

實尺寸構造物耐風試驗研究

內政部建築研究所自行研究報告

110
年度

實尺寸構造物耐風試驗研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 11 月

實尺寸構造物耐風試驗研究

研 究 人 員：郭 建 源

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 11 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

A study on Wind Resistant Test of Full
Scale Structures

BY

CHIEN YUAN KUO

November, 2021

目次

表次	III
圖次	V
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的與內容	2
第三節 研究方法與進度	4
第二章 文獻回顧	7
第一節 造風機風速量測	7
第二節 實尺寸構造物抗風試驗案例	21
第三節 風工程相關理論	25
第三章 造風機風場特性量測	27
第一節 試驗場地及儀器	27
第二節 造風機風速量測成果	30
第四章 成本分析與收費原則研擬	45
第一節 成本分析	45

第二節 收費原則	54
第五章 結論與建議.....	57
第一節 結論	57
第二節 建議	59
參考書目	61
附錄一 期初審查紀錄.....	63
附錄二 期中審查紀錄.....	65

表 次

表 1-1 研究計畫進度表	5
表 2-2 標準風壓	8
表 2-3 常用空氣基本性質表(乾空氣在 1.0atm 下)	26
表 3-1 裝集風管測點與外徑距離表	30
表 3-2 未裝集風管測點與外徑距離表	31
表 3-3 裝集風漸縮管時測點風速值 (m/s)	34
表 3-4 未集風漸縮管時測點風速值 (m/s)	34
表 3-5 未裝集風漸縮管時測點風速值 (m/s)	35
表 3-6 構造物受風目測試驗(15 級風以下)成本分析表	46
表 3-7 構造物受風目測試驗(16 級風以上)成本分析表	48
表 3-8 構造物受風量測試驗(15 級風以下)成本分析表	50
表 3-9 構造物受風量測試驗(15 級風以下)成本分析表	52
表 3-10 構造物受風試驗費額表 (草案)	54

圖次

圖 3-1 風雨實驗館配置圖	27
圖 3-2 風雨實驗館配置照片	28
圖 3-3 熱線式風速計	29
圖 3-4 裝集風管測點示意圖	30
圖 3-5 未裝集風管測點示意圖	31
圖 3-6 量測位置	32
圖 3-7 風機出風口外風速量測點位	33
圖 3-8 裝集風管 25Hz 之風速曲圖.....	35
圖 3-9 裝集風管 30Hz 之風速曲圖.....	35
圖 3-10 裝集風管 35Hz 之風速曲圖.....	35
圖 3-11 裝集風管 40Hz 之風速曲圖.....	35
圖 3-12 裝集風管 45Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-13 裝集風管 50Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-14 無集風管 25Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-15 無集風管 30Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-16 無集風管 35Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-17 無集風管 40Hz 之風速曲圖.....	36
圖 3-18 無集風管 45Hz 之風速曲圖.....	37

圖 3-19 無集風管 50Hz 之風速曲圖.....	37
圖 3-20 風速量測點位分佈圖	38
圖 3-21 風速測點對應造風機出風口位置	39
圖 3-22 風場量測相關設備	40
圖 3-23 平均風速(mean)等值圖	42
圖 3-24 風速均方根(rms)等值圖	42
圖 3-25 測點最大風速(max)等值圖	43
圖 3-26 測點最小風速(min)等值圖	44

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

本所風雨實驗室，設有帷幕牆風雨試驗及門窗風雨試驗各 1 座。帷幕牆風雨試驗主要依 CNS14280 帷幕牆及其附屬門窗物理性能試驗總則，基本試驗項目計有：氣密、靜態水密、動態水密、層間位移及結構性能等 5 大項試驗，而動態水密試驗是在檢驗帷幕牆系統模擬強風豪雨狀態下之抗水密性能。

近年氣候變遷氣候型態遽變，104 年蘇迪勒及 105 年尼伯特颱風侵襲，相繼出現蒲氏風速分級 17 級風(56.1~61.2m/s)以上的強風。造成許多戶外構造物(招牌、玻璃欄杆、遮陽、太陽能光電版....等)損壞。其後，國內業者為確保戶外構造物的抗風性能，紛紛尋求 17 級風實尺寸構造物耐風試驗，但本所風洞及風雨試驗設備能量受限，無法執行相關檢測。

本所帷幕牆風雨試驗用造風機具約直徑 4 公尺之造風斷面，可執行大尺度構造物之耐風試驗，目前國內可造風之風洞尚無如此大斷面之設備。同時，造風機與螺旋槳式飛機相似，採用 3 支長約 2 公尺之裸露葉片，風機啟動時無任何防護，有相當程度的危險性。配合本所推動實驗室產能創生計畫，改造前述造風機，使其具有防護機制，並提高風速，預計風速可達 60 m/s 即 17 級風，協助業界進行創新戶外產品耐風驗證。為使造風機更新後，能儘速投入檢測工作，本年度擬透過風場量測，掌握造風機之風場特性，並由成本分析，依不同試驗屬性擬訂試驗收費原則。

第二節 研究目的與內容

一、 研究目的

造風設備目前風速最高為 40 m/s (相當 13 級風)，係由 3300V 的電壓經由啟動 1500HP 馬達，透過儀控程式控制變頻器驅動馬達再轉動葉片，造風機有 3 支葉片各長 2 公尺，旋轉範圍為 4 公尺。該設備目前已使用 15 年且裸露無任何防護，易受外力介入而損傷，且設備啟動時葉片高速旋轉下，如有突發狀況，造成葉片斷裂，將使人員處於極高的安全風險中。為確保試驗安全擬於 109 年度更新葉片並加裝一防護筒身，以確保安全無虞。

除為前述帷幕牆動態水密性能試驗之絕對必要設備外，由於氣候變遷極端氣候出現的機率大幅提高，104 年蘇迪樂颱風及 105 年的尼伯特、莫蘭蒂等強烈颱風連續侵襲臺灣，甚至瞬間陣風達 17 級風(60 m/s)以上，造成許多建築構造物或太陽能光電板損壞，致使業界損失甚鉅。此後，業界許多創新的構造設計，為能抵抗 17 級強風的威脅並驗證設計性能，紛紛尋求實尺寸的耐風設試驗。然而，目前國內尚無大斷面且可產生高風速的風洞試驗設備。另為能於既有設備與人力操作下提供多元化檢測服務功能，造風設備可於前述防護筒身外加一收縮段，使其風速提高至 60 m/s (相當 17 級風)，可執行實尺寸構造之耐風性能驗證。

本項造風設備改造完成後，將投入產業檢測服務工作，本研究擬量測風機所產生之風場性能，以確保試驗品質。並研擬收費標準，作為檢測收費之依據。

二、 研究內容

風雨實驗室應用造風設備執行帷幕牆風雨試驗協助國內帷幕牆業界進行實尺寸性能驗證或產品開發驗證，內容涵蓋公私建設、科技廠商、捷運大樓開發或廠商自行產品驗證，例如：臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計劃 CE03B 標行政大樓新建工程、農委會漁業署及防檢局等機關(構)合署辦公廳舍新建工程、竹北市台元科技園區廠房新建工程、海洋流行音樂文化中心(高雄港 13-15 號碼頭區域)新建工程等，至今已有 60 件之案例，合計總收益約新臺幣（以下同）3000 萬元整。

另外，往年測試風速雖僅能達 13 級風，仍執行過如永達綠能太陽能光電板實驗寸抗風試驗收入 30 萬及台南美術館屋頂碎型遮陽抗風試驗 20 萬等較高單價檢測案，且目前國內尚無其他實驗室可進行本項目檢測，將原造風系統性能提升後，應能更加符合廠商委託測試風速需求。

造風機改造預計於今(110)年 6 月底完成，並於 7 月底前完成驗收，1-6 月擬配合造風機施工組裝，掌握造風機改造進程，並據以瞭解風機、馬達及變頻器性能三者相互配合之需求。同時，於造風機性能測試階段，紀錄相關儀器設備的操作程序。且初步探究風機的造風特性，於造風機驗收完成後，進行風速分佈量測。此外，擬透過成本分析，研擬合理的收費標準，以創造實驗檢測收入。

三、 預期成果

1. 量測造風機產生風場之縱橫向風速分佈，以掌握造風機性能，提昇實驗室技術能量，並作為檢測試驗之依據。
2. 研擬試驗收費原則，並建構 17 級風試驗安全防護機制，增加

委託檢測機會及確保人員與設備安全。

3. 執行實驗室產能創生計畫，增加檢測試驗項目，提升實驗室收入效益。

第三節 研究方法與進度

一、 研究方法

1. 文獻回顧：彙整國內外造風設備造風相關研究成果、規範等，以及整理過去本實驗造風機應用經驗。
2. 風機安裝：本案風機改造，配合馬達製作，於 5 月中下旬進行組裝，經由風機和馬達組裝過程，紀錄各部件拆裝方法。
3. 性能測試：風機改造性能測試包括 3 項：(1) 裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 60m/s 以上。(2) 未裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 40m/s 以上。(3) 出風口下游 4 公尺處之流場，於實驗室變頻器 60Hz 以內，應達風壓 720Pa 或 34.3m/s。
4. 風場量測：前述性能測系針對造風機出口風速加以量測，本階段則擬量測出風口下游風場，預計出風口外 5 公尺內，每斷面量測 16 個點。據以分析造風機之風場分情況。
5. 收費原則：依成本分析研訂實尺寸構造物抗風試驗之收費原則，作為檢測收費之依據。

二、 研究流程

研究流程如下圖。

表 1-4 研究計畫進度表

項次	工作項目	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	文獻蒐集回顧									
2	風機安裝									
3	性能測試									
4	製定標準作業程序									
5	期中報告撰擬與審查									
6	研擬試驗收費原則									
7	風場量測									
8	成果報告撰擬與審查									

(資料來源：本研究整理)

第二章 文獻回顧

本所風雨風洞實驗室造風機原應用於 CNS13973 帷幕牆動態水密試驗，模擬強風配合噴水，可模擬強風豪雨的颱風天效果。而該設備使用近 20 年，基於安全理由，同時配合實驗室產能創生，希能活化舊設備，將造風機增加防護設備，並提升造風效能。設備改善後，除能維持原來執行動態水密試驗功能，更能執行 17 級風的實尺寸構造物抗風試驗，以就過去所執行的相關試驗與檢測成果統整說明。

第一節 造風機風速量測

一、CNS13973 規定造風機校正方法

由造風裝置產生出來之風速須校正以建立測試所需壓力之等值風速。此校正方法須將風速量測裝置（如：風速計）裝置在一個骨架上進行。風速量測裝置須能量測表 2-1 所示之標準風壓。骨架之設置須注意不得妨礙到空氣之行進。最少須在圖 2-1 所示之四個位置中，依表 2-1 讀取至少三個標準風壓。風速之量測須在每個四分之一圓內之 610 x 610mm 方形範圍內進行。在上述四個位置中，讀取包括最少 60 秒內之最大值或陣風值，並將最大值或陣風值平均。最大值或陣風值之平均值與標準值之許可差為 ± 1.1 m/s。

表 2-5 標準風壓

風壓 Pa {kgf/m ² }	最大值或陣風值之平均風速 m/s
300 {30}	22.1
380 {38}	24.9
480 {48}	28.0
580 {58}	30.8
720 {72}	34.3

資料來源：

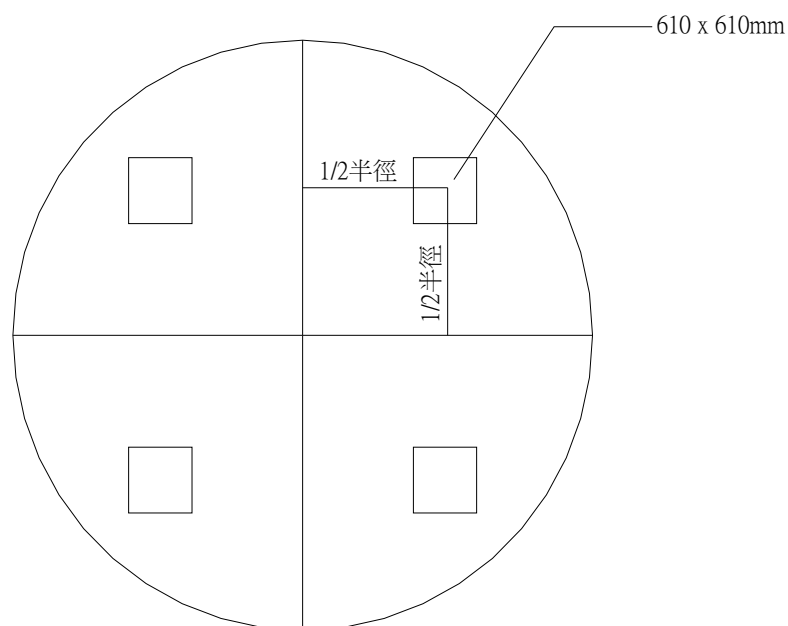


圖 2-1 CNS13975 規定量測位置

資料來源：

二、 郭建源、李台光，「帷幕牆風雨試驗造風設備動態試驗風壓量測之研究」，自辦研究成果，內政部建築研究所，95 年度。

郭建源、李台光於民國 95 年度自辦研究計畫「帷幕牆風雨試驗造風設備動態試驗風壓量測之研究」，基於本所新建之「風雨實驗館」，甫於 93 年 6 月完成驗收，為提昇國內帷幕牆產業之技術發展與品質提升，因此，本研究從實驗技術管理角度，藉由帷幕牆風雨試驗造風設備動態試驗之風壓量測，期望建立造風設備轉速與風壓之對應關係，俾提高風雨實驗室之準確性，供未來風雨實驗室進行帷幕牆動態水密性性能試驗的參考應用，以充分發揮設施的效率，並確保試驗品質。

本研究主要係依據 CNS13973 規定之校驗程序進行試驗，由造風裝置產生出來之風速，須校正以建立測試所需壓力之等值風速，試驗之初造風設備基於安全考量，螺旋槳轉動之範圍內係防護罩保護，且同時受前端馬達阻撓風場之行進，測得之風速皆無法滿足規範要求。在馬達位置無法改變下，本研究團隊將防護罩拆除，試驗結果發現，防護罩拆除後較拆除前風速提高了 50%~63% 之間，並可達到 CNS 13973 動態氣體壓力差值不得小於 300 Pa，且不得大於 720 Pa 之求。

經過本研究團隊不斷的試驗之後，測得符合 CNS13973 規範要求之風速，且誤差值皆在 $\pm 1.1\text{m/s}$ 以內，下表為測得之風速與本實驗室造風設備變頻器之頻率數對照表(5m 無防護罩並以風速計量測)。

造風設備風速試驗結果對照表

風壓 Pa {Kgf/m ² }	最大值或陣 風值之標準 平均風速 V_0 m/s	測得之最大風 速平均值 V m/s	誤差值 $V-V_0$ m/s	對應本實驗 室造風設備 之頻率數 Hz
300 {30}	22.1	21.58	-0.52	19.3
380 {38}	24.9	24.89	-0.01	23.3
480 {48}	28.0	28.98	+0.98	28
580 {58}	30.8	30.27	-0.53	29.3
720 {72}	34.3	34.6 1	+0. 31	32

透過本研究及上表之成果可作為 TAF 認證造風設備自行校驗之結論，並提供受委託試驗時，進行動態水密試驗所採取頻率數之依據。研究採以風速計與皮托管分別進行試驗，由試驗結果得知，在同樣的條件下風速計所測得之風速較皮托管提高約 24%~38%，即 6~7 m/s 間。在試驗之初，

造風設備基於安全考量，螺旋槳轉動之範圍內係防護罩保護，且同時受前端馬達阻撓風場之行進，測得之風速皆無法滿足規範要求。在馬達位置無法改變下，本研究團隊將防護罩拆除，試驗結果，防護罩拆除後較拆除前風速提高了 50%~63%之間，由此可知防護罩對造風設備產生之風速有相當程度的阻撓作用。風速計在無防護罩的狀態下，比較 4m 及 5m 的風速差異，由本研究得知在 4m 處測得之風速較 5m 處測得之風速高出約 0.49%~11%之間。

三、 郭建源、李台光，帷幕牆動態水密試驗校正方法之驗證，97 年度研究年報論文集

壹、研究緣起與目的

CNS13973 動態水密試驗，係模擬帷幕牆在強風豪雨的作用下，抵抗雨水侵入室內之能力。在實驗室中，以噴水架模擬豪雨的狀態，噴水架之噴水量須為 $3.4\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ，同時風力產生器模擬強風之狀態，其須產生足夠之空氣流量以達到要求壓力差，保持此風壓不得少於 15 分鐘。而此足夠之空氣流量，依據 CNS 13973 動態水密性能試驗之要求，需達設計正風壓的 20%，對試體之主要構件及配件產生規定之撓度(設計正風壓 20%之靜態壓力撓度)；氣體壓力差值不得小於 300 Pa，且不得大於 720 Pa)。

為此規範提供了一套造風裝置(風力產生器)如飛機螺旋槳或風扇之校驗方法，規定其須能提供等值風速之風力。等值風速以下列公式換算， $P=0.613V^2$ ，其中 V 為風速 m/s，P 為等值速度壓 Pa。

本研究擬針對此校正方法之建議之放置地點及使用之風速量測裝置加以驗證，探討造風裝置產生之風壓風佈狀態，檢驗校正方法中所指定之四個位置是否為受風壓最大區域，另以多頻道電子壓力掃描器取代風速量測裝置，直接量測風壓之大小與分佈，以檢驗風速量測裝置之準確性。

貳、研究內容與方法

本研究主要之目的在驗證 CNS13973 之校正方法，透過風速與壓力量測的方式，探討量測儀器與量測點位之適當性，同時也藉由實驗之進行檢驗本所造風設備產生風壓之穩定性與再現性，並探討噴水架及試驗本身對造風設備產生之風速干擾程度，綜合上述，歸納本研究之目的有如下 4 項，研究內容項目包括：

- 一、藉由擴大風壓分佈之量測，探討造風設備產生之風壓分佈情形。
- 二、檢驗造風設備在不同時間，相同位置及轉速下，產生風壓之穩定性及再現性。
- 三、探討噴水架及試體本身對造風設備產生之風速干擾程度。
- 四、探討造風設備對帷幕牆試體產生之風壓分佈情形。

本研究之研究方法有如下三項：

- 一、依據 CNS13973 之規定，擴大量測風壓之點位，以探風壓分佈之情形。
- 二、針對本所台南風雨實驗室之造風設備研擬一套可行之風壓量測方式，

得以直接或間接之方式求得造風設備對帷幕牆作用之壓力。

- 三、以多頻道電子式壓力掃描器量測造風設備直接作用在艙體上之壓力分佈情形，同時探討水架對風壓之影響程度。

參、相關標準及規範之蒐集

一、CNS 13973 中華民國國家標準簡介：

本標準之試體尺度須足以代表帷幕牆系統中所有標準構件之性能。對於帷幕牆或採預組式構法外牆，試體之寬度不得少於 3 個標準單元(構件)，包括兩邊繫件及支撐元件，且須包含一個完整受力垂直方向之接縫或構件或兩者兼具。若建築物之帷幕牆寬度少於 3 個單元時，則帷幕牆全體將作為試體進行試驗。單元(構件)須包含至少一個完整之伸縮縫，能吸收垂直方向之熱膨脹數，且須包括開窗及單元(構件)所有頂部及底部之繫件。

其中造風裝置，如飛機螺旋槳或風扇，須能提供等值風速之風力。等值風速以下列公式換算， $P=0.613V^2$ ，其中 V 為風速 m/s ， P 為等值速度壓 Pa 。

