

風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能精進研究

內政部建築研究所自行研究報告

108

年度

風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能
精進研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月

PG10802-0127

風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能 精進研究

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 108 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

An advanced study on the Experiment
business and Equipment performance of
Mock-up and Wind Tunnel Laboratory.

BY

CHIENYUAN KUO

Dec., 2019

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.....	3
第三節 研究方法與進度.....	4
第二章 文獻回顧.....	5
第一節 風雨風洞實驗室簡介.....	5
第二節 專家問卷（德菲法）理論.....	20
第三章 設備精進措施.....	29
第一節 實尺寸耐風試驗.....	29
第二節 造風機設備規格.....	31
第四章 問卷設計與調查分析.....	35
第一節 問卷設計.....	35
第二節 問卷內容.....	39

第三節 問卷結果分析.....	45
第四節 實驗室發展策略.....	67
第五章 結論與建議.....	75
第一節 結論.....	75
第二節 建議.....	76
附錄一：期初審查會議紀錄.....	77
附錄二：期中審查會議紀錄.....	81
參考書目.....	89

表 次

表 1-1 研究計畫進度表	4
表 2-1 測試區性能規格	11
表 2-2 儀器與適用範圍	11
表 2-3 \tilde{A} 影響因素之模糊三角函數	21
表 2-4 Saaty 之 AHP 法相對重要性程度評估值表(九等尺度)	23
表 2-5 評估矩陣的隨機指標值(RI 值)	24
表 4-1 實驗檢測策略構面與策略要點說明	37
表 4-2 防火實驗相關專家問卷分析統計	52
表 4-3 防火實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議	53
表 4-4 性能實驗相關專家問卷分析統計	56
表 4-5 性能實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議	57
表 4-6 風工程實驗相關專家問卷分析統計	60
表 4-7 風工程填寫專家學者之其他精建建議	61
表 4-8 材料實驗相關專家問卷分析統計	65
表 4-9 材料實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議	66

圖 次

圖 1-1 實驗室歷年檢測案件統計圖	2
圖 1-2 全國營建業開工件數統計	2
圖 2-1 風雨實驗館帷幕牆(左)及門窗試艙(右).....	6
圖 2-2 以空氣流量計量測密閉測試艙之試體漏氣量	7
圖 2-3 靜態水密性能試驗及動態水密性能試驗	7
圖 2-4 以位移計記錄試體的變形情形	8
圖 2-5 帷幕牆層間變位測試	8
圖 2-6 風洞實驗館	10
圖 2-7 風扇(左)及變頻器(右)	11
圖 2-8 風洞試驗儀器設備配置圖	13
圖 2-9 多頻道電子壓力掃描器設備圖	14
圖 2-10 多頻道電子壓力掃描器設備圖	15
圖 2-11 三維動態皮托管相關設備圖	16
圖 2-12 風速計及電源供應器	17
圖 2-13 建築環境風場試驗	18
圖 2-14 建築外表披覆物風壓試驗	18
圖 2-15 建築結構風載重試驗	18
圖 2-16 橋梁風洞試驗	18

圖 2-17 風雨風洞實驗室 TAF 證書	19
圖 2-18 三角模擬函數圖	27
圖 3-1 目前有造風設備	29
圖 3-2 造風設備改善示意圖	30

摘要

關鍵詞：風洞試驗、風雨試驗、德菲法、設備性能精進

一、研究緣起

風雨風洞實驗室成立以來，配合相關科技計畫進程規劃我國風工程科技發展，以試驗研究為導向研修技術規範、標準或手冊。同時配合業界的的需求，輔以協助進行產品驗證。實驗室發展歷經技術發展期、成長期到成熟期，已能有效運用試驗設備能量。但近年來因民間增設實驗室、法令變更、建築景氣等因素影響，加上本所為行政機關，各方限制條件較多，在外部環境變化下，缺乏彈性且即時的因應策略。因此，實驗室檢測業務和儀器設備應用需求面臨發展瓶頸。為精進設備性能，並提昇檢測業務績效，本研究擬透過SWOT分析確立實驗室之優弱勢與可能的機會與威脅，再以問卷與訪談調查民間實務需求，並參考國內外相關實驗室的營運模式，研擬實驗室精進發展策略，以使實驗室能永續發展。

二、研究方法及過程

目前風雨風洞實驗室面對近年科技計畫經費逐年降低，檢測業務收入亦不穩定；替代役退場，人力補充機制仍待檢討兩項挑戰。在此人力不足、經費短絀且設備逐年老舊之情況下，可能導致檢測案量日益減少、實驗設備之更新及修繕經費不足與業務擴展的量能萎縮等問題。為能提出有效之因應策略，本計畫首先參考國內外相關實驗室的營運模式與探討專家問卷設計方法，嘗試透過「修正德菲爾法」的專家問卷方式，尋求最佳共識，精進探求本所實驗中心室之檢測業務發展策略，並擬訂未來實驗室的永續發展方向。

三、重要發現

1. 本研試驗設備精進上，規劃發展實尺寸耐風試驗及門窗現地試驗，實尺寸耐風試驗已現有造風設備進行改善，擬更新葉片且增加防護筒身以確保其安全性。另擬增加一集風管，使其風速提高達 60m/s，改善後將更具安全性並可達 17 級風速。設備擬改造規格、功能研擬完畢，同時亦已申請科技部經費補助 890 萬元整，獲同意全額補助。
2. 實驗室檢測案精進策略發展，本研究進行專家問卷，應用德菲法進行統

計分析，以了解專家們的集體共識。本研究經由文獻和專家學者意見，研擬 4 項構面及 24 項策略要點，分別為人力資源管理構面：勞務外包協助試驗、增加外部額外人力、業績獎勵制度、在職訓練鼓勵進修、研究生論文合作等 5 點；檢測營運管理構面：試驗費用彈性報價、減少行政程序、套裝試驗折扣收費、刪除不合宜試驗項目、客製化試驗、以服務為導向、多元化行銷、開發國際客源等 8 策略要點；設備資源管理構面：既有設備自動化更新、開發新型試驗項目、優化現有試驗流程、汰換不合宜試驗設備、建立法令指定試驗項目等 5 策略要點；外部合作與轉型：後市場管理、專業諮詢團隊、國際結盟、國內研究機構合作、協力實驗室、開發產學合作等 6 策略要點。

3. 風工程實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：為增加外部額外人力、研究生論文合作、在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度、勞務外包協助試驗。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：減少行政程序、以服務為導向、多元化行銷、客製化試驗、開發國際客源、套裝試驗折扣收費、試驗費用彈性報價、刪除不合宜試驗項目。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為建立法令指定試驗項目、優化現有試驗流程、開發新型試驗項目、既有設備自動化更新、汰換不合宜試驗設備。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為國內研究機構合作、開發產學合作、協力實驗室、專業諮詢團隊、國際結盟、後市場管理。

四、主要建議事項

建議一

本所應就實驗室整體發展加以定位，再依研究成果，研擬發展對策與行動方案：立即可行建議

主辦單位：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦單位：內政部建築研究所

本研究問卷設計完成後，即開始發放給各不同領域專家學者填寫問卷，問卷回收後進行統計分析，歸納出專家學者對本所實驗室檢測業務精進策略的集體共識，建議本所應就實驗室整體發展加以定位，再依研究成果，研擬發展對策與行動方案。

建議二

本研究研擬之設備精進方案，應進行市場需求調查：立即可行建議

主辦單位：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦單位：內政部建築研究所

實驗設備精進作為上，除現有帷幕牆、門窗風雨試驗及建築物結構載重、行人環境風場、外表被覆物風壓試驗等風洞試驗外，本研究擬再開發實尺寸耐風試驗，建議後續再就其市場性進行調查，以符合效益。

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

風雨風洞實驗室自民國 93 年成立至今，基於實驗為研究之基礎，累積實驗與研究成果以研訂基準、規範或標準提供法規研修參考，確保居住安全及環境品質，並推動建築風工相關產業之研究發展，促進產業升級。在辦理研究實驗工作以外之餘力，同時亦受理產官學研等各界委託有關研發驗證、檢測、試驗等需求，提供支援辦理建築構件或材料之檢測服務，解決公私部門開發創新材料、產品與設備研發試驗服務。實驗室集合歷年成果，修訂「建築物耐風設計規範及解說」，出版「建築物耐風設計技術手冊」、「開發耐風設計視窗程式」等。在實驗室檢測方面，結構風載重及外表被覆風壓試驗，領先全國取得 TAF 認證。檢測案 94 年至今總收入約：新臺幣：7,052.9 萬元。從統計圖可以看出，過去大概有 7 年的時間實驗室的檢測收入每年都在 600 萬以上，最高在 102 年年約 720 萬左右，但從 102 年開始就逐漸下降，到 107 年新低點。如圖 1-1 所示。

103 年以前在國內只有台中的漢宗實驗室和本所兩間帷幕牆風雨實驗室，由於漢宗實驗室同時也是帷幕牆的製造和施工廠，某些比較重視研發機密的廠商就會有疑慮，因此北部的一些帷幕牆檢測案件會往所內實驗室進行檢測。但在 103 年之後兆立科技實業股份有限公司在桃園成立帷幕牆實驗室，由於私人實驗室在費用和服務上比較靈活，北部廠商會就近選擇方便且可以降低成本實驗室。另一方面經濟部所屬財團法人金屬工業中心，也要創設門窗風雨試驗室，到時我們第三公正單位的優勢即可能消失。圖 1-2 是營建署統計的全國建築開工件數統計，我們也可以看到最近幾年是在 102 年開工數約 2 萬 6000 件，開始下滑到 107 年度約 1 萬 8000 件，這個下滑趨勢和實驗室收入趨勢也是從 102 年開始下滑是一致的。同時法令變動也是檢測收入下降原因之一，開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準第 26 條在 104 年修訂，「住宅大樓，其樓層 30 層以上或高度 100 公尺以上；辦公、商業或綜合性大樓，其樓層 20 層以上或高度 70 公尺以上」，修訂為「高樓建築，其高度 120 公尺以上者，應實施環境影響評估。」，如此一來需要執行環境風場風洞試驗的案件就大量的減少。

風雨風洞實驗室分為風雨實驗館和風洞實驗館，風雨實驗館有兩個試艙一個是帷幕牆的試艙，另一個是門窗試艙。帷幕牆試艙寬 10m 高 12m，依據 CNS14280 帷幕牆的試驗總則規定的步驟，要反覆執行氣密、靜態水密、動態水密、層間位移和結構性能，共 10 項的試驗項目。我們是不論試體大小收費都是 50 萬元。另外門窗試驗試艙也只有一個，試艙大小是 3m×3m，主要執行氣密、水密及抗風壓 3 個試驗項目，費用為 3 萬元。風洞實驗館有兩個全國最大的測試段，建築測試段和橋梁測試段。建築測試段，寬 4 米高 2.6 米，主要執行建築環境風場風洞試驗、建築外表被覆物風壓試驗、建築結構風載重試驗，建築環境風場風洞試驗主要依據環評法令評估特定高度以上建築物所可能產生的大樓風影響行人舒適性與安全性問題，試驗費用是 35 萬元。外表被覆物風壓試驗則是分別評估建築物帷幕外牆的設計風壓，供結構技師進行帷幕牆構件尺寸和玻璃厚度設計，試驗費用是 47 萬元。建築結構風載重試驗，就是提供建築物主構件的受風力大小，評估後的風力通常會和地震力比較來決定設計載重，這項費用是 52 萬元整。此外，提供風洞設備租借，費用每日 5 萬元整。還有一些易受風影響的構件耐風試驗。橋樑測試目前沒有訂收費標準。

風雨風洞的試驗有試驗項目少、費用單價高的特性，而且受風敏感度比較高的都是一些巨型化和高層化的建築物，所以大型的開發案件才會執行風工程相關試驗，也因為這樣風雨風洞檢測試案和景氣有很高的連動性。同時，除了環境風場風洞試驗外，沒有法定的試驗項目，所有的試驗項目都是業界自發性的試驗。風洞試驗的試驗評估方法和程序沒有國家標準只能依靠學理。也因為這樣專業人才的養成相對的困難。

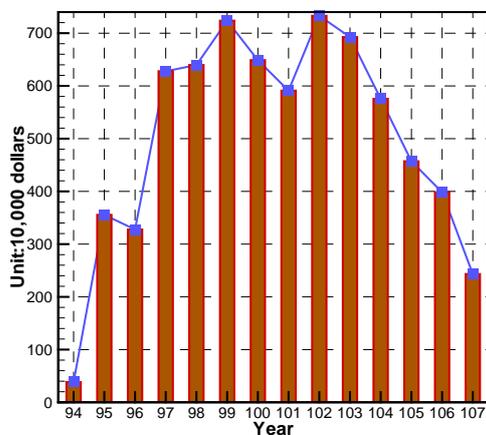


圖 1-1 實驗室歷年檢測案件統計圖

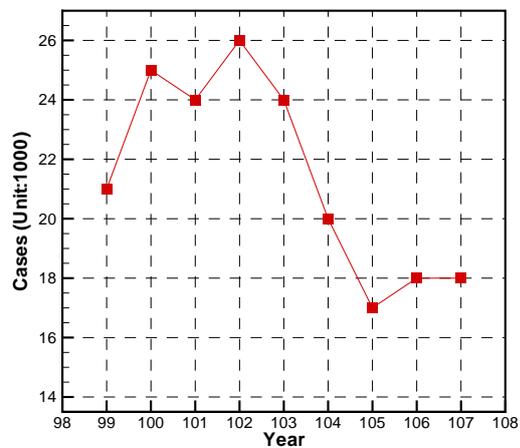


圖 1-2 全國營建業開工件數統計

資料來源：本研究製作

第二節 研究目的與內容

一、研究目的

風雨風洞實驗室成立以來，配合相關科技計畫進程規劃我國風工程科技發展，以試驗研究為導向研修技術規範、標準或手冊。同時配合業界的需要，輔以協助進行產品驗證。實驗室發展歷經技術發展期、成長期到成熟期，已能有效運用試驗設備能量。但近年來因民間增設實驗室、法令變更、建築景氣等因素影響，加上本所為行政機關，各方限制條件較多，在外部環境變化下，缺乏彈性且即時的因應策略。因此，實驗室檢測業務和儀器設備應用需求面臨發展瓶頸。為精進設備性能，並提昇檢測業務績效，本研究擬透過 SWOT 分析確立實驗室之優弱勢與可能的機會與威脅，再以問卷與訪談調查民間實務需求，並參考國內外相關實驗室的營運模式，研擬實驗室精進發展策略，以使實驗室能永續發展。

二、研究內容

目前風雨風洞實驗室面對近年科技計畫經費逐年降低，檢測業務收入亦不穩定；替代役退場，人力補充機制仍待檢討兩項挑戰。在此人力不足、經費短絀且設備逐年老舊之情況下，可能導致檢測案量日益減少、實驗設備之更新及修繕經費不足與業務擴展的量能萎縮等問題。為能提出有效之因應策略，本計畫首先參考國內外相關實驗室的營運模式與探討專家問卷設計方法，嘗試透過「修正德菲爾法」的專家問卷方式，尋求最佳共識，精進探求本所實驗中心室之檢測業務發展策略，並擬訂未來實驗室的永續發展方向。

三、預期成果

1. 評估分析實驗室之優劣，確立優先序位與發展目標，以活化並精進設備性能。
2. 定位實驗室功能屬性，研擬短、中、長期之發展策略，俾為未來營運之參據。

第三節 研究方法與進度

一、研究方法

1. 文獻回顧：盤點實驗室目前儀器設備現況，分析使用情況，作為日後儀器設備精進更新之參考。並回顧德菲法相關文獻，俾為專家問卷設計與分析之依據。
2. 實驗室 SWOT 分析：應用 SWOT 分析瞭解實驗的優勢、劣勢、機會與威脅，進而思考未來精進發展之利基。
3. 問卷調查：本研究問卷調查包含兩部份，第一部份為實驗室檢測業務發展策略，擬利用專家問卷，尋求專家共識，作為未來檢測業務發展準則。另外本研究擬透過簡單問題了解實驗室規劃之精進設備之市場需求。
4. 歸納分析法：將 2 階段問卷，進行統計分析，探討專家對實驗室檢測業務發展策略的共識性；與實驗室規劃之新型試驗項目的實務需求。

二、研究流程

研究流程如下圖。

表 1-1 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	風雨風洞實驗室 SWOT 分析									
3	第 1 階段問卷設計與分析									
4	期中報告撰擬與審查									
5	第 2 階段問卷設計與分析									
6	國外實驗室參訪									
7	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

第一節 風雨風洞實驗室簡介

臺灣地處西太平洋颱風盛行區域，歷年在數次的強烈颱風侵襲中，造成建築外牆及相關附屬設備破損災害案例頗多，由於風力對建築及環境的影響是普遍存在的，包含強風可能造成建築帷幕外牆、門窗破損，高層建築或長跨距橋梁的受風結構安全以及舒適性設計考量，抑或是大樓興建後造成鄰近區域形成街廓強風，進而造成行人不舒適甚至跌倒受傷等問題，均可能對於人民的生命財產造成危害。因此，行政院於 85 年核准「內政部建築研究所實驗設施設置計畫」，本所於 93 年 6 月完成風雨風洞實驗室的建置，建築總樓地板面積 4,700 m²，分設風雨實驗館及風洞實驗館。其中風雨實驗館包含帷幕牆風雨測試艙及門窗風雨測試艙各 1 座，可進行建築物外牆門窗與帷幕牆之氣密性、水密性、層間變位及抗風壓等物理性能實驗及檢測，確保其整體性能達到設計標準及規範要求，並降低建築物外牆門窗與帷幕牆於地震、強風可能發生之危害。風洞實驗館則擁有目前國內斷面尺度最大之低速風洞設備，具有兩個測試區段，可進行建築物與橋樑等縮尺模型風洞實驗研究，探討高層建築所受之風力、風壓及行人風場影響，以及可對環境微氣候、風能利用及風工程基礎科研進行研發實驗及檢測。

