

## 建立都市住宅風環境舒適度指標與改善策略評估—以台南市大林住宅都市更新地區為例

林君娟<sup>1</sup>、謝俊民<sup>2</sup>、程琬鈺<sup>3</sup>

### 摘要

由於都會地區不斷飆升的氣溫，使得風和溫熱環境成為受矚目的探討議題，而在思考都市未來的發展上，舊市區的更新越趨急迫，都市更新時首要策略應考量到風環境的改善。本研究試圖以風環境面向做探討，針對2007年台南市大林住宅都市更新計畫之計畫範圍，進行定點觀測，以實測資料驗證CFD(computational fluid dynamics)模擬計算研究地區之風環境。在歸納整理台南市氣象站資料後，參考國內外風環境指標之檢測及考量人體舒適度SET\*(standard effective temperature)舒適指標檢測值之分析，以絕對評估法與相對評估法兩概念為主軸，訂出下午及晚上時段最適風速範圍，評估研究地區行人風場。另依都市規劃中管制機制：建蔽率與容積率，訂定四套組合的模擬分析，配合先前所歸納出的綜合性之風環境檢測指標，檢驗現行法規下大林住宅都市更新區之風環境情形。最後，突破容積率之管制及周邊建物不變更之限制，提出增加建築量體及設置風廊道的策略，改善該都市更新的風環境。研究結果顯示容積率放寬及風廊道設計改善方案有助於研究地區行人風場之舒適度的提升。

**關鍵字：**風環境、舒適度、建蔽率、容積率、都市更新、CFD (computational fluid dynamics)

<sup>1</sup> 國立成功大學都市計劃學系碩士，電子郵件: joana11@hotmail.com.

<sup>2</sup> 國立成功大學都市計劃學系助理教授，電子郵件: chunming@mail.ncku.edu.tw.

<sup>3</sup> 國立成功大學都市計劃學系碩士，電子郵件: season0622@hotmail.com.

投稿日期：2010年11月9日；第一次修正：2010年12月30日；接受日期：2011年1月17日

## Comfort Index Establishment of Wind Environment and Evaluation of Improvement Strategy in Urban Residential Areas – A Study of Urban Renewal Plan of Da Lin Public Housing, Tainan

Chun-Chuan Lin

Master student, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University.

Chun-Ming Hsieh

Assistant Professor, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University.

Wan-Yu Cheng

Master student, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University.

### ABSTRACT

Topics of wind and thermal environment are being more emphasized recently since the air temperature in metropolises is getting higher gradually. The improvement of wind environment has to be reviewed for areas where is urgent for urban renewal. This study focuses on the aspects of wind environment in an urban renewal area, Da Lin Per Public Housing. Weather data from Tainan meteorological station is analyzed to formulate the comfort index of wind environment and used to simulate the wind environment in the study area. Reviewing the domestic and foreign evaluation indices of wind environment and SET\*(standard effective temperature), the suitable ranges of wind speed for afternoon and night in residential areas of Tainan are evaluated respectively by absolute evaluation method and relative evaluation method. The micro climate of study area is first investigated by field measurements and the measurement result area used to verify the wind environment simulation calculated by CFD (computational fluid dynamics). The wind environment of the study area under the current regulations of urban planning, building coverage ratio (BCR) and floor area ratio (FAR), is evaluated by the microclimate simulation and examined by the comfort index of wind environment proposed in this study. Finally, mitigation policies of increasing the floor area ratio (FAR) and rearranging the layout of surrounding buildings are proposed in this study. Wind is induced into the study area and ventilation lane is created. Results show both cases improve the wind environment for pedestrians in the study area.

**Keywords:** Wind Environment, Human Comfort, Building Coverage Ratio (BCR), Floor Area Ratio (FAR), Urban Renewal, CFD (computational fluid dynamics)

## 一、前言

舒適的環境向來都是人類追求的理想生活型態，隨著都市快速地發展，都市地區的熱島現象日益嚴重，其導致了如都市氣候乾燥化、日射量減少、雲量增多、霧日增加、降雨量微增、平均風速降低及空氣汙染等現象(Landsberg, 1981; Oke, 1976)。而這些局部氣候的改變更在不斷累積下，造成都市生活環境品質下降，並增加都市能源消耗等問題(Hsieh et al., 2007)。而在既成環境中，都市快速發展亦造成許多老舊街區無法跟上變遷的腳步，必須藉由都市更新使老舊地區及周邊能再發展，而若在考量更新地區道路劃分、土地細分與建物量體配置之同時，能考量微氣候因子加以規劃，對於更新後之生活環境能有很大的提升(黃世孟，2009)。

都市中的建築物乃依據都市計畫所劃定之土地使用分區所管制，管制項目包括建蔽率、容積率、建物與面臨道路之退縮寬度等。當大量之建築物經過人為活動的使用與本身所吸收之熱輻射，容易造成能量集中，進而產生都市高溫化的現象(Hagishima et al., 2005)。林憲德(1999)及李魁鵬(1999)曾針對台灣四大都會區進行實測，分析結果證明透過容積率、建蔽率、綠覆率、人口密度、商業容積率、水域密度等都市計畫管制機制，對於都市溫濕度環境有明顯與關鍵性的影響力，其中以建蔽率與容積率對於住宅區之建成型式最為重要，主因為風速及紊流的現象與都市設計特性有著密切關聯，受粗糙率提升所致的阻力影響，易降低都市天蓬層中空氣的流動率(Ghiaus et al., 2006; Isaac et al., 2003)。故如能適切地搭配都市計畫手法，如建蔽率、容積率，將其應用於風環境之層面，觀察其間的相對關係，其結果對於都市計畫與國土利用規劃之決策參考，將具有實質的貢獻與助益(林憲德，2007；洪一安，2008)。有關建蔽率及容積率等都市設計因子與風環境的討論中，Tetsu等人(2008)依日本各地不同氣候條件，取樣各種不同建築群型式，並以風洞實驗數據歸納出適合各地的都市設計因子。

而根據研究統計結果顯示，影響都市熱島最重要的參數之一是風速(木梨智子，2005)。近年來，也有多數文獻以CFD數值模擬分析風速流場(Takahashi et al., 2004; Cheng, 2005)。建築物的使用與周遭區域的規劃，皆會影響都市風環境，因此，風環境的評估與改善策略已成為世界各地建築物規劃設計時必須考量的要素之一(朱佳仁，2006)。Hsieh et al.(2010)証實了建築物排列形式等會改變氣溫與風的分布，透過模擬更可發現即使只更動某建物的排列，都能改善該區的溫熱環境、風環境等現象。市區佈局與街道寬敞程度、建築群恰當的排列及高度、空曠地方及其規劃、主風道與風道等，均為保持戶外舒適的重要因素(Chen et al., 2009)。

