

## 評估準則

### 蒲福風級

蒲福氏風級 ( 英語 : Beaufort scale 或 Beaufort wind force scale , 又名蒲福風級、蒲氏風級 ) 是英國人弗朗西斯·蒲福 ( Francis Beaufort ) 於1805年根據風對地面物體或海面的影響程度而定出的風力等級。按強弱, 將風力劃為「0」至「12」, 共13個等級, 蒲福風級僅表示風對人體感受的虛擬程度, 對於人體舒適度僅代表認知性感受, 一般人體感受級度在1~5級之間仍在人體舒適感可承受範圍



## 蒲福氏風級表

風級	名稱	風速 ( m/s )	陸上事物情況
0	無風 calm	0~0.2	平靜無風, 炊煙直上
1	軟風 light air	0.3~1.5	炊煙能表示風向
2	輕風 slight breeze	1.6~3.3	風拂面, 樹葉有微響
3	微風 gentle breeze	3.4~5.4	樹葉及微枝搖動
4	和風 moderate breeze	5.5~7.9	小枝搖動, 灰塵飛揚
5	清風 fresh breeze	8.0~10.7	小樹搖動, 內河起波
6	強風 strong breeze	10.8~13.8	大樹搖動, 舉傘困難
7	疾風 near gale	13.9~17.1	樹幹搖動, 人行有阻
8	大風 gale	17.2~20.7	樹幹吹折, 行人難進
9	烈風 strong gale	20.8~24.4	煙囪等被吹毀
10	暴風 storm	24.5~28.4	樹枝、建築物受損
11	強烈報風	28.5~32.6	有災害
12	颱風	32.7~36.9	嚴重風災
↓	颱風	↓	嚴重風災

## 熱舒適性

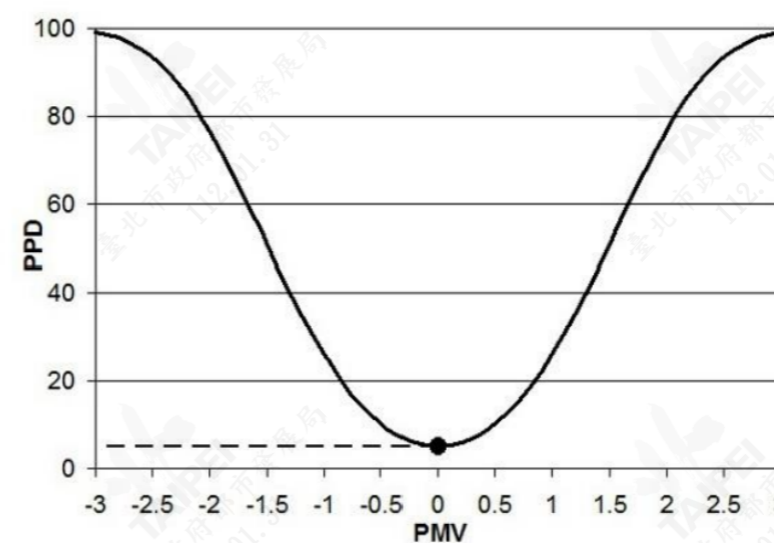
熱舒適性 ( 英文 : Thermal comfort ) 為人體對溫度、濕度、風速等物理環境的感受與喜好狀態, 可以透過主觀評估 ( ASHRAE 55 ) 的方式來確認<sup>[1]</sup>, 不僅影響人體的工作效率, 更可能造成健康上的危害。暖通空調設計的主要目的之一就是維持在建築物 ( 或是其他空間 ) 之內的熱舒適性, 因此熱舒適性同時也是建築性能模擬中的重要指標。統計上常以不舒適時間的百分比來表示。本案以PMV-PDD指標評估建物周遭測點人體舒適度。