建置完成初期(93 至 95 年)屬於建築風雨風洞性能測試階段，主要由具有風雨風洞實驗相關背景之專家學者協助辦理，進行試驗設備系統整合測試暨性能驗證，於此同時推動並擬訂「建築物耐風設計規範與解說」。第二階段(96 至 99 年)為試驗技術與檢測能量提昇，針對既有儀器設備研擬最佳化試驗流程、改良試驗設備以及初步建置相關試驗技術。100 年後則全面發揮實驗能量，配合年度風工程科技計畫發展風場之實場量測技術、建立本土化風場特性資料庫、建築結構設計風載重及研修耐風設計規範，並彙編相關技術手冊與分析軟體供業界參考使用。

實驗室包含二大實驗館，分別是風雨實驗館及風洞實驗館。其規劃之軟硬體設備，無論在操作之便利性或測試之準確性、功能性，皆可提供各界所需之專業試驗服務。因應上述研究實驗與測試驗證需求進行試驗設備之規劃建置，各實驗室儀器設備及其功能分述如下：

一、風雨實驗館

風雨實驗館包含帷幕牆風雨測試艙（可測試 10m×12m 帷幕牆）及門窗風雨測試艙（可測試 2.8m×2.8m 門窗）各一座，如圖 2-1 所示，主要進行帷幕牆與門窗相關風雨試驗研究與性能檢測技術服務。帷幕牆風雨試驗檢測項目可分為 1. 氣密性能試驗、2. 靜態水密性能試驗、3. 動態水密性能試驗、4. 層間變位性能試驗與 5. 正負風壓結構性能試驗。門窗風雨試驗可分為 1. 氣密性能試驗、2. 水密性能試驗、3. 抗風壓性能試驗。



帷幕牆試艙



門窗試艙

圖 2-1 風雨實驗館帷幕牆(左)及門窗試艙(右)

資料來源：本研究整理

以上 8 項試驗皆獲得 TAF 認證，其主要的功能分別為：

1. 氣密性能試驗—氣密性能是以漏氣量為其性能標示，主要反應空調節能

及隔音效果，氣密性好，室內空調不易流失，減少空調負荷，可減少空氣傳音，提升隔音性能。



圖 2-2 以空氣流量計量測密閉測試艙之試體漏氣量

資料來源：本研究整理

2. 水密性能試驗—對密閉測試艙加壓及以造風設備(由 DC 變頻馬達及風扇葉片一直徑 4.11m 組成，最高風速可達 43m/s) 產生外風壓，並用固定噴水量噴灑模擬強風豪雨狀態，以瞭解帷幕牆與門窗的防水性能。



圖 2-3 靜態水密性能試驗及動態水密性能試驗

資料來源：本研究整理

3. 抗風壓性能試驗—用鼓風機系統提供穩定正負壓，以瞭解帷幕牆與門窗整體構造系統抵抗風壓力之安全性能。



圖 2-4 以位移計記錄試體的變形情形

資料來源：本研究整理

4. 層間變位性能試驗—層間變位設備之油壓缸最大推力 30 噸、衝程 300mm，可模擬於地震侵襲下，確保帷幕牆構造之層間變位能力，不致造成破壞。



圖 2-5 帷幕牆層間變位測試

資料來源：本研究整理

二、風洞實驗館：

風洞實驗館主要進行風工程實驗研究，並提供業界相關檢測之技術服務，主要實驗設備包括風洞本體、變頻器、風扇、量測系統等。由於建築結構的多樣性，建築物在風力作用下的力學行為，目前尚無法以純理論模式或數值方法解析，惟有透過風洞試驗方能進行合理的分析與評估。藉由適當之實驗規劃，可合理探討構造物表面風壓、風力載重，以及評估環境變化之微氣候影響。營運至今，執行建築環境風場試驗、建築外表披覆物風壓試驗、建築結構風載重試驗、橋梁風洞試驗、建築設備抗風測試、百葉窗通風率試驗、小型風力發電機效率試驗、流場可視化試驗、以及汙染擴散等風工程相關項目試驗等。

1. 主要實驗設備包括：

- (1) 風洞本體：本所風洞本體(如圖 2-6)為一垂直向的封閉迴路系統，總長度為 77.9m，最大寬度為 9.12m，最大高度為 15.9m。整個風洞本體具有 2 個測試區段，第一測試區中配置有 2 個旋轉盤，第一座旋轉盤直徑 1m，安置於距測試區入口處 3m 處，從事一般流體力學研究；第二座旋轉盤直徑 3m，置於可移動式軌道上，定位於距測試區入口端約 25.5m 處，並以機械控制使其做旋轉及上下運動，將以建築物受風力作用的空氣動力學研究及汙染擴散試驗為主，空風洞最大風速為 30 m/s。第二測試區則配置一座旋轉盤，其距離風洞本體整流段出口 15m 處，轉盤直徑為 3m，主要用途以橋梁測試為主，空風洞最大風速為 20 m/s。性能規格整理如表 2-1 所示。
- (2) 風扇：風扇型式為直接傳動軸流式風扇，直徑 4.75m，整體長度包含風扇中心體、驅動馬達及尾錐，約 7.62m，如圖 2-7(左)。驅動馬達的最大馬力為 500kW，最高轉速為 390rpm，最高風速可達 30m/s。風扇主要功用係提供氣流起始動能，並補充氣流在風洞迴流中所產生之壓力損失。
- (3) 變頻器：變頻器係藉由三相 3,300V 電壓，輸出 500kW 馬力來操控風扇驅動馬達的轉數以調整風速，如圖 2-7(右)。

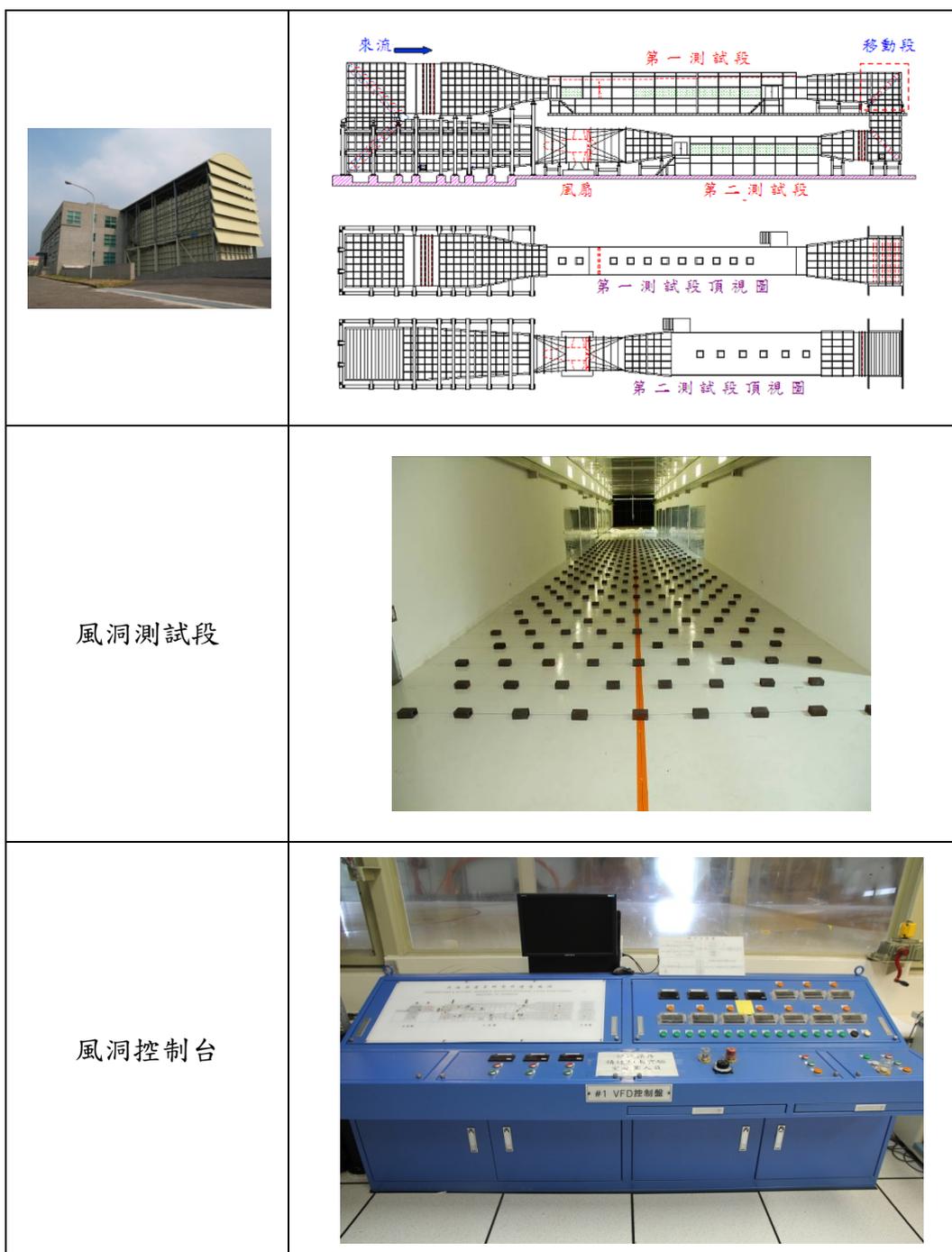


圖 2-6 風洞實驗館

資料來源：本研究整理

表 2-1 測試區性能規格

測區名稱	第一測試區	第二測試區
斷面尺寸	長36.5m×寬4m×高2.6m	長21m×寬6m×高2.6m
最大風速	30m/s	20m/s
測試區用途	1.流體力學研究 2.建築物相關風工程研究 3.大氣擴散性研究	1.橋梁測試研究 2.建築物相關風工程研究

資料來源：本研究整理

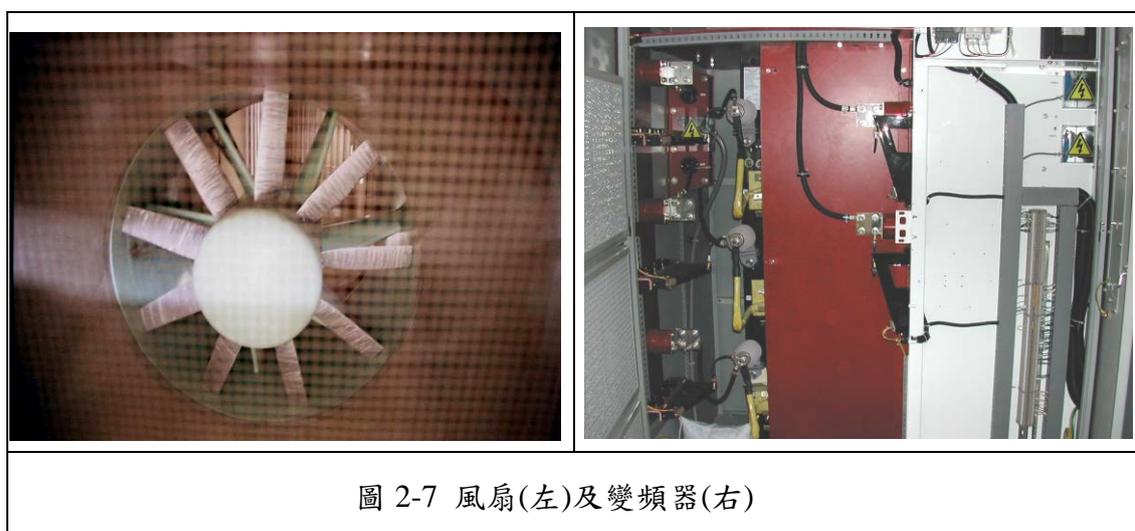


圖 2-7 風扇(左)及變頻器(右)

資料來源：本研究整理

(4) 量測系統：測試區內設有三維移動機構，可經由電腦操控進行三軸運動，以量測各點流況。館內配置多頻道電子式壓力掃描系統、熱線測速儀及雷射光頁產生器、氬離子雷射觀測系統、六軸力感測器、長距離雷射位移計等多項精密量測系統與資料擷取系統，藉以提高實驗數據之精確性。(如表 2-2)

表 2-2 儀器與適用範圍

編號	量測類型	儀器名稱	適用實驗狀況
1	風場量測	熱線測速儀	動態風速量測，並依探針類型量取 1 維至 3 維的風速。
		皮托管	單方向平均風速量測。
		地表風速計	近地表多方向動態風速量測，但無法判定方向。

		超音波風速計	可測得風速以及風向資料，但取樣頻率較低，且儀器較大，多用於現場量測。
2	壓力量測	薄膜式壓力計	用於少量壓力點位量測，如須動態壓力資料，應進行管線校正。
		多頻道電子式壓力掃瞄器	用於大量壓力點位量測，可進行動態壓力量測。
3	風力量測	六分力平衡儀	量測作用於模型基底之 3 個軸向之正向力，以及 3 軸向之扭轉力。
		多頻道電子式壓力掃瞄器	透過大量壓力量測結果積分求得建築物各樓層風載重，並推得基底剪力。
4	振動量測	加速度規	量取結構之振動加速度，適用於微小幅度振動。
		雷射位移計	利用雷射反射時間量取結構之振動位移，適用於規律型振動。
		衝擊錘	對結構體敲擊同時量測輸入與輸出之加速度，利用 FFT 可求得該結構體的動態特性。
		應變計	利用電阻的改變量測材料的應變，進而推導結構的反應。
5	流場可視化	氫離子雷射	製造雷射光頁，可觀測單一平面流場之變化
		煙霧產生器	可穩定均勻產生煙霧，搭配氫離子雷射進行觀測作業。
6	污染擴散量測	氣相層析儀	為定時定量之平均濃度分析。
		氣體採樣設備	氣體經採樣設備蒐集後，送入氣相層析儀進行分析。

2. 風洞流場

執行風洞試驗前需確認欲使用的流場特性，於風洞實驗室內透過各種手法建立與實場相似的流場，風洞中的流場包括我國「建築物耐風設計規範及解說」規定的 A、B、C 地況，配合適當的模型縮尺，可進行全棟建築物受風相關量測。但如果僅欲探討建築物局部區域之受風特性，則亦可在風洞出風口以紊流產生器製造紊流流場，使其通過建築物再執行資料擷取。本所風洞試驗紊流產生器，與模型及各項量測儀器之相對位置，如下圖 2-8 所示，模型位置距離紊流產生器約 2.8m，於接近模型等高位置處架設 3 維動態皮托管，以量測參考風速。執行吹試過程以多頻道電子式壓力掃瞄器透過電腦(PC)進行資料擷取，待一方向資料擷取完畢後，再轉動轉盤變換下個風向進行試驗。圖 2-9 是前述風洞試驗過程所採用的儀器設備照片，包括紊流流場、均勻流場、壓力計、資料擷取器、3 維動態皮托管及控制電腦等。

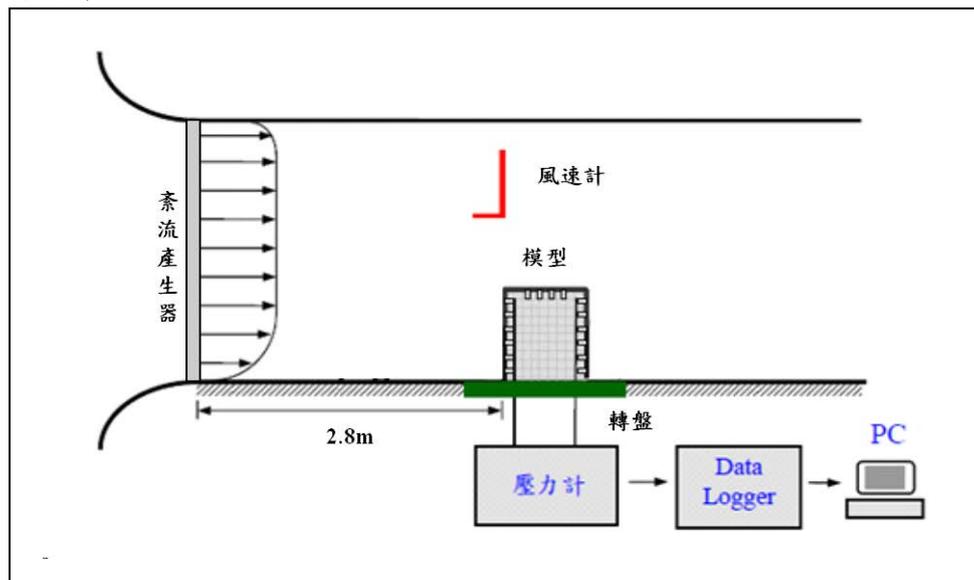


圖 2-8 風洞試驗儀器設備配置圖

資料來源：本研究整理



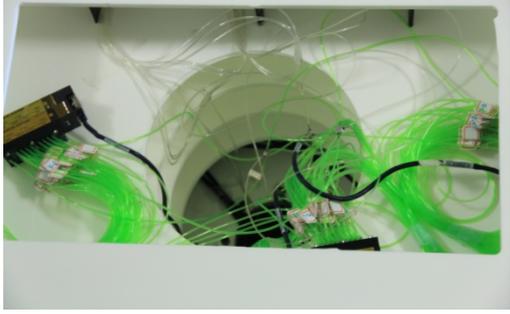
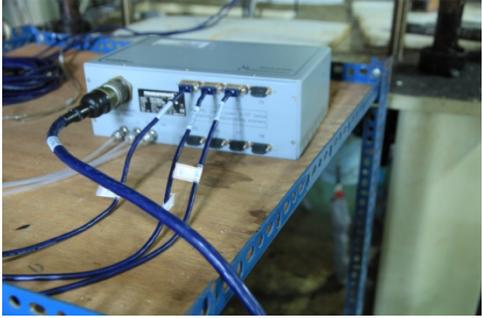
	