由造風裝置產生出來之風速須校正以建立測試所需壓力之等值風速。此校正方法須將風速量測裝置(如：風速計)裝置在一個骨架上進行。風速量測裝置須能量測規範規定之標準風壓。骨架之設置須注意不得妨礙到空氣之行進。最少須在規定所示之四個位置中，讀取至少三個標準風壓。風速之量測須在每個四分之一圓內之 610×610 mm 方形範圍內進行。在上述四個位置中，讀取包括最少 60 秒內之最大值或陣風值，並將最大值或陣風值平均。最大值或陣風值之平均值與標準值之許可差為 ± 1.1 m/s 。

二、建築物耐風設計規範及解說：

建築技術規則有關風力之規定條文，自民國 63 年制定以來便未曾修訂。近 20 年來，國內鋼構及高層建築逐漸興起，建築帷幕外牆亦日益普遍，工程界已感受到建築技術規則有關風力規定的條文過於簡陋，無法反映構造物承受風力之複雜現象。今日，在建築結構逐漸朝向高層化及輕量化發展，懸索式長跨度橋樑及棚架式長跨度屋頂等構造亦陸續出現後，風力對構造物之影響已較地震力更形重要。

本所曾於 84 年委託結構工程學會，參考美國 ANSI/ASCE 7-88 及日本 AIJ 等風力規範內容，完成一份風力規範研究成果報告，供工程界參考使用。隨著國際間先進國家有關風力規範的不斷更新，國內對耐風設計規範之需求，與日俱增，於 91、92 年間再度進行風力規範條文之修訂研究，該條文案草案獲內政部建築技術審議委員會授權，由本所協助籌組專案小組進行審查，經過 10 次審查會議，於 93 年初完成規範草案審查作業送請委員會審議。95 年 4、5 月間，於營建署召開之協調會中，確認通過規則及規範之增修條文，隨即將進行法制化作業。

內政部於 95 年 9 月 22 日以台內營字第 0950805664 號令訂定「建築物耐風設計規範及解說」[4]，並自 96 年 1 月 1 日生效。其中規則性封閉式或部分封閉式建築物，或地上獨立結構物局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓，需依第三章規定的方法計算之，因帷幕牆屬於外部被覆物的一種，因此需遵循第三章的規定，計算設計風壓。

肆、試驗規劃

一、風速計量測規劃

研究主要係針對 CNS13973 規定之校驗程序進行驗證，將原規定量測之 4 個點位，擴增至 16 個點位以風速計量測，除了點位增加外，其他仍以規範規定之

校驗方法進行試驗；另以多頻道電子式壓力掃瞄器依實驗室試驗狀況直接量測壓力。

本研究之試驗方法仍以 CNS13973 之規定進行，此校驗方法須將風速量測裝置(如：風速計)裝置在一個骨架上進行。風速量測裝置須能量測規範規定之標準風壓。骨架之設置須注意不得妨礙到空氣之行進。最少須在規定之四個位置中，依規定讀取至少三個標準風壓。風速之量測須在每個四分之一圓內之 610×610 mm 方形範圍內進行。在上述四個位置中，讀取包括最少 60 秒內之最大值或陣風值，並將最大值或陣風值平均。最大值或陣風值之平均值與標準值之許可差為 ± 1.1 m/s。

本實驗室之設備配置如圖 4-1 所示，造風設備產生之風速吹向艙體，亦即若艙體有帷幕牆試體時吹向帷幕牆表面，如此在動態水密試驗時可檢視帷幕牆受到強風豪雨時之水密性。但對本研究而言，艙體或試驗對造風設備產生之來風有排阻作用，若將量測裝置置於帷幕牆前勢必造成風速量測上之干擾如圖 4-1 所示。為避免此一情況之發生，本研究將造風設備採九十度之轉向如圖 4-2 所示，使造風設備產生之風場係向前移動，不受帷幕牆試體之干擾，另將量測裝置固定於水架上，點位標示順序及位置如圖 5-1 所示。

另為探討前述圖 4-1 造風設備吹向試體，試體之受風壓情況及水架對風壓之干擾程度，本研究擬在圖 4-1 的放置位置下於艙體表面埋設多頻道電子式壓力掃瞄器，以探討風壓分佈情況。

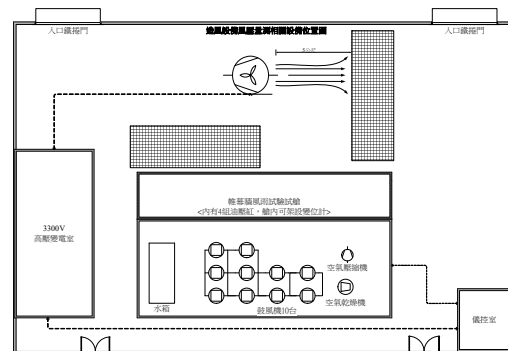
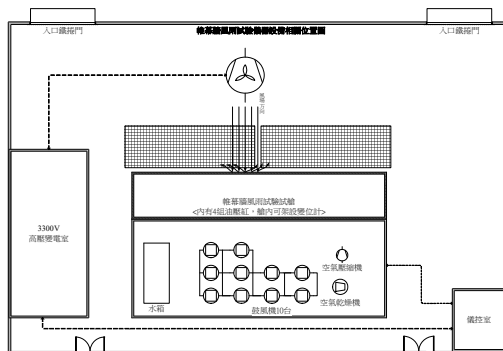
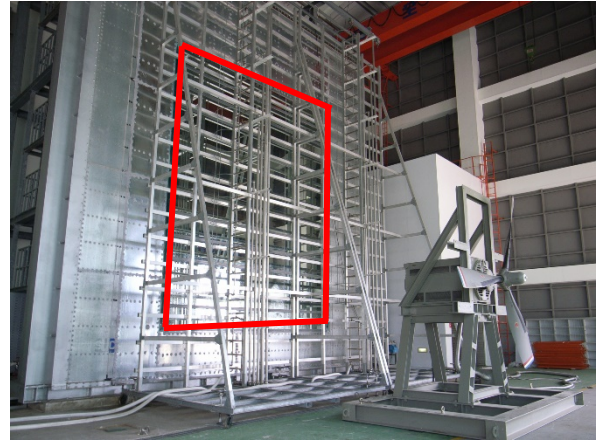
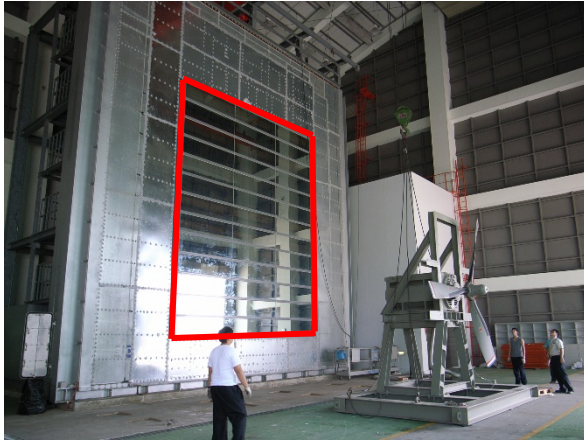


圖 4-1 造風設備產生之風場流向示意圖 圖 4-2 造風設備轉向後風場流向示意圖

二、多頻道電子式壓力掃瞄器量測規劃

為了瞭解試驗時造風設備產生風場吹向試體，試體之真實受壓狀態；與水架對整個風場之影響程度。本研究規劃以電子式壓力掃瞄器，在有水架與無水架的情況下直接量帷幕牆試體表面之風壓大小，預計規劃方式如照片 4-1 及 4-2 所示，以造風設備直接吹向艙體，照片中以紅色線條框示之範圍（約 10M*6M），將以薄夾板封艙，在夾板上裝設電子式壓力掃瞄器之感應器，以量測風壓。

電子式壓力掃瞄器 (scanivale) 可以量多達 500 個點位，本研究擬以每 1 公尺埋設一連接感應器之 PVC 管，預計應埋設約 77 個點位，每個頻率試驗進行時程約兩分鐘，以更細微之方式探討探討風壓分佈之情形，並與風速計比較量測之結果。



照片 4-1 風壓量測設備位置圖（不含水架）

照片 4-2 風壓量測設備位置圖（含水架）

伍、風速量測試驗過程與結果

一、風速量測

(一) 風速量測過程

本研究利用風速計，擴增量測之點位如圖 5-1 所示，直徑 $D=4.1\text{m}$ 的範圍係造風設備葉扇直徑投影範圍，點 4、點 5、點 11 及點 12 為規範校正方法中要求之點位，其餘點位皆為本研究新增點位，點 8 為軸心位置，點 2、點 7、點 14 及點 9 為直徑 $D=4.1\text{m}$ 投影之邊界範圍；直徑 $D1=8.2\text{m}$ 係取原葉扇直徑 4.1m 之 2 倍投影範圍加以量測，點 1、點 3、點 13 及點 15 為 $D1/2$ 之交會點，點 6、點 16、點 10 為直徑 $D1=8.2\text{m}$ 投影之邊界範圍。

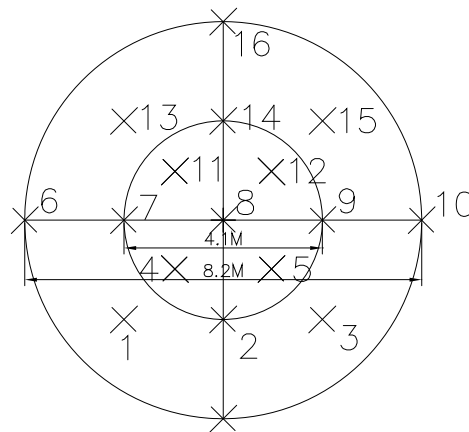


圖 5-1 風速量測點位圖

(二) 風速量測結果

本研究以風速計按 CNS13970 規定之量測方法測得之各點在不同風速頻率下之風速，本次試驗所採用之頻率數係以能符合規範要求風速下之變頻器頻率，每個點位分別在各頻率轉速下量測 1 分鐘收集到之風速，選出其最大值、最小值及其平均值。

1. 再現性探討

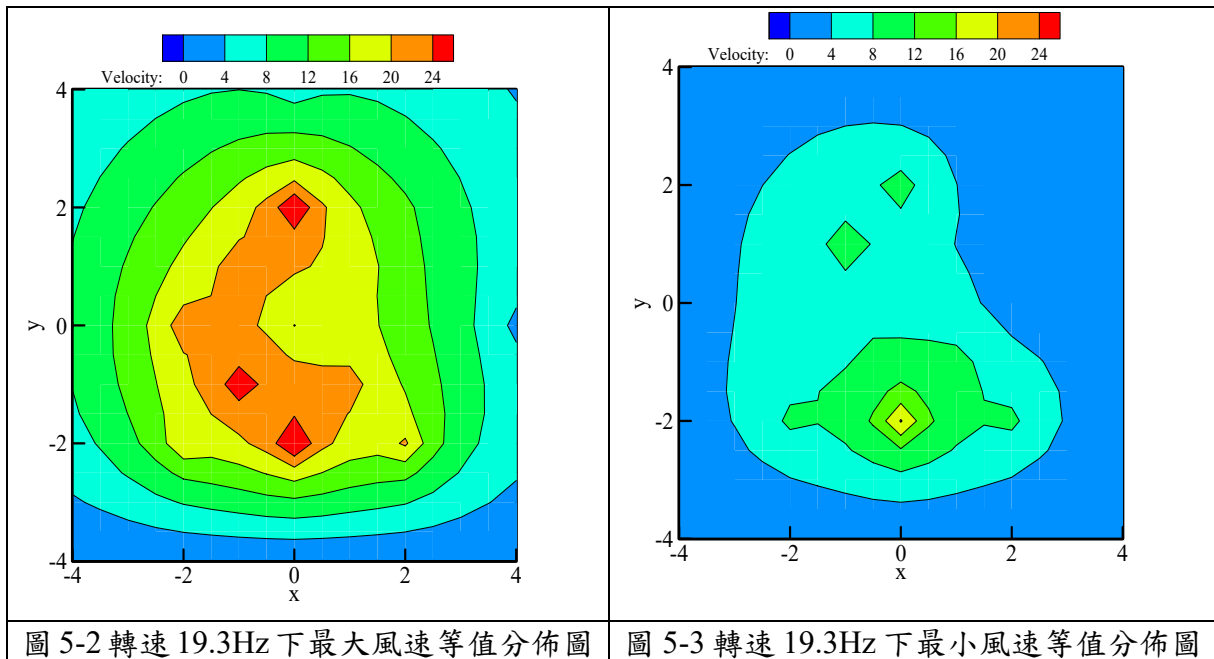
為檢核本所造風設備之重現性與再現性，茲以規範要求之 4 個點位即點 4、點 5、點 11 及點 12 取最大值將其平均，其結果如表 5-1 所示，本次試驗結果，僅在變頻器頻率數 19.3 時之量測結果符合規範要求，另外四個頻率數測得之風速誤差值皆大於規範規定之 $\pm 1.1\text{m/s}$ 。

表 5-1 造風設備風速校驗結果對照表

風壓 Pa {Kgf/m ² }	最大值或陣風值之 標準平均風速 V_0 m/s	測得之最大風速 平均值 V m/s	誤差值 $V-V_0$ m/s	對應本實驗室 造風設備之頻 率數 Hz
300 {30}	22.1	22.45	+0.35 (OK)	19.3
380 {38}	24.9	26.44	+1.54 (NG)	23.3
480 {48}	28.0	29.97	+1.97 (NG)	28
580 {58}	30.8	32.74	+1.94 (NG)	29.3
720 {72}	34.3	39.74	+5.44 (NG)	32

2. 等值分佈圖

本研究之風速分佈情況，吾人以外插法繪製出等值風速圖，如圖 5-2、5-3、5-4、5-5、5-6 及 5-7 所示。圖 5-2 到圖 5-4 為造風設備變頻器頻率在 19.3Hz 下 1 分鐘內截取到各點資料中之最大值、最小值及平均值之外插結果，各圖中均以圖色表示風速之大小；圖 5-5 到 5-7 則是變頻器頻率在 32Hz 下 1 分鐘內截取到各點資料中之最大值、最小值及平均值之外插結果。



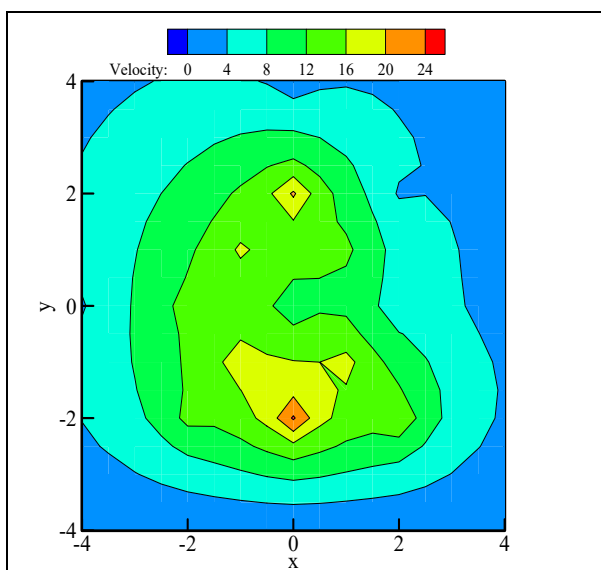


圖 5-4 轉速 19.3Hz 下平均風速等值分佈圖

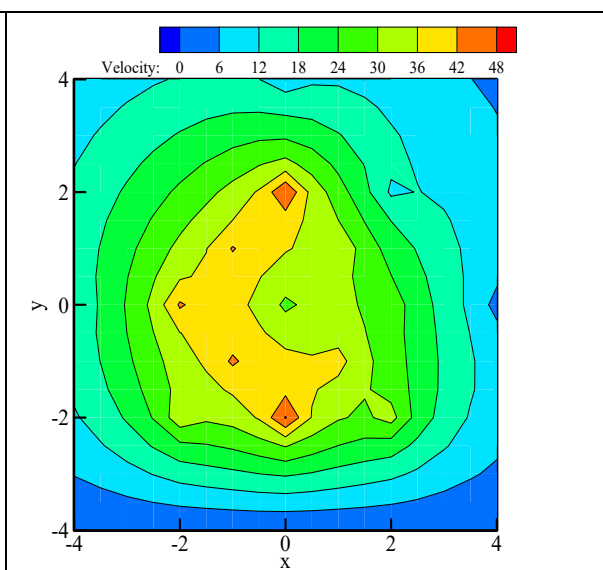


圖 5-5 轉速 32Hz 下最大風速等值分佈圖

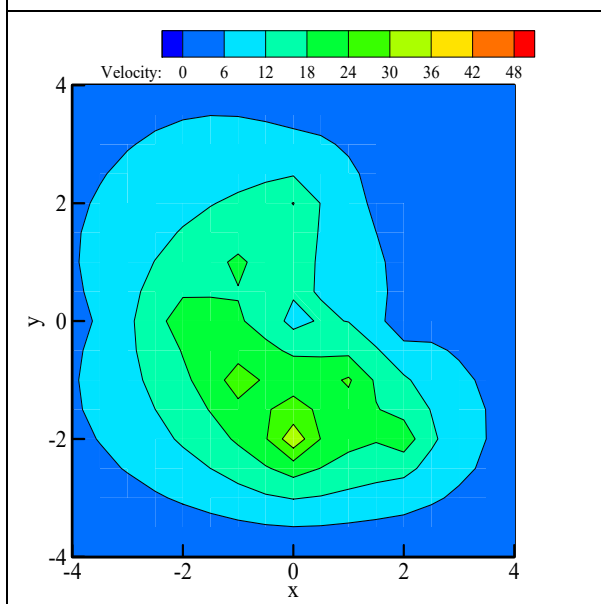


圖 5-6 轉速 32Hz 下最小風速等值分佈圖

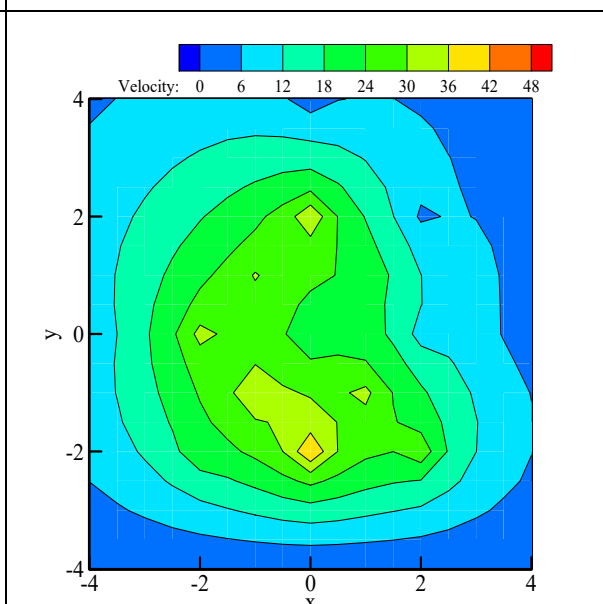


圖 5-7 轉速 32Hz 下平均風速等值分佈圖

(三)小結

本研究經由風速計量測得到之實驗數據綜合歸納可得到以下之結論：

- 1、造風設備係以變頻方式驅動馬達產生風速，在1分鐘內所取得數據之最大值與最小值差異大。
- 2、取點4、點5、點11及點12之各頻率下最大值加以平均，與去(95)年度試驗結果比較，僅在頻率17.3Hz下符合規範要求，其餘各頻率下之風速均高於規範之誤差標準，試驗結果之再現性不佳，應更深入探討。
- 3、由風壓分佈圖之趨勢來看，造風設備產生之風速在接近軸心處較小，再漸外移風速越大，但由半徑D/2處開始越往外逐漸縮小。

4、由各等值圖觀察得知，規範建議量測之點位所分佈之風速最大。

陸、多頻道電子式壓力掃瞄器量測

一、壓力量測

(一)壓力量測過程

本實驗室之艙體大小為寬10公尺，高12公尺，擬以夾板代替帷幕牆試體，以方便置入電子式壓力掃瞄器（scanivale）所須之PVC管，同時規劃以每間隔1公尺之距離埋設一PVC管，埋設面積為寬度10公尺，高6公尺之範圍內，規劃之點位圖如圖6-1所示，圖中紅色點處為造風設備葉片軸心對應於夾板牆面之位置，圓形代表造風設備葉片直徑所及之範圍。