建築物周遭之環境風場中，距離地面1.5至2.0公尺高之風場會影響行人風場，其影響參數包含風速、風向、建築物外型及其週邊環境等因子交互影響之複雜氣流運動(朱佳仁，2006)。由蒲福風級也針對風速對人體的影響做相關說明，並直接敘述出戶外風速強弱對行人之影響(中央氣象局，2008)。而風速的強弱會影響人體熱蓄積的程度。一般而言，若某一風速範圍的發生機率大於80%，對相應的行人活動(坐定、站立、行走)，其風環境是可以接受的；反之，發生機率低於80%，則其舒適性等級與相應區域的實際用途不符，有可能需要考慮修改建築物之設計、改善風環境或更改使用目的(丁育群，2003；朱佳仁，2006)。風環境有兩種評估方法，分別是以表現效能

為本，及以量化指引為本(香港中文大學，2005)，以表現效能為本為一套標準測試程序，透過進行風環境測試來證明其計劃符合預設的表現標準及要求，例如：風洞測試。以量化指引為本則是基於對實際情況的若干假設下，將表現要求簡化為一些指引；只要遵循量化指引，符合預設的表現標準及要求，不須通過測試程序，其建議將被視為符合指定的風速標準。而現今風環境評估中對於風速所訂的數值，多為最大值之規範(Ng, 2009)。

本研究以上述文獻評估標準為基礎，進一步考量「行人舒適度最小風速值的規範」，以訂出住宅區最適風環境評估基準。如何於未來都市規劃、設計的環節中，增入「風」環境的考量，並為其設立一套合適地評估指標，以考量人體感受出發的指標出發，更能成為都市規劃師、建築師與決策者在決策過程時的具體參考，本研究目的係為以住宅區之「風環境」面向做探討，首先針對研究地區做定點觀測，將實測所得資料，用以驗證與修正CFD(Computational Fluid Dynamics)模擬計算之分析方法，參考國內外風環境指標之檢測，於綜合比較後，從舒適性之角度，建立住宅區之風環境舒適度指標。實證地區位於台南市，透過整理及歸納台南市夏季氣象資料(2003~2007年)，評估研究地區之風環境；另針對都市規劃中重要的因子：建蔽率與容積率，模擬分析其與都市內風環境的相對關係，藉由不同組合的改善方案，配合所歸納的綜合性之風檢測指標，提出改善都市風環境較佳之方案。最後提出都市設計層面的方案建議。主要研究之內容條述如下：研究地區現況說明、數值模擬驗證、風環境舒適指標建立、風環境之現況檢測、建蔽容積率方案選擇、改善方案建議、結論。

## 二、研究地區現況說明

### (一)研究地區計畫及現況說明

本研究地區(大林住宅)為台南市「榮譽街更新地區」規劃中之更新單元(圖1)，民國56年開始興建，面積10,062m<sup>2</sup>，目前大林住宅更新區相關都市計畫管制，將此區土地使用分區劃分為「中密度住宅區」：建蔽率：60%、容積率：200%。於民國90年10月之大林安全鑑定報告中，建議該區進行「拆除重建」；民國95年5月，提出短期環境改造；民國96年5月，委託長榮大學規劃團隊進行更新規劃「台南市大林大同住宅都市更新規劃」，已於民國97年3月25日，完成期末階段審查會議。

建築現況以住宅使用為主，依當年國宅設計準則共興建224戶，每戶平均8-10坪，建物受損、結構強度不足，街道緊密而狹窄、建築物緊鄰，再加上周旁建物高於此區等緣故，形成一道防風體，使外部流入之風，很難順利地流進該住宅區中，且建築物的伸延部分及街道的障礙物亦阻礙主風道及其他風道，使得該區通風狀況極差。因此提出考量風環境的方案，達成其再發展原則中之構想：公共衛生及實質環境品質改善。



圖 1 大林住宅區周邊都市計畫土地使用圖及內部環境

資料來源：台南市大林大同住宅都市更新規劃(2009)

### (二)研究地區風環境氣候分析

圖2為經由台南市氣象站2003至2007年五年期間之夏日(6~9月)風向、風速資料進行所彙整與分析而成，其測站之高度為40.8m。實證地區下午時段以西風比例最高，佔22.73%，平均風速為4.25 m/s；而晚上時段以南風比例最高，佔28.50%，平均風速為2.64 m/s。而台南市2003至2007年夏日(6~9月)下午時段的平均氣溫為30.6℃，晚上時段則為28.2℃。

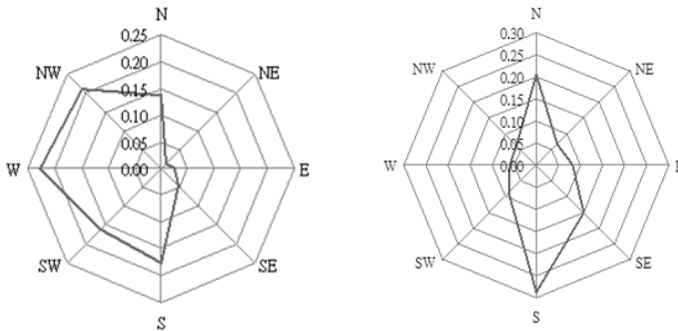


圖 2 台南市夏季風玫瑰圖(左：下午時段；右：晚上時段)

資料來源：本研究製作

## 三、數值模擬驗證

### (一)研究地區觀測計畫

選定民國98年9月9日至9月11日三天，實測時段為每日下午(14點~15點50分)、晚上(19點~20點50分)兩時段，採用移動觀測法。觀測點之選定重點，主要以行人的層面作為考量，故於近地面之選定重點包括下列幾項(吳武易，1992)：1.基地內建築物地面層之出入口或透空之開口部；

2.建築物四周轉角之強風區；3.基地四周易受風害影響的住宅、店鋪、公園及行人步道附近。非地面之選定點：1.建築物的陽台、露台或相關設施的頂部；2.建築物透空或開口處；3.基地四周其他建築物的陽台、露台或頂部的設施。配合台南市主要風向(下午：西風，晚上：南風)，於入風口處頂樓之觀測位置點的選定而有不同。圖3為研究區域範圍及實測地點分佈位置。現況建築物多4~5層樓，約20~25公尺高，下午時段之入風口觀測點為20公尺，晚上時段之入風口觀測點為17.5公尺，觀測點1A及1B為6~8公尺之東西向道路，2A及2B為8公尺之南北向道路；3A及3B為4~6公尺之東西向道路。