壓力計	資料擷取器
	
風速計(3 維動態皮托管)	控制電腦

圖 2-9 多頻道電子壓力掃描器設備圖

資料來源：本研究整理

3. 多頻道電子壓力掃描器

用來同步擷取作用於結構表面各點的瞬時風壓，經過適當的處理便可得到結構系統所受之平均風力、擾動風力以及外牆所受之局部風壓。本研究採用之儀器為 PSI 公司產品，其元件包括：氣體壓力數據擷取主機、乙太介面電源供應器、64 頻道電子式壓力掃描模組及外接氣體壓力源等。詳細規格及性能分別說明如圖 2-10 所示。

名稱	氣體壓力數據擷取主機	乙太介面電源供應器
照片		
設備規格 <型號> >	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最大支援 8 組 64 頻道電子式壓力掃描模組 2. 量測壓力可以 Pa 為單位輸出，量測數據可透過乙太網路線採 TCP/UDP 通訊協定傳輸至電腦 3. 數據處理速率：325Hz/chs 4. 訊號傳輸解析度：±0.003% 5. 操作溫度範圍：0°C to 55°C 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供氣體壓力數據擷取主機之電源、訊號傳輸及硬體觸發，可透過乙太網路線串連電腦與氣體壓力數據擷取主機 2. 供應電流範圍：0.8~1.6 安培 3. 供應電壓範圍：18~36 伏特直流電壓
名稱	64 頻道電子式壓力掃描模組	外接氣體壓力源
照片		
設備規格 <型號> >	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量測範圍：±1k Pa 2. 靜態量測精度：±1.5 Pa 3. 掃描器頻道數量：64 個/組 4. 掃描器模組量測接頭為可快速拆卸式，管徑 0.04 英吋±0.004 英吋 5. 操作溫度範圍：0°C to 55°C 6. 具溫度補償功能 	<p>外接氣體之壓力須調整至 80~125psi，若使用高壓鋼瓶氣體，則須確認高壓鋼瓶內部壓力高於 200 psi 以避免鋼瓶內之雜質與水氣汙染儀器。</p>

圖 2-10 多頻道電子壓力掃描器設備圖

資料來源：本研究整理

4. 三維動態皮托管

三維動態皮托管用來進行風速量測，試驗前確認均勻流場及紊流流場的風場特性，本研究以此設備進行風速剖面量測。風速量測前可進行溫度及大氣壓力校正，並設定擷取頻率、取樣時間後，即可進行風速量測。量測後可提供時序列的數據外，並有 U、V、W 三方向的平均風速，最大最小風速，紊流強度等資料，三維動態皮托管 TFI(Turbulence Flow Instrumentation)公司產品，其元件包括如下圖 2-11 所示：

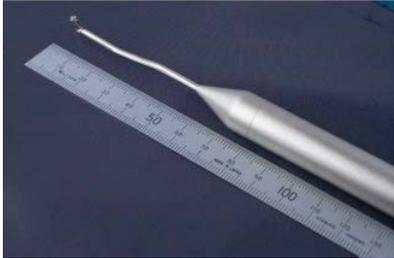
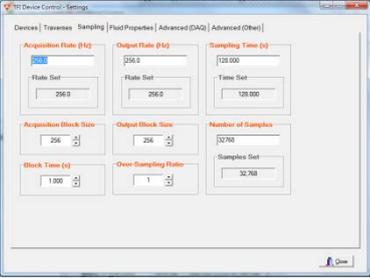
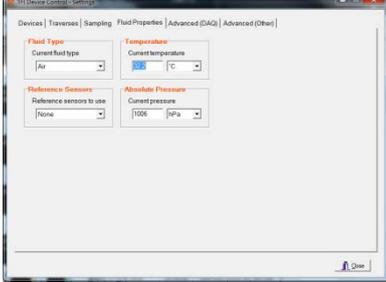
名稱	探針	訊號傳輸線材
照片		
名稱	探針支架	控制軟體(1)
照片		
名稱	控制軟體(2)	控制軟體(3)
照片		

圖 2-11 三維動態皮托管相關設備圖

資料來源：本研究整理

5. 風速計及皮托管

- (1) 風速計：為精確便捷且可即時瞭解測試區來流風速，採用由 TSI 公司生產之熱線式風速計，型號為 8465。該風速計量測速度由 0~50m/s。如表圖 2-12。該量測設備經過 CALP-EC-Q001(V1.6)校正。



圖 2-12 風速計及電源供應器

資料來源：本研究整理

- (2) 皮托管(Pitot tube)：在本試驗中採用皮托管進行來流場靜壓力及參考風速量測，主要目的在於量測結果參考。皮托管是由內外兩管組合而成，其內管為滯流管，管口正對流向，外管的管壁有小孔連通到一個側管利用內外兩管的壓力差異計算流速所量測到的壓力差值，係利用伯努利方程式(Bernoulli equation)，即依據下列計算式出相應之風速。本研究作為風速計時設置於風洞來流入口上方，作為靜壓力時，則設置於模型附近，高度約 50cm，以利做為模型高度的附近的參考風速。由皮托管所量測到的壓力差值，利用薄膜型壓力轉換器，將壓力差以電壓形式輸出至壓力轉換電壓顯示器，再透過 NI 資料擷取系統，將資料傳回電腦，依據伯努利方程式(Bernoulli equation)計算出相應之風速。計算式如下：

$$\frac{P_1}{\gamma_a} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_a} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_a} - \frac{P_1}{\gamma_a}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{P_2}{\gamma_a} - \frac{P_1}{\gamma_a}}$$

$$V_{\infty, u} = \sqrt{\frac{2q_{\infty, u}}{\rho_{\infty}}}$$

6. 風洞實驗館可進行的試驗如下：

- (1) 建築風洞試驗：本實驗室可針對高層建築或特殊結構物進行風洞試驗，以瞭解其於風載重作用下的力學行為，一個完整的建築風洞試驗包含建築環境風場試驗(圖 2-13)、建築外表披覆物風壓試驗(圖 2-14)、建築結構風載重試驗(圖 2-15)等 3 項。其中建築結構風載重試驗於 104 年 11 月 24 日獲得 TAF 認證，也是目前國內建築風洞首創唯一通過 TAF 認證，對於建築抗風檢驗更具公信力。
- (2) 橋梁風洞試驗：可針對橋梁斷面、全跨橋梁、或橋塔等特殊單元進行縮尺模型風洞試驗(圖 2-16)，以瞭解各單元構件受風影響程度。
- (3) 本實驗室亦可對建築設備抗風測試、百葉窗通風率、小型風力發電機效率、流場可視化、以及汙染擴散等風工程相關的項目進行試驗探討。實驗室內設置多項精密量測儀器與資料擷取系統，可確保實驗數據品質。



圖 2-13 建築環境風場試驗

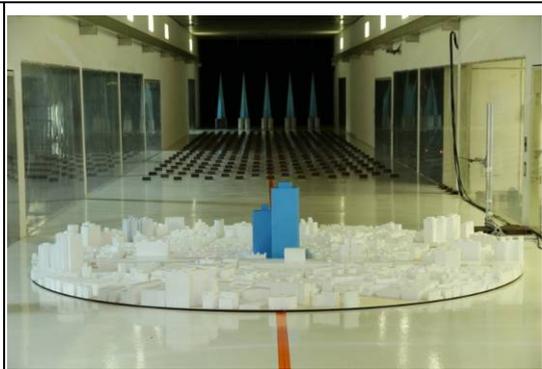


圖 2-14 建築外表披覆物風壓試驗



圖 2-15 建築結構風載重試驗



圖 2-16 橋梁風洞試驗

資料來源：本研究整理

統計以上風雨風洞實驗室之試驗項目，一共有 10 項試驗項目獲 TAF 認證。其中風雨實驗館為 8 項，風洞實驗館為為 2 項，並皆取得國際實驗認證聯盟 (ILAC-MRA)實驗室組合標記轉授權如圖 2-17 所示。



圖 2-17 風雨風洞實驗室 TAF 證書
資料來源：本研究整理

第二節 專家問卷（德菲法）理論

德菲法起源於 1948 年美國德蘭(Rand)公司，在美國空軍的贊助下所從事的一項國防研究，命名為「德菲計畫」(Project Delphi)。六十多年來已發展成一項擷取於問卷調查與會議討論兩者優點的一項研究方法。德菲法有幾項主要基本原則：(1)「匿名化的群體決策」：參與者嚴遵匿名原則；(2)「控制回饋原則」：問卷反覆進行。每一回合問卷回收後，須將統計結果回饋小組成員，以其意見趨勢作為下回合評量之參考。(3)「專家共識」：專家小組成員依其回饋意見趨勢，可堅持或修改其意見，而研究者以統計方法彙整與判斷專家意見是否收斂趨向一致，而達到專家共識。

因此，德菲法之研究執程序與一般問卷調查方法不同。主要重點在於：(1)德菲法所選擇之施測對象為專家，故屬統計上之小樣本調查。專家之背景應與研究主題之專業性、決策性、前瞻性與預測性有密切關聯。專家人數以 10 到 50 人都是可以接受之範圍(Jones and Twiss, 1978)，但研究過程中持續參與之專家至少需 10 人以上，以降低成員間的誤差。(Reza and Vassilis, 1988) (2)德菲法所進行的施測程序，為多回合之反覆調查，次數至少為三回合以上至專家意見收斂。(3)建立德菲法專家意見之「共識函數」，需設定檢測標準。Mullen (2003)將近二十年來關於德菲法之研究，依其操作步驟及統計方法之不同，共歸納出 23 種不同類型。但主要仍必須包括：專家對個別題項之一致性檢定，以及專家對整體問卷之一致性檢定、或不同組別專家對各問項重要性認定之一致程度。

在傳統德菲法問卷設計與反覆施測過程中，第一回合乃採開放性問卷，由專家描述研究問題之主軸，研究者回收彙整後以規劃第二回合之問卷。第二回合之問卷可能有部分為非量化問題(如：是或否二分法選項、或多重勾選式選項)、部分為等級量表評分問題，來呈現主題之意見。而第二回合發放回收後之意見彙整，研究者得以再次增、刪調整，以產生第三回合之問卷。如此反覆進行至專家意見收斂為止。

由於傳統德菲法的反覆施測耗時耗力，尤其是第一階段開放性意見之歸納、編修繁複，且問卷回收率經常越來越低，因此發展出「修正德菲法」(Modified Delphi Method)。以文獻探討取代第一階段開放式專家問卷設計。

一、有關「模糊德菲法」之進行步驟如下所示：

1. 建立影響因素集

針對研究總目標-「風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能精進研究」，廣泛地蒐集相關文獻資料及深度訪談，以找出各種影響因素，彙整成影響因素集。

2. 蒐集決策群體意見

利用專家問卷的方式，蒐集決策群體的意見，並懇請專家學者由上一步驟所得之影響因素集中，針對個別影響因素對目標之重要性予以評分，以取得決策群體對各個影響因素之評估值。

3. 建立模糊三角函數

將由專家問卷所蒐集到之專家對該影響因素評估值，依據下列(2.1)式到(2.4)式，建立每項影響因素之模糊三角函數

$$\tilde{A}=(L_A, M_A, U_A) \text{-----} (2.1)$$

$$L_A=\min(X_{Ai}), i=1, 2, 3, \dots, n \text{-----} (2.2)$$

$$M_A=(X_{A1} * X_{A2} * \dots * X_{An})^{1/n} \text{-----} (2.3)$$

$$U_A=\max(X_{Ai}), i=1, 2, 3, \dots, n \text{-----} (2.4)$$

其中， X_{Ai} 為第 i 個決策者對 A 影響因素之評價；

L_A 為決策群體對 A 影響因素評估值之下限；

M_A 為決策群體對 A 影響因素評估值之幾何平均數；

U_A 為決策群體對 A 影響因素評估值之上限；

A 為影響因素

i 為決策者；

\tilde{A} 為 A 影響因素重要性之模糊數。

表 2-3 \tilde{A} 影響因素之模糊三角函數

評估準則	評估值		
	最小值	幾何平均數	最大值
A 影響因素	L_A	M_A	U_A

4. 篩選評估準則

利用上一步驟所得的模糊三角函數，再以每個影響因素模糊三角函數中之幾何平均數為其隸屬函數【MA】，用以代表決策群體對此因素評價值之共識。最後依研究目的決定合適的門檻值【S】，並透過以下的方式，從眾多的初擬評估準則中，篩選出較適合的評估準則。

(1) $MA \geq S$ ，接受 A 影響因素為評估準則。

(2) $MA < S$ ，刪除 A 影響因素。

其中，MA 為決策群體對 A 影響因素之共識，S 為門檻值。

而門檻值大小的決定，則將會直接影響到篩選出來的評估準則數目，若發現準則數目太少，可將門檻值降低；反之，若發現準則數目太多，則可以提高門檻值。至於如何決定適當之門檻值，全依決策者之主觀認定；一般認為準則重要性大於 80% 者，應該視其為具有重要性的準則。

二、評估準則權重之決定——模糊層級分析法(Fuzzy A. H. P)

1. 層級分析法(Analytic Hierarchy Process, A. H. P)

層級分析法(Analytic Hierarchy Process, A. H. P)，係由美國學者 Thomas L. Saaty 於 1977 年在擔任美國國防部規畫工作時，所發展提出的一套系統決策的方法，爾後層級分析法逐漸成為一項解決各種決策問題的工具方法，且其應用的範圍相當廣泛。

由於在複雜的決策問題中，經常有許多交互的影響(interaction)因素存在，而決策者通常就必須決定評估這些因素間的相對重要性，以便找出這些因素間的取捨關係，為了能在分歧的專家見解中尋求判斷的一致性，故 Saaty 教授於七十年代發展出層級分析法，希望能經由建立遞階層次、邏輯判斷、分解綜合的方式，使得評估者的思維能夠更條理化，以解決複雜的決策問題。

所以 Saaty 利用 1, 2, 3,, 9 的比例尺度來對各評估指標間之權重作成對比較分析，同時建立比較矩陣，並計算其特徵值及特徵向量，最後由最大特徵向量進行一致性檢定後，即可得到各評估準則間相對權重大小，而這些成對準則比較後的相對重要性將容許有某限度的不一致性存在。

此外，Saaty 也建議在各個層級內的要素數目也不宜過多，最多不要

超過 7 個，倘若超出者應再分層解決以免影響其一致性。而在 AHP 的評估尺度方面，係採用名目尺度作簡明的配對比較評估。其名目尺度一般可以被劃分為九個不同尺度，分別為「同等重要」、「同等重要到稍重要之間」、「稍重要」、「稍重要到頗重要之間」、「頗重要」、「頗重要到極重要之間」、「極重要」、「極重要到絕對重要」、「絕對重要」九種，並把九個尺度分別賦予 1 至 9 的評估值。由於在本研究中之主要內容，係是利用經由決策者對兩兩準則之間相對重要性進行成對比較(pairwise comparison)的方法來求得各評估準則的權重，同時本研究也將依據 Saaty 選擇 1~9 尺度的方法，如表 2-4，在第二階段問卷採用 1-9 的尺度衡量，比較準則間相對權重比值。

表 2-4 Saaty 之 AHP 法相對重要性程度評估值表(九等尺度)

尺度衡量值	相對的名目尺度	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩比較方案的貢獻程度具有同等重要性
3	稍重要 (Weak Importance)	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方案
5	頗重要 (Essential or Strong Importance)	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案
7	極重要 (Demonstrated Importance)	實際顯示非常強烈傾向否一方案
9	相對重要 (Absoluted Importance)	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案
2, 4, 6, 8	中間程度的重要 (介於相鄰的尺度間)	當兩相鄰因素的尺度需要折衷時使用
倒數	$u_{ji}=1/u_{ij}$	B 對 A 比較或劣勢比較時

一般來說，再利用 Saaty 之「層級分析法」(AHP)來處理決策問題時，主要約可以分為五個步驟：

(1) 建立層級架構

首先必須依決策問題的整體目標、次目標、準則等來建立整個決策的層級架構。至於層級的多寡應是該決策問題的複雜程度而定，而準則間也應具有獨立性，使得評估準則間彼此沒有相關性，同時每個層級的準則數目不宜超過七個，以避免影響結果的一致性。

(2) 建立成對比較矩陣

某一層級的要素，應以上一層級所對應的要素作為評估基準，進行要素間得成對比較。若某一層級中共有 n 個準則時，則決策者必須進行 $n(n-1)/2$ 次的成對比較。成對比較所採用的數值分別為 $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9$ (尺度意義與說明詳見表 4-2 所示)，而比較的結果，即成為比較矩陣 A 之元素。

(3) 計算最大特徵值及對應之特徵向量

利用數據分析中的特徵值解法以求得各比較矩陣之對大特徵值及其對應之特徵向量或優勢向量。

(4) 一致性檢定

由於決策者在層級分係法中進行成對比較時，很難達到前後完全一致，故必須進行一致性檢定(Consistency test)，此即利用一致性指標(Consistency Index, C. I)及一致性比率(Consistency ratio, C. R.)來了解決策過程中是否有不一致的現象發生，及應否進行修正?而檢定所採用的公式為：

$$CI = \frac{1}{n-1} (\lambda_{\max} - n)$$

$$CR = CI / RI$$

其中， n : 為準則個數

λ_{\max} : 為最大特徵根

RI: 為評估矩陣的隨機指標值(random index)，其值隨矩陣階數的增加而增加

Saaty 建議當 $CR \leq 0.1$ 時評估矩陣的一致性才能獲得保障。相關 RI 值如下表 2-5 所示：

表 2-5 評估矩陣的隨機指標值(RI 值)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

資料來源: Saaty、1980

(5)合成各層級準則權重值

依據上述所求得各層級準則間之相對權重，便可得到整體評估準則層級之 AHP 權重。

由以上五個步驟內容可以了解 AHP 法在處理決策問題的程序上主要可以分為：問題的界定、構建層級結構、問卷設計及調查、層級一致性檢定及決策方案綜合評點。另一方面，雖然 AHP 法相當地簡單、易懂，故應用的範圍相當普遍。但仍存在一些問題，現敘述如下：