表格 2-1. PMV 熱舒適程度分級

PMV 指標	人體感受
3	炎熱
2	溫暖
1	微溫
0	適中
-1	微冷
-2	涼爽
-3	寒冷

表 1 行人風場舒適度評估標準文獻

舒適度評估標準	舒適度等級	參考風速	風速範圍 ( m/s )	發生機率
Davenport (1972)	長時間站坐	$\bar{U}$	> 3.5	< 5%
	短時間站坐	$\bar{U}$	> 5.5	< 5%
	散步	$\bar{U}$	> 7.5	< 5%
	快走	$\bar{U}$	> 10	< 5%
Hunt (1976)	長時間站坐	$\bar{U} + 3U_{rms}$	> 6	< 10%
	短時間站坐	$\bar{U} + 3U_{rms}$	> 9	< 10%
	行走	$\bar{U} + 3U_{rms}$	> 9	> 10%
	不舒適	$\bar{U}$	> 9	> 10%
Lawson (1990)	長時間站坐	$\bar{U}$	> 2	< 5%
	短時間站坐	$\bar{U}$	> 6	< 5%
	行走	$\bar{U}$	> 10	< 5%
	不舒適	$\bar{U}$	> 10	> 5%
Soligo (1998)	坐定	GEM	< 2.5	≥ 80%
	站立	GEM	< 3.9	≥ 80%
	行走	GEM	< 5	≥ 80%
	不舒適	GEM	< 14	> 20%
NEN8100 (2006)	坐定	$\bar{U}$	> 5	< 2.5%
	散步	$\bar{U}$	> 5	< 5%
	快走	$\bar{U}$	> 5	< 10%
	不舒適	$\bar{U}$	> 5	< 20%
Shane (2011)	坐定	$\bar{U}$	≤ 3.9	> 70%
	站立	$\bar{U}$	≤ 6.1	> 80%
	行走	$\bar{U}$	≤ 8.3	> 80%
	不舒適	$\bar{U}$	> 8.3	> 20%
Mississauga (2014)	危險	$\bar{U}$	> 25	> 0.01%
	坐定	GEM	≤ 2.8	> 80%
	站立	GEM	≤ 4.2	> 80%
	行走	GEM	≤ 5.6	> 80%
不舒適	GEM	≥ 5.6	> 80%	



\* GEM (Gust Equivalent Mean) speed = max(mean speed, gust speed/1.85)