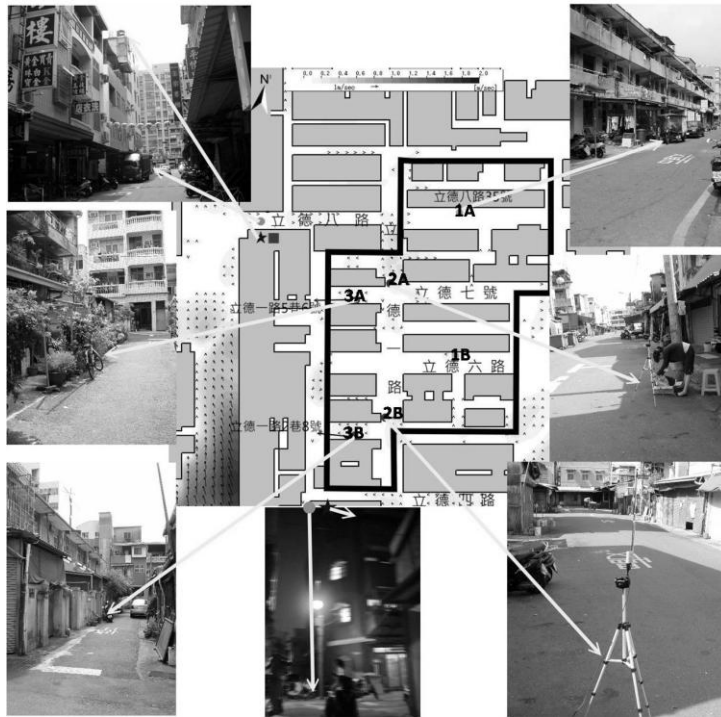


圖 3 觀測地點及周邊環境

資料來源：本研究製作

## (二)模擬條件設定

本研究中所使用之CFD軟體為WindPerfect，是一套具有多種性能的3次元熱流體解析程式，特別廣為利用於都市及建築領域之風環境模擬及分析，包含自然通風之流況、建築物興建後之環境評估等，但須調整地區參數，如風剖面指數等，以符合當地現況。經過多次測試及解析後，其可視功能，深被企業及研究機關所愛戴，並給予極高的評價(3D立體熱流體模擬解析軟體「WindPerfect」，2009)。

Windperfect軟體操作可分為前處理及後處理，於後處理時可將模擬結果以3D的視覺效果呈現，並以不同顏色表現模擬數值的分布。WINDPERFECT之網格分佈採用三層不等之網格(Grid)分割，並於焦點區域設置之網格細分，若於焦點之局部區域再細切，造成焦點區域網格不一致，則網格內風速值將無法平均計算。目前礙於軟體及電腦計算的限制，2m×2m為本研究焦點於焦點區內設置之網格大小。

本驗證模擬邊界條件之風流入及風流出、指數剖面(power law profile)公式如下：

$$U / U_0 = (H / H_0)^\alpha \dots\dots\dots (1)$$

U：風速(m/s)

U<sub>0</sub>：基準風速(m/s)

H：高度(m)

H<sub>0</sub>：基準高度(m)

α：指數值

U<sub>0</sub>為本研究架設測站之基準風速，H<sub>0</sub>為本次實驗測站之高度，另外α值考量台南市現況，本研究之α設定為0.25，而本研究地區之最高樓層為七樓，因此本研究之模擬設定檢驗值H為21m，模擬邊界計算領域為840m×840m×200m，實證地區200m×320m(X×Y)為驗證範圍，如圖4所示，X、Y向大於7.5H，垂直方向(Z)大於5H。在模擬計算時將該地區切割為三層網格等級：最精細切者位於實證地區之位置，X、Y方向各為2m×2m。而由此越往外圍之地區格子切割也越趨粗糙，而垂直方向網格設定則小於0.5m(高度3m以下)。而表面粗糙高度依照研究地區周圍建築主要為4~5層樓高，設定其高度為15 m。

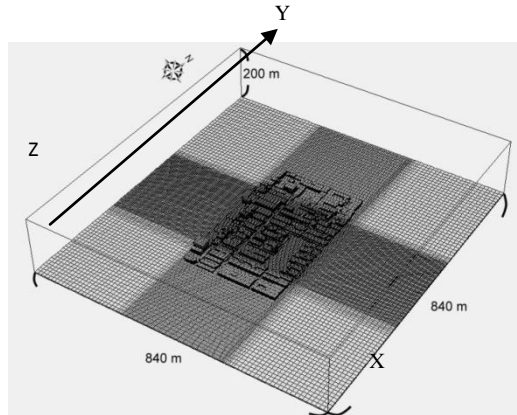


圖4 研究使用模擬圖

資料來源：本研究製作

選定實測三天下午、晚上時段各風向穩定之時段作為模擬驗證條件設定值，如表1所示。

表 1 模擬條件設定值

日期	氣溫 (°C)	風速 (m/s)	風向 (o)	測量高度 (m)
2008年9月9日下午	31.9	2.15	225 (SW)	20.5
2008年9月11日晚上	26.7	0.5	135 (SE)	17.5

資料來源：本研究製作

### (三)模擬驗證

下午時段在與實證結果比較後，模擬結果在1A、1B處有較佳的準確性，誤差較大處主要在所屬巷道較為狹窄(路寬約4m)之處，如2B。風速方面，於入風口、1A、1B、2A、2B的實測點上，模擬風速與實測風速相近，其誤差落在3B處。晚上時段與實測風向之誤差則落在3A(如圖7)。造成誤差之原因歸結有：1.入口觀測點高度不足，因而容易造成同一高度之迎風建築物所測得之風向、風速值各異；2.實證地區範圍零碎，且內部房子排列不規則及違建等，在網格限制下2m×2m的網格無法精確呈現實證地區內之真實形態。3.因網格限制部分遮棚等構造物形成非流通之流場。



圖 5 實證地區實測高度 1.5 公尺之風速圖(左：下午時段 右：晚上時段)

資料來源：本研究製作



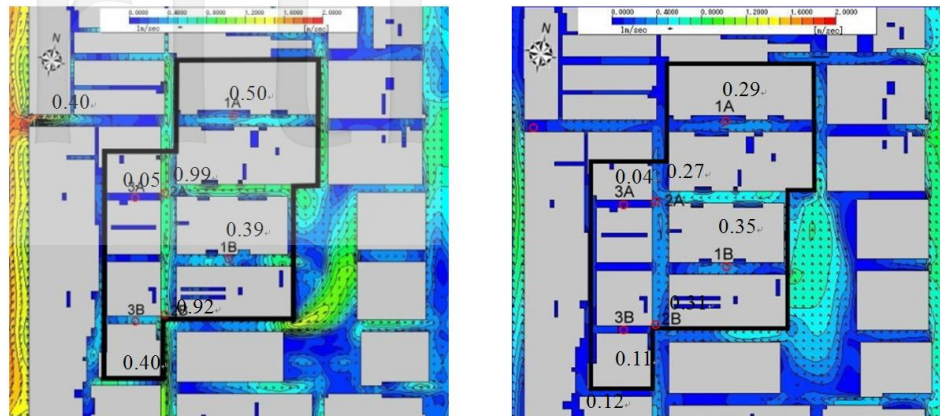


圖 6 實證地區模擬高度 1.5 公尺之風速圖(左：下午時段 右：晚上時段)