(1)比例尺度應用上的限制

基於 AHP 偏好具遞移性，且強度也具遞移性的假設，則在成對比較矩陣 A 中的個要素，必須滿足以下的關係：

$$a_{ij}, a_{jk}=a_{ik}, 1 \leq i, k \leq n$$

倘若 a_{12} 比 a_{23} 也應該必須是絕強的，則 a_{23} 比 a_{13} 的判斷也將是絕強的，因此 a_{12} 比 a_{13} 也應該必須是絕強的。若依 Saaty 建議使用的尺度，則 $a_{12}=9$ 、 $a_{23}=9$ 、 $a_{13}=9$ 但上式不應成立。倘若 $a_{12} \cdot a_{23} = a_{13}$ 要成立的話則必須 $a_{12}=3$ 、 $a_{23}=3$ 。由此可知，相對重要性度若用比例尺測定時，將會受上式的限制，若兩者同樣都是極強的判斷時，則將會受到尺度為 9 的條件所限制住，而必須儘可能使用稍強的程度，故在對於使用比例尺進行成對比較時，有必要需要加以檢討。

(2)決策屬性相關性問題

在以 AHP 法處理決策問題時，於各層級中需要儘可能納入與上層相關的所有屬性，而且在各層級中所有屬性之間都必需具有互斥性；但在實際應用時常會因人們思考上的限制或資訊取得困難，使得在各層級所列出決策屬性，在意涵上往往會不具互斥的特性的缺點，而造成評估結果逆轉的不合理現象。

(3)平均數問題

由於利用 AHP 法所得出的評估結果，實際上是準則權重的平均值，然而權重平均直缺乏各權重的分佈資訊，是一種不太可靠的統計指標。例如有兩個替選方案 X、Y 和二個決策因素 A、B、X 的評估結果為 $A=0, B=100$ ，平均值是 50；Y 的評估結果為 $A=50, B=50$ ，平均值是 50，由算數平均數

推算，X 和 Y 是一樣好，但實際上是 Y 比 X 好，因為 X 方案 A 與 B 差異為 100，平均為 50，對其二者而言差異也為 50，但在研究分析上卻是非常不合理，缺乏可靠度的現象。

(4) 群體決策問題

當 AHP 法被使用來作為評估方法時，由於其往往需要綜合不同的專家、學者之意見作為其評估的依據結果；因此，將各方專家、學者的意見判斷整合在 AHP 法中是相當重要的。

是故 Saaty 教授在 1980 年時曾建議使用『幾何平均數』的方法來作為整合的函數。「幾何平均數法」適合於決策者彼此具有共識的情況，但是當決策者對各決策屬性的認知差異很大時，對部分評估者亦可能會產生他們的權重無法反映在評估結果的問題，造成他們無法接受的評估結果，因而導致難以執行的情況發生。

(5) 不精確問題

因為 AHP 法是以 1, 2, 3,, 9 的比例尺度，來表示專家對兩兩影響要素間相對重要程度的看法，亦即是將決策者主觀認定的不精確數值，使之作為精確數值來處理，以至於評估結果可能常與現實問題有所差異，而造成事倍功半的現象。

三、模糊層級分析法(Fuzzy A. H. P)

雖然 AHP 法便可以得到各決策人員對各準則權重的偏好結構，但由於決策群體所判斷的權重值必不相同，若僅以平均值來表是準則權重，將可能會失去該準則權重所含之部份訊息，而且傳統所使用的 AHP 決策方法另有一個蠻嚴重的問題，那就是其將決策者對影響因素所做主觀認定之評估數據或相對重要性之不確定數值，都當作是精確的數值來處理，此舉有實並不甚合理。又因為甚清楚的環境下進行評估工作，故以模糊敘述的方式來處理決策問題或許是個好辦法，而且由於每個決策者所判斷出的權重必不相同，所以應該可以加入模糊理論中『三角模糊數』的概念來整合決策專家群體的個別意見。

因此，本研究擬先利用「層級分析法」的方法將許多與研究目標相關的影響因素依據各項構面種類的分類方式，把不同的影響因素歸類到不同的層級層次中，最後則運用模糊理論中有關「三角模糊數」(triangular fuzzy number, TFN)的概念來決定準則的模糊權重。因此，本方法的目的

即是要將複雜的問題系統化，經由不同層面給予層級分解，並透過量化的判斷，覓得脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當的充分資訊，同時也可以減少錯誤的風險性。

其使用方法如下所述：

若 W_j 為評估準則 j 之模糊權重， n 為評估準則的個數，則：

$$W_j = [LW_j, MW_j, UW_j], \quad j=1, 2, 3, \dots, n$$

$$LW_j = \text{MIN}\{Wh_j\}, \quad \forall j$$

$$MW_j = \text{AVE}\{Wh_j\}, \quad \forall j$$

$$UW_j = \text{MAX}\{Wh_j\}, \quad \forall j$$

其中， h 為專家代號；

Wh_j 為專家 h 給予準則 j 的權重值；

LW_j 為專家群體給予準則 j 權重的最小值；

MW_j 為專家群體給予準則 j 權重的平均值；

UW_j 為專家群體給予準則 j 權重的最大值；

本研究在求取各個準則之模糊權重的過程中，將引入模糊理論「三角模糊函數」(triangular fuzzy number, TFN) 的概念，將 MIN 視為最小可能值，AVE 視為最可能值，MAX 視為最大可能值。而模糊權重的隸屬函數 (membership function) $\mu_W(W_j)$ 如圖 2-18 所示：

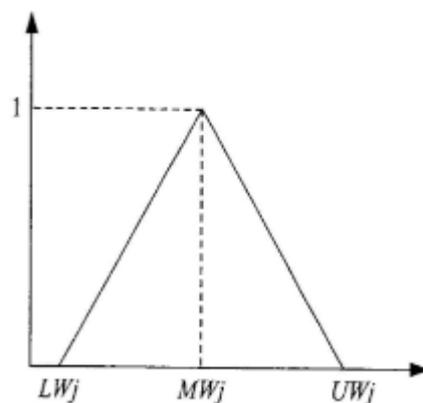


圖 2-18 三角模擬函數圖

資料來源：本研究整理

同時權重 W_j 之隸屬函數 $\mu_W(W_j)$ 之定義亦說明如下：

$$\mu_W(W_j) = \begin{cases} 0 & , \quad W_j \leq LW_j \\ \frac{W_j - LW_j}{MW_j - LW_j} & , \quad LW_j \leq W_j \leq MW_j \\ 1 & , \quad W_j = MW_j \\ \frac{UW_j - W_j}{UW_j - MW_j} & , \quad MW_j \leq W_j \leq UW_j \\ 0 & , \quad W_j \geq UW_j \end{cases}$$

研究希望能藉由模糊數的應用，使得模糊權重 W_j 所涵蓋的意義可包含所有可能情況的全部，而非僅為某些特定的部份而已。

第三章 設備精進措施

第一節 實尺寸耐風試驗

本所民國 93 年於台南歸仁成大航太校區建置風雨實驗室，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，其中又水密試驗反覆執行 3 次，層間位移及結構性能試驗有設計值及極限值試驗，故執行一次 CNS14280 完整試驗共須進行 11 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。

造風設備之更新具有安全性和功能性的需求考量，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(如下圖 1 所示)，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。



圖 3-1 目前有造風設備

資料來源：本研究整理

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改善示意如圖 2 所示。此項造風設備安全防護暨性能提升改善，所需經費 890 萬元。

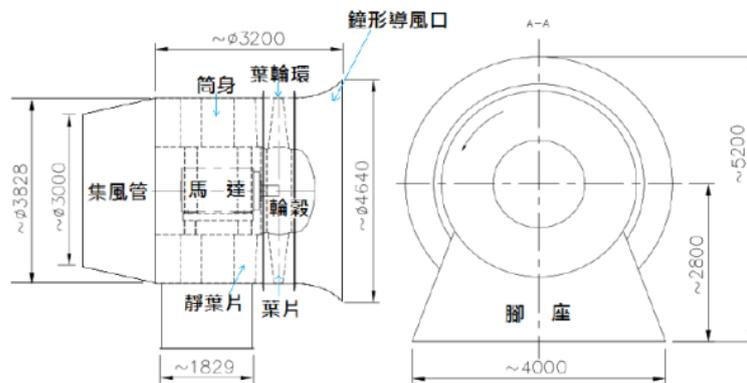


圖 3-2 造風設備改善示意圖

資料來源：本研究整理

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 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。

第二節 造風機設備規格

主要設備：

大風量軸流式風機1組，為請購含安裝試俾。

1. 軸流式風機 1 組

- 1.1 運轉氣體：空氣
- 1.2 設備型式：水平配置
- 1.3 電源規格：3 相，3300V，60Hz。
- 1.4 葉輪直徑(Impeller): 3,800 mm 以上
- 1.5 性能要求：設計風量 500 m³/s，軸馬力 700kw 以下。風機出口平均風速 40m/s 以上。
- 1.6 加裝集風漸縮管風速可達 60 m/s 以上(含)。
- 1.7 輪殼(hub): 碳鋼材質，直徑不小於 1750mm，中心孔徑需配合現有馬達尺寸加工。
- 1.8 葉片(blade): 鋁合金材質。
- 1.9 葉片數量: 10 片以上(含)
- 1.10 軸馬力: 於全壓 0.8~2.2Kpa 標示曲線範圍, 軸馬力 1,000 kw 以下。
- 1.11 全壓效率: 風機曲線最佳效率須達 87 %以上。
- 1.12 轉速: 720 rpm 以下。
- 1.13 機殼：概分為四大區塊如下:
 - a. 入口鐘形導風口附保護網(inlet cone)，材質為厚度 5mm 以上(含)SS4400 碳鋼鋼板製作，長度 300mm 以上。
 - b. 葉輪環(impeller ring)，材質為厚度 10mm 以上(含)SS4400 鋼碳鋼板製作，葉輪環長度需可完全涵蓋鋁製葉片，環殼上需有保養孔供保養維修用。
 - c. 風機筒身: 材質為厚度 6mm 以上(含)SS4400 鋼碳鋼板製作，用於固定安裝馬達，由上下可拆式兩個半圓組成，於鋁製風機主葉片下游需設計有靜態導風葉片(guide vane)導流以提升風機效率。上半部須設計有吊耳供搬運移動，下半部須有腳座以利筒身與底板銜接固定，筒身末端需設計有保護格網防止人員進入。
 - d. 集風管: 材質為厚度 5mm 以上(含)SS4400 鋼碳鋼板製作，長度 1200mm 以上

2. 舊馬達與舊變頻器1組

- 2.1 舊馬達由業主提供，供承包商組裝於風機內部。承商於簽約後可向業主申請從實驗室載出到承商工廠，以利風機製作時預組立時的加工精度與測試，製作完成後與新的軸流風機一起送回實驗室。
- 2.2 現有馬達接線盒移位設計到新風機筒身外面以減低內部擾流。

- 2.3 舊變頻器由業主提供，待軸流式風機在實驗室安裝時，由業主負責接線送電供承商無償測試。

3. 承包商資格

投標時廠商須提供相關資料供業主審查，清單如下：

- 3.1 風機規格與性能曲線圖：含風量、壓力、效率等。
- 3.2 風機外型尺寸、配置圖。
- 3.3 風機型錄。
- 3.4 承商需出具國內風機製造安裝實績供業主審核：如軸流式風機直徑 2900mm 以上，馬力數 500 kw 以上(含)的銷售實績。
- 3.5 承商需有風機售後服務團隊負責現場交機、安裝、測試與協助售後的保養維護，故障排除等。承商須提供國內保養維修金額不少於新台幣 500 萬的承攬實績與完工證明供業主審核。
- 3.6 承商須出具領有甲種勞工安全衛生講習證照至少壹張，該名工程師需任職於該承商且有加入勞、健保，該員實際負責監督現場施工期間的安全衛生管理工作。

投標文件所附送審資料如與業主規範需求不一致，或在投標文件內未說明者，視為規格不符判定不合格。

4. 現場裝配工作

- 4.1 由於設備體積龐大，需分拆送到實驗室組裝，承商負責運輸搬運，業主須提供實驗室現場的 10 噸天車無償供承商使用，承商須由領有合格天車操作證照工程師實際操作。
- 4.2 風機於簽約後 300 個日曆天交貨到風雨實驗室現場，現場裝配工作預計 15 個日曆天完成組裝交與業主使用。
- 4.3 由軸流風機外部接線盒到變頻器的接線和風機起停為業主工作範圍。

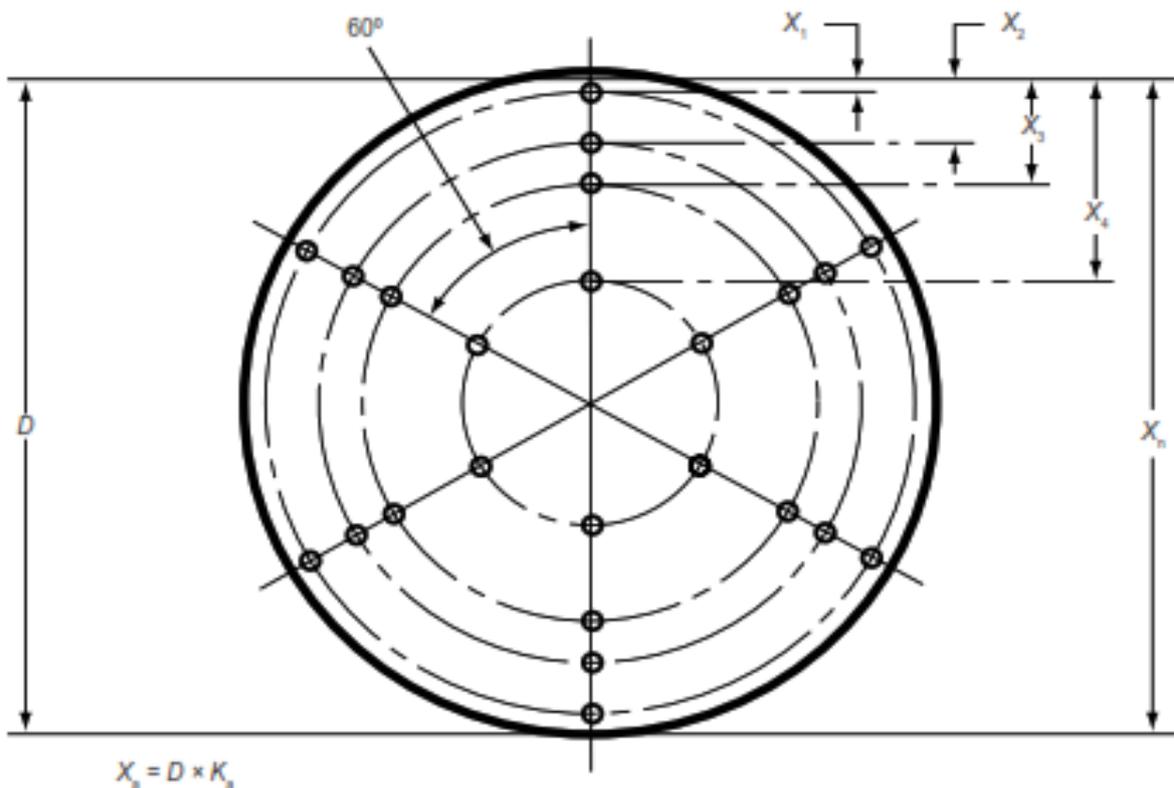
5. 測試驗收與保固

- 5.1 軸流式風機主裝完成後，於廠內依照 AMCA 203 field performance measurement of fan systems 規範在軸流式風機出口作風量測試，集風管直徑 8~12 英尺範圍每個直徑取 12 個量測點乘以 3 個角度，意即取 36 個點的平均風速或動壓下去計算風量性能。風機下游直徑 12 英尺以上每個直徑取 16 個量測點乘以 3 個角度，意即取 48 個點的平均風速或動壓下去計算風量性能。測量的位置與數量依據規範細則施行。請參考節錄自 AMCA203 章節的附件。
- 5.2 軸馬力從變頻器的電流、電壓等數據量測紀錄換算。

- 5.3 承商於軸流式風機測試後檢附試車報告、風機筒身與鋁製葉片材質證明、操作手冊、保固書交予業主完成驗收。
- 5.4 承商交機後須提供 4 小時風機的操作、保養與維護教育訓練課程予業主。
- 5.5 保固期計算從試車完成後 36 個月為限。

Annex H. Distribution of Traverse Points

In order to obtain a representative average velocity in a duct, it is necessary to locate each traverse point accurately. It is recommended that the number of traverse points increase with increasing duct size. The distributions of traverse points for circular ducts, as indicated below, are based on log-linear Pitot traverse method.