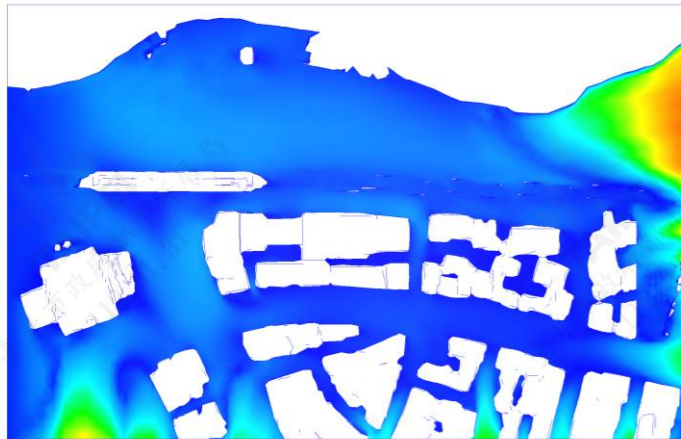
引用台中市政府105年市政發展研究論文  
城市地貌對人行步道舒適度之影響研究



分析模擬結果

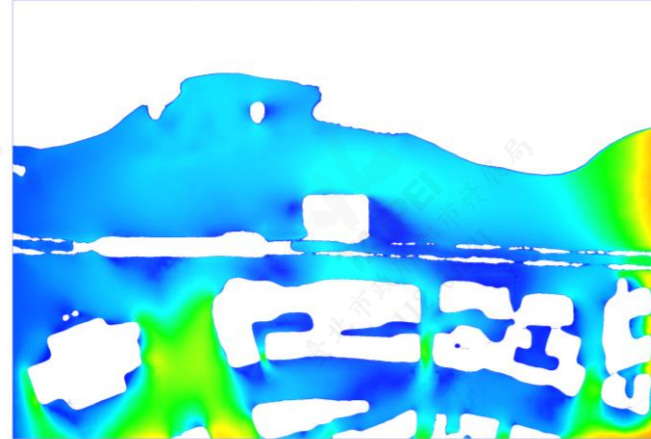
H1.5m 行人高度風場模擬結果

新建前風場



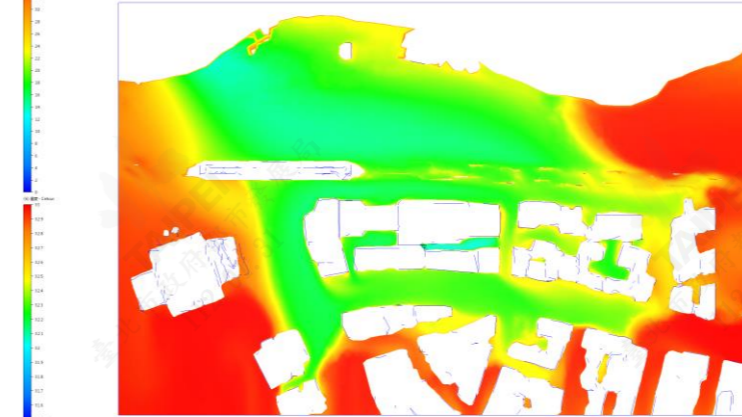
基地建物範圍風速3.6~4m/s

新建後風場



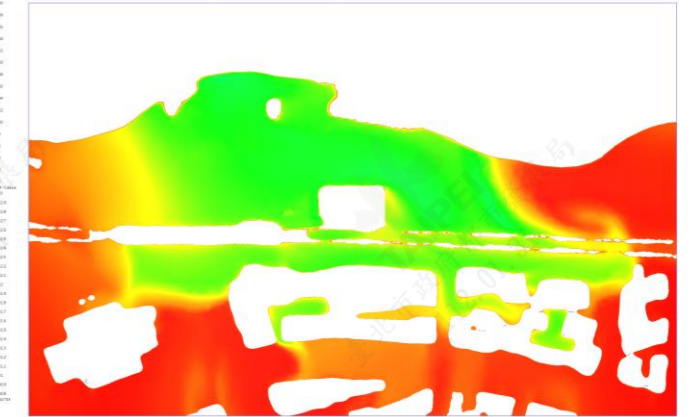
基地建物周圍風速1.14~3.74m/s，周圍通風良好，背風面有輕微阻滯回風產生，風速為軟風級人體感受度不明顯