本試驗進行之初，先以夾板封艙，在夾板上裝設電子式壓力掃瞄器（scanivale）之所須之PVC管，以量測風壓。在寬10公尺的範圍內固定夾板，須先作背支撐，本研究以7根鍍鋅方管每根間距1.67公尺之佈設方式作為背支撐，用寬1.67公尺、高1.2公尺、厚約1公分之夾板固定於鍍鋅方管上，共計使用36片夾板。

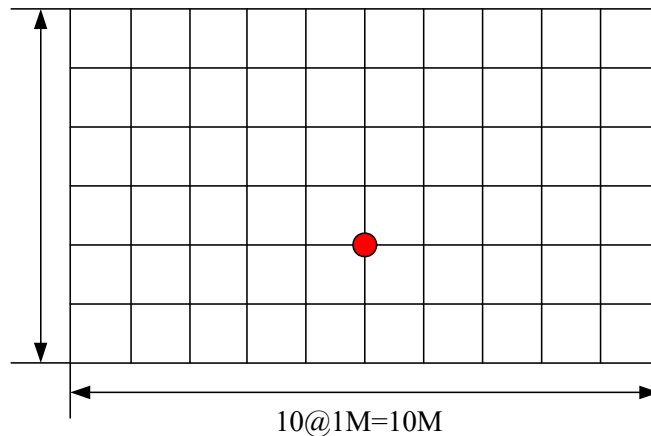


圖6-1壓力量測感應器分佈點位圖

(二)壓力量測結果

1. 無水架時風壓分佈狀態

經上述之試驗過程後，在不同造風設備變頻器轉速下，取得各階段之風壓值。圖6-2、6-3、6-4為轉速在19.3Hz作用下產生之平均值、最大值、均方根值之分佈圖，其中在座標(5, 2)的位置實心點處為造風設備旋轉葉片軸心對應到試體牆面之位置，以其為圓心向外第一個圓形範圍為葉片直徑4.1公尺所對應之範圍；最外圈則是兩倍直徑所對應之範圍。由圖6-2顯示，在頻率19.3之作用下，受風壓平均值220 Pa以上者僅在左下部分呈現黃色到深橘色之區域；軸心部份僅約175 Pa，其他大部份區域在130Pa以下，甚至出現負風壓之情形。圖6-3係將擷取到之壓力取大值，由整個色層來看，代表330 Pa風壓之橘色部份範圍較圖6-2大。圖6-4為風壓之均方根值，代表造風設備作用在試體上風壓之擾動狀況，顏色越深者擾動情形越大，由照片6-2與6-4比較得知風壓越大者，其擾動情況也越大，顯示造風設備產生之風壓呈現不穩定狀況。

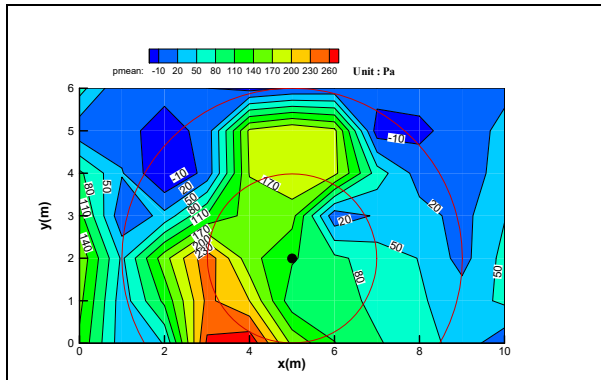


圖 6-2 造風設備轉速 19.3Hz 作用下平均風壓分佈圖（無水架）

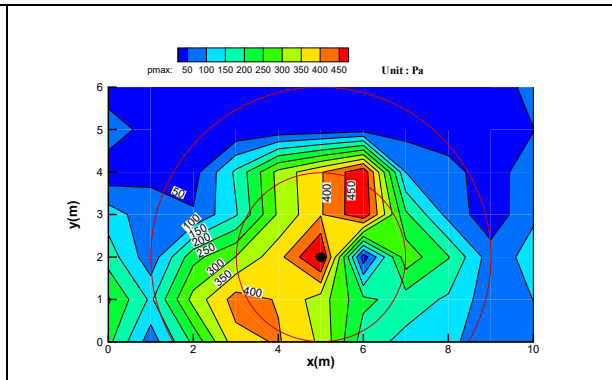


圖 6-3 造風設備轉速 19.3Hz 作用下最大風壓分佈圖（無水架）

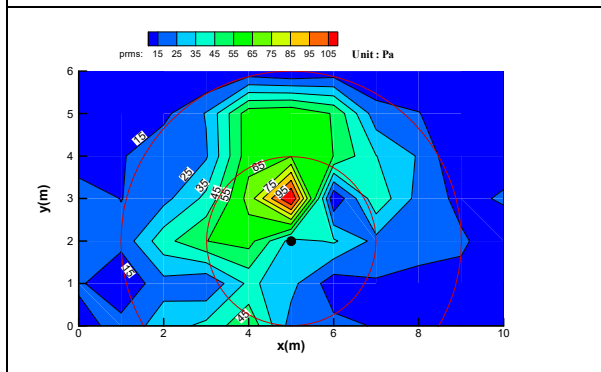


圖 6-4 造風設備轉速 19.3Hz 作用下風壓均方根值分佈圖（無水架）

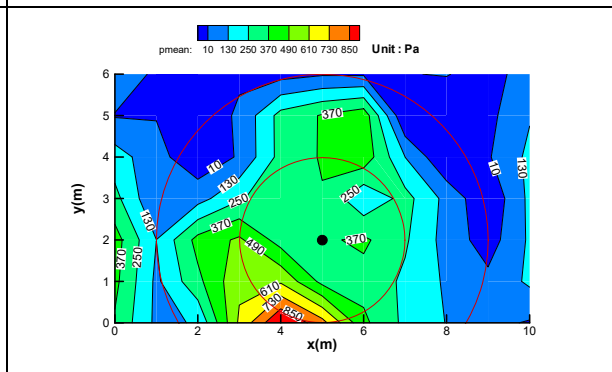


圖 6-5 造風設備轉速 32Hz 作用下平均風壓分佈圖（無水架）

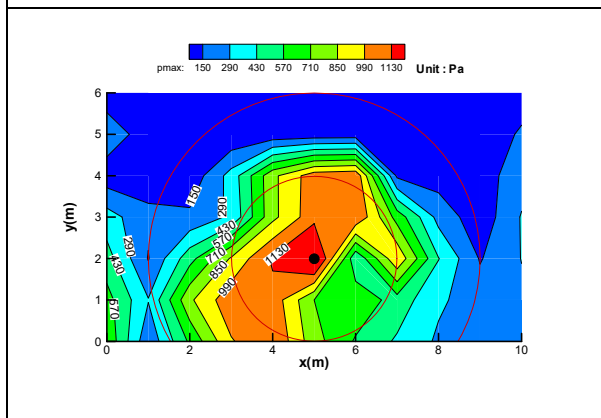


圖 6-6 造風設備轉速 32Hz 作用下最大風壓分佈圖（無水架）

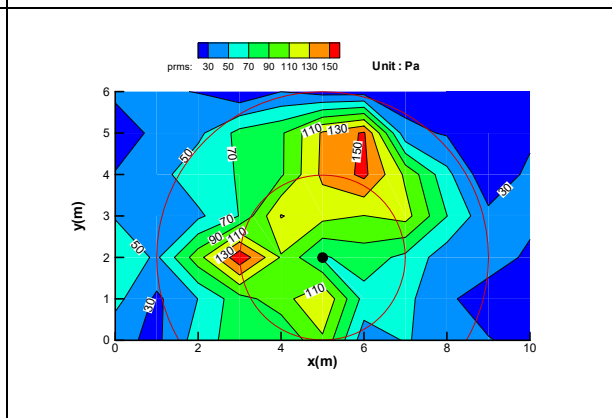


圖 6-7 造風設備轉速 32Hz 作用下風壓均方根值分佈圖（無水架）

2. 有水架時風壓分佈狀態

前段係在討論不含水架時，造風設備產生之風壓吹向試體之風壓分佈狀況，本研究為了探討水架對整個風場的影響程度，以更接近實際狀態的方式量測風壓分佈，將水架以實際進行帷幕牆風雨試驗時之位置放置，測得之結果分述如后。

圖6-8為造風設備轉速19.3Hz作用下風壓平均值分佈圖，風壓分佈狀況與圖6-2（無水架轉速19.3Hz）相近，但在受風力大小時，不論是正風壓或負風壓，於無水架的情況均較大，此點與預期相當。

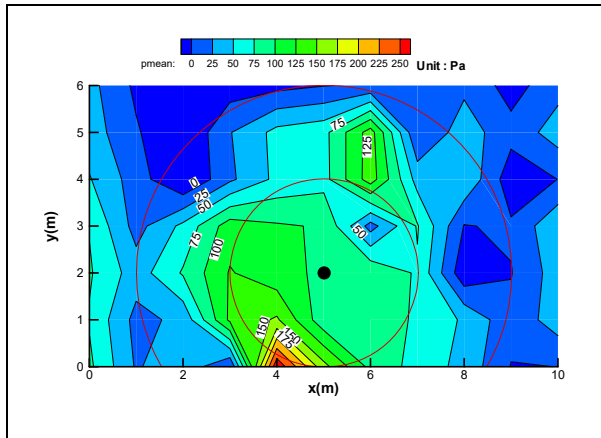


圖 6-8 造風設備轉速 19.3Hz 作用下平均風壓分佈圖（有水架）

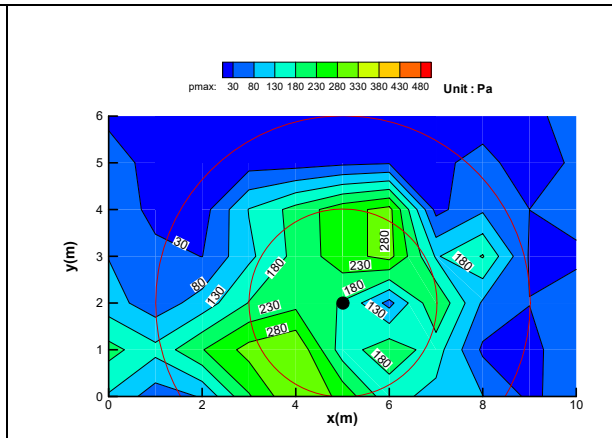


圖 6-9 造風設備轉速 19.3Hz 作用下最大風壓分佈圖（有水架）

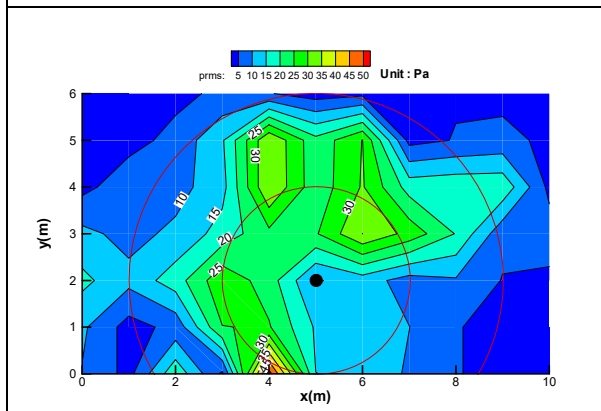


圖 6-10 造風設備轉速 19.3Hz 作用下風壓均方根值分佈圖（有水架）

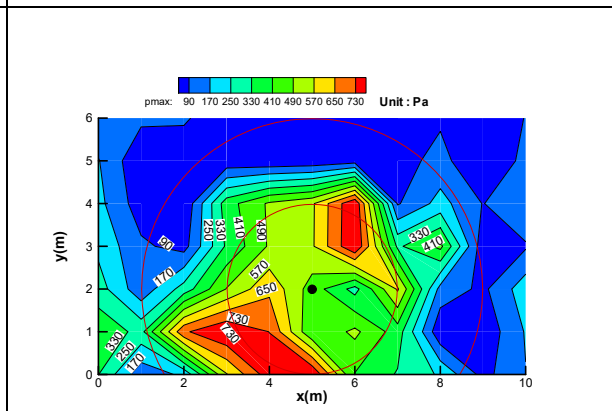


圖 6-11 造風設備轉速 32.2Hz 作用下平均風壓分佈圖（無水架）

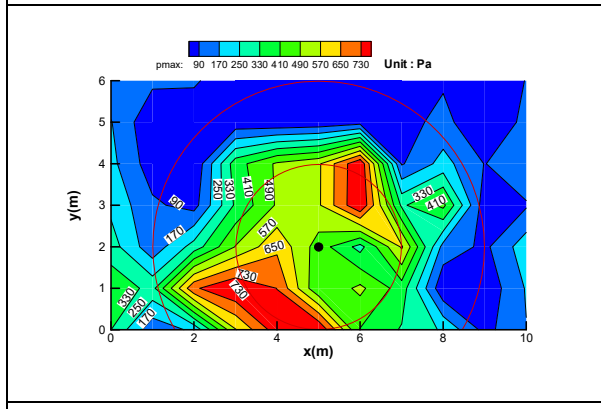


圖 6-12 造風設備轉速 32Hz 作用下最大風壓分佈圖（有水架）

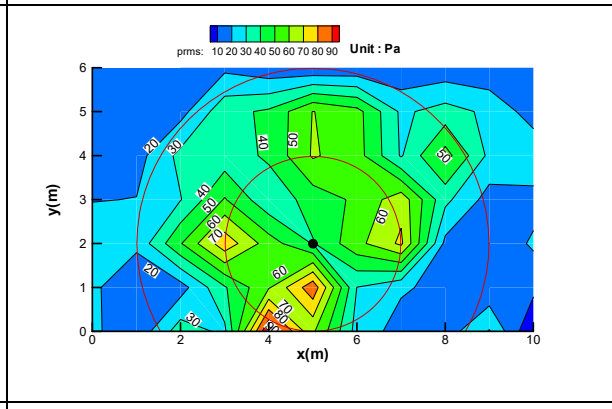


圖 6-13 造風設備轉速 32Hz 作用下風壓均方根值分佈圖（有水架）

圖6-9為有水架的情況下變頻器轉動頻率在19.3Hz時，以最大風速值所繪製之分佈圖，其分佈型態與無水架時相近，但在受風力大小時則較無水架為少。圖6-10為有水架的情況下變頻器轉動頻率在19.3Hz時整個風場之變異情形，與無水架的情況相比較，整個試體表面風壓變異較大之處大致相近；但在有水架的狀態下的均方根值比無水架時小很多，代表有水架的影響使試體表面受風壓之變異較小。圖6-11、6-12、6-13為造風設備變頻器轉動頻率在32.0Hz之作用下產生之平均值、最大值、均方根值之分佈圖，圖6-17最大風壓達750Pa，但僅佔總面積之少部份，與無水架時相比較其風壓值少了約100Pa，

但兩者均在整個試體表面的小部份面積，所以無法反映整個試體之受壓情形。圖6-12為有水架的情況下變頻器轉動頻率在32.0Hz時，以最大風速值所繪製之分佈圖，其分佈型態與無水架時相近，但在受風力大小時則較無水架為少。圖6-13為有水架的情況下變頻器轉動頻率在32.0Hz時整個風場之變異情形，與無水架的情況相比較，整個試體表面風壓變異較大之處大致相近；但在有水架的狀態下的均方根值比無水架時小很多，意味有水架的影響使牆面受風壓之變異較小。

3. 小結

以多頻道電子式壓力掃描器量測試體表面風壓，以77個壓力孔位，歷時2分鐘，每個孔位約取得1萬200筆之資料，由於擷取之資料筆數太多，無法將全部以數值方式表示，僅以前兩節所示之等值分佈圖來表示風壓分佈型態，風力作用在試體表面之大小分佈情形，由各等值分佈可歸納下列幾點結論：

- (1)、就整體而言，不論是否有水架影響，試體表面所受風壓分佈呈現非常不均勻之現象，大壓力均出現在試體中心之左側靠下半部份，其他區域所受之壓力則相當小，某些區域甚至產生負風壓之情形。
- (2)、超過2倍葉片直徑（8.2m）所及之範圍，風壓值在100Pa以下，因此造風設備之放置位置應隨著試體大小而改變，否則動態水密試驗對試體之某些區域是偏向不保守，無法達到試驗之目的。
- (3)、本研究以動態水密試驗規範規定之校正方法中，要求量測的四個點位對應於試體位置之平均風壓，探討水架對風壓之影響程度，計算後得知水架約影響風壓15%到32%之間。從均方根值等值分佈圖得知，風壓愈大者其變異情況越嚴重。

陸、結論與建議

一、結論

- 1、造風設備係以變頻方式驅動馬達產生風速，所取得風壓之最大值與最小值差異大，且風壓最大值均出現在同一區域附近，即試體之左半側。
- 2、取點4、點5、點11及點12之各頻率下最大值加以平均，與去(95)年度試驗結果比較，僅在頻率19.3Hz下符合規範要求，其餘各頻率下之風速均高於規範之誤差標準，試驗結果之再現性不佳，應更深入探討。
- 3、以風速計量測，由風壓分佈圖之趨勢來看，造風設備產生之風速在接近軸心處較小，再漸外移風速越大，但由半徑D/2處開始越往外逐漸縮小。
- 4、以電子式壓力掃描器量測，不論是否有水架影響，試體表面所受風壓分佈呈現非常不均勻之現象，大壓力均出現在試體中心之左側靠下半部份，其他區域所受之壓力則相當小，某些區域甚至產生負風壓之情形。
- 5、超過2倍葉片直徑（8.2m）所及之範圍，風壓值在100Pa以下，因此造風設備之放置位置應隨著試體大小而改變，否則動態水密試驗對試體之某些區域是偏向不保守，無法達到試驗之目的。
- 6、本研究以動態水密試驗規範規定之校正方法中，要求量測的四個點位對應於試體位置之平均風壓，探討水架對風壓之影響程度，計算後得知水架約影響風壓15%到32%之間。

二、建議

- 1、水架對造風設備產生之風壓造成一定程度之影響，應改良水架之構造以減少受阻面積，或調高造風設備變頻器之轉速，以達規範要求之。
- 2、造風設備產生之風壓作用在試體表面呈現相當不均勻的現象，且主要受力範圍在 1 倍的葉片直徑到 2 倍葉片直徑間的範圍，因此，本研究建議若試體面積大於 6m*6m 的範圍，應改變造風設備之位置，進行試驗，以真實反應試驗抗漏水之能力。
- 3、電子式壓力掃瞄器是以 PVC 管作為壓力之傳遞媒介，由於本研究試體為寬 10m 高 6m 之夾板，為將 PVC 管匯集到感應器，使用之 PVC 管超過 5 公尺以上，PVC 管之長度太長無法真實反應風場之紊亂程度，建議未來相關試驗應規劃妥試 PVC 管之配置路徑，以反應真實之風場狀態。