Where:

D is the inside diameter of the duct

K_n is the factor corresponding to the duct size and the traverse point location as indicated in the table below

INSIDE DIAMETER OF DUCT	NUMBER OF TRAVERSE POINTS IN EACH OF 3 DIAMETERS																
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	
LESS THAN 8 ft.	8	.021	.117	.184	.345	.655	.816	.883	.979	—	—	—	—	—	—	—	
8 ft. THROUGH 12 ft.	12	.014	.075	.114	.183	.241	.374	.626	.759	.817	.886	.925	.986	—	—	—	
GREATER THAN 12 ft.	16	.010	.055	.082	.128	.166	.225	.276	.391	.609	.724	.775	.834	.872	.918	.945	.990

第四章 問卷設計與調查分析

第一節 問卷設計

本所實驗中心（室）基於實驗為研究之基礎，累積實驗與研究成果以研訂基準、規範或標準提供法規研修參考，確保居住安全及環境品質，並推動建築產業新材料、新技術、新工法、新設備之研究發展，促進產業升級；爰依據「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」陸續建置防火、性能、材料及風雨風洞等 4 個實驗中心(室)，並訂定「內政部建築研究所實驗設施技術服務收費標準」，在辦理該所研究實驗工作以外之餘力，同時亦受理產官學研等各界委託有關研發驗證、檢測、試驗等需求，提供支援辦理建築構件或材料之檢測服務，解決公私部門開發創新材料、產品與設備研發試驗服務。

本部建築研究所結合實驗研究，迄今在建築防火與煙控避難、結構耐震、建築風工程及門窗風雨、建築物理環境隔音、採光、隔熱等檢測基準與試驗方法之本土化與標準化工作，已完成營建相關法令 30 項、相關規範 69 項及 CNS 性能標準及其試驗法標準 88 項法制化、專利 29 項、技術移轉 1 項，提供國內建築管理及各實驗室檢測遵循應用，進而帶動國內檢測產業逐年蓬勃發展，其他尚包括國內外期刊發表、博碩士培育等學術專業的貢獻。在受託檢測業務上，可實施檢測試驗項目 137 項，但基於政府與民間角色分工，為不與民爭利，多避開一般民間檢測機構有能力辦理，或在法令上有明文規定或經濟部標檢局應施檢驗等收入較為穩定的檢測業務，而從事於新材料新工法的開發，或具特殊性、複雜性等民間檢測機構無法、不願意測試之項目，因此利潤微薄且受景氣影響而不穩定，但近五年受託收入與預算收入比仍維持於 65%~91% 之間。

但目前實驗中心（室）面對近年科技計畫經費逐年降低，檢測業務收入亦不穩定；替代役退場，人力補充機制仍待檢討兩項挑戰。在此人力不足、經費短絀且設備逐年老舊之情況下，可能導致檢測案量日益減少、實驗設備之更新及修繕經費不足與業務擴展的量能萎縮等問題。為能提出有

效之因應策略，並擬訂未來實驗中心(室)的永續發展方向，嘗試透過「修正德菲爾法」的專家問卷方式，尋求最佳共識，精進探求本所實驗中心(室)之檢測業務發展策略。

表 4-1 實驗檢測策略構面與策略要點說明

構面	策略要點	說明
人力資源管理	勞務外包協助試驗	替代役退場，實驗室人力短缺，可勞務外包契約，訓練廠商人力檢測專業，協助試驗。
	增加外部額外人力	積極向各部會爭取研究實驗計畫或與其他機構合作，聘用相關研究人員及技術人員常駐實驗室工作，共同合作試驗研究，並操作試驗設備。
	業績獎勵制度	檢測業務之收入應提取部份比例作為員工(派遣人力)額外激勵獎金；編制內人員(正職公務員與約聘人員)則應以敘獎鼓勵，以提振工作士氣。
	在職訓練鼓勵進修	鼓勵員工進修與檢測專業相關之課程，以提昇本職學能與專業素養，增加專業信心，維持人員穩定性。
	研究生論文合作	就近與臨近大學相關系所教授合作指導研究生，雙方人力互用，研究生協助儀器設備校正或研究試驗，研究人員協助指導論文。
檢測營運管理	試驗費用彈性報價	目前實驗室收費標準皆依試驗項目，以固定費用收費，對於高單價之試驗項目，缺乏報價彈性，不利爭取檢測案件。
	減少行政程序	公務機關注重行政程序，對於委託單位申請檢測、繳退費、試體安裝、執行試驗、乃至報告書發送或修正等，均有固定的程序，為加速作業效率，應該簡化或電子化行政程序。
	套裝試驗折扣收費	同一創新材料工法可能須執行不同實驗室之試驗項目，例申請外牆之新材料新工法，常須執行防火時效試驗亦須執行風雨試驗。此情形在收費上也提供折扣優惠，以吸引檢測客源。
	刪除不合宜試驗項	在資源有限下，應檢討不合宜或使用率低

	目	試驗項目，減少人力使用，且降低設備保養費用，以符合經濟效益。
	客製化試驗	不在收費標準的試驗項目，但有相關儀器設備，可提供廠商進行產品驗證，實驗室應提供客製化試驗。
	以服務為導向	對於檢測廠商，提供以服務為導向的經營方式，例如提供彈性的檢測服務時間，減少行政官僚作為，在合於法情理範圍給予必要之協助。
	多元化行銷	為提高實驗室能見度，除傳統的紙本摺頁外，建立網路或社群網站行銷也是可行且良好的方式。
	開發國際客源	本所實驗室設備能量具有國內領先地位，人力素質亦不亞於國外，可進行國際宣傳，積極開發國際檢測來源。
設備資源管理	既有設備自動化更新	目前既有試驗設備儘可能改良為自動化控制，且以程式化方式處理數據，以加速檢測流程，降低人力使用。
	開發新型試驗項目	因應法規法令、氣候條件等因素變更，開發新形式試驗項目，提高檢測意願。
	優化現有試驗流程	檢討試驗流程，在符合試驗標準與條件下，以最省時省力方式執行試驗。
	汰換不合宜試驗設備	檢討故障率高、維護費用高且使用之試驗設備，應在達使用年限後進行汰除，以搏節經費。
	建立法令指定試驗項目	以本所研究成果，推動法令修正，建立法令指定之檢測試驗項目。
外部合作與轉型	後市場管理	爭取為後市場管理制度的公正機構或爭議事件之最終裁定機構及有認可(指定)實驗室操作人才之培訓機構(法定時數)。
	專業諮詢團隊	提供廠商及一般民間檢測機構各項產品設計改善及實驗測試方法之專業諮詢服務，以提升建築產業水準及民間檢測能量。
	國際結盟	與其他相關國際機構從事研究合作、試驗比對或國際大型建築計畫檢測合作，提升國際知名度，創造跨國結盟合作。
	國內研究機構合作	與相關研究機構或大專院校合作研究，共

		同接受業務委託或合作提出科技部產學合作計畫。
	協力實驗室	積極向各部會爭取研究實驗計畫成立「協力實驗室」或與其他學術單位、機構合作，共同合作運用實驗中心各項設備。
	開發產學合作	擴大與民間機構或研究單位之結盟，增進產學合作，從研發、檢測、驗證促進建築材料、設備產業升級。

資料來源：本研究製作

第二節 問卷內容

內政部建築研究所 郭建源 副研究員
台南市歸仁區中正南路 1 段 2494 號

Tel : 06-3300514#3208

E-Mail : kcy@abri.gov.tw

第一回合問卷

(First Round Questionnaire)



內政部建築研究所實驗中心（室）檢測業務精進策略之 德菲法專家問卷

敬愛的：_____ (專家編號: _____)

您好！本所實驗中心（室）基於實驗為研究之基礎，累積實驗與研究成果以研訂基準、規範或標準提供法規研修參考，確保居住安全及環境品質，並推動建築產業新材料、新技術、新工法、新設備之研究發展，促進產業升級；爰依據「內政部建築研究所建築實驗設施設置修正計畫」陸續建置防火、性能、材料及風雨風洞等 4 個實驗中心(室)，並訂定「內政部建築研究所實驗設施技術服務收費標準」，在辦理該所研究實驗工作以外之餘力，同時亦受理產官學研等各界委託有關研發驗證、檢測、試驗等需求，提供支援辦理建築構件或材料之檢測服務，解決公私部門開發創新材料、產品與設備研發試驗服務。

本部建築研究所結合實驗研究，迄今在建築防火與煙控避難、結構耐震、建築風工程及門窗風雨、建築物理環境隔音、採光、隔熱等檢測基準與試驗方法之本土化與標準化工作，已完成營建相關法令 30 項、相關規範 69 項及 CNS 性能標準及其試驗法標準 88 項法制化、專利 29 項、技術移轉 1 項，提供國內建築管理及各試驗室檢測遵循應用，進而帶動國內檢測產業逐年蓬勃發展，其他尚包括國內外期刊發表、博碩士培育等學術專業的貢獻。在受託檢測業務上，可實施檢測試驗項目 137 項，但基於政府與民間角色分工，為不與民爭利，多避開一般民間檢測機構有能力辦理，或在法令上有明文規定或經濟部標檢局應施檢驗等收入較為穩定的檢測業務，而從事於新材料新工法的開發，或具特殊性、複雜性等民間檢測機構無法、不願意測試之項目，因此利潤微薄且受景氣影響而不穩定，但近五年受託收入與預算收入比仍維持於 65%~91%之間。

但目前實驗中心(室)面對**近年科技計畫經費逐年降低、檢測業務收入亦不穩定；替代役退場，人力補充機制仍待檢討兩項挑戰。在此人力不足、經費短絀且設備逐年老舊之情況下，可能導致檢測案量日益減少、實驗設備之更新及修繕經費不足與業務擴展的量能萎縮等問題。**為能提出有效之因應策略，並擬訂未來實驗中心(室)的永續發展方向，嘗試透過「修正德菲爾法」的專家問卷方式，尋求最佳共識，精進探求本所實驗中心(室)之檢測業務發展策略。

由於德菲爾法(Delphi Expert Consultation)具有集思廣益、維持專家獨立判斷能力，以及最後希望能取得，專家意見收斂之共識結論，預計進行至少兩回合。第一回合回收後，將統計 40 位專家的意見並回饋各位統計結果。之後進行第二回合問卷。第二回合之問卷內容可能維持也可能有修正，且各位之意見可堅持、也可修改。

本問卷已先透過專家座談會與同仁集思廣益，彙整出內政部建築研究所實驗中心(室)檢測業務精進策略，並將精進策略劃分為四大部分之專家意見調查：(一)人力資源管理；(二)檢測營運管理；(三)設備資源管理；(四)外部合作與轉型。對每一大項細部之「策略準則」，以李克特是五分量表，請專家勾選。其他相關問題內容，歡迎隨時與本人連絡討論。

感謝各位專家學者撥冗回覆，也期待第一回合問卷能於 8 月 2 日前回覆完成，以 Email 或傳真方式擲回本實驗室。再次感謝！

防火實驗中心	蔡銘儒 主任	TEL：06-3392755#1202 FAX：06-2392701 Email: ming-ju@abri.gov.tw
性能實驗中心	蔡介峰主任	TEL：06-3300504#2100 FAX：06-3300480 Email:90f006@abri.gov.tw
材料實驗中心	李台光 副研究員	TEL：02-29310686#1303 FAX：02-29310656 Email: taikuang@abri.gov.tw
風雨風洞實驗室	郭建源 副研究員	TEL：06-3300534#3208 FAX：06-3305236 Email:kcy@abri.gov.tw

內政部建築研究所 實驗中心(室) 敬啟 2019/07/24

【一】人力資源管理

		非常 重要	重要	沒意見	不重要	非常不 重要
1	勞務外包協助試驗： 退代役退場，實驗室人力短缺，可勞務外包契約，訓練廠商人力檢測專業，協助試驗。	<input type="checkbox"/>				
2	增加外部額外人力： 積極向各部會爭取研究實驗計畫或與其他機構合作，聘用相關研究人員及技術人員常駐實驗室工作，共同合作試驗研究，並操作試驗設備。	<input type="checkbox"/>				
3	業績獎勵制度： 檢測業務之收入應提取部份比例作為員工(派遣人力)額外激勵獎金；編制內人員（正職公務員與約聘人員）則應以敘獎鼓勵，以提振工作士氣。	<input type="checkbox"/>				
4	在職訓練鼓勵進修： 鼓勵員工進修與檢測專業相關之課程，以提昇本職學能與專業素養，增加專業信心，維持人員穩定性。	<input type="checkbox"/>				
5	研究生論文合作： 就近與臨近大學相關系所教授合作指導研究生，雙方人力互用，研究生協助儀器設備校正或研究試驗，研究人員協助指導論文。	<input type="checkbox"/>				

第一部分 其他精進策略意見

【二】檢測營運管理

		非常 重要	重要	沒意見	不重要	非常不 重要
1	試驗費用彈性報價： 目前實驗室收費標準皆依試驗項目，以固定費用收費，對於高單價之試驗項目，缺乏報價彈性，不利爭取檢測案件。	<input type="checkbox"/>				
2	減少行政程序： 公務機關注重行政程序，對於委託單位申請檢測、繳退費、試體安裝、執行試驗、乃至報告書發送或修正等，均有固定的程序，為加速作業效率，應該簡化或電子化行政程序。	<input type="checkbox"/>				
3	套裝試驗折扣收費： 同一創新材料工法可能須執行不同實驗室之試驗項目，例申請外牆之新材料新工法，常須執行防火時效試驗亦須執行風雨試驗。此情形在收費上也提供折扣優惠，以吸引檢測客源。	<input type="checkbox"/>				
4	刪除不合宜試驗項目： 在資源有限下，應檢討不合宜或使用率低試驗項目，減少人力使用，且降低設備保養費用，以符合經濟效益。	<input type="checkbox"/>				
5	客製化試驗： 不在收費標準的試驗項目，但有相關儀器設備，可提供廠商進行產品驗證，實驗室應提供客製化試驗。	<input type="checkbox"/>				
6	以服務為導向： 對於檢測廠商，提供以服務為導向的經營方式，例如提供彈性的檢測服務時間，減少行政官僚作為，在合於法情理範圍給予必要之協助。	<input type="checkbox"/>				
7	多元化行銷： 為提高實驗室能見度，除傳統的紙本摺頁外，建立網路或社群網站行銷也是可行且良好的方式。	<input type="checkbox"/>				
8	開發國際客源： 本所實驗室設備能量具有國內領先地位，人力素質亦不亞於國外，可進行國際宣傳，積極開發國際檢測來源。	<input type="checkbox"/>				

第二部分 其他精進策略意見 (承上頁)

【三】設備資源管理

		非常 重要	重要	沒意見	不重要	非常不 重要
1	既有設備自動化更新：目前既有試驗設備儘可能改良為自動化控制，且以程式化方式處理數據，以加速檢測流程，降低人力使用。	<input type="checkbox"/>				
2	開發新型試驗項目：因應法規法令、氣候條件等因素變更，開發新型式試驗項目，提高檢測意願。	<input type="checkbox"/>				
3	優化現有試驗流程：檢討試驗流程，在符合試驗標準與條件下，以最省時省力方式執行試驗。	<input type="checkbox"/>				
4	汰換不合宜試驗設備：檢討故障率高、維護費用高且使用之試驗設備，應在達使用年限後進行汰除，以節省經費。	<input type="checkbox"/>				
5	建立法令指定試驗項目：以本所研究成果，推動法令修正，建立法令指定之檢測試驗項目。	<input type="checkbox"/>				

第三部分 其他精進策略意見

【四】外部合作與轉型

		非常 重要	重要	沒意見	不重要	非常不 重要
1	後市場管理 ：爭取為後市場管理制度的公正機構或爭議事件之最終裁定機構及有認可(指定)實驗室操作人才之培訓機構(法定時數)。	<input type="checkbox"/>				
2	專業諮詢團隊 ：提供廠商及一般民間檢測機構各項產品設計改善及實驗測試方法之專業諮詢服務，以提升建築產業水準及民間檢測能量。	<input type="checkbox"/>				
3	國際結盟 ：與其他相關國際機構從事研究合作、試驗比對或國際大型建築計畫檢測合作，提升國際知名度，創造跨國結盟合作。	<input type="checkbox"/>				
4	國內研究機構合作 ：與相關研究機構或大專院校合作研究，共同接受業務委託或合作提出科技部產學合作計畫。	<input type="checkbox"/>				
5	協力實驗室 ：積極向各部會爭取研究實驗計畫成立「協力實驗室」或與其他學術單位、機構合作，共同合作運用實驗中心各項設備。	<input type="checkbox"/>				
6	開發產學合作 ：擴大與民間機構或研究單位之結盟，增進產學合作，從研發、檢測、驗證促進建築材料、設備產業升級。	<input type="checkbox"/>				

第四部分 其他精進策略意見

第三節 問卷結果分析

本研究將前述專家問卷，分送防火實驗、性能實驗、風工程實驗及材料實驗等相關領域，共 41 名專家學者填寫問卷，問卷中除了 5 分量表外，亦專家學者提出其他相關建議事項，俾為參考。研究除將問卷量化外，亦將綜整相關建議納入，策略研擬參考。

在五分量表的重要性評分題項中，將非常重要、重要、沒意見、不重要及重要等分別給予 5、4、3、2、1 分的權重，以幾何平均數(μ)表示，值越高者表示重要程度越高。同時，為了解專家之意見是否有共識，會以四分位差(Quartile Deviation；以下簡稱 Q.D.) 統計。因為四分位差不受極端值影響，因此，在一定程度上也說明了中位數對一組數據的代表程度，是德菲法較常使用的統計。若 $Q.D. \leq 0.6$ ，表示專家意見達到「高度共識」； $0.6 \leq Q.D. \leq 1.0$ ，表示達到「中度共識」； $Q.D. > 1.0$ ，則表示「未達共識」。(楊宜真，1999)。

表 4-2 為防火實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為增加外部額外人力、研究生論文合作、在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度、勞務外包協助試驗。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為以服務為導向、開發國際客源、客製化試驗、減少行政程序、套裝試驗折扣收費、多元化行銷、刪除不合宜試驗項目、試驗費用彈性報價。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為優化現有試驗流程、汰換不合宜試驗設備、既有設備自動化更新、建立法令指定試驗項目、開發新型試驗項目。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為協力實驗室、開發產學合作、專業諮詢團隊、國內研究機構合作、後市場管理、國際結盟。