資料來源：本研究製作

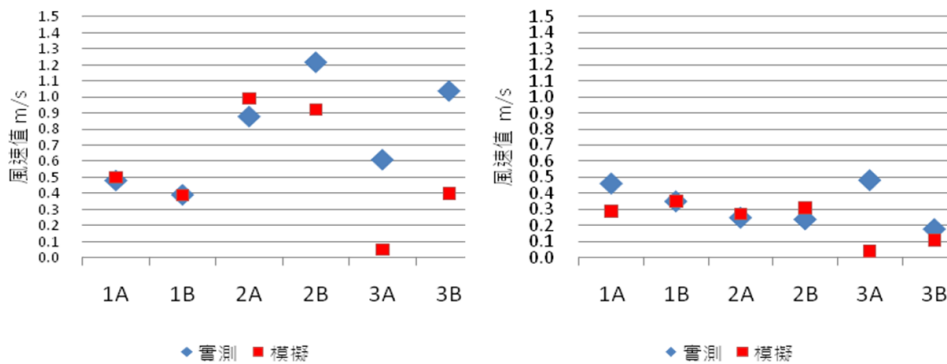


圖 7 實測與模擬結果比較圖(左：下午時段；右：晚上時段)

資料來源：本研究製作

#### 四、風環境舒適評估法建立

本研究以「行人舒適度」角度出發，著重於規範最小風速值之訂定，針對下午及晚上時段之氣候狀況，以SET\*(Standard Effective Temperature)<sup>4</sup>舒適指標檢驗1.5公尺高度下之行人風場，提出(一)絕對評估法與(二)相對評估法訂定台南市風環境舒適指標，建立風環境評估基準。

4. SET\* (Standard Effective Temperature)是美國空調協會 ASHRAE 綜合人體對於溫熱環境反應之指標，包含氣溫、風速、濕度及輻射對溫熱感之影響所訂定。SET\*之計算 Charlie Huizenga & Marc Fountain 於 1994 年所設計的「UC Berkely Thermal Comfort Program」，計算時將儀器所測得之溫度、平均熱輻射溫度、相對濕度、風速等物理環境因子及調查所得之活動狀態與人的衣著量等數據輸入程式中，以得出影響人體舒適度之可忍受的最小風速值。

### (一)絕對評估法

在既有文獻中，對於絕對評估法所給訂之值，通常只針對整體平均給予特定之規範，蒲福風級表<sup>5</sup>所示，當風速不足0.30 m/s時，屬於無風狀態，因而舒適的行人風場風速值之設定需高於0.30 m/s，並根據朱佳仁(2006)制定風評估準則對於行人風場的可容忍風速最大值須低於3.00 m/s。以上論述並無考慮到不同時段配合太陽輻射強度、熱量，應有不同的風速標準，以符合各時段所應達到之舒適度。因此，在考慮不同時段之不同氣象條件下，引入氣溫及濕度之概念，依據影響人體舒適度之六項因子演算，以求解在不同風速條件下SET\*值之變化，試圖找出達到戶外熱舒適性可接受範圍之SET\*值時之最小風速值。

本研究採用林子平(2007)研究，訂定台灣戶外熱舒適性可接受SET\*值範圍為23.0~33.1°C。為配合行人風場之條件，本研究在計算SET\*時，將活動狀態設定值定為行走狀態(2.0 met)。人的衣著量方面設定值則根據洪增淵(2004)研究顯示，國人夏季衣服絕緣值平均為0.5 clo。氣溫以台南市2003~2007年五年間下午(13點~18點)、晚上(19點~24點)時段平均值作為基準。平均輻射MRT值之設定方面，因台南市之氣象資料(2003~2007年)並無紀錄黑球之溫度，無法得出實際之平均輻射值，故於本研究中採用各時段平均所得之氣溫替代(陳銘雄，2005)。風速方面參照絕對評估法，以0.3m/s~3.00m/為範圍做測試，並以「UC Berkely Thermal Comfort Program」計算出相對應之SET\*值，據此觀察風速值對SET\*值之戶外熱舒適性敏感性分析。

圖8為下午時段風速與SET\*關係圖。根據前文所述，台灣戶外熱舒適性之上限值為33.1°C，以下午最熱時段13:00為基準，藉由SET\*之分布曲線與其舒適範圍上限值33.1°C對應得知，為維持下午時段之SET\*值達到舒適範圍內，下午時段風速最少須維持在1.03m/s以上，而下午18:00時之氣候條件則已符合舒適範圍值。圖9為晚上時段風速與SET\*關係圖，藉此得知晚上時段之風速等氣候條件皆符合SET\*值之戶外熱舒適性指標範圍。

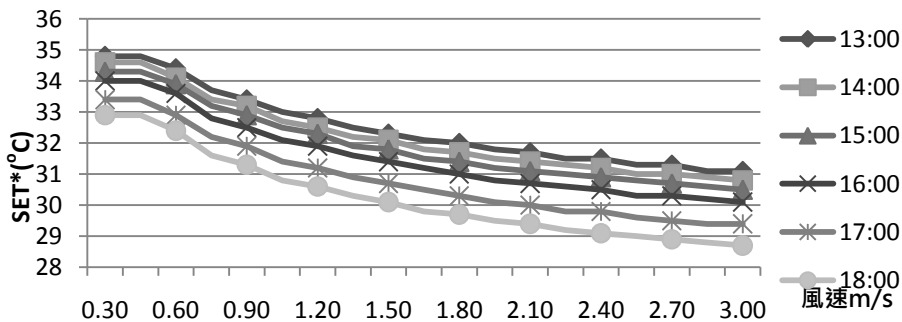


圖 8 下午時段(13:01~18:00)：風速與 SET\*對應圖

資料來源：本研究製作

5. 目前國際通用之風力估計，係以蒲福風級為標準，對照人體受風程度的說明，可以直接敘述出戶外風速強弱對行人之影響。如蒲福風級為 0 為無風狀態，風速不足 0.3m/s，可以煙直上作為敘述；風級為 1 為軟風，風速 0.3-1.5m/s，以僅煙能表示風向，但不能轉動風標為敘述。

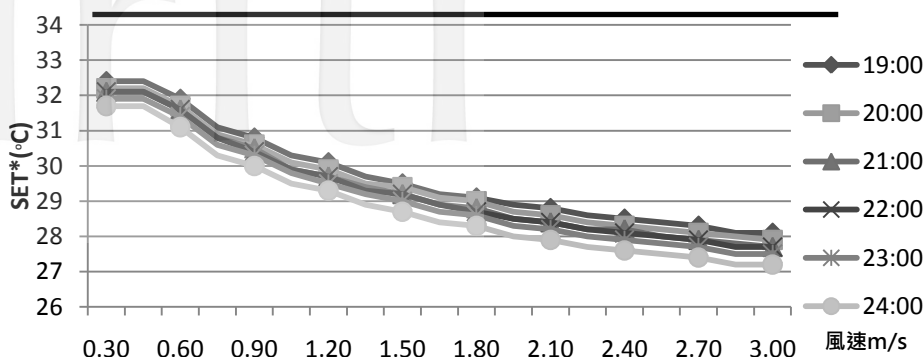


圖 9 晚上時段(18:01~00:00)：風速與 SET\*對應圖

資料來源：本研究製作

綜合上述，下午時段之最小風速值應達到1.03 m/s，而晚上時段氣候條件皆符合SET\*舒適範圍值，故晚上最小風速之訂定採用絕對評估法中所訂之最小風速值0.30m/s。最大風速值部分，因為本研究區屬於風速微弱地區，故在此不將風害評估納入考量，最大風速值之訂定維持絕對評估法最大風速3.00m/s之規定。綜合上述，下午時段的平均風速應介於1.03m/s~3.00m/s，晚上時段則須符合0.30m/s~3.00m/s。