新建前溫度場



基地範圍溫度32度，無遮擋

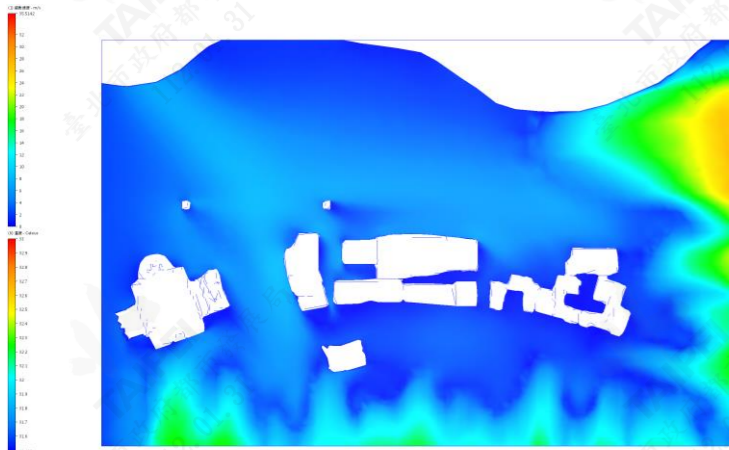
新建後溫度場



基地建物周圍溫度31.8~32度，溫度變化差異小，並未因建物高度與遮擋造成周圍溫度大幅變化，與新建前差異小

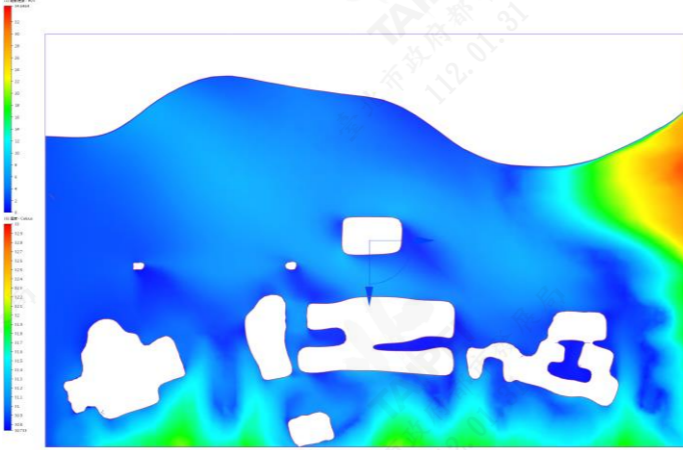
H30m 高度風場模擬結果

新建前風場



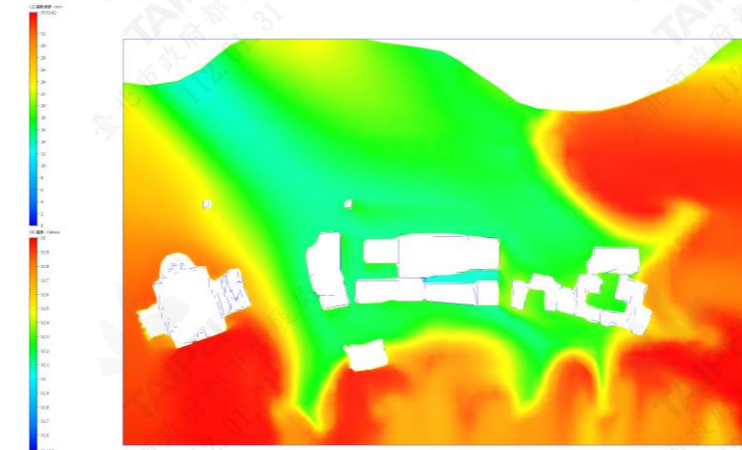
基地範圍風速6m/s

新建後風場



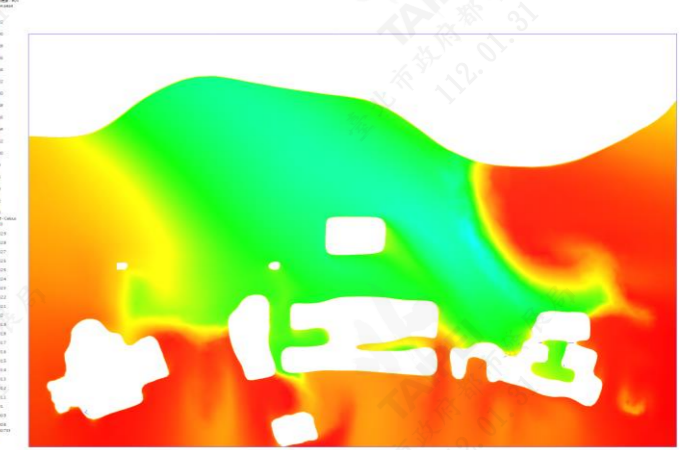
基地建物周圍高於軌道面，周圍無近距離建物，風速1.3~5.5m/s，周圍通風良好，背風面有輕微阻滯回風產生