表 4-3 防火實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議，在人力資源管理方面建議：人員的專業度及服務態度是實驗室成敗關鍵，正確服務效率更是市場優勢的根基。人員績效與獎勵應予連結，並藉由問卷調查(廠商)加以考核。第 1 項勞務外包”重要”指建議替代役可挑選建築相關科系人員有較佳延續性及工作效率。第 2~5 項是非常重要。參酌國內外試驗機構作法，建議提取檢測收入部份比例作為員工激勵獎金。試驗時間之外，檢

驗人員可能有多餘時間，應先分析工作量並予量化，並向政府及相關廠商爭取研究案、評估案或設備、材料試驗，以提高貢獻度。研究人力及設備為一實驗機關之根本，需要永續發展，替代役本就不是治本作法，建研所應配置好人力及設備再向外尋求資源。檢測業務之收入應提取部份比例作為員工紅利，方能增加效率。檢測營運管理方面建議：依行銷角度可先定義客戶及市場，再依此包裝服務產品內容，並據此制定相關之價格及推廣策略執行。國際接軌是無可避免趨勢，主動爭取合作才是正道。所有服務應以解決客戶需求為導向，建議爭取國際知名檢驗機構認可，以服務廠商國內取得認可，國際銷售。設備資源管理方面建議：身為國內引領指標，確保服務效益及正確性缺一不可，持續開發服務品項，不僅可建立位階，更能提升專業能見度。冗長且不合時宜的行政作業流程，應予簡化，提升效率品質。設備升級、自動化、標準化，可提高可靠度及可信度，增加國內外試驗之授權。進行前導實驗計畫是永續經營的好方法。

表 4-4 為性能實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度、增加外部額外人力、研究生論文合作、勞務外包協助試驗。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為以服務為導向、減少行政程序、套裝試驗折扣收費、客製化試驗、試驗費用彈性報價、開發國際客源、多元化行銷、刪除不合宜試驗項目。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為建立法令指定試驗項目、優化現有試驗流程、開發新型試驗項目、汰換不合宜試驗設備、既有設備自動化更新。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為專業諮詢團隊、開發產學合作、國際結盟、國內研究機構合作、協力實驗室、後市場管理。

表 4-5 性能實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議，在人力資源管理方面建議：人力資源可區分短期、中長期合作模式，例如可由專案研究計畫之研究人力支援(1 年至 3 年)、由研究專案聘任勞務外包協助實驗或外部額外人力。內部業績獎勵制度可以實驗室單元為獎勵單位，激勵實驗室業務增加。與學術單位研究論文合作，可簽訂合作意向書方式辦理，酌收設備租借費用或培訓費方式，取代檢測費用，但學生之設備維護管理與操作需慎重考量實驗室 QA/QC 品質系統管理。國家實驗室，本來就與民

間經營之商業實驗室不同，民間實驗室之檢測費用須能支付經營成本，因此檢測業務之項目須符合效益。另外，實驗室之財務與人事管理，亦須符合政府公益與聘任之原則，難以如商業實驗室般可營利、可自由調整人事。在因應政府財政管理模式的轉變之下，國家實驗室仍須考慮部分經費需自籌，卻又面對財務與人事管理的限制條件，最佳模式為搭配政府、大學與研究機構之研究計畫，吸引外部資金與團隊進駐，方能提高空間使用效率，並增加研究之成果。這是約二十年前成立之初就預見的事情，但實驗中心對於研究合作並不積極，設備使用價格設定僵化，再加上官僚心態、人事管理僵化，使得大家不願意合作，是造成空間與設備使用率低的主因。建議增加「合作單位人事管理的彈性」：實驗中心不是軍營，合作單位派員次過去時不應百般刁難建議增加「研究合作執行長」之負責人，可外聘、並可依據業績敘獎，且不受既有人事管理限制。建築研究所設立之初衷為建築技術與法規之研究，實驗室更為進一步落實並與大學之研究有所區隔，因此實驗中心人力應以現職人力為主。現職人員應降低行政負荷工作，將重心移轉至進行研究工作。勞務外包人力僅應視為輔助。績效獎金發放以檢測業務之收入應提取部份比例作為員工（派遣人力）額外激勵獎金當作年終、年中獎金鼓勵相關人員。

檢測營運管理方面建議：檢測費用定價需報立法院等行政程序較為嚴謹，若考量單一廠商套裝實驗折扣或一定總金額以上縮短行政作業優先排定檢驗時間或積極爭取國際認證實驗客源等方式進行業務開拓。另一方面，可要求承接內政部建研所研究計畫之單位，於發表論文時，需註明實驗室設備使用「內政部建築研究所性能實驗中心設備」，接由學術研究之揭露，宣揚實驗室符合國際標準之專業能力，開拓行銷實驗室檢測能量。許多研究單位並不知道有這些設備，且可以搭配編列計畫預算使用。建議增加經費彈性，也就是在搭配研究計畫時，實驗設備使用的費用應有彈性，否則將壓迫研究計畫預算之編列。檢測業務國內已有許多機構在做，建研所不必在紅海市場與其他檢測機構競爭，應有所區隔。建議兩個方向：1. 特殊性檢測（其他機構不易做的）；2. 依客戶需求調整（即客制化檢測）。若有必要甚至可以與客戶合作，讓客戶進到實驗室與所內人員共同操作儀器設備，甚至開發新進檢測技術，建立實驗中心獨特性、權威性的檢測能力。依設備使用狀況，投入人力或擴充配件，經由國內相關領域專家指導，爭

取目前國內各部會所需求的檢測業務，例如經濟部工業局公告爐渣再利用管理方式附件熱壓膨脹試驗法(高壓蒸壓釜)，CNS12459 卜特蘭水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、石灰石含量測試方法，都是現行建研所設備可以承接項目。

設備資源管理方面建議：內政部建築研究所性能實驗中心為國內外引領法令、標章、制度、檢測、驗證等制訂及檢測之重要單位，成立至今引領開拓國內產業、法令、制度等與國際同步之實驗中心，是亞洲區域建築營建等具領先的實驗體系，必須持續更新設備設施、開發新型試驗項目、建立符合國際水準之法令指定試驗項目，引領帶動建築產業技術研發能力。既有設備大抵十分完備，不必做太多的擴充。自動化的目的更是因檢測數量大為提高效率而採取之作為，但現階段有此需求者應不多。因此最重要的是既有設備之定期維護妥善管理，以發揮功效。檢討試驗設備在達使用年限後進行招標販售或汰除。

外部合作與轉型方面建議：基於內政部推動之標章系統、法令制度，產品與服務驗證之後市場查核檢驗甚為重要，宜強化後市場檢測驗證技術服務、優先導入新型檢測項目於後市場查核檢驗..等，並與相關法人研究機構、大專校院合作組成聯盟方式，增進技術精進與檢測量提升。建議增加「周邊硬體設施」，可增設販賣機、淋浴間、電動機車等生活便利性，以提升研究單位進駐的意願。實驗中心效能若欲提升必須再有資源投入，但受限於建研所現行公務預算經費無法提供寬裕之研究資源，因此與外界(大學研究機構、民間業者等)合作為較佳策略。並可藉由教授學者執行其他部會(如經濟部、科技部、環保署等)的研究計畫時，與建研所共同在實驗中心進行研究，導入其他部會的資源而可獲相輔相成之功。

表 4-6 為風工程實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：為增加外部額外人力、研究生論文合作、在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度、勞務外包協助試驗。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：減少行政程序、以服務為導向、多元化行銷、客製化試驗、開發國際客源、套裝試驗折扣收費、試驗費用彈性報價、刪除不合宜試驗項目。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為建立法令指定試驗項目、優化現有試驗流程、開發新型試驗項目、既有設

備自動化更新、汰換不合宜試驗設備。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為國內研究機構合作、開發產學合作、協力實驗室、專業諮詢團隊、國際結盟、後市場管理。

表 4-7 為風工程實驗填寫問卷專家學者相關精進建議，在人力資源管理方面建議：研究生論文合作建議不限制建築物相關，指導論文數量與貢獻也可列入業績獎勵制度。建議外聘專任或兼任其他大學或研究機構人員常駐實驗室工作，以補足實驗室人員短缺問題。除勞力工之外之技術人員宜自行培養以利實驗室長期營運。提供短期研究機會，讓學者或業界技師從事半年或一年的合作研究，已能駐在實驗室為主，共同研究課題與試驗業務平行推動。人力短缺將導致實驗室運作產生問題，除基本人工外，建議增加實驗室相關領域常駐人員，以維持一定運作能量。業績獎勵必然會產生某程度之工作士氣與積極度，如何保持業績量、研究能量平衡可再詳加討論。研究生論文合作可擴及全台灣相關系所合作，以增加合作廣度及深度。增加外部人力或勞務外包，均與營收及預算攸關，如何增加營收或預算與前言中，均表示有困難，惟仍建議探討。防火、性能實驗中心之問卷均由主任級同仁負責，何以後二者只以副研究員辦理，似不重要？或業績較好。建研所風洞實驗室應配置熟稔各項風洞試驗的長期專業人員，自我評估年度維護預算以及參與各種進修課程。由於建研所風洞設備十分齊全且可同時進行商業與學術案，建議應配置一名風工程背景之博士以及至少一名風工程背景的碩士為常態。不僅能發展自我技術且有利於爭取研究計畫。國家單位的實驗室不應以業務賺錢為主，應該以提升整體國內風工程學術水準為核心目標。

檢測營運管理方面建議：這幾年受景氣及區域性之影響較大，再加上台灣目前並非所有門窗帷幕都要試驗，是造成案量變少的主因。台灣試驗費用已偏低，多數試驗費用會花在額外的勞力上而非測試費用，修改測試費用幫助不大。檢測量與研究能量如何平衡應由實驗室明確決定，要先確定每月實驗室規劃時程(含研究案、租借日等)，且需考量實驗室成員可參與之時段，做整體規劃評估後才能了解實驗室能承接之案量。檢測服務團隊需有專業性，能掌握業界需求以及技術能量，並透過參與國際會議或國際期刊方能有機會開發國際客源。第 6 項云：「減少行政官僚作為」，是否為建研所常規？陳述不當？要以服務為導向，建議建研所能給受測試商

品改善，協助提供專業智能的技術指導，提昇創新開發能力。擴大宣傳以廣周知，建議如行文公共程委員會與各工程主管機關，告示本所各實驗室能辦理之國家標準試驗項目，本所得客觀公正立場協助施工構材設備檢測，請各機關多應用。擴大宣傳以廣周知，就各個實驗室準備投稿建築師雜誌，專業詳細介紹實驗室特色，可以行的檢測幾項 CNS 的實驗，與對應業界需求等，使建築設計師在監造工程品質要求，知道應用本所實驗室；退休的廖組長為該雜誌之總輯，可情商以專刊方式發行。第 4 項所謂「不合宜試驗項目」，受問卷者不明所指為何？概業界產品在適用國家標準，需要檢測試驗者，我方有能力辦理時，均屬合宜試驗項目。產學服務部分要如何變化沒有意見，但建議風洞試驗的內容要力求正確且最好能有具風工程背景的大學教授作為理論技術顧問指導。國家級實驗室所做出來的風洞試驗結果若被外人挑戰沒有公信力，或者內容不依據科學理論根據來進行，則會造成永久性的信譽受損，應審慎之。

設備資源管理方面建議：風洞部份設備已達使用年限，量測儀器與操作系統需迫切更新，另外相關量測設備可改為自動量測，可減少人力操作。故障率高的設備還是建議要更新。強化內部工作人員多元的實驗操作能力、分析能力，有助於跨單位整合，相互支援人力。風洞實驗室已成立十餘年，許多大型設備已開始進入維修汰換期，建議早日評估需維修更換之設備以利實驗室後續運作。購買大型或貴重設備時須於初期編列定期校正、保養、檢修預算，將降低實驗室運作之管理成本，另建議備有專門人員負責。試驗設備性能及相關試驗基本資料庫需要從基本扎根，並建立試驗標準流程與相關可靠度分析，以利實驗室人員訓練與交接，維持實驗室長久可靠運作。對於設備資源管理缺乏獨立自主維護的能力提昇，減少委外維修的機制。既然是國家級實驗室，應當具備我國最先進的實驗設備且應該能進行多種風洞試驗項目。建議可以考慮淘汰下來的儀器設備若還堪用，可以優先考慮轉售給大專院校作為推廣教育使用。

外部合作與轉型方面建議：與其他研究單位共同合作，並運用實驗中心各項設備，可促進貴所研究能力提升與成果產出。國家實驗室的定位建議還是以研究為主軸，商業測試為輔。商業測試的目的是用來增加研究資料的樣本數。但利用國家實驗室的角色，可以承接一些不需要 TAF 認證，但又想要有公正性的特殊試驗，不用局限於 TAF 認證試驗。由於風工程為

跨領域的學科研究，除了科技部計畫外，可以積極尋求其他部會的研究計畫，如農委會(溫室、農作物風災問題)、經濟部(太陽能光電、風力發電機抗風設計)等研究計畫。第 1 項目標放在爭議處理與協助，易捲入紛爭旋渦，不宜。但對於產品，因甲方或乙方要求的再試驗驗證為妨。目前國家預算有限，即便是國家等級實驗室也不見得可以籌措到足夠的經費來開創新型實驗，建議與國內知名的風工程實驗室合作，屏除過去因業務競爭造成的嫌隙，建立國際實驗平台、共同撰寫科研計畫、共同開發產學合作項目、建議風工程教育推廣機制、藉由教授引薦與國外知名學研機構交流互訪等，積極擔任起國內領頭角色。

表 4-8 為材料實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：研究生論文合作、勞務外包協助試驗、增加外部額外人力、在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：多元化行銷、減少行政程序、以服務為導向、客製化試驗、套裝試驗折扣收費、試驗費用彈性報價、刪除不合宜試驗項目、開發國際客源。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為開發新型試驗項目、優化現有試驗流程、汰換不合宜試驗設備、建立法令指定試驗項目、既有設備自動化更新。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為國內研究機構合作、開發產學合作、協力實驗室、專業諮詢團隊、後市場管理、國際結盟。

表 4-9 材料實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議，人力資源管理方面建議應就實驗室或中心之設備資源及研究課題，尋求最適宜合作的相關大專院校系所教授合作指導，不限”就近與鄰近”。外部合作與轉型方面，建議與所外實驗室建立合作及交流機制時，仍需保有所內實驗室的獨特性，區隔出與其他實驗室的不同處，以維持所內實驗室的競爭力。

表 4-2 防火實驗相關專家問卷分析統計

【一】	人力資源管理	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	幾何平均	排序	Q1	Q3	Q.D.
1-1	勞務外包協助試驗	4	5	4	5	5	5	4	3	4	4	3	5	4.1842	5	4.00	5.00	0.5
1-2	增加外部額外人力	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4.8175	1	5.00	5.00	0
1-3	業績獎勵制度	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	3	5	4.5073	4	4.75	5.00	0.125
1-4	在職訓練鼓勵進修	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4.7287	3	4.75	5.00	0.125
1-5	研究生論文合作	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4.7916	2	5.00	5.00	0
【二】	檢測營運管理																	
2-1	試驗費用彈性報價	4	5	2	4	2	4	2	3	2	4	4	4	3.1578	8	2.00	4.00	1
2-2	減少行政程序	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	3	5	4.5316	3	4.00	5.00	0.5
2-3	套裝試驗折扣收費	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	3	4	4.4481	5	4.00	5.00	0.5
2-4	刪除不合宜試驗項目	3	5	5	4	4	4	5	3	5	3	3	3	3.8221	7	3.00	5.00	1
2-5	客製化試驗	5	5	5	4	5	3	5	4	5	4	5	5	4.5316	3	4.00	5.00	0.5
2-6	以服務為導向	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4.8175	1	5.00	5.00	0
2-7	多元化行銷	5	5	4	4	5	4	4	4	4	5	3	4	4.2068	6	4.00	5.00	0.5
2-8	開發國際客源	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4.7287	2	4.75	5.00	0.125
【三】	設備資源管理																	
3-1	既有設備自動化更新	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	3	4.6167	3	4.75	5.00	0.125
3-2	開發新型試驗項目	5	5	4	4	4	5	4	5	4	3	3	4	4.1071	5	4.00	5.00	0.5
3-3	優化現有試驗流程	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4.8175	1	5.00	5.00	0
3-4	汰換不合宜試驗設備	5	5	3	5	3	4	3	4	3	4	4	3	3.7517	2	3.00	4.25	0.625
3-5	建立法令指定試驗項目	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	3	4	4.5316	4	4.00	5.00	0.5
【四】	外部合作與轉型																	
4-1	後市場管理	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	3	4.6167	4	4.75	5.00	0.125
4-2	專業諮詢團隊	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4.8175	2	5.00	5.00	0
4-3	國際結盟	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	3	4	4.5316	5	4.00	5.00	0.5
4-4	國內研究機構合作	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	4.7033	3	5.00	5.00	0
4-5	協力實驗室	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4.9079	1	5.00	5.00	0
4-6	開發產學合作	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4.8175	2	5.00	5.00	0