## (二)相對評估法

相對評估法方面則可再細分為：1.興建前後風速比，定義為建築物興建後之平均風速/建築物興建前之平均風速，用以評估建築物對該區風場之影響；2.風速流入比例，定義為建築物興建後之平均風速/基準風速，基準風速係為台南市氣象站所測得之氣象資料，量測高度為40.8m。本方法主要在於避免絕對評估法中無法考慮到初始設定數值與該區平均風速之相對關係，造成固定之平均風速值對於提升該區之舒適度無明顯助益之情況。在相對評估法中，興建前後風速比只能表示風速增減的程度，無法說明各測點的實際風速的強弱和對行人的影響，故本研究除考慮相對評估法之準則外，將在配合檢驗絕對評估法中所給訂之標準值，以達相互檢測之效。

本研究以台南市氣象站2003年至2007年資料，分析出下午時段五年之平均風速(4.25 m/s)作為檢測基準值，依此訂出下午時段流入該住宅區之比例應滿足24.24%(1.03/4.25\*100)~70.59%(3.00/4.25\*100)；又以晚上時段五年之平均風速(2.64 m/s)作為檢測基準值，依此訂出於晚上時段流入該住宅區之比例應滿足11.36%(0.30/2.64\*100)~113.64%(3.00/2.64\*100)。

## 五、風環境之現況檢測

基地現況之風模擬分析以台南市氣象站2003~2007年五年氣象統計資料(如前述)訂為模擬設定值。

(一)下午時段(西風)

圖10 為下午時段興建前後風環境模擬圖。由模擬結果得知實證地區之平均風速值為0.43 m/s，其平均風速雖符合該標準值，但由空間網格數之風速值組距資料可發現未達標準的風速資料占了92.88%。對照建築物未興建前之基準風速(0.65 m/s)，計算得知興建前後風速比為0.66，表示興建後風速有降低之現象。據此觀察模擬所得之平均風速為0.43 m/s，風速流入比例為10.11%，未符合風速流入之比例。表2為現況高度1.5公尺之風速模擬結果整理表。

表 2 現況高度：1.5 公尺之風速模擬組距表

時段	風速(m/s)	0.00~1.02	1.03~3.00	3.00以上	總計
下午時段	網格數	1030	79	0	1,109
	比例(%)	92.88	7.12	0.00	100.00
時段	風速(m/s)	0.00~0.29	0.30~3.00	3.00以上	總計
晚上時段	網格數	694	415	0	1,109
	比例(%)	62.58	37.42	0.00	100.00

資料來源：本研究製作

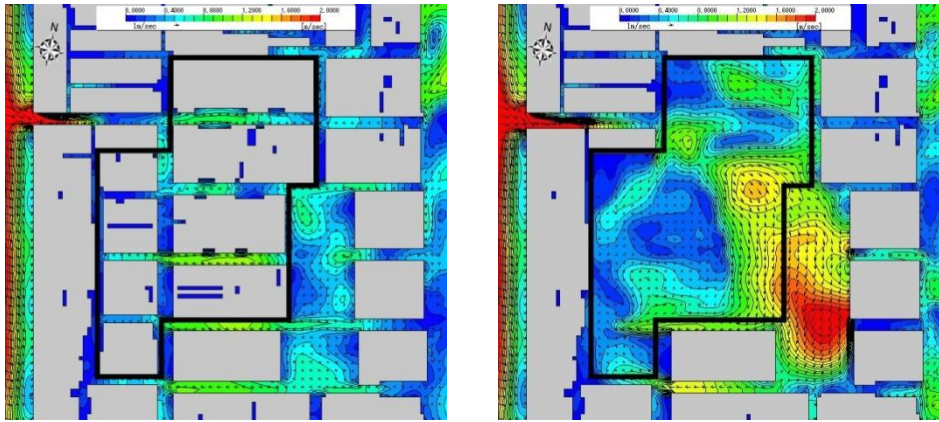


圖 10 下午時段(西風)：實證地區模擬高度 1.5 公尺之風速圖(左：現況 右：興建前)

資料來源：本研究製作

(二)晚上時段(南風)

圖11為晚上時段興建前後風環境模擬圖。實證地區之平均風速值為0.25 m/s。由空間網格數之風速值組距資料可發現未達標準的風速資料占了62.58%。對照建築物未興建前之風速資料，對照建築物興建前之風速為基準風速(0.59 m/s)，計算得知興建前後風速比為：0.42，此數值相對下

午時段之風速比而言，有較大的改善空間。據此觀察模擬所得之平均風速為0.25 m/s，風速流入比例為9.47%，未符合風速流入之比例。

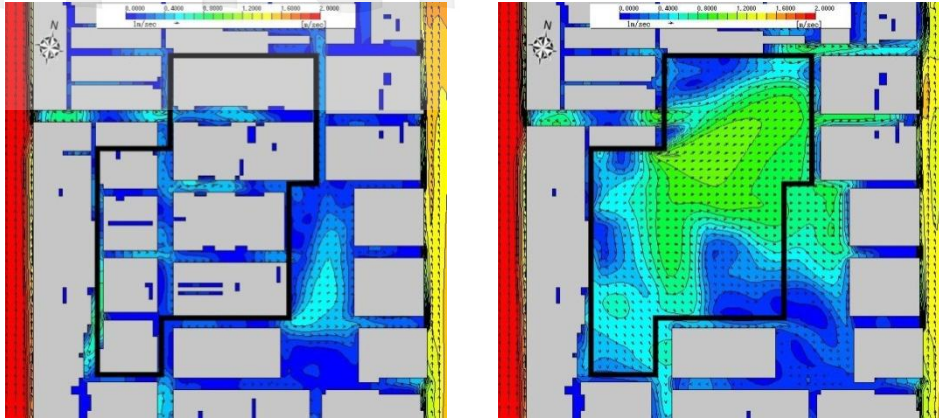


圖 11 晚上時段(南風)：實證地區模擬高度 1.5 公尺之風速圖(左：現況 右：興建前)

資料來源：本研究製作

表3為本研究參考既有文獻並配合現地風場流況，所訂定之風環境舒適指標評估風速標準。

表 3 風環境舒適指標評估風速標準

時段		下午時段	晚上時段
檢測項目			
(1)絕對評估法(%)		7.12	37.42
(2)相對評估法	A.興建前後風速比	0.66	0.42
	B.風速流入比例(%)	10.11	9.47