新建前溫度場



基地建物周圍溫度32度

新建後溫度場



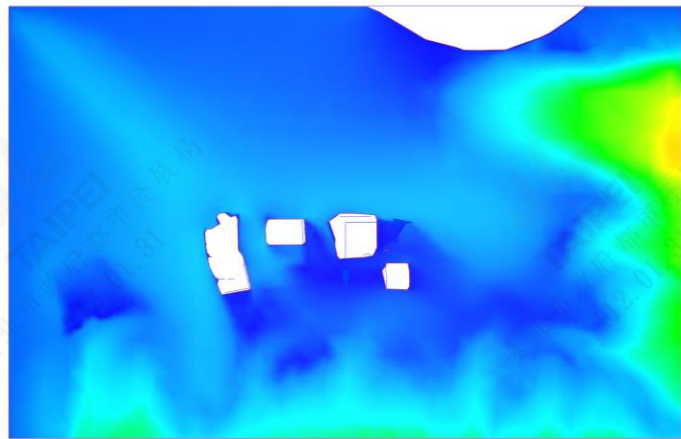
基地建物周圍溫度31.4~31.9度，與新建前溫度變化差異小



分析模擬結果

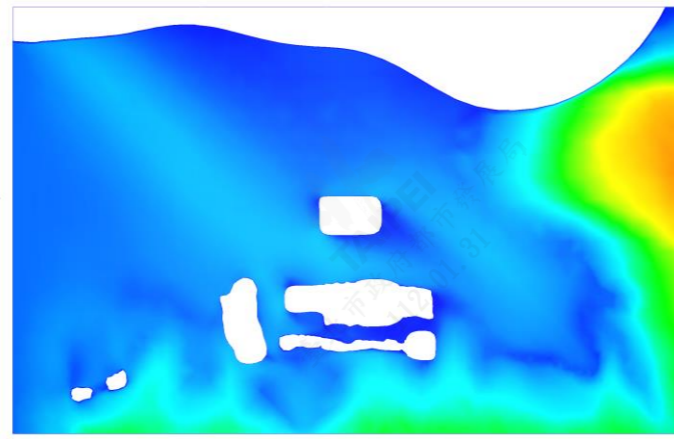
H60m 行人高度風場模擬結果

新建前風場



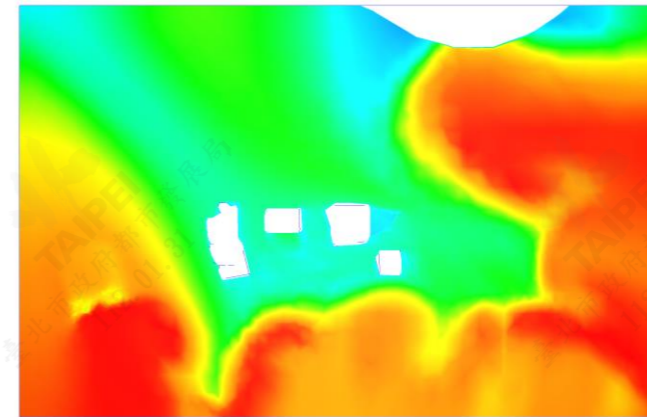
基地建物範圍風速8.5m/s

新建後風場



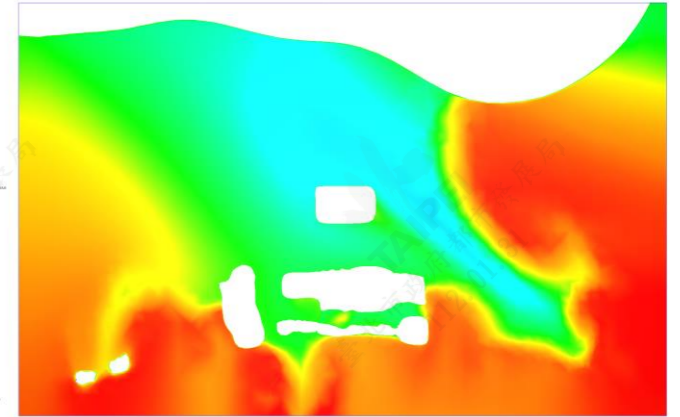
基地建物周圍無遮擋，周圍無近距離建物，風速1.8~8.3m/s，周圍通風良好，背風面有輕微阻滯回風產生