資料來源：本研究製作

表 4-3 防火實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議

專家學者 編號	精進策略	其他精進建議
A1	人力資源管理	1. 人員的專業度及服務態度是實驗室成敗關鍵，正確服務效率更是市場優勢的根基。 2. 人員績效與獎勵應予連結，並藉由問卷調查(廠商)加以考核。
	檢測營運管理	1. 依行銷角度可先定義客戶及市場，再依此包裝服務產品內容，並據此制定相關之價格及推廣策略執行。 2. 國際接軌是無可避免趨勢，主動爭取合作才是正道
	設備資源管理	1. 身為國內引領指標，確保服務效益及正確性缺一不可，持續開發服務品項，不僅可建立位階，更能提升專業能見度。 2. 冗長且不合時宜的行政作業流程，應予簡化，提升效率品質。
	外部合作與轉型	積極的外部合作，主動引領開發新材料、新技術、新工法 是國家實驗室才具有的能力，並據而引導市場甚或國際推展。
A3	人力資源管理	1. 第 1 項勞務外包”重要”指建議替代役可挑選建築相關科系人員有較佳延續性及工作效率。 2. 第 2~5 項是重要。
	檢測營運管理	1. 實驗室不亞於國外，建議除開發國際客源外也要與國際接軌並依國內法規測試驗證其國外產品性能，給予國內廠商更加投入創新研發市場。 2. 試驗項目應以對建築安全人員防災避難較高效益項目列為重點。
	設備資源管理	更新優化試驗設備並以研究成果對人民有利項目建立法令指定之試驗項目。
	外部合作與轉型	第四部份 1~6 項都是非常重要項目。
A5	人力資源管理	參酌國內外試驗機構作法，建議提取檢測收入部份比例作為員工激勵獎金。

	檢測營運管理	參酌國內外試驗機構作法，建議量大客戶提供折扣優惠，以吸引檢測客源。
	設備資源管理	建議推動法令修正(如帷幕牆層間塞...等納入強制認可項目)及參酌美國、歐盟大陸、日本..等國作法減少國外報告直接轉換認可函以提高業者檢測意願。
	外部合作與轉型	與其他國際機構合作、試驗比對相互承認報告以提高業者檢測意願。
A10	人力資源管理	
	檢測營運管理	若以防火門試驗的項目而言，業者重視的程度排序，分別為：1. 以服務為導向 2. 減少行政程序 3. 試驗費用彈性報價 4. 套裝試驗折扣收費 5. 客製化試驗 6. 多元化行銷 7. 開發國際客源 8. 刪除不合宜試驗項目
	設備資源管理	
	外部合作與轉型	1. 個人所理解貴實驗室定位及任務，相較學術或民間同質性的實驗室，偏重在研究與資料建立，扮演著一份超然與無法替代的腳色，此亦今日貴實驗室在利潤微薄的困境下，追求永續發展的考量下的課題。 2. 如欲與其他實驗室競爭，在行政、人力、制度均須有所轉型，且競爭者在各項作業、收費上較具彈性，是故，如欲二者兼顧，追求產學合作與國際結盟是較可行方案。
A11	人力資源管理	試驗時間之外，檢驗人員可能有多餘時間，應先分析工作量並予量化，並向政府及相關廠商爭取研究案、評估案或設備、材料試驗，以提高貢獻度。
	檢測營運管理	所有服務應以解決客戶需求為導向，建議爭取國際知名檢驗機構認可，以服務廠商國內取得認可，國際銷售。
	設備資源管理	設備升級、自動化、標準化，可提高可靠度及可信度，增加國內外試驗之授權。
	外部合作與轉型	轉型為試驗規劃，一站式解決設施設備試驗服務，得到國際試驗機構 (非合作) 出具試驗報告資格，免去國內廠商

		送國外試驗語言、溝通障礙之缺點。
A12	人力資源管理	1. 研究人力及設備為一實驗機關之根本，需要永續發展，替代役本就不是治本作法，建研所應配置好人力及設備再向外尋求資源。 2. 檢測業務之收入應提取部份比例作為員工紅利，方能增加效率。
	檢測營運管理	好的服務本就是一個業務導向單位重要的事!
	設備資源管理	進行前導實驗計畫是永續經營的好方法
	外部合作與轉型	實驗室需接地氣!

資料來源：本研究製作

表 4-4 性能實驗相關專家問卷分析統計

【一】	人力資源管理	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	幾何平均	排序	Q1	Q3	Q.D.
1-1	勞務外包協助試驗	4	2	3	4	1	4	3	4	5	1	3	4	2.8410	5	2.75	4.00	0.625
1-2	增加外部額外人力	5	5	1	5	2	5	5	4	5	4	5	4	3.8312	3	4.00	5.00	0.5
1-3	業績獎勵制度	4	4	1	4	5	5	5	5	5	4	4	5	3.9842	2	4.00	5.00	0.5
1-4	在職訓練鼓勵進修	4	4	4	5	5	5	4	4	4	2	4	4	3.9921	1	4.00	4.25	0.125
1-5	研究生論文合作	4	3	5	5	1	5	4	4	4	2	4	4	3.4723	4	3.75	4.25	0.25
【二】	檢測營運管理																	
2-1	試驗費用彈性報價	4	4	5	3	4	4	4	5	4	3	5	4	4.0315	5	4.00	4.25	0.125
2-2	減少行政程序	5	4	2	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4.3811	2	4.00	5.00	0.5
2-3	套裝試驗折扣收費	5	4	3	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4.2858	3	4.00	5.00	0.5
2-4	刪除不合宜試驗項目	4	3	5	4	4	4	5	4	4	1	4	4	3.6110	8	4.00	4.00	0
2-5	客製化試驗	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4	5	4	4.2068	4	4.00	5.00	0.5
2-6	以服務為導向	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4.5561	1	4.00	5.00	0.5
2-7	多元化行銷	4	4	5	5	5	3	5	4	4	1	5	4	3.8182	7	4.00	5.00	0.5
2-8	開發國際客源	4	4	4	4	5	3	4	4	4	3	5	4	3.9572	6	4.00	4.00	0
【三】	設備資源管理																	
3-1	既有設備自動化更新	5	4	4	5	5	2	5	4	4	3	2	4	3.7478	5	3.75	5.00	0.625
3-2	開發新型試驗項目	5	4	5	4	2	5	5	4	5	5	5	5	4.3811	3	4.00	5.00	0.5
3-3	優化現有試驗流程	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4.4721	2	4.00	5.00	0.5
3-4	汰換不合宜試驗設備	4	3	5	5	5	5	5	4	4	3	5	4	4.2628	4	4.00	5.00	0.5
3-5	建立法令指定試驗項目	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4.6416	1	4.00	5.00	0.5
【四】	外部合作與轉型																	
4-1	後市場管理	5	4	2	4	1	4	4	4	4	5	3	4	3.4083	6	3.75	4.00	0.125
4-2	專業諮詢團隊	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5	4.5561	1	4.00	5.00	0.5
4-3	國際結盟	4	5	5	5	5	3	5	4	4	3	4	4	4.1842	3	4.00	5.00	0.5
4-4	國內研究機構合作	4	4	5	5	2	5	5	4	4	4	5	4	4.1434	4	4.00	5.00	0.5
4-5	協力實驗室	4	4	2	4	2	5	5	4	5	4	4	2	3.5566	5	3.50	4.25	0.375
4-6	開發產學合作	5	4	5	4	2	5	4	5	5	5	5	4	4.3004	2	4.00	5.00	0.5

資料來源：本研究製作

表 4-5 性能實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議

專家學者 編號	精進策略	其他精進建議
B1	人力資源管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人力資源可區分短期、中長期合作模式，例如可由專案研究計畫之研究人力支援(1年至3年)、由研究專案聘任勞務外包協助實驗或外部額外人力。 2. 內部業績獎勵制度可以實驗室單元為獎勵單位，激勵實驗室業務增加。 3. 與學術單位研究論文合作，可簽訂合作意向書方式辦理，酌收設備租借費用或培訓費方式，取代檢測費用，但學生之設備維護管理與操作需慎重考量實驗室 QA/QC 品質系統管理。
	檢測營運管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢測費用定價需報立法院等行政程序較為嚴謹，若考量單一廠商套裝實驗折扣或一定總金額以上縮短行政作業優先排定檢驗時間或積極爭取國際認證實驗客源等方式進行業務開拓。 2. 另一方面，可要求承接內政部建研所研究計畫之單位，於發表論文時，需註明實驗室設備使用「內政部建築研究所性能實驗中心設備」，接由學術研究之揭露，宣揚實驗室符合國際標準之專業能力，開拓行銷實驗室檢測能量。
	設備資源管理	<p>內政部建築研究所性能實驗中心為國內外引領法令、標章、制度、檢測、驗證等制訂及檢測之重要單位，成立至今引領開拓國內產業、法令、制度等與國際同步之實驗中心，是亞洲區域建築營建等具領先的實驗體系，必須持續更新設備設施、開發新型試驗項目、建立符合國際水準之法令指定試驗項目，引領帶動建築產業技術研發能力。</p>
	外部合作與轉型	<p>基於內政部推動之標章系統、法令制度，產品與服務驗證之後市場查核檢驗甚為重要，宜強化後市場檢測驗證技術服務、優先導入新型檢測項目於後市場查核檢驗. . 等，並與相關法人研究機構、大專校院合作組成聯盟方式，增進</p>

		技術精進與檢測量提升。
蔡耀賢	人力資源管理	<p>1. 國家實驗室，本來就與民間經營之商業實驗室不同，民間實驗室之檢測費用須能支付經營成本，因此檢測業務之項目須符合效益。另外，實驗室之財務與人事管理，亦須符合政府公益與聘任之原則，難以如商業實驗室般可營利、可自由調整人事。在因應政府財政管理模式的轉變之下，國家實驗室仍須考慮部分經費需自籌，卻又面對財務與人事管理的限制條件，最佳模式為搭配政府、大學與研究機構之研究計畫，吸引外部資金與團隊進駐，方能提高空間使用效率，並增加研究之成果。</p> <p>2. 這是約二十年前成立之初就預見的事情，但實驗中心對於研究合作並不積極，設備使用價格設定僵化，再加上官僚心態、人事管理僵化，使得大家不願意合作，是造成空間與設備使用率低的主因。建議增加「合作單位人事管理的彈性」：實驗中心不是軍營，合作單位派員次過去時不應百般刁難建議增加「研究合作執行長」之負責人，可外聘、並可依據業績敘獎，且不受既有人事管理限制。</p>
	檢測營運管理	<p>1. 許多研究單位並不知道有這些設備，且可以搭配編列計畫預算使用。</p> <p>2. 建議增加經費彈性，也就是在搭配研究計畫時，實驗設備使用的費用應有彈性，否則將壓迫研究計畫預算之編列。</p>
	設備資源管理	
	外部合作與轉型	建議增加「周邊硬體設施」，可增設販賣機、淋浴間、電動機車等生活便利性，以提升研究單位進駐的意願。
陳文卿	人力資源管理	建築研究所設立之初衷為建築技術與法規之研究，實驗室更為進一步落實並與大學之研究有所區隔，因此實驗中心人力應以現職人力為主。現職人員應降低行政負荷工作，將重心移

		轉至進行研究工作。勞務外包人力僅應視為輔助。
	檢測營運管理	檢測業務國內已有許多機構在做，建研所不必在紅海市場與其他檢測機構競爭，應有所區隔。建議兩個方向：1. 特殊性檢測(其他機構不易做的)；2. 依客戶需求調整(即客制化檢測)。若有必要甚至可以與客戶合作，讓客戶進到實驗室與所內人員共同操作儀器設備，甚至開發新進檢測技術，建立實驗中心獨特性、權威性的檢測能力。
	設備資源管理	既有設備大抵十分完備，不必做太多的擴充。自動化的目的更是因檢測數量大為提高效率而採取之作為，但現階段有此需求者應不多。因此最重要的是既有設備之定期維護妥善管理，以發揮功效。
	外部合作與轉型	實驗中心效能若欲提升必須再有資源投入，但受限於建研所現行公務預算經費無法提供寬裕之研究資源，因此與外界(大學研究機構、民間業者等)合作為較佳策略。並可藉由教授學者執行其他部會(如經濟部、科技部、環保署等)的研究計畫時，與建研所共同在實驗中心進行研究，導入其他部會的資源而可獲相輔相成之功。
黃進修	人力資源管理	績效獎金發放以檢測業務之收入應提取部份比例作為員工(派遣人力)額外激勵獎金當作年終、年中獎金鼓勵相關人員。
	檢測營運管理	依設備使用狀況，投入人力或擴充配件，經由國內相關領域專家指導，爭取目前國內各部會所需求的檢測業務，例如經濟部工業局公告爐渣再利用管理方式附件熱壓膨脹試驗法(高壓蒸壓釜)，CNS12459 卜特蘭水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、石灰石含量測試方法，都是現行建研所設備可以承接項目。
	設備資源管理	檢討試驗設備在達使用年限後進行招標販售或汰除。
	外部合作與轉型	

資料來源：本研究製作

表 4-6 風工程實驗相關專家問卷分析統計

【一】	人力資源管理	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	幾何平均	排序	Q1	Q3	Q.D.
1-1	勞務外包協助試驗	4	5	3	1	2	5	4	4	3	3.1296	5	3.00	4.00	0.5
1-2	增加外部額外人力	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.8776	1	5.00	5.00	0
1-3	業績獎勵制度	5	5	3	5	3	5	5	5	3	4.2172	4	3.00	5.00	1
1-4	在職訓練鼓勵進修	5	5	4	4	4	5	4	5	4	4.4170	3	4.00	5.00	0.5
1-5	研究生論文合作	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4.7581	2	5.00	5.00	0
【二】	檢測營運管理														
2-1	試驗費用彈性報價	5	5	2	4	4	3	3	5	3	3.6247	7	3.00	5.00	1
2-2	減少行政程序	5	5	4	5	4	3	5	5	4	4.3855	1	4.00	5.00	0.5
2-3	套裝試驗折扣收費	4	5	3	3	4	4	4	5	3	3.8190	6	3.00	4.00	0.5
2-4	刪除不合宜試驗項目	3	4	2	2	2	3	4	2	3	2.6707	8	2.00	3.00	0.5
2-5	客製化試驗	4	5	4	5	4	5	4	5	3	4.2781	4	4.00	5.00	0.5
2-6	以服務為導向	4	5	5	4	5	5	4	5	3	4.3855	1	4.00	5.00	0.5
2-7	多元化行銷	4	5	3	5	5	4	5	5	4	4.3855	1	4.00	5.00	0.5
2-8	開發國際客源	4	5	5	5	3	4	4	5	3	4.1435	5	4.00	5.00	0.5
【三】	設備資源管理														
3-1	既有設備自動化更新	4	5	4	3	3	5	4	5	5	4.1435	4	4.00	5.00	0.5
3-2	開發新型試驗項目	3	5	5	5	4	5	4	5	5	4.4956	3	4.00	5.00	0.5
3-3	優化現有試驗流程	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4.5279	2	4.00	5.00	0.5
3-4	汰換不合宜試驗設備	4	5	4	4	3	5	4	4	4	4.0711	5	4.00	4.00	0
3-5	建立法令指定試驗項目	5	5	5	5	5	4	5	5	3	4.6084	1	5.00	5.00	0
【四】	外部合作與轉型														
4-1	後市場管理	4	5	3	4	4	5	4	2	3	3.6508	6	3.00	4.00	0.5
4-2	專業諮詢團隊	4	5	4	4	4	5	5	5	3	4.2781	4	4.00	5.00	0.5
4-3	國際結盟	3	5	5	4	3	4	3	4	4	3.8190	5	3.00	4.00	0.5
4-4	國內研究機構合作	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4.7581	1	5.00	5.00	0
4-5	協力實驗室	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4.4170	3	4.00	5.00	0.5
4-6	開發產學合作	3	5	5	5	5	5	4	5	4	4.4956	2	4.00	5.00	0.5

資料來源：本研究製作

表 4-7 風工程填寫專家學者之其他精建議

專家學者 編號	精進策略	其他精進建議
C2	人力資源管理	1. 研究生論文合作建議不限制建築物相關，指導論文數量與貢獻也可列入業績獎勵制度。 2. 建議外聘專任或兼任其他大學或研究機構人員常駐實驗室工作，以補足實驗室人員短缺問題。
	檢測營運管理	
	設備資源管理	風洞部份設備已達使用年限，量測儀器與操作系統需迫切更新，另外相關量測設備可改為自動量測，可減少人力操作。
	外部合作與轉型	與其他研究單位共同合作，並運用實驗中心各項設備，可促進貴所研究能力提升與成果產出。
C3	人力資源管理	除勞力工之外之技術人員宜自行培養以利實驗室長期營運。
	檢測營運管理	這幾年受景氣及區域性之影響較大，再加上台灣目前並非所有門窗帷幕都要試驗，是造成案量變少的主因。台灣試驗費用已偏低，多數試驗費用會花在額外的勞力上而非測試費用，修改測試費用幫助不大。
	設備資源管理	故障率高的設備還是建議要更新。
	外部合作與轉型	國家實驗室的定位建議還是以研究為主軸，商業測試為輔。商業測試的目的是用來增加研究資料的樣本數。但利用國家實驗室的角色，可以承接一些不需要 TAF 認證，但又想要有公正性的特殊試驗，不用局限於 TAF 認證試驗。
C5	人力資源管理	提供短期研究機會，讓學者或業界技師從事半年或一年的合作研究，已能駐在實驗室為主，共同研究課題與試驗業務平行推動。
	檢測營運管理	
	設備資源管理	強化內部工作人員多元的實驗操作能力、分析能力，有助於跨單位整合，相互支援人力。
	外部合作與轉型	
C6	人力資源管理	人力短缺將導致實驗室運作產生問題，除基本