資料來源：本研究製作

## 六、建蔽容積率方案選擇

由上述現況之模擬結果得知本區風速未符合本研究之風速標準，因此本研究提出四套建蔽率與容積率改善模擬案，並分別模擬下午與晚上兩時段，共計有八套模擬組合，詳見表4。再依據前章節所建立之風環境舒適度指標，分析建蔽率與容積率之量體大小與住宅區內行人風環境之關係及評估該都市更新地區風環境策略。由於本文主要是在探討不同建蔽率、容積率之組合，對於

住宅區風環境之影響與關係，故對於研究地區之周邊建物將不做任何變更，在建物之設計形式與配置位置上，則以台南市政府委託長榮大學規劃單位所提出之建築配置為參考基準(圖12)，此外於建築量體之建置上，配合各基地所容許建造之建蔽面積，每一樓層皆以相同樓地板面積形式呈現，呈矩形建築形式。

表 4 四套改善方案之建蔽容積組合表

項目	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
建蔽率(%)	50	50	60	60
樓層數：容積率(%)	3F：150	4F：200	3F：180	4F：240

資料來源：本研究製作

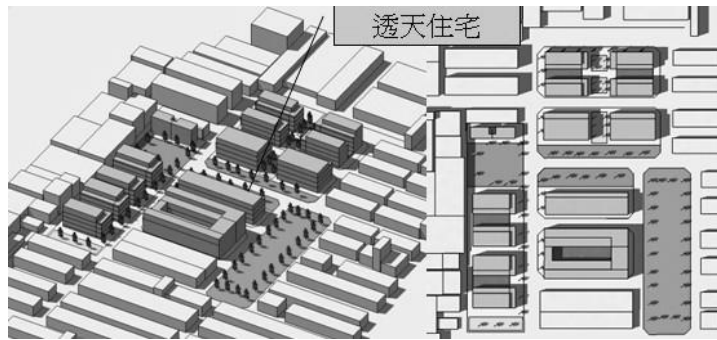


圖 12 建築配置—大林住宅更新單元(長榮大學民國 97 年規劃方案)

資料來源：台南市大林大同住宅都市更新規劃(2009)

在1.5 m行人風場之研究地區四套改善方案之平均風速如表5示，改善方案Case 1、Case 3之下午時段的平均風速值高於現況之平均風速值0.43 m/s，代表此兩套方案，對下午時段該區之風環境具有改善風流場之成效。即三層樓的評估結果及平均風速皆優於四層樓之方案，呈現樓層越高評估效益及風速較不佳的現象，主要原因為入風口處周邊之建築物約為4~5層樓高，在近似高度與規模的建築群比鄰而立時，對於迎風而來的氣流會產生遮蔽效應，迫使氣流由建築群的上方越過，導致四層樓高之評估結果相對三層樓高的方案較為不佳，但因樓層的變化高度不大，此四套方案中具體之差異處並不明顯。

而晚上時段由表5之平均風速值可知，改善方案之數值皆高於現況晚上之0.25 m/s，代表本研究所提之改善方案，具有改善風流場之成效。根據晚上時段之評估結果可知，建蔽率越低的方案評估結果越好，主要原因為相較於Case 3、4，Case 1、2的低建蔽率使得研究地區之街道較為寬闊，而寬闊的街道使得風流動更為順暢，風廊道越為寬敞，將越能提升行人風場之整體風速，其中尤

以Case1與Case3之風速變化較為明顯。在樓層高度所造成的變化上，於Case 1、2中之平均風速值有差異，但於空間評估之網格數比例上，則呈現相似的結果，故整體而言，此四套改善方案對於該區晚上之風環境影響度較小。

表 5 四套改善方案 1.5 公尺高度之模擬平均風速值(m/s)

時段	現況	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
下午(西風)	0.43	0.47	0.42	0.57	0.43
晚上(南風)	0.25	0.37	0.33	0.32	0.31

資料來源：本研究製作

四套改善方案中，以下午時段Case 3之風環境改善成效最好；而晚上時段四個方案較無明顯差異，多具改善效果，因此以下多以Case 3為例說明。下午時段行人風場指標，最佳風速值為1.03~3.00m/s。由前述配合未興建前之研究地區平均風速結果(0.65 m/s)，及現況模擬得1.5 m行人風場之平均風速為0.43 m/s，可分析得表6，其中Case 3之絕對評估法符合下午時段之風速範圍值之空間網格數比例占12.23%；依風速流入比例法所得，符合下午時段之風速範圍值之空間網格數比例占13.41%。

晚上時段場指標，最佳風速值為0.30~3.00m/s。由前述配合未興建前之研究地區平均風速結果(0.59 m/s)，及現況模擬得1.5 m行人風場之平均風速為0.25 m/s，可分析得表6，其中Case 3之絕對評估法符合晚上時段之風速範圍值之空間網格數比例占49.12%，依風速流入比例法所得，符合晚上時段之風速範圍值之空間網格數比例占12.12%。

表 6 各時段四套方案評估表

時段	方案(建蔽率_樓層)評估法				
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
下午(西風)	(1)絕對評估法(%)	4.33	5.32	12.23	1.57
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比		B.風速流入比例(%)	
		0.72	0.65	0.88	0.66
		11.06	9.88	13.41	10.12
晚上(南風)	(1)絕對評估法(%)	54.55	54.46	49.12	53.29
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比		B.風速流入比例(%)	
		0.63	0.56	0.54	0.53
		14.02	12.50	12.12	11.74

資料來源：本研究製作

圖13為實證地區Case3下午及晚上時段的風速模擬圖。建蔽率方面，同屬三層樓高，但Case 3的建物基地總面積大於Case 1的情況下，Case 3在經過量化評估後相對較佳，主要原因為在Case 3的ABCD四處形成較為狹窄之街道，由於通風斷面的縮小，氣流產生加速的現象，易將外圍之東北、東、東南風等風流引入，使得Case 3之平均風速及評估結果優於Case 1。然而在Case 2及4中，建蔽率的改變對於風環境之影響層面則較不顯著，主要原因為左側連棟式住宅為4層樓高所造成的遮蔽效應（於圖13之E處）。

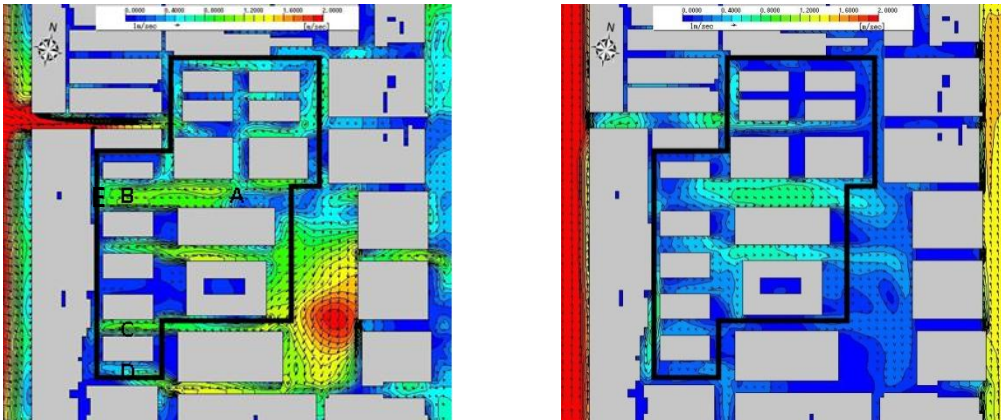


圖 13 實證地區 Case 3 高度 1.5 公尺之風速模擬圖(a)下午時段(西風) (b)晚上時段(南風)