第二節 實尺寸構造物抗風試驗案例

一、碎形遮陽實尺寸抗風試驗 106 年 3 月 24 日

臺南市美術館統包工程-當代館碎形遮陽工程，為瞭解碎形遮陽受風情形，由本試驗室進行實尺寸抗風試驗。試體如圖 1 所示。

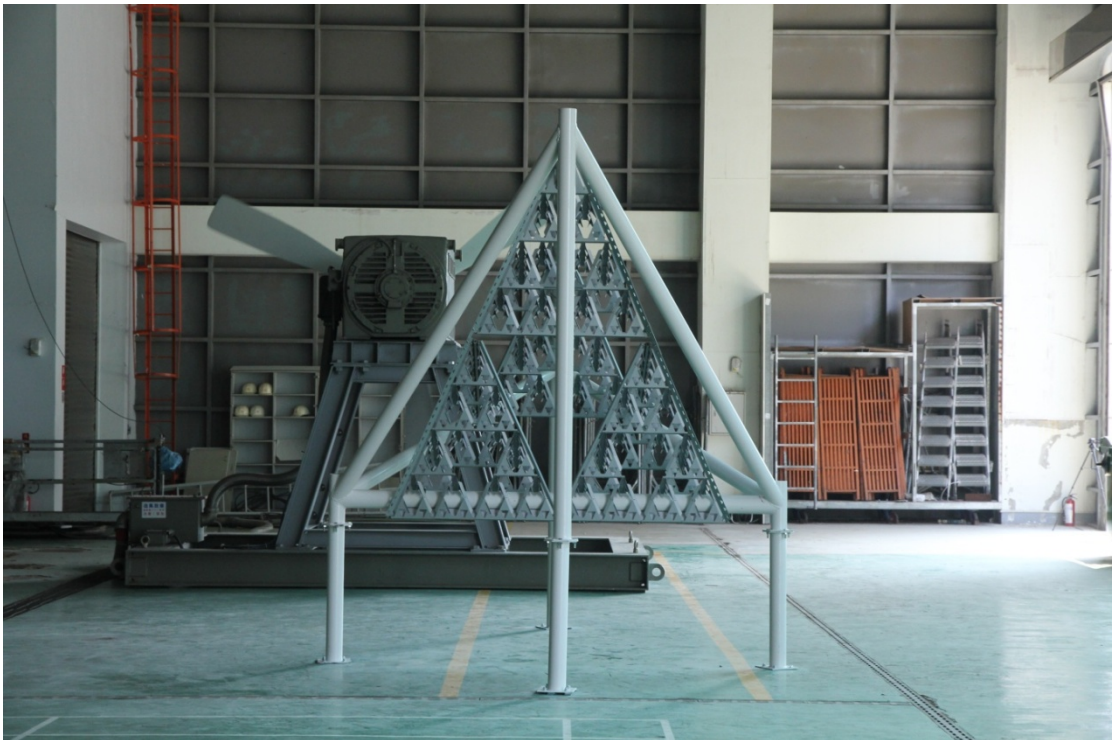


圖 1 碎形遮陽試體

委託單位提供之碎形遮陽實尺寸試體，在固定風向下分別執行相當設計風速 27、36 及 40 m/s 之等效風速，風速由 0 m/s 吹試至指定風速後持續 2 分鐘，試驗過程中以目視觀察，並以相片及文字紀錄試體受風情形。

(一) 量測設備：

造風設備：三翼螺旋槳造風設備(直徑 4.11m)，馬達為大同 1500KW-3.3KV-4P-304A，變頻器為 TOSHIBA(MV-INV1)，1800KVA-3.3KV-315A-80HZ。造風設備的啟動與風速控制均由皆由

電腦 LabView 程式控制並記錄。造風機及控制程式如圖 2 所示。



圖 2 造風機及控制程式圖

風速率定：本實驗室造風設備風速之控制，皆由儀控程式控變頻器之頻率再驅動馬達而轉動葉片。執行試驗前，本實驗室以 4 支熱線式風速計，同時量測不同變頻器頻率所對應之風速。執行風速量測時，造風機基座前端距與風速計距離 5m，且風速佈設位置以造風機軸心為圓心水平偏移 1m，詳細配置情形如圖 3 所示。

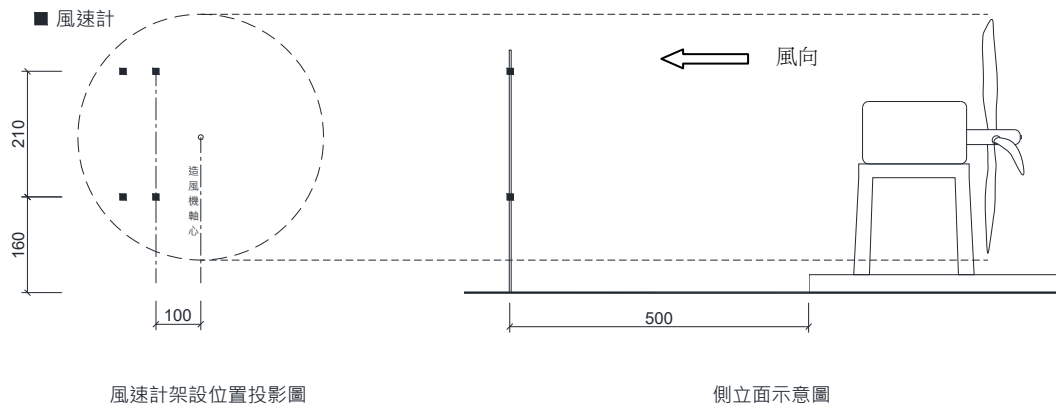


圖 3 造風設備風速量測相關位置示意圖(單位: cm)

試體配置：本實驗室造風機所產生的風場為高度擾動的風場，以前述量測方法率定造風機之等效風速。為確保執行試驗過程試體所受風場接近率定之等效風速，試體與造風機相對應

距離如圖 4 示意圖所示。

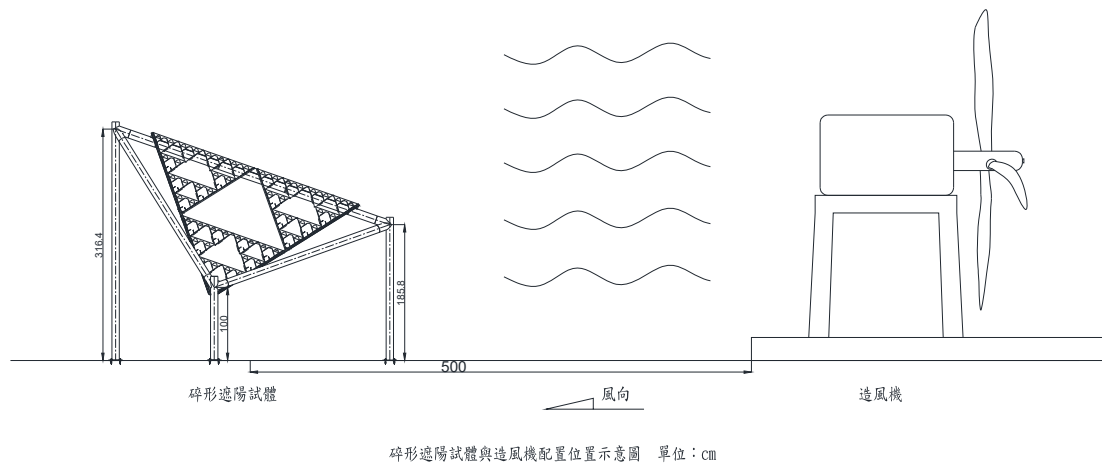


圖 4 試體與造風設備相關位置示意圖(單位: cm)

資料來源：(參考文獻 7)

二、太陽能板(含支架)實尺寸抗風試驗

依委託單位要求，由實驗室造風設備提供之風速，執行陣風風速約 35m/s 持續 5 分鐘後風速歸零，反覆 3 次。每次陣風風速約 35 m/s 執行 5 分鐘完畢後，以目視檢查試體是否有任何破壞情形，並加以記錄。



圖 1a：太陽能板（屋頂型結構支架）試體

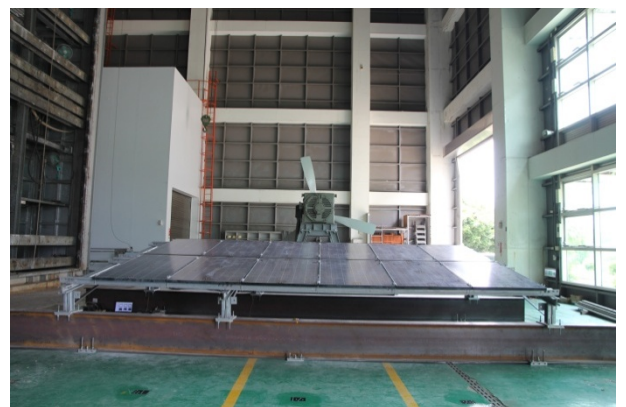


圖 1b：太陽能板（地面形結構支架）試體

本實驗室造風設備所產生的風場為高度擾動的風場，以前

述量測方法率定造風設備之等效風速。為確保執行試驗過程試體所受風場接近率定之等效風速，試體與造風設備相對應距離如圖 4 示意圖所示。

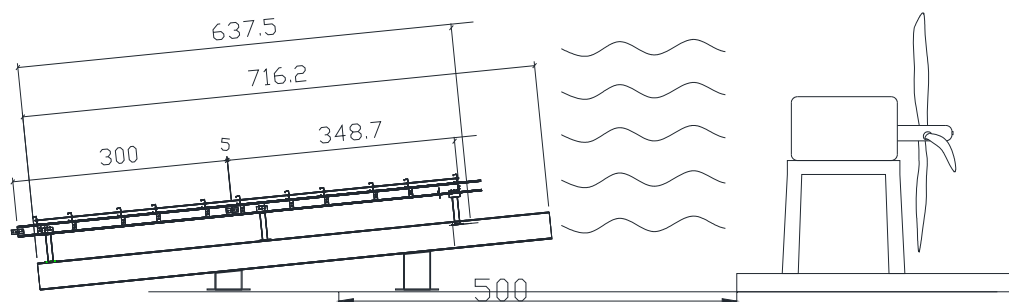


圖 4 試體與造風設備相關位置示意圖(單位：cm)

第三節 風工程相關理論

一、風壓負載

建築物表面所受之風壓分佈可以無因次的壓力係數(Pressure coefficient)表示如下：

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2}\rho V^2}$$

式中 C_p 為壓力係數， P 為建築物表面某一位置之壓力， P_0 為不受建築物影響之位置的壓力（參考壓力）， V 為不受建築物影響之位置的風速， ρ 為空氣的密度。在大氣壓力及溫度 20°C 狀況下，空氣密度 $\rho=1.20\text{ kg/m}^3$ 。壓力係數隨位置、建築物外型而異，其值約介於 $-2.0 \sim 2.0$ 之間。臺灣地區颱風的最大風速可達 40 m/s ，若風壓係數 $C_p = 1.0$ ，則在每平方公尺的面積上約有 100kgf 的外力。一般的門窗、玻璃及招牌可能會被吹壞，簡陋的木造房屋就可能會被吹倒。

二、尾流（朱佳仁，2006）

當流體流經鈍形體時，物體後方的流場稱為尾流（Wake flow），尾流得流況與物體所受的之阻力有密切關係，尾流流況和阻力係數皆為雷諾數的函數。

$$\text{Re} = \frac{\rho U D}{\mu} = \frac{U D}{\nu}$$

其中： D 為物體直徑， μ 為流體動力黏滯係數， ν 為運動黏滯係數， U 為流體與物體間的相對速度。

三、表面風壓

在建築物迎風面承受器流的直接衝擊效應，所受的壓力為正向壓力。而在建築物背風面及側面，因氣流加速通過壓力低於大氣壓力，為負壓力（即吸力）。建築物表面所受之壓力常以風速壓（Velocity

pressure) 表示 (朱佳仁, 2006):

$$q(z) = \frac{1}{2}\rho v^2(z)$$

其中: ρ 為空氣密度, 風速單位為 m/s, 風速壓的單位為 Pa(N/m²),
U 為流體與物體間的相對速度。

表 2-6 常用空氣基本性質表 (乾空氣在 1.0atm 下)

溫度°C	空氣密度 $\rho(\text{kg/m}^3)$	運動黏滯係數 $\nu(\times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})$	單位重(N/m ³)
20	1.204	1.51	12.02
30	1.165	1.60	11.81
40	1.127	1.69	11.43

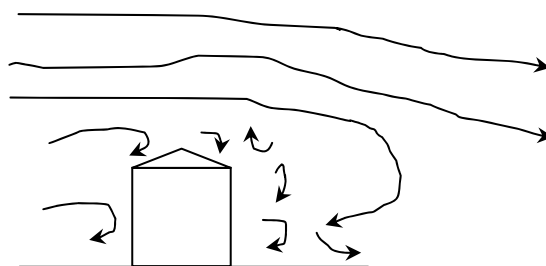


圖 2-1 建築物表面風壓分佈示意圖

(資料來源: 本研究整理)

第三章 造風機風場特性量測

本研究為瞭解造風機改良後之造風性能，規劃執行在有集風管和無集風管下，造風機出風口風速量測，及出風口下游 5 公尺以內每公的斷面風速量測，除可掌握風速特性外，並作為實驗室未來執行實尺寸耐風試驗之檢測依據。

第一節 試驗場地及儀器

一、試驗場地：風雨實驗場

帷幕牆風雨試驗儀器設備相關位置圖如圖 3-1 及圖 3-2 所示；造風設備如圖 3-2 所示；造風設備係為馬達驅動，功率為 1200 kW，配有 3300 V 高壓變電室，儀控上係以 Hz (轉/秒)代表造風設備之轉速，，電腦監控之操作如照片 3-1 所示：。

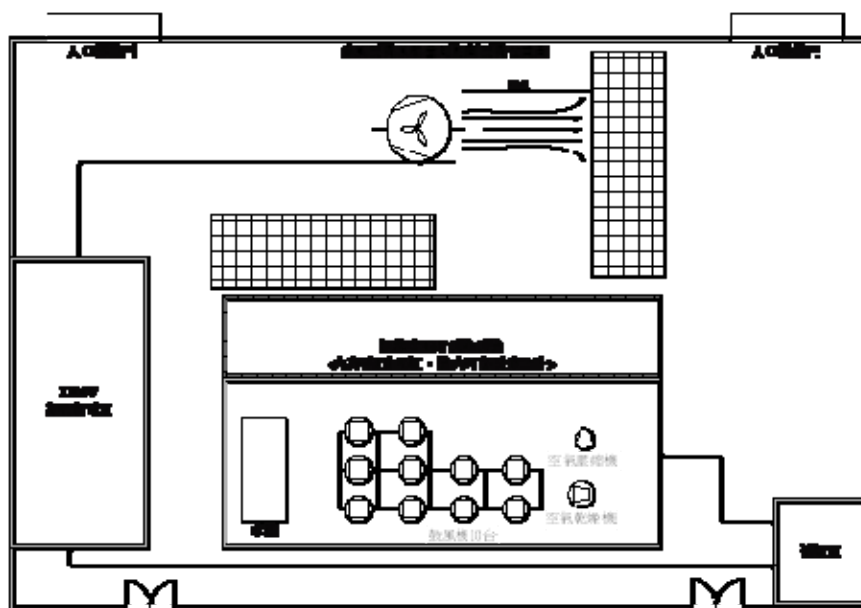


圖 3-1 風雨實驗館配置圖

資料來源：本研究整理



圖 3-2 風雨實驗館配置照片

資料來源：本研究整理

二、試驗儀器

1. 風速計

本研究採用之風速計為臺灣宇田控制股份有限公司所生產的熱線式風速計，最高風速可達 90m/s，且有溫度補償及電腦線性校正風速功能，輸出訊號可為類比或選配 RS485，詳細功能規格及圖片如下圖 3-3 所示。

eYc FTM84/85 工業級高精度熱線式風速傳感器

型號：eYc FTM84FTM85

產品特色：風速及溫度二種物理量LCD顯示

風速感應器種類：Thermal mass flow sensor

風速量測範圍：0.15 ... 90 m/s；最小量測範圍：0.15 m/s

溫度感應器和量測範圍：Pt1000，0 ... 80°C

精度(+25°C)：風速：±1.5%F.S.

輸出訊號：0 ... 20 mA / 4 ... 20 mA / 0 ... 1 V / 0 ... 5 V / 0 ... 10 V

顯示：需選配

●本產品可加購實驗室校正報告，欲知最新校正範圍與加購詳情請直接洽詢業務專員或至官網聯繫我們
宇田控制科技股份有限公司校正實驗室(認證編號：3032)為符合ISO / IEC 17025規範，並具與ILAC-MRA相互承認資格之TAF認證標準實驗室

資料來源：<https://zh-tw.eyc-tech.com/air-velocity.htm>



圖 3-3 熱線式風速計

資料來源：<https://zh-tw.eyc-tech.com/air-velocity.htm>

第二節 造風機風速量測成果

一、風速量測量測規劃

1. 裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 60m/s 以上。量測示意圖如下圖 3-4，測點位置如表 3-1 所示。

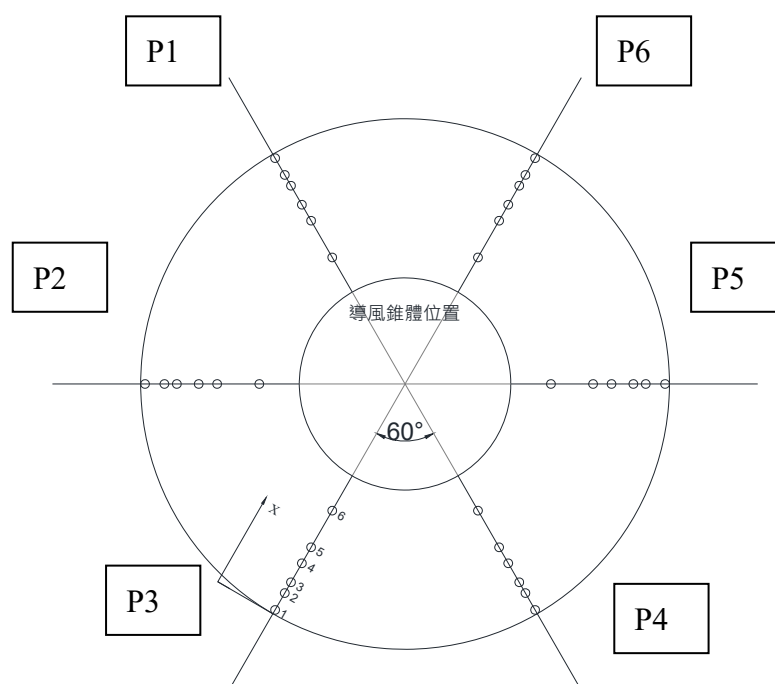


圖 3-4 裝集風管測點示意圖

資料來源：本研究整理

表 3-1 裝集風管測點與外徑距離表

測點數	1	2	3	4	5	6
測點與外徑距離 X	2.52	13.5	20.52	32.94	43.38	67.32

資料來源：本研究整理

2. 未裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 40m/s 以上。量測示意圖如下圖 3-5，測點位置如表 3-2 所示。

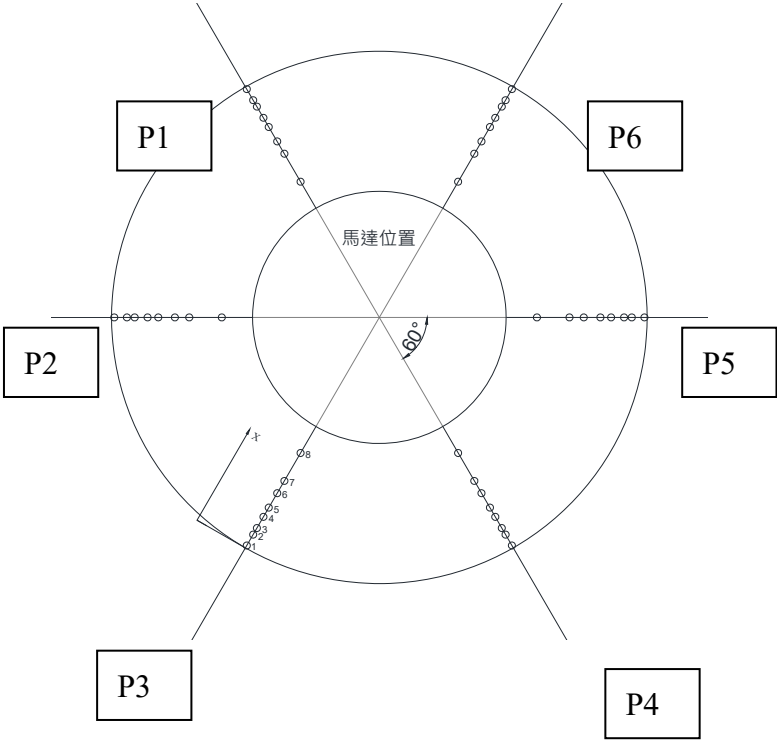


圖 3-5 未裝集風管測點示意圖

資料來源：本研究整理

單位：cm

表 3-2 未裝集風管測點與外徑距離表

測點數	1	2	3	4	5	6	7	8
測點與外徑距離 X	2	11	16.4	25.6	33.2	45	55.2	78.2

資料來源：本研究整理

3. 風口下游 4 公尺處之流場，於實驗室變頻器 60Hz 以內，應

達風壓 720Pa 或風速 34.3m/s：

- (1) 測試時須將風速量測裝置（各類風速計或皮氏管均可）固定於一骨架上進行，風速量測裝置須能測量規定之風速。骨架之設置不得防礙到空氣之行進，最少須在圖 3-6 所示四個位置中量測風速，風速之量測須在每個象限內之 610×610mm 方形範圍內進行。