新建前溫度場



基地範圍溫度32度

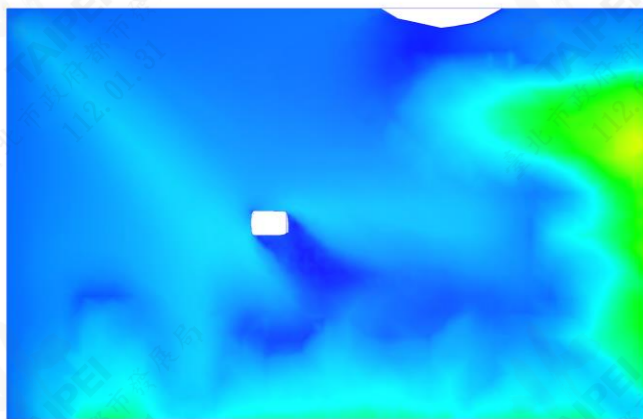
新建後溫度場



基地建物周圍溫度31.2~31.7度，溫度變化差異小，與新建前差異小

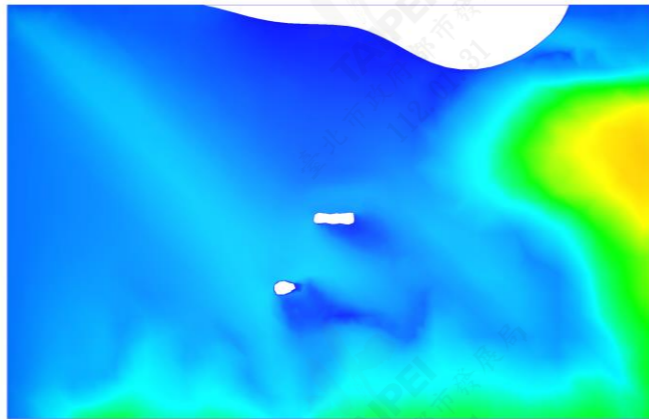
H80m 屋頂高度風場模擬結果

新建前風場



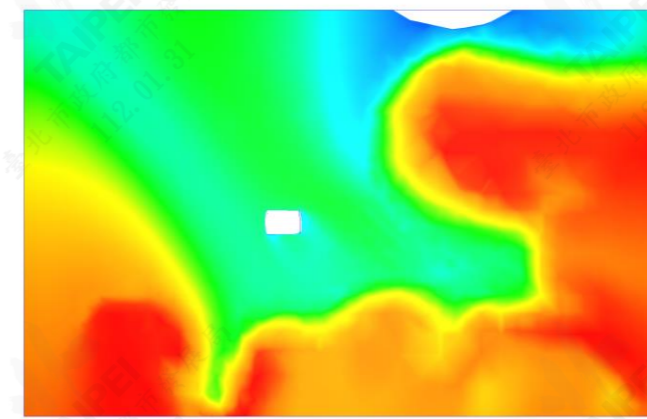
基地範圍風速10m/s

新建後風場



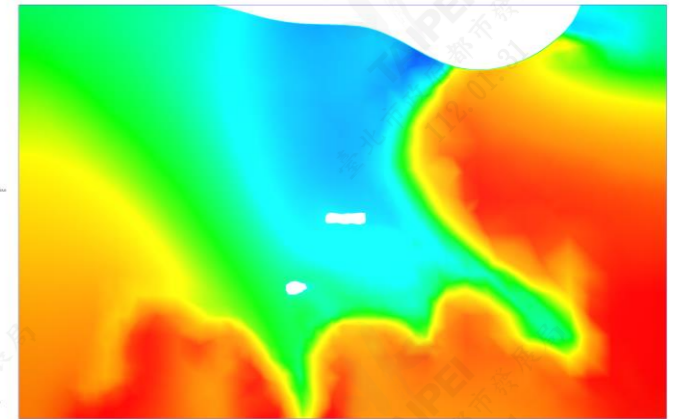
基地建物周圍無遮擋，周圍無近距離建物，風速2.7~9.7m/s，周圍通風良好

新建前溫度場



基地建物周圍溫度32度

新建後溫度場



基地建物周圍溫度30.6~31.2度，溫度變化差異小



## 分析模擬結果

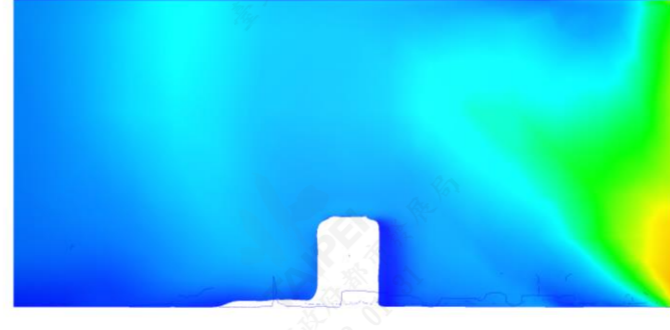
### 基地長軸向縱斷面風場模擬結果

新建前風場



建物45角為正向風面，劍潭山山勢不高，急降風效應不明顯，建物導風效果良好，風場流動平順無阻滯，基地建物周遭風速平穩，對遠後端(1km外)有整流效果

新建後風場



基地範圍長軸向無建物遮擋，風場風速順暢平穩30m高度風速略為降低，為風陡降捲升效果，基地後方(圖左側)為無建物(圓山中山橋方向)以至開闊無阻擋，風場不規則變化(1km外)