資料來源：本研究製作

## 七、改善方案建議

由上述現行建蔽率、容積率管制條件下進行風環境檢討得知，改善程度並未如預期明顯。因此本研究另提出之兩方案：「容積率放寬」及「風廊道設計」等都市設計層面建議，以改善本都市更新區行人風場舒適度。

### (一)容積率放寬

以建蔽率60%、樓高3樓為基準值，提出放寬容積率對策，將研究地區之樓高由3樓作逐層遞增，模擬各樓層之平均風速，所得下午及晚上時段1.5 m高行人風場之平均風速可由圖14呈現。依下午、晚上時段的各樓層平均風速之模擬數值中結果，將建物樓層分成兩部份作為討論：(1)3~5樓：以3樓之平均風速較佳，隨著高度增加呈現下降之趨勢。(2)6~12樓：因建築物迎風面增高，使得部份氣流由建物上方與兩側尾流速度增加，部份則沿著建築物的迎風面向下流動，使得研究地區之行人風場平均風速，隨著樓層高度增加呈現上升趨勢。本研究發現容積率放寬的改善中，於下午時段，當樓層在10層樓時，其平均風速值符合下午時段之最適風速範圍值；而晚上時段除了5樓的平均風速低於最小舒適值(0.30m/s)外，其餘皆符合範圍值。



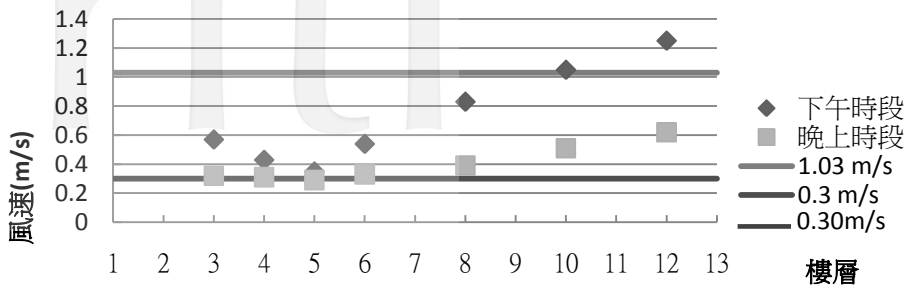


圖 14 高度 1.5 公尺之下午、晚上時段各樓層平均風速對照圖

資料來源：本研究製作

以建蔽率60%在「容積率放寬」策略下之各方案評估如表7所示。在空間比例評估部份，符合下午時段風速範圍值(1.03 m/s~3.00 m/s)之空間網格數於10樓之方案中，其比例已超過一半以上；而晚上時段，於六樓以後之樓層方案，符合晚上時段風速範圍值(0.30 m/s~3.00 m/s)空間網格數皆已達到一半之比例。在相對評估法中：(1)興建前後風速比：下午時段於8樓以後之比值呈現大於1，晚上時段則在12樓後開始大於1；(2)風速流入比例：下午時段，10樓之後的數值符合下午時段設定之流入住宅區比例(24.24%~70.59%)，晚上時段，各樓層之數值皆符合晚上時段設定之流入住宅區比例(11.36%~113.64%)。根據以上所提出之改善方案模擬及評估結果，可知適當「容積率放寬」可改善研究地區之風環境。

表 7 各方案評估表

時段	樓層數：容積率(%)		3F：	4F：	5F：	6F：	8F：	10F：	12F：
	評估法		180	240	300	360	480	600	720
下午 (西風)	(1)絕對評估法(%)		12.23	1.57	1.72	9.38	37.67	51.57	58.99
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比	0.88	0.66	0.54	0.83	1.28	1.62	1.92
		B.風速流入比例(%)	13.41	10.12	8.24	12.71	19.53	24.71	29.41
晚上 (南風)	(1)絕對評估法(%)		49.12	53.29	47.05	50.59	55.99	63.80	67.04
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比	0.54	0.53	0.49	0.56	0.66	0.86	1.05
		B.風速流入比例(%)	12.12	11.74	10.98	12.50	14.77	19.32	23.48

資料來源：本研究製作

## (二)風廊道設計

依更新單位未來之規劃「以24米林蔭道路作為東西向主要動線」之構想(圖15)，將本研究地區東西向道路兩側之周邊建物移除，模型設定如圖16所示，依此模擬新方案之平均風速，所得下午及晚上時段1.5 m行人風場之平均風速。

以建蔽率60%，樓高3樓，根據風廊道設計方案之前後比較，以下午改善之成效較為明顯，雖其平均風速值尚未達到最小舒適風速值，但從空間分析之符合下午時段風速範圍值(1.03 m/s~3.00 m/s)來看，相對於廊道設計前，由表8可知空間網格數比例已提升一倍，主要原因為下午時段設定風向為西風，故將研究地區東西側阻礙風流入之建物予以移除，將有助於風的流入率。而東西向風廊道之設計，對於晚上時段之改善成效較為有限，主因乃為該時段主要風向為南風，故如欲提升符合晚上時段之空間網格數比例，須從增加南北向風廊道設計著手。因此，未來在規劃設計上，須針對不同時段之主要風向作進一步之分析，以使研究地區能在各時段中皆能有良好及舒適之風環境。

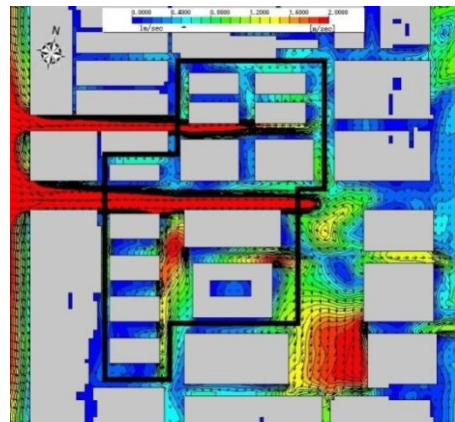


圖 15 大林住宅更新單元交通系統(長榮大學民國 98 年規劃方案)

資料來源：台南市大林大同住宅都市更新規劃(2009)，  
本研究增劃標示

圖 16 風廊道設計方案設定及下午時段風速模擬圖

資料來源：本研究製作

表 8 下午時段風廊道設計方案前後比較

時段	方案		廊道設計前	廊道設計後
	評估法			
下午 (西風)	(1)絕對評估法(%)		12.23	23.92
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比	0.88	1.40
		B.風速流入比例(%)	13.41	21.41
晚上 (南風)	(1)絕對評估法(%)		49.12	50.20
	(2)相對評估法	A.興建前後風速比	0.54	0.58
		B.風速流入比例(%)	12.12	12.88