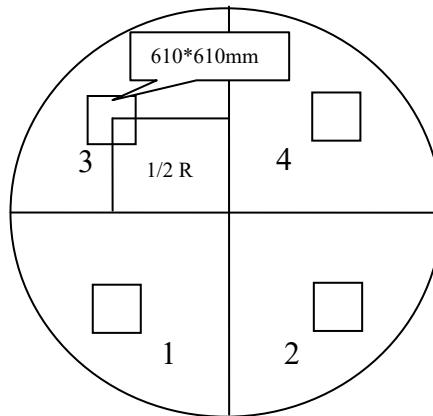


圖 3-6 量測位置

資料來源：本研究整理

- (2) 於上述四個位置中，讀取最少 60 秒內之最大值或陣風值，並將 4 個最大值平均，依公式 $P=0.613V^2$ (P 為等值速度壓 Pa， V 為風速 m/s)，將風速轉換為等值風壓，需能符合風壓 720Pa 或風速 34.3m/s，測得之平均值與標準值許可差為 $\pm 1.1\text{m/s}$ 。

4. 於裝集風管和未裝集風管時，距出風口 4 公尺處，分別以 25、30、35、40、45、50Hz 等 6 種頻率下，量測下圖 3-7 示意圖點位之風速值。

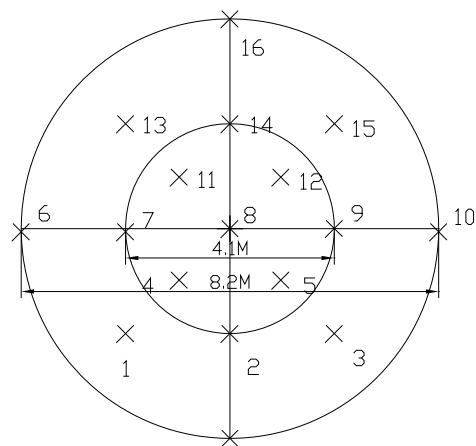
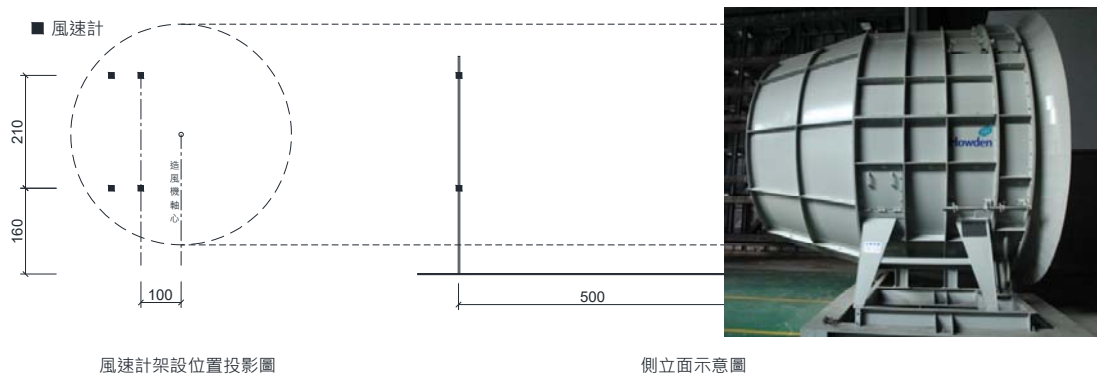


圖 3-7 風機出風口外風速量測點位

資料來源：本研究整理

二、出風口風速量測量測結果

1. 裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 60m/s 以上，量測結果如下表 3-3 所示。

表 3-3 裝集風漸縮管時測點風速值 (m/s)

Position	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	61.7	62.0	60.1	63.2	62.8	62.7
2	61.6	61.7	60.1	61.1	63.2	63.4
3	61.5	61.3	61.1	62.2	64.2	64.0
4	61.2	61.9	61.8	62.6	64.8	64.2
5	60.9	61.8	61.9	63.2	63.4	64.3
6	60.4	61.6	60.9	63.0	62.4	63.9
Avg. 62.30 m/s						

2. 未裝集風漸縮管時，實驗室變頻器 60Hz 以內，出風口平均風速至少 40m/s 以上。

表 3-4 未裝集風漸縮管時測點風速值 (m/s)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	44.0	47.1	44.2	41.7	43.6	41.8
2	44.2	46.0	44.9	42.1	42.6	42.2
3	44.9	44.6	47.4	42.5	42.5	42.3
4	45.7	43.2	44.6	42.9	42.1	43.2
5	45.7	43.2	41.9	43.3	41.7	42.8
6	46.7	41.9	40.7	43.7	41.4	43.0
7	47.7	40.7	39.1	43.9	41.3	43.8
8	47.8	44.0	40.7	43.8	41.5	42.0
平均			43.4 m/s			

資料來源：本研究整理

3. 風口下游 4 公尺處之流場，於實驗室變頻器 60Hz 以內，應

達風壓 720Pa 或風速 34.3m/s：

表 3-5 未裝集風漸縮管時測點風速值 (m/s)

量測位置	P 1	P 2	P 3	P 4
風速 m/s	36.598	38.527	34.569	28.274

4 個量測點平均值：34.492 m/s

資料來源：本研究整理

4. 裝集風管，距出風口 4 公尺處，不同頻率下之風速曲線

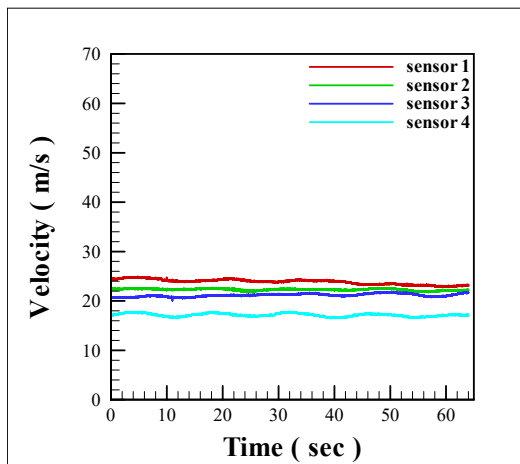


圖 3-8 裝集風管 25Hz 之風速曲圖

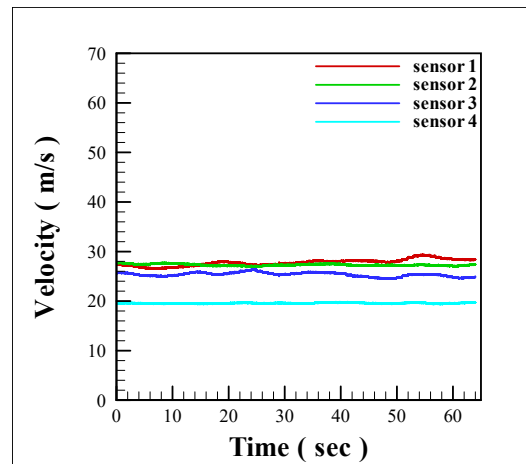


圖 3-9 裝集風管 30Hz 之風速曲圖

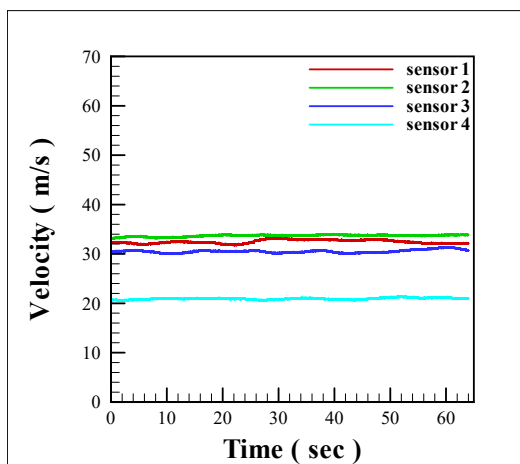


圖 3-10 裝集風管 35Hz 之風速曲圖

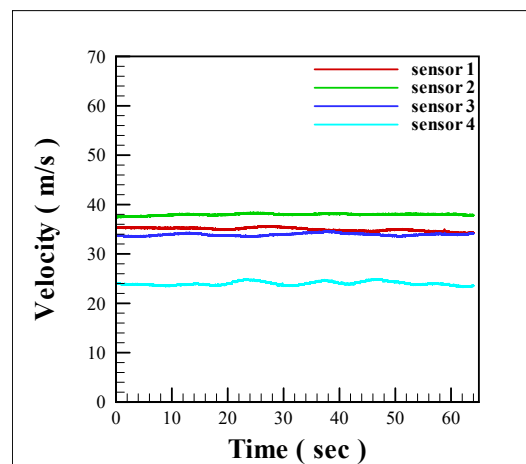


圖 3-11 裝集風管 40Hz 之風速曲圖

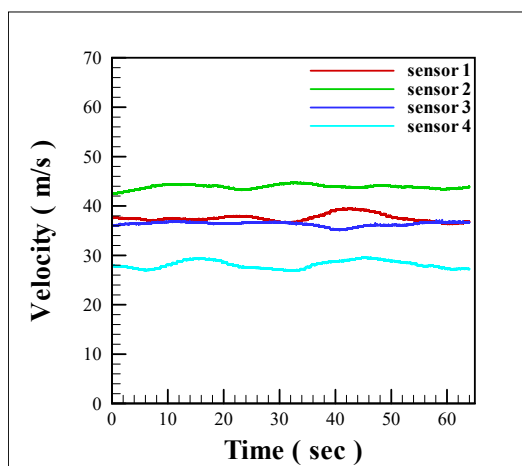


圖 3-12 裝集風管 45Hz 之風速曲圖

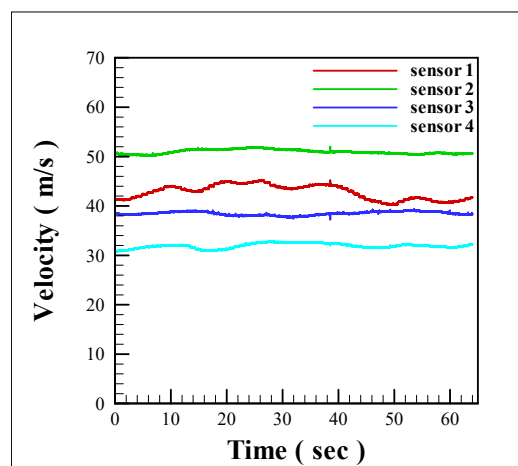


圖 3-13 裝集風管 50Hz 之風速曲圖

資料來源：本研究整理

5. 未裝集風管，距出風口 4 公尺處，不同頻率下之風速曲

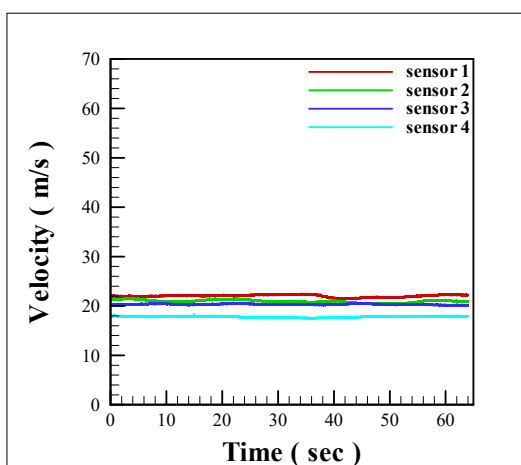


圖 3-14 無集風管 25Hz 之風速曲圖

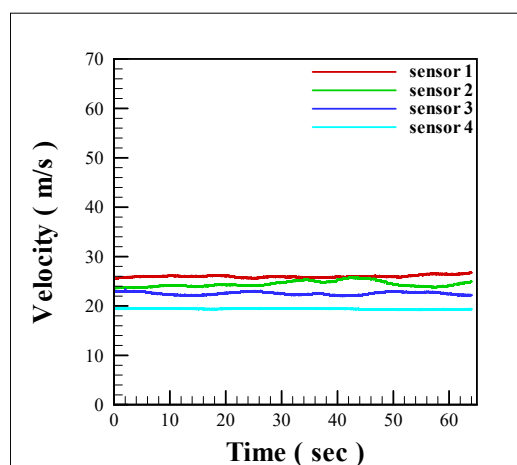


圖 3-15 無集風管 30Hz 之風速曲圖

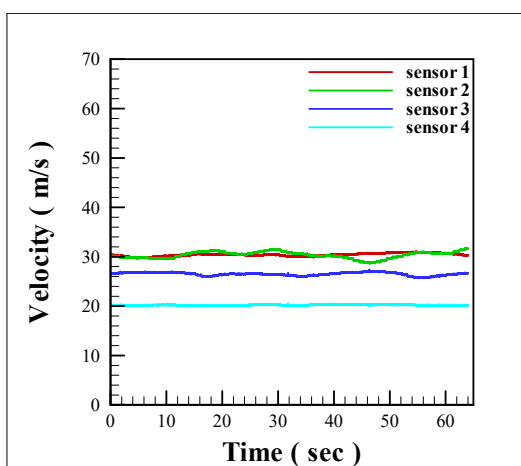


圖 3-16 無集風管 35Hz 之風速曲圖

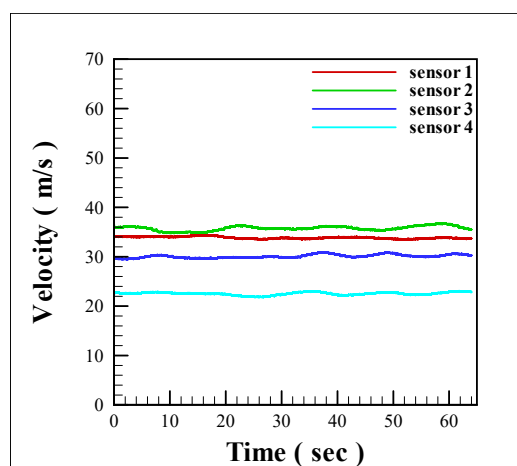


圖 3-17 無集風管 40Hz 之風速曲圖

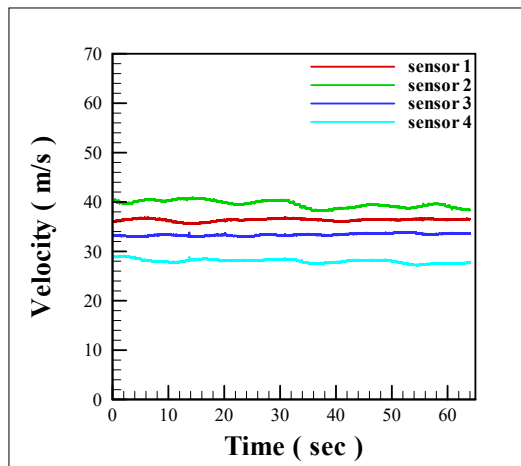


圖 3-18 無集風管 45Hz 之風速曲圖
資料來源：本研究整理

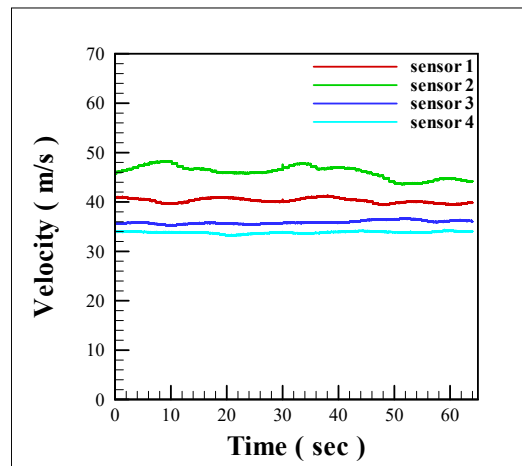


圖 3-19 無集風管 50Hz 之風速曲圖

三、 未裝集風管距出風口 2.5 公尺處風速量測量測結果

本研究為進一步瞭解，造風機未裝集風管時，所產的風場分佈特性，於距出風口2.5公尺處，量測造風機出風口投影斷面之風速，共測30個點位，點位分佈如下圖3-18所示。圖3-18與造風機出風口相對應分佈情況如圖3-19所示。內圓為馬達所在位置形成之圓形，外圓為未裝集風管時造風機葉片所及之圓形，內圓半徑約1公尺，外圓半徑則約2公尺。

由圖3-20及圖3-21可知，本次風速量測在出風口斷面上下部份位置，沒有測點分佈，主因為整個造風機斷面直徑將近4公尺，斷面大且風速強，前述位置處不易固定風速計所致，此問題仍須於未來再位一步解決。

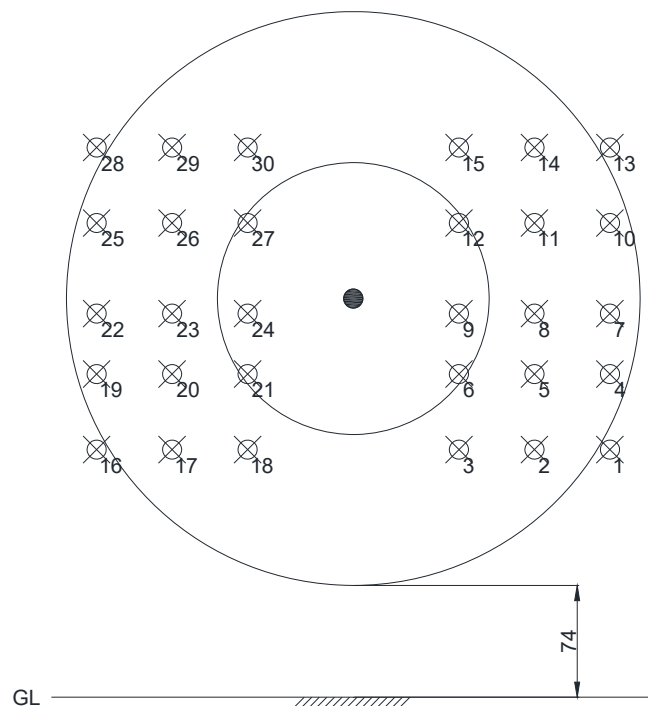


圖 3-20 風速量測點位分佈圖

資料來源：本研究繪製



圖 3-21 風速測點對應造風機出風口位置

資料來源：本研究繪製

前述已提及風速量測時有風速強及斷面大致使風速計不易固定問題，為解決此問題，本研究利用高空作業作為高度升降設備，另外長約1.5公尺之中空鐵管將風速度裝置其內，使其可以橫向移動。並將筆電、NI數據擷取器、電源供應器及電源線等相關設備，放於高空作業車內，試驗量測時，人員與設備皆高空作業車內進行，如圖3-22所示。