### 行人舒適度分析(1.5m高度)

測點風速列表

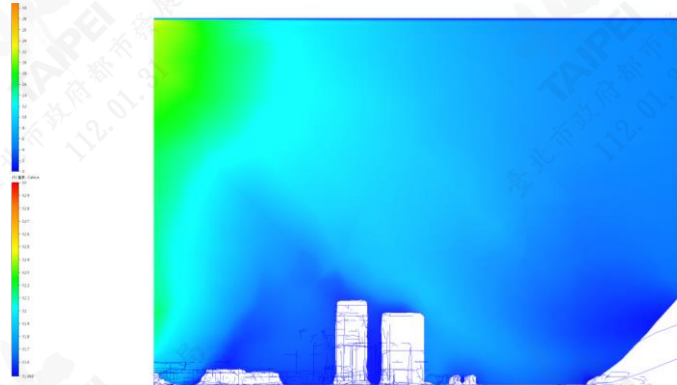
項目	類型	數值	單位
點1	絕對速度	2.27	m/s
點2	絕對速度	3.62	m/s
點3	絕對速度	2.03	m/s
點4	絕對速度	3.74	m/s
點5	絕對速度	3.38	m/s
點6	絕對速度	2.46	m/s
點7	絕對速度	1.63	m/s
點8	絕對速度	2.27	m/s
點9	絕對速度	1.84	m/s
點10	絕對速度	1.70	m/s
點11	絕對速度	1.14	m/s
點12	絕對速度	2.37	m/s

測點溫度列表

項目	類型	數值	單位
點1	溫度	31.9	攝氏度C
點2	溫度	31.8	攝氏度C
點3	溫度	32.0	攝氏度C
點4	溫度	31.9	攝氏度C
點5	溫度	31.9	攝氏度C
點6	溫度	31.9	攝氏度C
點7	溫度	31.9	攝氏度C
點8	溫度	31.9	攝氏度C
點9	溫度	31.9	攝氏度C
點10	溫度	31.9	攝氏度C
點11	溫度	32.0	攝氏度C
點12	溫度	32.0	攝氏度C

### 基地短軸向縱斷面溫度場模擬結果

新建前風場



軌道與劍潭山之間受山勢阻擋風場在80m以下風速穩定

新建後風場



短向面距離劍潭山較近，在60m高度以下有近地陡降風效應，風速較60m處微高，但是無回風產生，不會有不舒適感

依蒲福氏風級表建物周圍人行風級為軟風~輕風級，GEM(Gust Equivalent Mean)評估等級為“坐定”，依風級說明為舒適等級，風速<2.8m/s，發生機率>80%

測點熱舒適性PVM/PPD指標與SET體感溫度表

	點1	點2	點3	點4	點5	點6	點7	點8	點9	點10	點11	點12
PVM	-0.08	-0.28	0.01	-0.23	-0.21	-0.11	0.04	-0.08	-0.01	0.02	0.23	-0.05
PPD	5.00%	7.00%	5.00%	6.00%	6.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	6.00%	5.00%
SET	27.80°C	27.40°C	28.00°C	27.50°C	27.50°C	27.70°C	28.00°C	27.80°C	27.90°C	28.00°C	28.40°C	27.90°C

熱舒適性依據測點PVM-PPD指標推估體感溫度SET值介於27.4°C~28°C屬於舒適度等級0級(適中)

## 第 6 章 結論與建議

### 6.1 結論

本案透過淡江大學執行風洞試驗，進行 TOD 商業大樓興建前與興建後之風力模擬，以等比例縮小的劍潭捷運站及其周遭地況地貌模型進行試驗，並佈設量測風壓點位於模型中，再以 20 個風向角進行全面的風力考量。

風洞試驗結果顯示，在平均風力部分，風向角在  $110^{\circ}\sim 150^{\circ}$  處，水平平均風力(朝西)受大樓興建之影響較為明顯；風向角在  $100^{\circ}\sim 220^{\circ}$  處，垂直向平均風力受大樓興建之影響較為明顯；風向角在  $120^{\circ}\sim 150^{\circ}$  處，扭轉平均風力受大樓興建之影響較為明顯，風力皆有放大的效應。在擾動風力部分，風向角在  $100^{\circ}\sim 160^{\circ}$  處，水平擾動風力及垂直擾動風力，受大樓興建之影響較為明顯；風向角在  $120^{\circ}\sim 160^{\circ}$  處，扭轉擾動風力受大樓興建之影響較為明顯。若以垂直風力而言，風力最大風向角為  $110^{\circ}$ ，於大樓興建後，平均風力放大約 10%，擾動風力約放大 20%。若以水平風力及扭轉風力而言，風力最大風向角為  $280^{\circ}$ (西風)，該風向垂直對於捷運站屋頂之受風投影面最大，因此風力最大。而此風向，於大樓興建後，平均風力亦稍有放大約 15%，但擾動風力並無放大。