資料來源：本研究製作

## 八、結論

本研究以改善住宅區之風環境面向做探討，選定台南市大林住宅更新地區做為研究地區，首先藉由微氣候定點觀測法，檢驗CFD(Computational Fluid Dynamics)模擬計算之分析方法並修正之，提升模擬之準確性。本研究另參考國內外風環境指標，以台南市氣象資料為基礎，從行人舒適性(SET\*舒適度檢驗)之角度，建立台南市住宅區之風環境舒適度指標，提出絕對評估法及相對評估法。研究地區下午時段最佳風速值應介於1.03 m/s至3.00 m/s間，晚上時段最佳風速值應介於0.30 m/s至3.00 m/s之間。依台南市氣象站五年氣象資料分析，下午時段及晚上時段之平均風速分別為4.25 m/s及 2.64 m/s，並依此作為檢測基準值，進而訂出流入該住宅區之比例於下午時段應滿足24.24%~70.59%，晚上時段應滿足11.36%~113.64%。本研究另訂定興建前後風速比以評估建物對風環境之影響。

本研究進行CFD模擬，得知研究地區現況下午及晚上時段之平均風速分別為0.43 m/s及0.25m/s。由絕對評估法所得，現況符合下午及晚上時段風速範圍值之空間網格數比例分別占7.12%及37.42%，未符合本研究訂定之風環境檢測指標。本研究進一步設計四套建蔽容積率方案，以得出該都市更新區較佳的策略，模擬結果顯示建蔽率：60%，樓層高：3樓(容積率：180%)為本研究地區較佳方案，但皆未能符合本研究訂定之風環境檢測指標，故本研究提出突破現行容積率之管制及周邊建物不變更之限制，提出「容積率放寬」及「風廊道設計」等都市設計層面之改善方案，以提升本都市更新區行人風場舒適度。研究結果顯示，適當容積率放寬對於研究地區之風環境改善有所效力。另風廊道設計方案，可明顯改善下午之風環境，雖其平均風速值尚未達到最小舒適風速值，但從空間分析之符合下午時段風速範圍值來看，相對於廊道設計前，絕對評估法及相對評估法之空間網格數比例已提升一倍，其平均風速也增加。透過本研究風環境舒適度評估值及建議方案的提出可供其他城市進行住宅區都市更新時，作為計畫案風環境評估方法之參考。

## 參考文獻

- 環境技術模擬股份有限公司，2009，3D 立體熱流體模擬解析軟體「WindPerfect」，  
<http://www.env-simulation.com/ch/index.html>，2009年6月20日下載。
- 中央氣象局，2008，蒲福風級表(Beaufort scale)，<http://kitejack.myweb.hinet.net/connected/bft.htm>，2008年9月14日下載。
- 丁育群、朱佳仁，2000，「高層建築物風場環境評估準則研擬-內政部建築研究所研究計畫報告」，台北：內政部建築研究所。
- 朱佳仁，2006，「風工程概論」，台北：科技圖書出版公司。
- 台南市大林大同住宅都市更新規劃，2009，台南市大林大同住宅都市更新規劃先期規劃案，  
[http://210.70.179.218/OLD\\_PAGE/hp/2.html](http://210.70.179.218/OLD_PAGE/hp/2.html)，2009年6月20日下載。
- 吳武易，1992，「超高層建築環境影響評估方法之研究：以物理環境影響因子為對象」，國立成功大學建築學系研究所碩士論文。
- 林子平，2007，熱濕氣候區戶外熱舒適接受範圍與環境設計對策，「兩岸三地都市微氣候評估研討會論文集」，臺南，77-82。
- 林憲德，2007，社區微氣候評估初探，「兩岸三地都市微氣候評估研討會論文集」，臺南，43-57。
- 林憲德、李魁鵬、陳冠廷、林立人、郭曉青、陳子謙，1999，台灣四大都會區都市熱島效應實測解析(一)，「建築學報」，31：51-73。
- 洪一安，2008，「社區夏季通風評估之研究」，國立成功大學建築系碩士班論文。
- 香港中文大學，2005，「空氣流通評估方法可行性研究研究結果摘要」，香港：香港中文大學。
- 洪增淵，2004，「演講廳之室內環境品質調查與分析」，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
- 陳銘雄，2005，「從熱舒適度探討學校普通教室節能策略」，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
- 黃世孟，2009，物業管理結合都市更新發展之課題，「第三屆全國不動產經營管理研討會」，臺南，1-23。
- 木梨智子、小野佳之、片岡浩人、川口彰久，2005，「市街地風環境の予測・評価技術」，大林組技術研究所報 N0.69，日本：大林組技術研究所。
- Cheng, H. H., Wang F., 2005, "Using a CFD approach for the study of street-level winds in a built-up area[J]", *Building and Environment*, 40(5):617-631.
- Chen, H., Ooka R, Huang H, Tsuchiya T, 2009, "Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation", *Building and Environment*, 44:2290-2299.
- Ghiaus, C., Allard, F. et al., 2006, "Urban environment influence on natural ventilation potential.", *Building and Environment*, 41: 395-406.
- Hagishima, A., Tanimoto, J., 2005, "Investigations of urban surface conditions for urban canopy model.", *Building and Environment*, 40:1638-1650

- Hsieh, C.M., Aramaki, A., Hanaki, K., 2007, “The feedback of heat rejection to air conditioning load during the nighttime in subtropical climate.”, *Energy and Buildings*, 39:1175-1182
- Hsieh, C.M., Cheng, H., Ooka, R., Yoon, J., Kato, S., Miisho, K., 2010, “Simulation Analysis of Site Design and Layout Planning to Mitigate Thermal Environment of Riverside Residential Development”, *Building Simulation*, 3:51-61
- Isaac, G., Capeluto, A., Yezioro, E., Shaviv, E., 2003, “Climatic aspects in urban design—a case study.” *Building and Environment*, 38(6): 827-835.
- Landsberg, H.E., 1981, *The Urban Climate*, New York: Academic Press.
- Ng, E., 2009, “Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities-air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong.” *Building and Environment*, 44:1478-1488.
- Oke, T., 1976, “The distance between canopy and boundary layer urban heat island.”, *Atmosphere*, 14(4), 191-203.
- Takahashi, K., Yoshida, H., et al., 2004, “Measurement of thermal environment in Kyoto City and its prediction by CFD simulation.”, *Energy and Buildings*, 16: 771–779.
- Tetsu, K., Masao, M., Yoshihide, T., Akashi, M., 2008, “Wind tunnel test on the relationship between building density and pedestrian—level wind velocity : Development guidelines for realizing acceptable wind environment in residential neighborhoods.”, *Building and Environment*, 43(2008) : 1699–1708.