風速量測時，造風機變頻器從25Hz開始，每5Hz間隔增加，至45Hz後，再量測47.5Hz，共量測6個頻率點。每次量測於風速穩定後開始擷取風速數據，量測64秒鐘，量測頻率為256Hz，每次擷取13684筆資料。



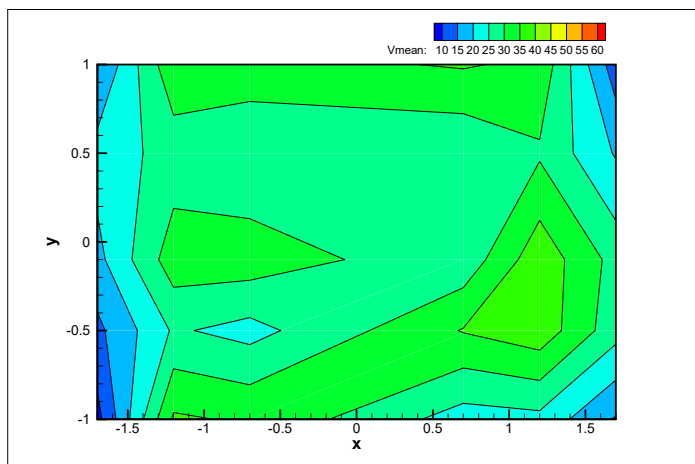
圖 3-22 風場量測相關設備

資料來源：本研究繪製

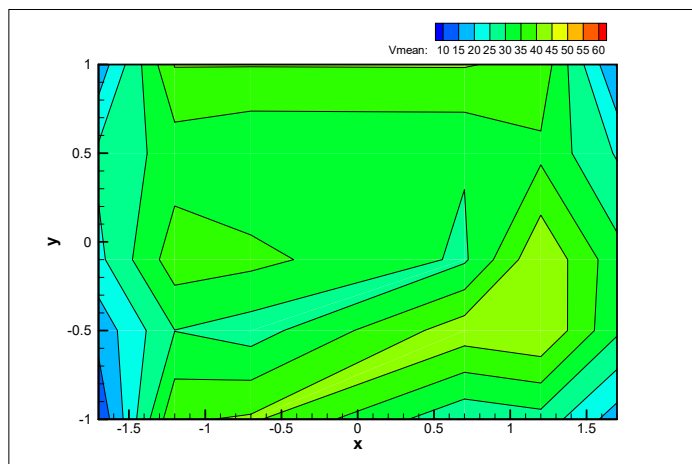
本研究將風速量測結果，繪製成圖3-23平均風速(mean)等值圖、圖3-24風速均方根(rms)等值圖、圖3-25 測點最大風速(max)等值圖、圖3-26 測點最小風速(min)等值圖。平均風速等值圖為每個測點於1分鐘所擷取數據的平均值，由圖2-23(d)40Hz開始即有局部點位風速達56m/s（即17級風）以上，變頻器頻率再提高至45Hz及47.5Hz時，除了核心的範圍因馬達的遮蔽效應風速較低外，17級風的範圍也隨之增加。圖3-24風速均方根(rms)等值圖是將每個測點的均方根值加以呈現，均方根值表示每個測點風速的變異程度，也就是和平均值的差異，由圖3-24可知，更新完成之造風機的造風穩定度相當不錯，風場相對均勻穩定。圖3-25及圖3-26則是分別將各測點1分鐘量測時間內最大值及

最小值，以等值方式表示。圖3-25於47.5Hz下最大值出現70m/s以上強風。

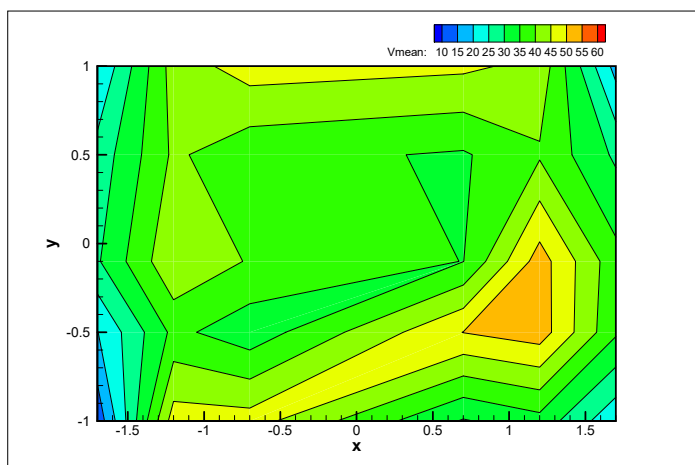
(a)25hz



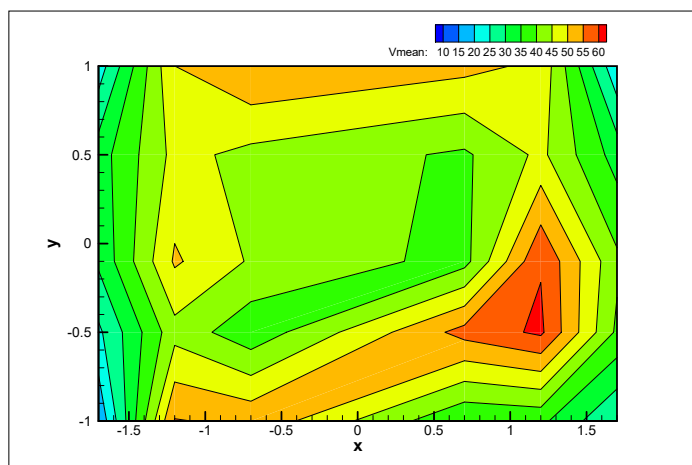
(b)30hz



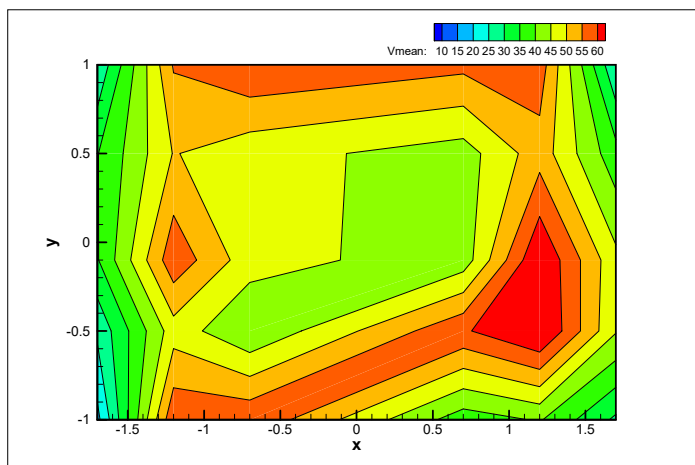
(c)35hz



(d)40hz



(e)45hz



(d)47.5hz

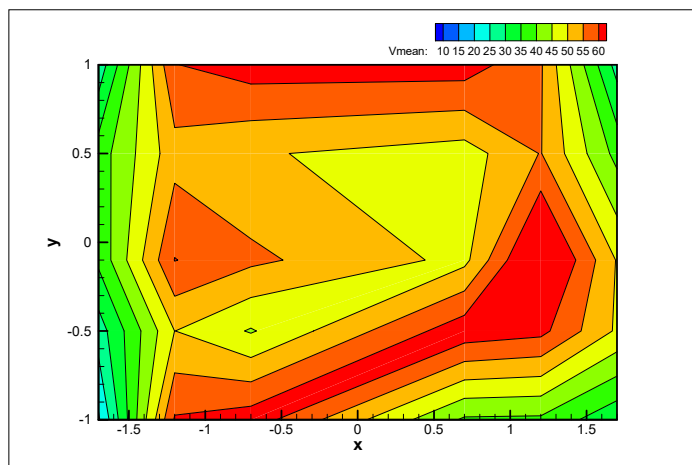
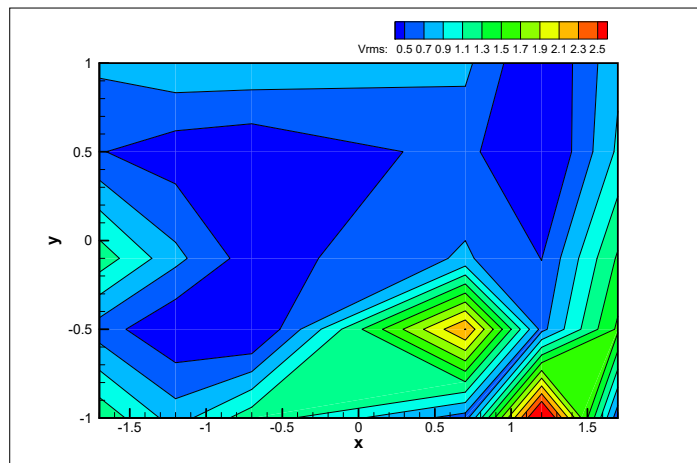


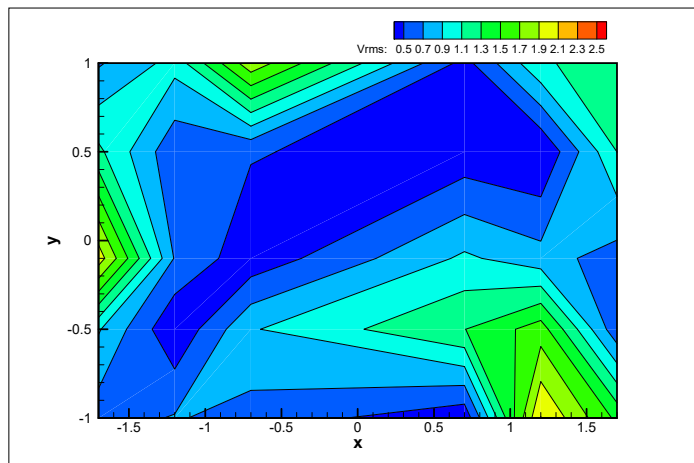
圖 3-23 平均風速(mean)等值圖

(資料來源：本研究繪製)

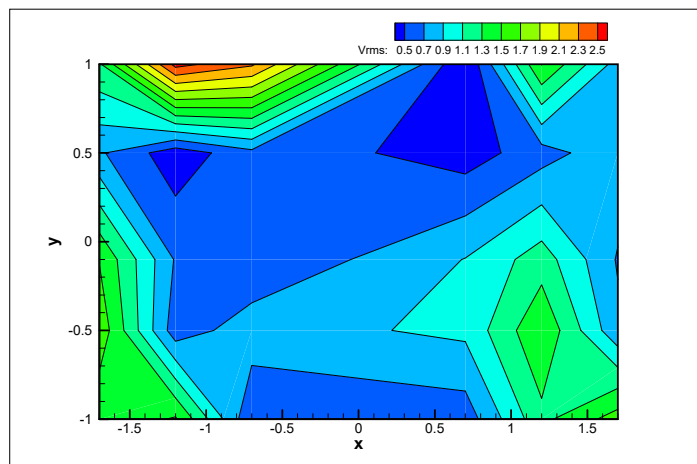
(a)25hz



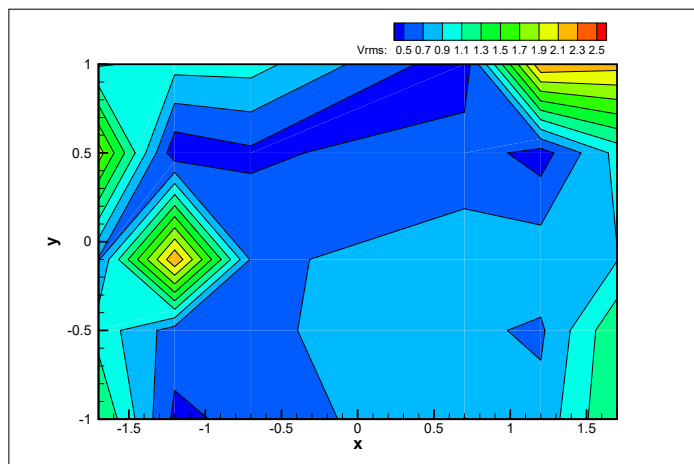
(b)30hz



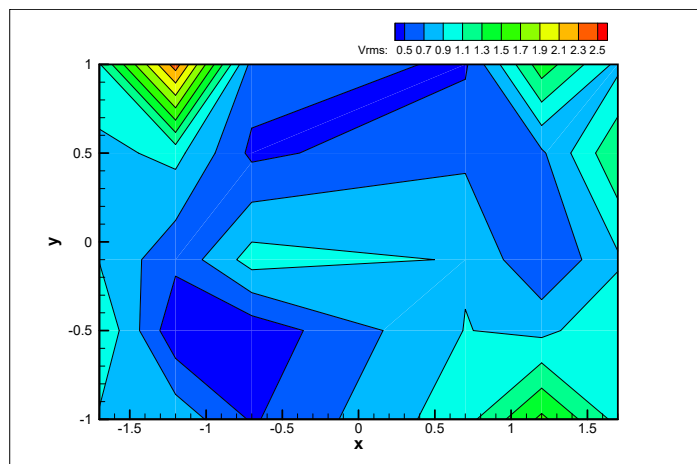
(c)35hz



(d)40hz



(e)45hz



(d)47.5hz

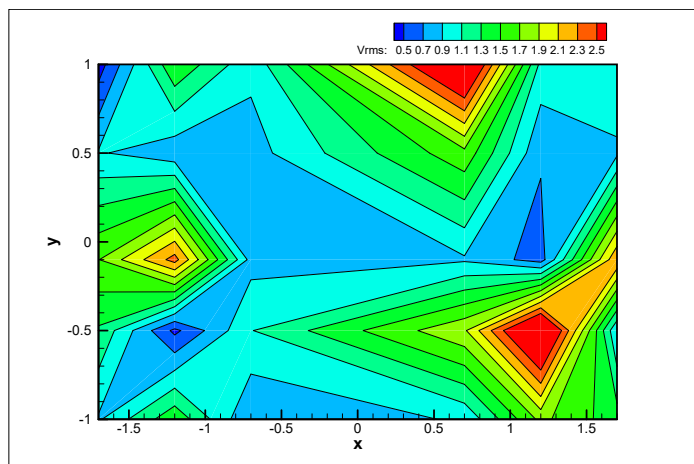
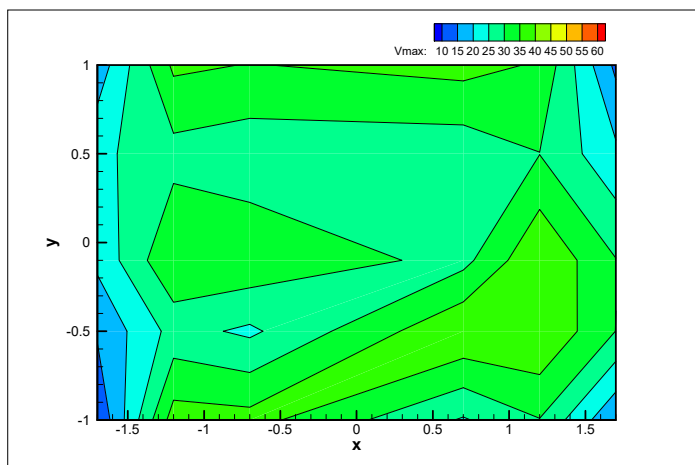


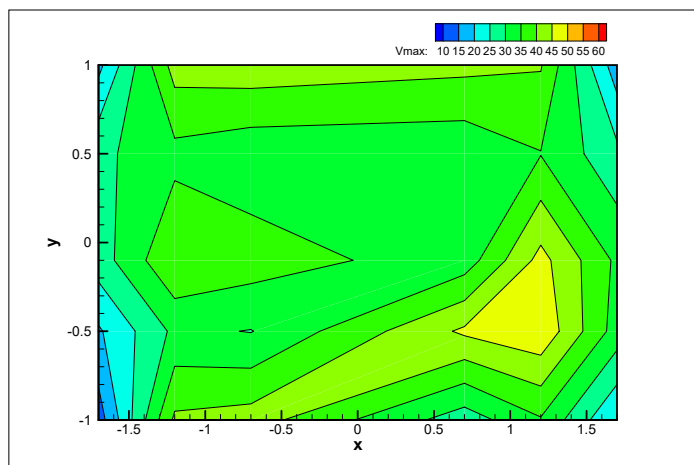
圖 3-24 風速均方根(rms)等值圖

(資料來源：本研究繪製)

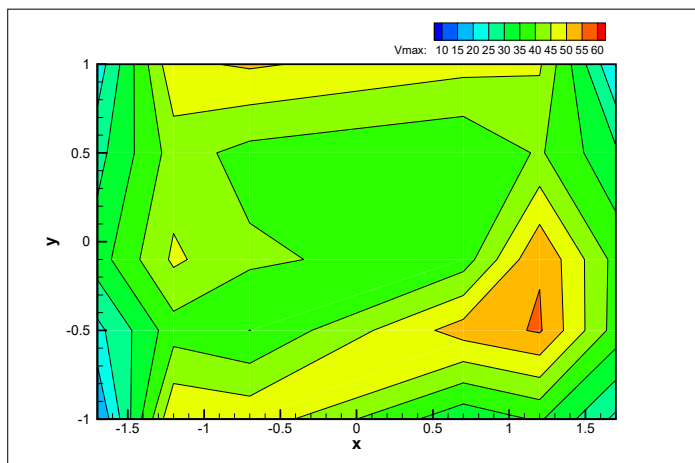
(a)25hz



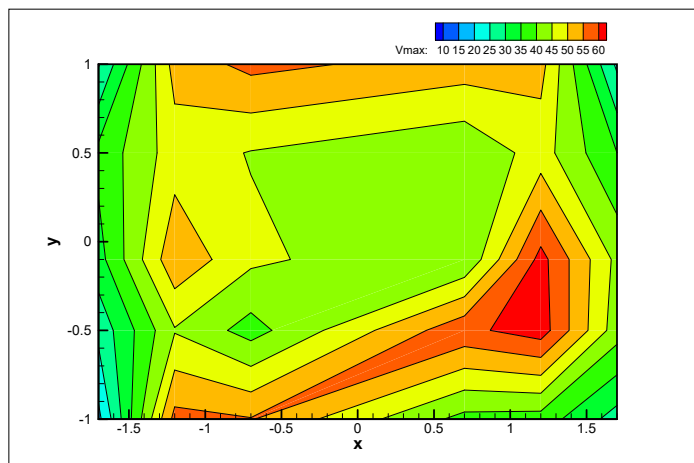
(b)30hz



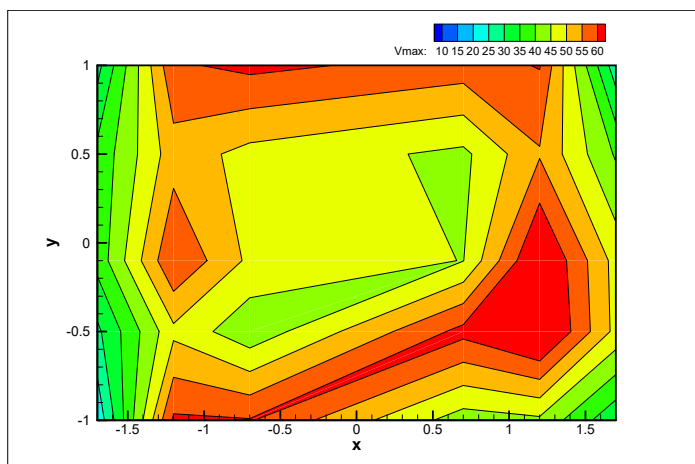
(c)35hz



(d)40hz



(e)45hz



(d)47.5hz

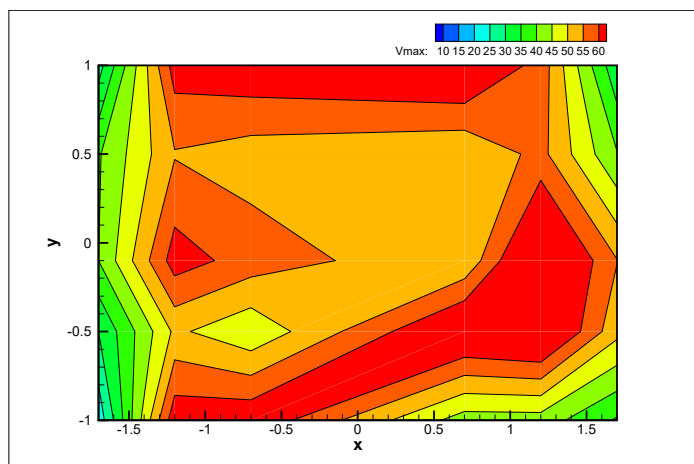
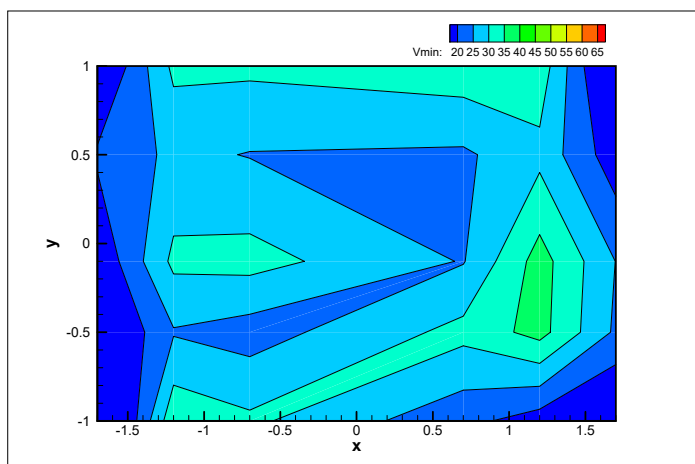