淡江風工程研究中心提供興建前後各 20 組不同風向角歷時資料，每組歷時資料包含屋頂 21 處節點之垂直行車向( $F_y$ )、鉛錘向( $F_z$ )之風力與扭矩( $M_x$ )以及塔柱 10 處節點之行車向( $F_x$ )、垂直行車向( $F_y$ )之風力與扭矩( $M_z$ )，共計 3,720 筆歷時資料。每筆歷時資料約含 60,000 筆數據，時間步長為 0.06 秒，共計單筆歷時資料長達 3600 秒。

以各風向角所得各風力歷時施加於劍潭捷運站之數值模型上進行動力分析，單一風向角需同時輸入屋頂 63 筆歷時資料與橋塔 30 筆歷時資料進行動力歷時分析，並分為屋頂結構、橋塔結構與吊索系統三個部分進行檢核。針對屋頂及橋塔系統，因其為同時受撓與受軸壓之構件，透過斷面之軸力-彎矩互制曲線作為斷面容量進行檢核。本研究透過 MIDAS General Section Designer 計算屋頂斷面之 P-M 互制曲線，並考量 AASHTO-LRFD 17 之設計規範計算設計強度，同時依據「公路橋梁設計規範」考慮載重組合並以兩種方法進行 PM ratio 之計算。另本計畫同時檢核屋頂與橋塔結構之剪力，依據「公路橋梁設計規範」第七章 鋼筋混凝土設計，計算屋頂結構與橋塔各斷面之混凝土與鋼筋剪力強度，考量載重組合及斷面之設計剪力強度計算剪力檢核比。吊索系統部分以軸應力方式進行檢核，並以吊索

材料極限應力之百分之六十作為檢核標準，計算吊索之應力比。以上三種檢核結果呈現(PM ratio、剪力檢核比、吊索應力比)，若小於一則表示符合規範之規定。

商業大樓興建前之屋頂結構檢核結果於風向角為 100 度時 PM ratio 產生最大值為 0.944；商業大樓興建後之檢核結果於風向角為 120 度時 PM ratio 產生最大值為 0.655。商業大樓興建前屋頂結構之最大剪力檢核比為 0.632，商業大樓興建後屋頂結構之最大剪力檢核比為 0.621。檢核結果皆小於 1，所有風向角引致屋頂結構之軸力、彎矩與剪力皆符合規範之規定。

商業大樓興建前之橋塔結構檢核結果於風向角為 280 度時 PM ratio 產生最大值為 0.488；商業大樓興建後之橋塔結構檢核結果於風向角為 280 度時 PM ratio 產生最大值為 0.417。商業大樓興建前橋塔結構之最大剪力檢核比 Z 方向為 0.456，Y 方向為 0.855，商業大樓興建後橋塔結構之最大剪力檢核比 Z 方向為 0.577，Y 方向為 0.888，檢核結果皆小於 1，所有風向角引致橋塔結構之軸力、彎矩與剪力皆符合規範之規定。

吊索應力檢核部分，商業大樓興建前之最大吊索應力比發生於風向角 100 度，發生之吊索形式為垂吊索，分析應力達  $566300 \text{ kN/m}^2$ ，設計應力為  $736190 \text{ kN/m}^2$ ，最大應力比值達 0.658。商業大樓興建後之最大吊索應力比發生於風向角 280 度，發生之吊索形式為垂吊索，分析應力達  $602700 \text{ kN/m}^2$ ，設計應力為  $736190 \text{ kN/m}^2$ ，最大應力比值達 0.700。檢核結果皆小於 1，所有風向角引致吊索之應力皆符合規範之規定。

比較商業大樓興建前與興建後之差異，從結構分析的角度可發現商業大樓興建前，屋頂與橋塔結構受力較商業大樓興建後者大，因此分析所得興建前之 PM ratio 與興建後之 PM ratio 比值皆大於 1，唯風向角為 280 度時此比值小於 1，原因為風洞試驗之結果顯示風力最大之風向角為 280 度，且不論平均或是擾動之水平風力皆較興建前者為大。

### 6.2 建議

透過數值分析結果可說明商業大樓興建前後皆符合規範之規定，因阻尼器使用經年，其效果是否如當初設計標準實值商榷，因此本計畫採用無阻尼較保守之模型進行結構分析。劍潭捷運站之阻尼器可降低風力造成之結構振動問題，後續建議可進行阻尼器之相關試驗，以驗證阻尼器現況之功能性，以獲得更精確之結構分析結果與振動行為。