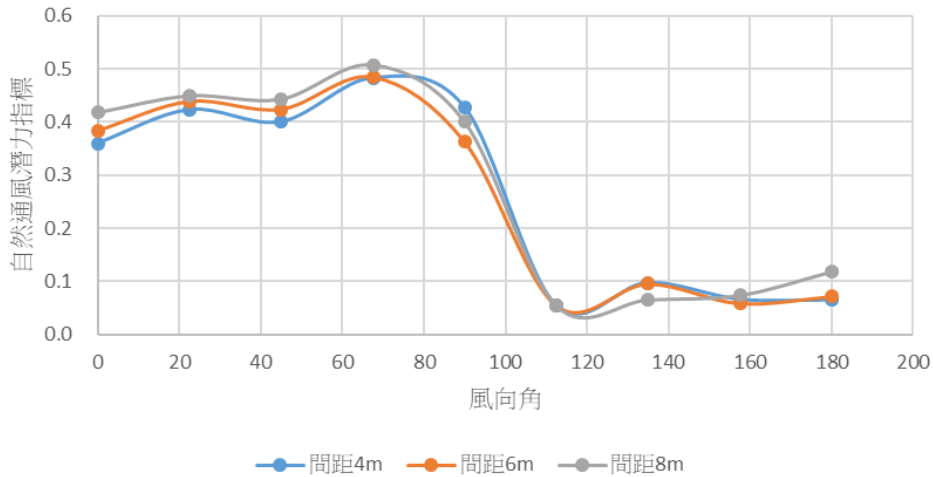


圖 7 CFD 計算十字型排列建築物自然通風潛力指標隨間距變化

表 4 建築物採十字型配置條件，自然通風潛力隨間距提升百分比

風攻角	CFD 最大壓差		
	間距 4m	間距 6m	間距 8m
0.0	0%	6.7%	16.3%
22.5	0%	3.7%	6.4%
45.0	0%	5.9%	10.9%
67.5	0%	0.3%	5.3%
90.0	0%	-15.1%	-6.2%
112.5	0%	0.1%	-1.1%
135.0	0%	-1.7%	-33.0%
157.5	0%	-10.6%	11.4%
180.0	0%	11.3%	83.1%

4.3 建築群配置方式探討

經過系統化的CFD模擬計算與分析，顯示建築簇群均有其對提高自然通風利用較為有利的風攻角區間，由圖7顯示，十字形造型布局在風攻角67.5度附近，目標建築物的自然通風潛力指標最高。配合平均氣象年所得的北中南東不同區域風花圖上可找到常年風向，將兩者比較可進一步指引出各地區有利於自然通風的座向。以十字形造型布局而言，如以圖3-3所顯示的座標系統，以傳統的正y軸向指向正北為座標系統，則需要進行座向的調整，如圖3所示。由圖1定義出北中南東各地常年主要來流風向，配合自然通風潛力的方向，建議各區域的建築群座向調整如表5所示。

表 5 十字形造型配置建築物各區自然通風潛力有利座向調整

區域	常年風向角	座向調整
台北	90 度	順時針 22.5 度

台中	0 度	逆時針 67.5 度
高雄	0 度	逆時針 67.5 度
花蓮	22.5 度	逆時針 45 度

五、結論

1. 本研究針對兩種建築物配置的造型進行探討其有利自然通風的配置方向，考慮的因素包括建築物尺寸、間距、座向、氣象資料等，利用 CFD 模擬計算建立有系統的建築物表面風壓資料庫，再透過自然通風潛力因子的比較，挑選出最有利於自然通風的座向與配置條件，完成評估模式的開發、驗證，並加以用在十字形造型布局的建築群評估，確實能針對不同區域的氣候特性找出最有利的配置建議。
2. 依據各建築物的最大風壓差，以探討其自然通風潛力，比較實驗值與 CFD 計算結果隨實驗控制參數的變化其區示甚為吻合，以自然通風潛力指標的決定係數 (R^2) 驗證兩者的吻合程度，決定係數值為 0.9751 顯示兩者吻合程度甚高，據此可推論本研究初步以 CFD 模擬計算的成果具有可信度。
3. 十字形布局與平行布局造型建築群的自然通風潛力均顯示受鄰棟建築的遮蔽效應影響，此類建築簇群的造型布局常存在嚴重的鄰棟遮蔽狀況，遮蔽的效應以間距小、平行布局等狀況下較為嚴重，十字形布局顯然因建築物外伸較多，因此自然通風潛力略高。
4. 在風攻角 0~90 度區間，增加間距有明顯正比的提升自然通風潛力效果。而大於 90 度風攻角的作用則較為不明顯。
5. 目標建築物的最高自然通風潛力方向，配合平均氣象年所得的北中南東不同區域風花圖上常年風向，將兩者比較可進一步指引出各地區有利於自然通風的座向調整方式。

六、參考文獻

1. 林憲德，「建築空調耗能分析用平均氣象年資料之研究」，1987，NSC 75-0410-E006-33。
2. 陳若華，「建築配置與自然通風評估模式之研究」，2001，內政部建築研究所。