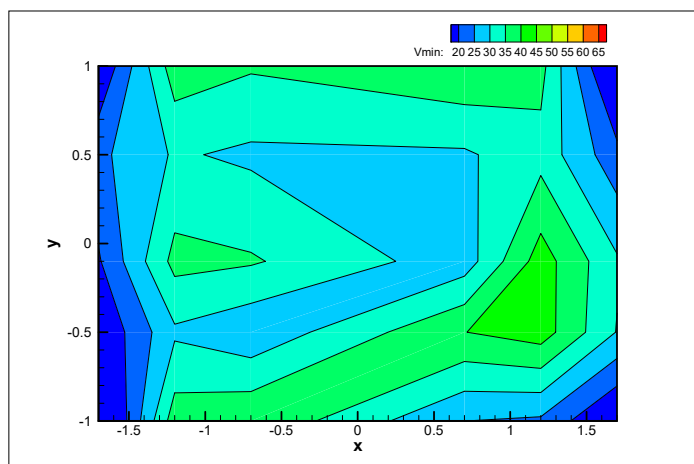
圖 3-25 測點最大風速(max)等值圖

(資料來源：本研究繪製)

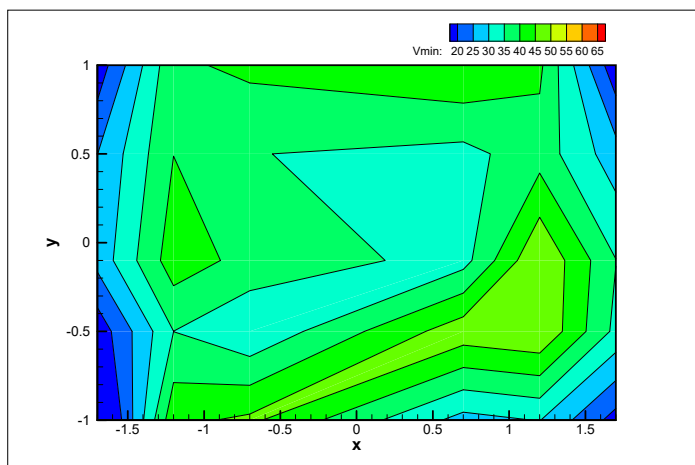
(a)25hz



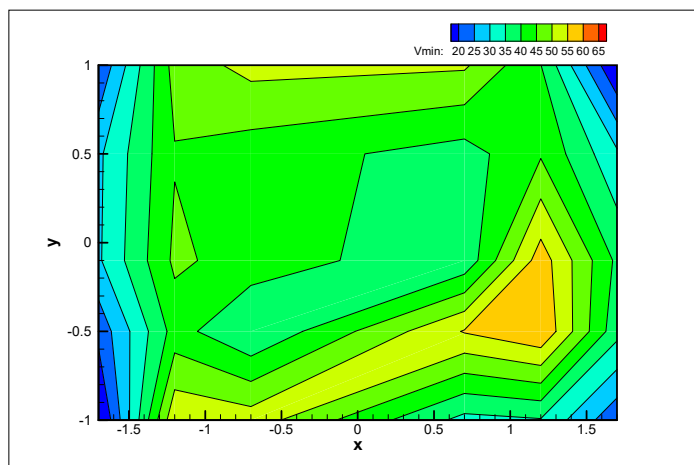
(b)30hz



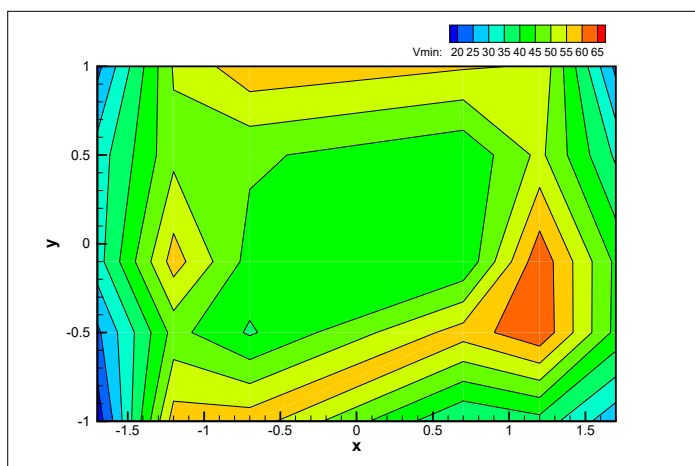
(c)35hz



(d)40hz



(e)45hz



(d)47.5hz

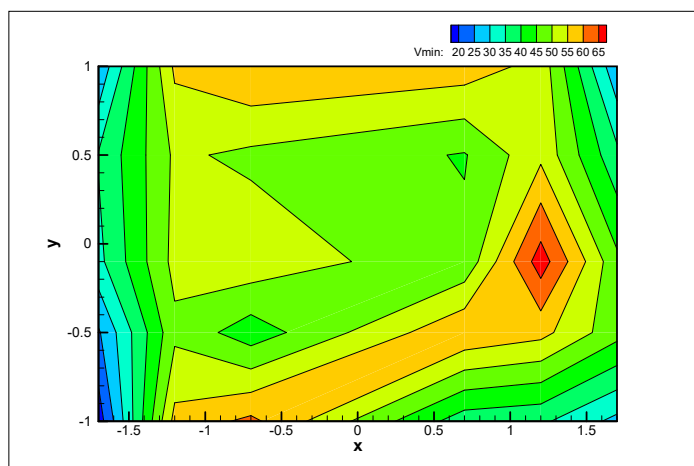


圖 3-26 測點最小風速(min)等值圖

(資料來源：本研究繪製)

第四章 成本分析與收費原則研擬

第一節 成本分析

第三章執行造風機產生之風場特性量測，已具執行檢測業務能量，接續則擬進行檢測收費成本分析，並擬定基本收費原則，作為檢測業務收費之暫時依據。

為使檢測收費過於僵化，本研究採用有彈性原則，將實尺寸構造物檢測收費，區分為目測試驗及量測試驗，目測試驗為委託單位僅卻瞭解構造物受到某一等級風速後是否破壞，試驗過程只提供風速，並以目測是否破壞，無其他量測工作。而量測試驗則為委託單位需要採用量測儀器，進行數據擷取與分析，例如加速規、雷射位移計或電子式扭力扳手等。此兩類試驗項目又依風速等級區分為15級風以下(含15級風)，及16級風以上(含16級風)，以15級風作為分界點，主要因素為電量使用。

綜上，本研究將試驗項目分為構造物受風目測試驗(15級風以下)、構造物受風目測試驗(16級風以上)、構造物受風量測試驗(15級風以下)、構造物受風量測試驗(16級風以上)等4種，以就此4種試驗項目依直接成本及間接成本加以分析，直接成本包括：人事、物料、設備保養折舊、水電等，間接成本則為試驗規劃、儀器整備安裝、數據分析及占艙時間等。分析結果如下表3-6至表3-9所示。

建築研究所風雨風洞實驗室

構造物受風目測試驗(15 級風以下)

試驗規費收費成本分析表

表 3-6 構造物受風目測試驗(15 級風以下)成本分析表

總成本				79,272
項 目	單位	數量	單價	金額(元)
壹、直接成本				79,078
一、人工合計				17,688
(一) 主任	時	8.0	461	3,688
(二) 副研究員	時	16.0	461	7,376
(三) 研發替代役研究員	時	16.0	216	3,456
(四) 專案研究助理	時	16.0	198	3,168
二、物料合計				0
視個案辦理				0
三、設備合計 (每年接案 10 件)				51,000
固定設備	1	式	7,000	7,000
機械設備	1	式	7,000	7,000
儀器設備 (799 萬/25 年/10 件)	1	式	32,000	32,000
設備維修保養	1	式	5,000	5,000
四、水電費(含瓦斯)			10,000	10,000
五、其他合計				390

(一)、郵資：郵寄實驗報告郵費			90	90
(二)、影印費：影印每張			300	300
貳、間接成本				194
一、人工合計	時	1	194	194
二、設備合計				0
三、其他(租金)				0
參、其他因素				0
備註：主任及副研究員人力成本以 710 俸點月薪 81,200 元計算，研發替代役研究員人力成本以碩士月薪 37,986 元計算；專案研究助理人力成本以學士第 4 級月薪 34,907 計算。				

資料來源：本研究製作

建築研究所風雨風洞實驗室

構造物受風目測試驗(16 級風以上)

試驗規費收費成本分析表

表 3-7 構造物受風目測試驗(16 級風以上)成本分析表

總成本				99,272
項 目	單位	數量	單價	金額(元)
壹、直接成本				99,078
一、人工合計				17,688
(一) 主任	時	8.0	461	3,688
(二) 副研究員	時	16.0	461	7,376
(三) 研發替代役研究員	時	16.0	216	3,456
(四) 專案研究助理	時	16.0	198	3,168
二、物料合計				0
視個案辦理				0
三、設備合計 (每年接案 10 件)				51,000
固定設備	1	式	7,000	7,000
機械設備	1	式	7,000	7,000
儀器設備 (799 萬/25 年/10 件)	1	式	32,000	32,000
設備維修保養	1	式	5,000	5,000
四、水電費(含瓦斯)			30,000	30,000
五、其他合計				390

(一)、郵資：郵寄實驗報告郵費			90	90
(二)、影印費：影印每張			300	300
貳、間接成本				194
一、人工合計	時	1	194	194
二、設備合計				0
三、其他(租金)				0
參、其他因素				0
備註：主任及副研究員人力成本以 710 俸點月薪 81,200 元計算，研發替代役研究員人力成本以碩士月薪 37,986 元計算；專案研究助理人力成本以學士第 4 級月薪 34,907 計算。				

資料來源：本研究製作

建築研究所風雨風洞實驗室

構造物受風量測試驗(15 級風以下)

試驗規費收費成本分析表

表 3-8 構造物受風量測試驗(15 級風以下)成本分析表

總成本				199,234
項 目	單位	數量	單價	金額(元)
壹、直接成本				99,234
一、人工合計				22,844
(一) 主任	時	8.0	461	3,688
(二) 副研究員	時	20.0	461	9,220
(三) 研發替代役研究員	時	24.0	216	5,184
(四) 專案研究助理	時	24.0	198	4,752
二、物料合計				0
視個案辦理				0
三、設備合計 (每年接案 10 件)				51,000
固定設備	1	式	7,000	7,000
機械設備	1	式	7,000	7,000
儀器設備 (799 萬/25 年/10 件)	1	式	32,000	32,000
設備維修保養	1	式	5,000	5,000
四、水電費(含瓦斯)			25,000	25,000
五、其他合計				390

(一)、郵資：郵寄實驗報告郵費			90	90
(二)、影印費：影印每張			300	300
貳、間接成本				100,000
一、試驗規劃	1	式	20,000	20,000
二、儀器整備安裝	1	式	20,000	20,000
三、數據分析	1	式	10,000	10,000
四、占艙時間	日	5	10,000	50,000
參、其他因素				0
				0
備註：主任及副研究員人力成本以 710 俸點月薪 81,200 元計算，研發替代役研究員人力成本以碩士月薪 37,986 元計算；專案研究助理人力成本以學士第 4 級月薪 34,907 計算。				

資料來源：本研究製作

建築研究所風雨風洞實驗室

構造物受風量測試驗(16 級風以上)

試驗規費收費成本分析表

表 3-9 構造物受風量測試驗(16 級風以上)成本分析表

總成本				299,234
項 目	單位	數量	單價	金額(元)
壹、直接成本				172,234
一、人工合計				22,844
(一) 主任	時	8.0	461	3,688
(二) 副研究員	時	20.0	461	9,220
(三) 研發替代役研究員	時	24.0	216	5,184
(四) 專案研究助理	時	24.0	198	4,752
二、物料合計				0
視個案辦理				0
三、設備合計 (每年接案 4 件)				99,000
固定設備	1	式	7,000	7,000
機械設備	1	式	7,000	7,000
儀器設備 (799 萬/25 年/4 件)	1	式	80,000	80,000
設備維修保養	1	式	5,000	5,000
四、水電費(含瓦斯)			50,000	50,000
五、其他合計				390

(一)、郵資：郵寄實驗報告郵費			90	90
(二)、影印費：影印每張			300	300
貳、間接成本				127,000
一、試驗規劃	1	式	20,000	20,000
二、儀器整備安裝	1	式	50,000	47,000
三、數據分析	1	式	10,000	10,000
四、占艙時間	日	5	10,000	50,000
參、其他因素				0
備註：主任及副研究員人力成本以 710 俸點月薪 81,200 元計算，研發替代役研究員人力成本以碩士月薪 37,986 元計算；專案研究助理人力成本以學士第 4 級月薪 34,907 計算。				

資料來源：本研究製作

第二節 收費原則

經前述成本分析，構造物受風目測試驗(十五級風以下)費額訂為 8 萬元，構造物受風目測試驗(十六級風以上)費額訂為 10 萬元，此兩項試驗均占艙一天，可執行二個風速點，每個風速點執行五分鐘；試體施工或試驗延遲，致增加占艙時間，增加一天加收一萬五千元。構造物受風量測試驗(十五級風以下)及構造物受風量測試驗(十六級風以上)費額分別訂為 20 萬元及 30 萬元，各占艙五天，可執行二個風速點，每個風速點執行五分鐘；試體施工或試驗延遲，致增加占艙時間，增加一天加收一萬五千元。本研究將前述說明研擬本所實驗設施技術服務收費費額表之型式，如下表 3-10 所示。

表3-10 構造物受風試驗費額表（草案）

試驗項目	費額	備註
構造物受風目測試驗 (十五級風以下)	八萬	占艙一天，可執行二個風速點，每個風速點執行五分鐘；試體施工或試驗延遲，致增加占艙時間，增加一天加收一萬五千元。
構造物受風目測試驗 (十六級風以上)	十萬	占艙一天，可執行二個風速點，每個風速點執行五分鐘；試體施工或試驗延遲，致增加占艙時間，增加一天加收一萬五千元。
構造物受風量測試驗	二十萬	占艙五天，可執行二個風速

(十五級風以下)		點，每個風速點執行五分鐘； 試體施工或試驗延遲，致增加 占艙時間，增加一天加收一萬 五千元。
構造物受風量測試驗 (十六級風以上)	三十萬	占艙五天，可執行二個風速 點，每個風速點執行五分鐘； 試體施工或試驗延遲，致增加 占艙時間，增加一天加收一萬 五千元。

第五章 結論與建議

第一節 結論

1. 為確保造風機使用安全，並提升造風功能，業完成風機改造工作，經性能測試，無集風管下出風口風速達 40m/s，裝上集風出風口風速達 60m/s 以上，另以 CNS13973 規定之測量方法，在距出風口 4 以尺位置處，量測 4 個點位 1 分鐘內最大值平均 34.4m/s，符合 34.3 m/s 規定，且誤差 ± 1.1 m/s 內。
2. 除了前述風場特性，本研究進一步量測無集風管下，出風口外 2.5 公尺處之風速剖面，共量測 30 個點位，每個點位分別量測 6 個變頻器頻率，確認出風口可達 17 級風情況下，距出風口 2.5 公尺處位置風速並明顯消減，並測得之風速其依平均風速、均方根風速、最大風速及最小風速等繪製等值圖，可作為造風機風場特性資料庫，俾為執行檢測案之依據。
3. 本研究研擬造風機試驗收費標準，共擬定 4 種試驗項目，(1) 構造物受風目測試驗(15 級風以下)：占艙 1 天，可執行 2 個風速點，每個風速點試驗 5 分鐘，費用為新臺幣 8 萬元。(2) 構造物受風目測試驗(16 級風以上)：占艙 1 天，可執行 2 個風速點，每個風速點試驗 5 分鐘，費用為新臺幣 10 萬元。(3) 構造物受風量測試驗(15 級風以下)：占艙 5 天，可執行 2 個風速點，每個風速點試驗 5 分鐘，費用為新臺幣 20 萬元。(4) 構造物受風量測試驗(16 級風以上)：占艙 5 天，可執行 2 個風速點，每個風速點試驗 5 分鐘，費用為新臺幣 20 萬元。

第二節 建議

建議一

持續進行造風機風場特性量測工作：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦機關：內政部建築研究所

本研究目前已完成造風機在有集風管及無集風管的出口風速驗證，並完成無集風管下，距風機出口 2.5 公尺處的平均風速、均方根風速、最大風速及最小風速等之風速剖面等值圖，已可作為檢測案的試驗依據。但造風機核心位置受馬達阻擋，出風口後，核心部分屬低壓區，風場將由外圍的高壓區往低壓區移動，最後形成一致的風速剖面。另風場越往下游移動，能量衰減越大，風速相對也越低。前述兩種情況影響整個造風機風場分佈特性，有必要再持續進行風場量測，以完整掌握造風機的風場特性。

建議二

造風機試驗項目納入實驗室收費標準：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦機關：內政部建築研究所

本研究已完成造風機 4 個試驗項目的成本分析與收費基本原則，未來建議進一步進行法制化工作，將其納入「內政部建築研究所實驗設施技術服務收費標準」，俾作為檢測收費依據。

參考書目

1. 內政部 (2014)。建築物耐風設計規範及解說。2014 年 1 月 1 日施行。
2. 朱佳仁 (2006 年)。風工程概論。科技圖書。
3. 建築技術規則 (2013)。營建雜誌社。
4. <http://blog.xuite.net/sixtopcon/twblog1/24141993>
5. <http://blog.xuite.net/tsai.mc39/IN/346286339-%E5%B8%B8%E7%94%A8%E7%8E%BB%E7%92%83%E7%9F%A5%E8%AD%98>
6. http://www.taiwanglass.com/product_list.php?sid=203
7. ISHWAR CHAND,P. K. BHARGAVAIN,L. V. KRISHAKI, Effect of Balconies on Ventilation Inducing Aeromotive Force on Low-rise Buildings, Building and Environment. Vol. 33, No. 6, pp. 385-396. 1998
8. H. Montazeri*, B. Blocken, CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis, Building and Environment 60 (2013) 137-149
9. M. F. MOHAMED1, D. PRASAD1, S. KING1, K. HIROTA. The Impact of Balconies on Wind Induced Ventilation of Singlesided Naturally Ventilated Multi-storey Apartment, PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, 22-24 June 2009
10. H. Montazeri*, B. Blocken, W.D. Janssen, T. van Hooff, CFD evaluation of new second-skin facade concept for wind comfort on building balconies: Case study for the Park Tower in Antwerp, Building and Environment 68 (2013) 179~192

3. 造風機改良後，其他相關配合設備，於目前經費許可下，可考慮一併更新。
4. 建議觀察試驗數據再現性與風速縱向分佈情況，並加強 17 級風之安全防護。

(四) 「亞熱帶氣候建築塗料之節能效益試驗研究」案：

1. 目前業界對於隔熱塗料應用於建築外殼之效益仍有疑慮，建議能多蒐集相關技術文獻、應用規範以及對室內熱環境和節能效果的研究，俾予以釐清。
2. 在新加坡等熱帶氣候國家，建築外牆及屋頂常見隔熱塗料之應用建議可蒐集國外耐久性相關研究進展及實務經驗，以供後續應用推廣。
3. 本案預計結合成功大學能源科技與策略研究中心設備，進行隔熱塗料之全尺度實測實驗，建議合作方式及規劃內容應予補充敘明，俾掌握執行進度。
4. 本案擬進行隔熱塗料檢測技術開發，供後續相關認證參考，建議應將國內實驗室或國外測試數據之比對分析納入，以增進試驗結果的可靠性。

(五) 「綠建築標章與永續發展目標 (SDGs) 之關聯性研」案：

1. 本研究是針對下一期科技計畫有關聯合國永續發展目標的部分進行資料蒐集與分析，同時配合今年度各委託、協同研究計畫分頭進行各課題發展趨勢之相關資料蒐集，建議針對我國綠建築評估系統(EEWH)永續性較弱的部分進行環境面與建築面的盤點，以強化我國綠建築永續發展。
2. 科技部針對本部整體計畫提出應加強與聯合國永續發展目標之聯結，其範圍及所涉及的部會層面非常廣，建議限縮研究範圍，並以表格對照方式，將我國綠建築 9 大指標之性能項目，與 WGBC 提出的 9 大相關目標進行比較分析，以清楚呈現二者之關聯性。
3. 我國綠建築評估系統(EEWH)僅為科技計畫中的一部分，建議參考 WGBC 提出之 Green Offices 及 Green Homes 的理念，針對 EEWH 已涵蓋、尚未納入，或未來科技計畫應強化的部分進行探討，因此建議釐清研究範圍，並酌予修正研究題目。

附錄二 期中審查紀錄

本所110年度自行研究「高層建物氣彈模型結構風載重試驗研究」、「實尺寸構造物耐風試驗研究」及「門窗功能應用技術研究」等3案期中審查會議紀錄

一、時 間：110年8月4日（星期三）上午9時30分

二、地 點：視訊會議

三、主持人：陳組長建忠

紀錄：李鎮宏、郭建源、蔡宜中

四、出席人員：如簽到簿

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見：

（一）「高層建物氣彈模型結構風載重試驗研究」案：

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 建築物造型、高度等對外牆風壓有極大影響，對於減低風阻效應上是否可提出改善方法或對策。
2. 居住舒適度評估中對於颱風來襲所造成極大風壓引致振動，在風洞試驗中如何考量？

中華民國土木技師公會全國聯合會 梁技師詩桐：

本案所提柔性氣彈風洞試驗是否將取代剛性氣動試驗或彼此間關聯性如何？請再補充說明。

李副研究員其忠：

1. 本案柔性如何定義？本次試驗係以之前剛性試驗來比較建立柔性試驗，所得結果可否直接應用在其他案例。另有自然振頻的允收範圍嗎？
2. 本研所得結果若較剛性試驗結果嚴重，則之前結果如何因應。

陶主任其駿：

1. 請於文中述明A棟與B棟氣動模型本身差異在哪？此兩種氣動模型

可做何項試驗參數之探討？

2. 請註明實測柔性氣彈模型的自然基本振動週期為何？相關實際建築物的基本振動週期為何？兩者存有的差異為何？

黃助理研究員國倫：

1. 本研究對實驗室柔性模型氣彈風洞試驗之建立極具貢獻，應可有助於實驗室擴大檢測能量。
2. 報告書之角度符號「 $^{\circ}$ 」似非研究論文常用符號「 $^{\circ}$ 」，建議修正之。
3. 報告書第VII頁倒數第2行「60 $^{\circ}$ 度」，「度」應屬誤植，建議刪除。
4. 後續期末報告有待補充「結論與建議」之「建議」內容。

陳助理研究員士明：

1. 建議針對CFD流場與結構振動行為加以分析模擬，可與試驗結果相互驗證比對，以擴展本研究之可應用性。

厲副研究員妮妮：

1. 本研究是以位於台南市的某A棟、B棟建築物為實驗對象。請問挑選此二建築物的原因為何（例如斷面的特殊性或具有代表性）？建議於研究報告中補充說明。

陳組長建忠：

1. 請查找收集整理世界先進國家比擬實際建物之柔性模型材料分類及相關參數，以降低全以實驗方式之人力負擔。
2. 本所曾委託成大對建築物實際材質相對模型材質進行研究，亦經計算提出建議之金屬材質，請檢討比對有價值部分納入本研究。
3. 本所委託林子平教授有關都市風廊研究，以及朱佳仁教授均已做出極有價值之都市橫風方向資料，請於本案落實應用。
4. 本次宜以災害耐風及一般風速下高樓在高層加速度上的不舒適量測（現都更、重建基地少，反而高樓的案子很多）。
5. 審視國內建築物風洞實驗報告品管之規定項目（如模型材質…）。

6. 去年本所委託成大已建置高樓風洞試驗方法，本案據以試驗的情形及檢核請詳加說明。

計畫主持人回應（李主任鎮宏）：

1. 本案研究標的建物係以 109 年委託本所進行結構風載重為對象，其主要緣由係因結構分析數據資料可自設計顧問公司取得，方能知悉實際建物結構自然振頻與模態等柔性氣彈試驗所需基本要件。
2. 都市風廊風向風速係以考慮行人舒適性與降低熱島效應為主，其風向風速雪花圖(風向間格 22.5°)，係呈現當地所受主要季節風環境；對於本案結構風力而言，該主要季節風向風速並非一定造成結構所受最大風力，而需考慮其結構勁度配置與順風、橫風及扭轉向風力疊加結果(風向間格 10°)。
3. 會中所提適切建議於後續研究中將參採納入，於期末報告時加以補述說明。

(二)「實尺寸構造物耐風試驗研究」案：

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 風洞實驗已經發展半個世紀(1968年東京大學就有風力試驗場)，建議多參考既有實驗設備，對風洞的實驗成果盡量在國際期刊發表論文，與國際上的實驗技術接軌。
2. 實驗所用的造風機風速可達60m/s，是否能滿足所要做的實驗？台灣發生最強風速的紀錄與頻率有否詳實記錄？所造成的破壞如何預防？
3. 實尺寸構造物的耐風試驗研究，只能對實驗對象判定其抗風能力，實驗成果如何應用在其他的設計上？太陽能板的抗風實驗，經實驗後對造型設計有何建議？
4. 本研究案，最終預計提出何種成果？

中華民國土木技師公會全國聯合會 梁技師詩桐：

1. 本研究案造風機的實體裝置與研究與使用，初步已有很好的成果，值得鼓勵。
2. 希望對風速計的量測或尋求新一代的風速計，能有更好的成果。
3. 對風速計的固定與方向的調整，除水架的改良外，研究固定鋼框採用斷面為細扁長流線型網(鋼)格所形成節點，或如何裝設新型嵌入式風速計，較能抑制或調整風速計的正確方向，或許值得後續研究。

王聘用研究員天志：

1. 17級風測試，有否考慮瞬間/長時，反覆吹風所造成的正/負壓(真空)狀況，蠻多損壞評估原因反而是負壓造成。
2. 補充風機、馬達、變頻器三項設備的規格配合分析，並可預先規劃未來變頻器更新，可再提升設備性能。
3. 本項設備具創新性、獨佔性，建議主動規劃可行試驗項目，並對外進行宣傳週知，提供業界技術服務，提升本所產能創生收入。
4. 設備完成功能查驗，可備妥資料，申請TAF認證，提升公信力。
5. 報告書內圖表有很多未標示資料來源，請補充。

李副研究員其忠：

1. 簡報第19頁有關P4點的最大風速較其他3點低，實驗室有無允收值，當出現異常值時，是否需停止試驗進行查核，另簡報第20與21頁在低風速時，4點量測點相當均勻，但是高風速時，則顯得相當離散，原因為何？

陶主任其駿：

1. 本研究預計研擬之收費原則，應儘量有適當的彈性，以因應用未來的費用可能收取狀況。
2. 建議對改造後的風機，能設計並設置防鳥築巢之措施。
3. P4點位最大風速之量測結果，仍見有亟待改善之處，建議本研究

應多著墨此處風速的量測方法，俾供以後商轉業務所需。

黃助理研究員國倫：

1. 研究將有助於實驗室提升檢測能量，極具貢獻。
2. 研究報告第1頁倒數第7行「訪護」應修正為「防護」。
3. 研究報告第3頁第1段倒數第2行，建議於「新臺幣」之後加上「(以下同)」。
4. 研究報告第46頁「後續工作」第1點之第3行，建議「準備」應改為「準確」。

陳助理研究員士明：

1. 本案應用改良後造風機執行風速量測，掌握風場特性，作為以後實尺寸試體試驗的依據，對本所風洞試驗業務非常重要。
2. 期望以後風洞試驗也能藉由改良後之造風機，進行實尺寸試體(如:鋼構廠房)的風壓破壞試驗，相信試驗結果將有很高的實務參考價值。

厲副研究員妮妮：

1. 研究報告第25~35頁的投稿，建議置於附錄。
2. 集風管的拆裝，是否由實驗室同仁即可完成？或需要委外處理？
3. 當實驗採較低風速（有無安裝集風管均可達到），那麼安裝集風管與否，對實驗結果是否會造成影響？若無影響，集風管可否永久免拆下？

陳組長建忠：

1. 風速計請考量多購置幾支，解決量測單一方向風速不準確問題，並研發自行校正方法。
2. TAF認證請分階段，第一階段先追加已申請項目，以聲明或變更方式申請，好處是雖風速提昇但維持同一試驗方法即可辦理；第2階段就60m/s風速造風機全項申請TAF。
3. 帷幕牆協會理事認為本造風機是超級設備，可洽詢其帷幕牆、門

窗所需的試驗方法，希望取得的數據為多少。並可進一步討論造風機超額能量有何潛在服務對象，如目前海上的風機耐風試驗等。

4. 測點流場不平均，宜與施工廠商保持討論，並比對國際規範，掌握實驗報告表達、分析及實驗基準等，以提升試驗品質。
5. 所謂颱風17級風是在空中無阻礙情況下的氣象數值，請用耐風設計規範反推，構造物受風於風速60m/s下，實際氣象資料的風速是多少？
6. 風速計請加做轉盤，改進量測方式，若有創新方法亦可申請專利。

計畫主持人回應（郭副研究員建源）：

1. 本研究的主要目的為量測改良後造風機出風口外5公尺內之風速分佈情況，試驗過程係將風速計固定於簡易基座，再以螺絲鎖於大型噴水架。此種量測方式費時且費力，擬依建議製作量測移動機構，以利風速量測。
2. 試驗採用之風速計為一維風速計，風速量測時，風場應正對風速計入風口方能測得準確之風速值。試驗過程P4點位之風速計可能在高風速下受風而偏移，造成量測值偏低，日後將再採購三維風速計進行量測比對，以確定風速特性。
3. 研究除量測風速外，擬進行成本分析建立實驗室收費標準。為使收費標準具有彈性，考慮以不同風速分級和試驗時間，作為收費基準，俾利提升檢測收入。
4. 造風機之集風管係以螺絲接合拆裝簡易，本案未裝集風管風速亦可達17級風，未來使用上可視使用需求與風速特性評估是否裝集風管。一般情況於低風速使用及帷幕牆風雨試驗時，可不裝集風管，但若進行高風速試驗則考慮裝上集風管。
5. 感謝各位機關團體代表及所內專家人員提供之寶貴意見，供本研

究參採，文字用語不妥與疏漏處及內容應加強部分，將於期末報告修正與補充。

(三)「門窗功能應用技術研究」案：

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 門窗屬於建築物的重要構件，其發展與建築史同步長久。本研究案建議完成「門窗功能應用技術手冊」，該手冊是否有涉及門窗的經費與功能性(隔音、隔熱、氣密、開啟性能等等)，是否需要具備專業知識才能理解技術手冊的內容？
2. 台灣或日本或先進國家都有門窗構件設備的大廠商，他們的創新研究與產品，與本案的研究有何不同？他們的產品有明顯缺失需要研究改進的領域嗎？
3. 1970年代東京的門窗大廠，開發「等壓窗原理」的技術，使摩天大樓的外牆窗戶永遠不漏水。建議類似這門技術納入本案研究，成果可以申請專利，提升門窗的技術水平。
4. 本研究案，最終預計提出何種成果？

中華民國土木技師公會全國聯合會 梁技師詩桐：

1. 本研究計畫結論：擬定「門窗功能應用技術手冊（草案）」的目的立意良善，在期末報告應會有草案當附件。
2. 實務上門窗的滲水多集中在窗框與結構體的連接與塞縫設施等施工細節，這方面就現澆鋼筋混凝土(磚牆)結構體或預鑄牆體，窗框如何在設計風壓不致產生變形下，其施工細節與注意事項，建議予以補足。
3. 在業界訪談中對各式窗戶的成本與安裝費等，可以收集後以平方公尺為單位列出，對業主或設計者的估算成本有很大的幫助並容易推廣。
4. 本研究執行研究範圍為台灣地區，草案名稱似應冠以「台灣地區

」。而門窗功能應用技術研究的英文譯名，Research on the Applied Technique of the Windows and Doors其中Technique加s成Techniques，方能顯示為門及窗等多個研究主題。

王聘用研究員天志：

1. 本研究成果是否會完成手冊草案？圖1-1流程圖所示僅為手冊規劃方向分析，如能完成草案，對消費者是很好的參考資訊。但如本研究的定義「門窗的功能獲得有益效果的改進行為，就稱為門窗的創新」，所以要考慮產品發展迅速，手冊上資訊的更新。
2. 全面的門窗功能，面向相當廣泛，是否有涵蓋健康、智慧化等？
3. 研究報告建議二：國家也能訂定測試標準。本研究能否事先收集國外相關測試標準，供主管機關研擬參考。如皆無可參考標準，也可依重要性之優先順序，規劃為研究案或納入同仁的後續自行研究題目參考。
4. 研究報告第54頁，提到防火門亦稱為防煙門。防火門一般基本要求為遮焰性，再加阻熱性；如另具有遮煙性能，才能稱為遮煙門，非防火門就稱為防煙門。
5. 研究報告第55頁，第1與第3段重複。而防火門的敘述隔熱/部分隔熱/非隔熱，甚或甲乙丙級，是一般坊間的俗稱，非正規分類。現行防火等級是依經濟部標準檢驗局所制定之中華民國國家標準CNS 11227-1（2016）耐火性能試驗法—第1部：門及捲門組件來分類，建請修正。
6. 報告內容對檢測性能要求敘述較多，但對本案題目的功能應用技術著墨較少，建議補充內容。

李副研究員其忠：

1. 本研究之「門窗功能應用技術手冊」是否要收費？還是免費下載。

2. 本研究建議可製作如網路媒體傳播，可增加推廣效果。
3. 防火門為經濟部標準檢驗局應施檢驗商品，其門上有該局之商品檢驗標識，宜注意說明清楚。

陶主任其駿：

1. 本研究建議於未來研究成果更明確時，再回饋檢討預期成果相關「門窗功能應用技術手冊（草案）」之名稱是否須修正。
2. 本研究宜先釐清相關應用技術手冊之目標使用者，以協助聚焦手冊內容的訂定；除非有把握能涵蓋建築師、室內設計師及門窗業者、消費使用者等相關單位的使用需求。

黃助理研究員國倫：

1. 本研究「門窗功能應用技術手冊（草案）」可預期能讓國人提升對門窗的認知，極具貢獻，建議名稱可保留彈性，後續必要時依研究成果調整之。
2. 報告書第35頁最後1行「窗戶沾污」之後，建議增加「，需不定時清除」。

陳助理研究員士明：

1. 本研究附錄之「門窗功能應用技術手冊（草案）」，未來可讓建築師、室內設計師及門窗業者、消費使用者等相關單位，考量在各種情況下，應該運用何種門窗，使建築居室達到舒適、節能、健康、安全的效能。
2. 舊窗換新窗的安裝技術也須加以考量，以擴展本研究之應用性。

厲副研究員妮妮：

1. 門窗有各種形式及應用範圍，其適用的標準也有所不同，例如應用於船舶的門窗有其特有的標準。
2. 建議本研究將案名限定於「建築物門窗」，較符合本研究範圍。

陳組長建忠：

1. 建請本研究整理比較國內各實驗室門窗試驗之服務項目、功能性

參數、收費標準、測試時間、試驗成果報告；以及整理本所4個實驗中心(室)若成為單一窗口一條龍式的服務比較，以達本所對實驗產能創生計畫的期待。

2. 本研究擬定「門窗功能應用技術手冊(草案)」的功能何在？有通風、採光、氣密、水密、抗風壓、隔音、隔熱、無障礙進出、防火、防霾、自潔、防墜、智慧化等諸多功能。建議可參考行政院公共工程委員會之「公共工程施工綱要規範」、內政部之「預售屋買賣契約書範本」以及建設公司之廣告內容、購屋契約等規格來建構。
3. 本研究在消費使用者需求方面，建議蒐集消費者文教基金會所調查之購屋糾紛有關門窗相關問題，更可擴大實務應用內容資料，以落實應用。
4. 建議策畫本研究在今年度執行完畢之推廣計畫，請實驗室主管盡早回報討論。
5. 最近經濟部標準檢驗局來函詢問91項CNS中華民國國家標準，公告徵求意見，也建請一併參考。

計畫主持人回應(蔡副研究員宜中)：

1. 本研究會在有限的時間內整理比較國內各實驗室門窗試驗之服務項目、功能性參數、收費標準、測試時間、試驗成果報告…等；考量若本所4個實驗中心(室)成為單一窗口一條龍式的服務，是否更有市場競爭力。
2. 由於RC建築物的生命週期有40~50年，但一般門窗使用10~20年就會有老化、劣化、變形等問題發生。也許我們的住家原本很安靜，可是後來道路拓寬、高速鐵路、捷運系統及高速道路系統等陸續建設，住家後來就變得很吵雜，搬家是唯一的選擇嗎？其實現在舊窗換新窗是提升居住品質的一個重要因素，可分為溼式工法及乾式工法，視環境狀況而定，未來在附錄之「門窗功能應用技

術手冊（草案）」皆會詳述之。

3. 本研究在消費使用者需求方面，會蒐集消費者文教基金會所調查之購屋糾紛有關門窗相關問題，以落實應用。另「門窗功能應用技術手冊（草案）」的主要功能是：當消費使用者買到的房屋在交屋之後，才發現房屋在門窗各方面感到不安全、不舒適的情況時，可能就為時已晚。本研究就是針對這些難題，為消費使用者預先探討後做全面的防範與處置。
4. 感謝各位委員提供之寶貴意見供本研究參採，文字用語不妥與疏漏處及內容應加強部分，將於期末報告修正與補充。

七、會議結論：

本次會議3案期中報告，審查結果原則通過。請業務單位將與會出席代表及本所人員意見詳實記錄，供計畫主持人參採，於期末報告製作回應表妥予回應，如期如質完成研究計畫；並請留意成果報告格式，以符規定。

八、散會：中午12時10分。