		人工外，建議增加實驗室相關領域常駐人員，以維持一定運作能量。業績獎勵必然會產生某程度之工作士氣與積極度，如何保持業績量、研究能量平衡可再詳加討論。
	檢測營運管理	檢測量與研究能量如何平衡應由實驗室明確決定，要先確定每月實驗室規劃時程(含研究案、租借日等)，且需考量實驗室成員可參與之時段，做整體規劃評估後才能了解實驗室能承接之案量。
	設備資源管理	風洞實驗室已成立十餘年，許多大型設備已開始進入維修汰換期，建議早日評估需維修更換之設備以利實驗室後續運作。購買大型或貴重設備時須於初期編列定期校正、保養、檢修預算，將降低實驗室運作之管理成本，另建議備有專門人員負責。
	外部合作與轉型	
C7	人力資源管理	研究生論文合作可擴及全台灣相關系所合作，以增加合作廣度及深度。
	檢測營運管理	檢測服務團隊需有專業性，能掌握業界需求以及技術能量，並透過參與國際會議或國際期刊方能有機會開發國際客源。
	設備資源管理	試驗設備性能及相關試驗基本資料庫需要從基本扎根，並建立試驗標準流程與相關可靠度分析，以利實驗室人員訓練與交接，維持實驗室長久可靠運作。
	外部合作與轉型	由於風工程為跨領域的學科研究，除了科技部計畫外，可以積極尋求其他部會的研究計畫，如農委會(溫室、農作物風災問題)、經濟部(太陽能光電、風力發電機抗風設計)等研究計畫。
C8	人力資源管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加外部人力或勞務外包，均與營收及預算攸關，如何增加營收或預算與前言中，均表示有困難，惟仍建議探討。 2. 防火、性能實驗中心之問卷均由主任級同仁負責，何以後二者只以副研究員辦理，似不重要？或業績較好。 <p>. 四大部分之表頭均缺左上角欄位與陳述，未知</p>

		其用義，與是否有重要性之排序。
	檢測營運管理	<p>1. 第 6 項云：「減少行政官僚作為」，是否為建研所常規？陳述不當？要以服務為導向，建議建研所能給受測試商品改善，協助提供專業智能的技術指導，提昇創新開發能力。(類四之 2 項)</p> <p>2. 擴大宣傳以廣周知，建議如行文公共程委員會與各工程主管機關，告示本所各實驗室能辦理之國家標準試驗項目，本所得客觀公正立場協助施工構材設備檢測，請各機關多應用。</p> <p>3. 擴大宣傳以廣周知，就各個實驗室準備投稿建築師雜誌，專業詳細介紹試驗室特色，可以行的檢測幾項 CNS 的實驗，與對應業界需求等，使建築設計師在監造工程品質要求，知道應用本所試驗室；退休的廖組長為該雜誌之總輯，可情商以專刊方式發行。</p> <p>4. 第 4 項所謂「不合宜試驗項目」，受問卷者不明所指為何？概業界產品在適用國家標準，需要檢測試驗者，我方有能力辦理時，均屬合宜試驗項目。</p>
	設備資源管理	<p>1. 第 3 項之第 2 行在符合試驗標及條件下，是否落了標「準」1 字。</p> <p>2. 本大項下，對於設備資源管理缺乏獨立自主維護的能力提昇，減少委外維修的機制。</p> <p>3. 第 4 項汰換不合宜試驗設備，內文只是「汰除」，莫名其妙；如試驗設備對界業、研究實驗很重要，仍應爭取預算汰換，或購置更先進的設備。</p>
	外部合作與轉型	第 1 項目標放在爭議處理與協助，易捲入紛爭旋渦，不宜。但對於產品，因甲方或乙方要求的再試驗驗證為妨。
C9	人力資源管理	建研所風洞試驗室應配置熟稔各項風洞試驗的長期專業人員，自我評估年度維護預算以及參與各種進修課程。由於建研所風洞設備十分齊全且可同時進行商業與學術案，建議應配置一

		<p>名風工程背景之博士以及至少一名風工程背景的碩士為常態。不僅能發展自我技術且有利於爭取研究計畫。國家單位的實驗室不應以業務賺錢為主，應該以提升整體國內風工程學術水準為核心目標。</p>
	檢測營運管理	<p>產學服務部分要如何變化沒有意見，但建議風洞試驗的內容要力求正確且最好能有具風工程背景的大學教授作為理論技術顧問指導。國家級實驗室所做出來的風洞試驗結果若被外人挑戰沒有公信力，或者內容不依據科學理論根據來進行，則會造成永久性的信譽受損，應審慎之。</p>
	設備資源管理	<p>既然是國家級實驗室，應當具備我國最先進的實驗設備且應該能進行多種風洞試驗項目。建議可以考慮淘汰下來的儀器設備若還堪用，可以優先考慮轉售給大專院校作為推廣教育使用。</p>
	外部合作與轉型	<p>目前國家預算有限，即便是國家等級實驗室也不見得可以籌措到足夠的經費來開創新型實驗，建議與國內知名的風工程實驗室合作，屏除過去因業務競爭造成的嫌隙，建立國際實驗平台、共同撰寫科研計畫、共同開發產學合作項目、建議風工程教育推廣機制、藉由教授引薦與國外知名學研機構交流互訪等，積極擔任起國內領頭角色。</p>

資料來源：本研究製作

表 4-8 材料實驗相關專家問卷分析統計

【一】	人力資源管理	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	幾何平均	排序	Q1	Q3	Q.D.
1-1	勞務外包協助試驗	4	3	5	5	4	5	4	4	4.1955	2	4.00	5.00	0.5
1-2	增加外部額外人力	5	4	4	5	2	5	4	5	4.1010	3	4.00	5.00	0.5
1-3	業績獎勵制度	4	4	4	5	4	5	3	3	3.9360	4	3.75	4.25	0.25
1-4	在職訓練鼓勵進修	4	4	4	5	3	5	3	4	3.9360	4	3.75	4.25	0.25
1-5	研究生論文合作	5	4	4	5	5	4	4	4	4.3491	1	4.00	5.00	0.5
【二】	檢測營運管理													
2-1	試驗費用彈性報價	4	4	3	4	4	5	4	3	3.8277	6	3.75	4.00	0.125
2-2	減少行政程序	5	4	4	4	5	5	4	4	4.3491	2	4.00	5.00	0.5
2-3	套裝試驗折扣收費	5	4	4	4	4	5	4	3	4.0801	4	4.00	4.25	0.125
2-4	刪除不合宜試驗項目	4	5	4	5	2	5	3	3	3.7114	7	3.00	5.00	1
2-5	客製化試驗	4	4	4	5	3	5	4	4	4.0801	4	4.00	4.25	0.125
2-6	以服務為導向	5	4	4	4	3	5	4	5	4.1955	3	4.00	5.00	0.5
2-7	多元化行銷	5	5	4	5	5	5	4	5	4.7287	1	4.75	5.00	0.125
2-8	開發國際客源	4	3	4	5	1	5	4	4	3.4309	8	3.75	4.25	0.25
【三】	設備資源管理													
3-1	既有設備自動化更新	4	3	4	5	3	5	4	4	3.9360	5	3.75	4.25	0.25
3-2	開發新型試驗項目	5	4	4	5	5	5	4	5	4.5986	1	4.00	5.00	0.5
3-3	優化現有試驗流程	4	4	4	5	5	5	4	4	4.3491	2	4.00	5.00	0.5
3-4	汰換不合宜試驗設備	5	5	4	5	4	5	3	4	4.3142	3	4.00	5.00	0.5
3-5	建立法令指定試驗項目	4	3	4	5	4	5	4	5	4.1955	4	4.00	5.00	0.5
【四】	外部合作與轉型													
4-1	後市場管理	5	4	4	5	3	5	3	5	4.1618	5	3.75	5.00	0.625
4-2	專業諮詢團隊	5	4	4	5	4	5	3	4	4.1955	4	4.00	5.00	0.5
4-3	國際結盟	5	3	4	5	4	4	3	5	4.0473	6	3.75	5.00	0.625
4-4	國內研究機構合作	5	5	4	5	5	4	4	4	4.4721	1	4.00	5.00	0.5
4-5	協力實驗室	5	4	4	5	4	5	4	4	4.3491	3	4.00	5.00	0.5
4-6	開發產學合作	5	4	4	5	5	5	4	4	4.4721	1	4.00	5.00	0.5

資料來源：本研究製作

表 4-9 材料實驗中心填寫問卷專家學者相關精進建議

專家學者 編號	精進策略	期他精進建議
D3 李宏仁	人力資源管理	關於第 5 項建議應就實驗室或中心之設備資源及研究課題，尋求最適宜合作的相關大專院校系所教授合作指導，不限”就近與鄰近”。
	檢測營運管理	無
	設備資源管理	無
	外部合作與轉 型	無
吳崇豪	人力資源管理	無
	檢測營運管理	無
	設備資源管理	無
	外部合作與轉 型	與所外實驗室建立合作及交流機制時，仍需保有所內實驗室的獨特性，區隔出與其他實驗室的不同處，以維持所內實驗室的競爭力。
盧昭宏	人力資源管理	無
	檢測營運管理	無
	設備資源管理	無
	外部合作與轉 型	後市場管理部分，建立中立客觀之爭議案件最終裁定機構其待克服之議題甚多，建議須審慎研議。

資料來源：本研究製作

第四節 實驗室發展策略

由於實驗室檢測項目均非屬建築法令明文要求或經濟部標檢局應施檢驗項目，而多為建築契約中設計與驗收要求(都更開發商、工程顧問公司、建築師與技師等)或各縣市辦理都市設計審議環評過程中委員針對個案提出檢測要求，試驗項目較不具強制性。在目前檢測市場上，國內目前通過財團法人全國認證基金會(TAF)認可之帷幕牆風雨試驗室共計3家，除本所1座大型測試艙外，其他實驗室共計已建置多達13座大小型測試艙，顯示在國內帷幕牆耐風雨檢測技術已趨成熟、市場選擇性多；門窗耐風雨試驗亦然。

風雨風洞實驗室人力含編制、約聘及派遣人員共計6員，以學歷區分具有博士3員、碩士2員、大學學歷1員；以職務區分副研究員級3人，研發替代役1人，研究助理級1人，助理級1人，實驗研究及檢測業務涉及國內建築門窗、帷幕牆等構造及建築風力、外牆風壓等抗風性能測試。

實驗室包含二大實驗館，分別是風雨實驗館及風洞實驗館。風雨實驗館包含帷幕牆風雨測試艙(可測試10m×12m帷幕牆)及門窗風雨測試艙(可測試2.8m×2.8m門窗)各一座，主要進行帷幕牆與門窗相關風雨試驗研究與性能檢測技術服務，計有8項風雨檢測項目獲得TAF認可。風洞實驗館則以執行建築環境風場試驗、建築外表披覆物風壓試驗、建築結構風載重試驗、橋梁風洞試驗、建築設備抗風測試、百葉窗通風率試驗、小型風力發電機效率試驗、流場可視化試驗、以及汙染擴散等風工程相關項目試驗等。其中建築結構風載重試驗與建築外表披覆物風壓試驗分別於104年11月24日及107年9月26日取得TAF認可，2項皆是目前國內建築風洞首創唯一通過TAF認證，對於建築抗風檢驗更具公信力。目前所有儀器設備皆配合實驗研究與因應委託檢測妥善運用中，無閒置情事。

93至107年間為就建築物耐風設計整體檢討與國際規範接軌並切合使用需求，辦理建築風工程委託/協同/自辦研究案共計111案，且於103年6月12日經內政部修正發布新版建築耐風設計規範及解說，自104年1月1日施行。配合該規範並於106年出版「建築物耐風設計技術手冊」及設計應用軟體開發，且刻正辦理「帷幕牆系統結構耐風設計手冊」(草案)出版審查。實驗室同仁除例行實驗檢測業務外，97年至107年間總計發表25

篇研究期刊及研討會論文。

一、人力精進策略

實驗室因屬性特殊，人員除要具備基本流體與結構力學背景外，尚需要有執行完整實驗規劃、數據量測、資料分析與判讀結果的能力，方能正確地執行賦予的檢測試驗，為避免人員更迭，造成前揭任一環節或經驗無法傳承，延宕檢測案執行效率等問題，研擬因應對策(1)檢測流程標準化並持續更新(2)數據資料分析程式化等。

二、設備升級及汰換策略

因應未來新技術或法令修改，現有設備需汰換或升級，實驗室之儀器設備盤點清單，受理檢測項目共計 12 項。由於多數儀器設備已建置多年，為配合未來檢測項目及擴充量測能量，分別針對門窗、帷幕牆及風洞試驗提列汰換項目與時程，共計 11 項儀器設備規劃於 110 年間辦理採購更替，合計預算金額約 580 萬元，經費來源為 110 年建築科技計畫。

三、實驗研究與檢測服務發展策略

目前實驗室主要試驗工作仍在配合法令、規範、標準研修，工法、構法檢證工作，因此研擬包括(1)開發新型式試驗項目：協助系統廠商進行光電模組之構架與接合系統耐風測試開發新型式試驗項目(2)實驗量測技術再提升：精進風洞量測能力與風場模擬技術，研發行人風場定向地表風速計(3)申請「建築環境風場試驗」TAF 增項認可(4)擴大與民間機構或研究單位之結盟(5)實驗室接受委託試驗檢測服務項目行文相關單位，增加能見度(6)與相關研究機構或大專院校合作研究，共同接受業務委託或合作提出科技部產學合作計畫等 6 項因應對策。

風雨風洞實驗室實驗設備更新活化及發展精進策略可行性評估表

議題	序號	座談會建議事項	可行性初評	辦理時程	說明
1. 如何突破機關人力及經費使用限制	1-1	可考量結合其他檢驗單位之接受外包實驗業務，增加收入便能增加必要之外包人力。	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	實驗室業於 108 年度執行勞力外包採購，目前刻正辦理簽約中。訂約後即可配合執行相關試驗，以補人力不足問題。
	1-2	為提升實驗業務量，除非比照民間單位在延攬業務，排程與配合度上有專人專責，否則不易提升競爭力。	法令技術： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input checked="" type="checkbox"/> 長期	實驗排程與配合度上已有同仁專門負責，惟依本所組織章程，難以設立延攬業務人員。
	1-3	可與附近各大專院校合作，讓教授及碩、博士生撰寫論文及合作申請專利，不只可造就人才也可協助實驗人力。	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input checked="" type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	本所業於 87 年與國立成功大學簽訂「合作建置建築研究實驗設施協議書」、「國立成功大學使用內政部建築研究所防火暨性能實驗設施協議書」，於該協議書基礎架構下進行合作，並同步訓練培育研究人員（生）試驗能量。
2. 如何增加	2-1	就超高層建築與周邊環境風場	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期	超高層建築與周邊環境風場

檢測收入		之風洞實驗已納入都市設計審議應施實驗項目，對開拓風洞實驗業務應有所助益。	市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	之風洞實驗納入都市設計審議應施實驗項目，係放寬應評估限制，致使實驗室檢測來源減少。
	2-2	提升替換率，要給予彈性讓委託單位掌握產品改進的時間	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	目前門窗與帷幕牆檢測，於正式實驗前皆有安排預試供廠商提前掌握產品安裝現況或修正。
	2-3	可結盟台灣帷幕牆技術發展協會，連結該協會的網站提供業界瞭解實驗室排程空檔	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	近期與台灣帷幕牆技術發展協會研商，於其網頁平台連結實驗室檢測排程，供其所屬會員瀏覽，以增加檢測機會，已於 107 年 10 月 15 日完成連結。
	2-4	可多聯繫過往來測試的廠商，以增加利用率	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	自今(108)年度起，配合風險管理及危機處理小組會議之對策，執行相關廠商連繫工作。
	2-5	可考慮接洽太陽光電系統廠商，做相關之耐風檢測	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	107 年 10 月已有執行永達綠能科技公司委託光電系統檢測案。

3. 業務拓展	3-1	營運需注意開源節流並重，目前最大問題在於檢測業務易受營建業景氣影響，亟需經由研究結果修訂相關法規或規範轉為更具強制性之法定檢測業務。	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input checked="" type="checkbox"/> 長期	風雨風洞檢測試驗項目，除行人風場環境影響評估為法令規定項目外，皆為業界基於產品開發與契約關係自行送試體檢測，未來若擬納入法令規定轉為具強制性之法定檢測業務，尚須考量立法必要性、急迫性或業界意願等問題。
	3-2	與相關研究機構或大專院校合作研究，甚至共同接受業務委託，或可增加部分收入	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input checked="" type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	目前實驗室已與國立成功大學航空太空科技研究中心就風洞檢測案相互合作，自 104 年迄今已有 5 案，包含伍彩東急建案、聖得福公司新北市中和建案、亞洲水泥花蓮太魯閣儲料倉、中龍鋼鐵物料堆置倉及花蓮太魯閣山月吊橋等，藉以提升承接更多元類型試驗之可能，並彌補實驗室試驗能量與執行人力之不足。
	3-3	開發新式實驗項目建議應配合	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期	配合 109 年度科技計畫申請

	法規修正或新訂項目，並有前瞻研發性，方可帶動產業界，或培育產業人才	市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	890 元經費，擬辦理造風設備安全防護暨性能提升改善工作，經費已初步核定。設備改善後可執行建築構造實尺寸耐風試驗，協助業界進行產品研發，確認耐風等級。
3-4	建議以上位的角度，創新研究成果，培養風洞人才，配合規範修訂等方向，提升整個國家在風工程之能量與提升產業界之能力品質為主	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input checked="" type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	風工程研究計畫與各大學教授密切合作，儘可能於研究計畫，應用本所風洞實驗設備，藉由計畫執行與試驗過程，培養風工程試驗人才，且研究成果可作為耐風規範修訂之參考。例如 108 年度正執行太陽能光電系統耐風規範研擬計畫，其成果可據以修訂規範。
3-5	從法規面制訂，公家建物如需風雨風洞實驗可以本實驗室為主，或作為提供查驗之第三公正實驗機構，或驗證校正實驗單位	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input checked="" type="checkbox"/> 長期	目前實驗室所有檢測項目均無需經評定機構判定，且未有後市場查驗制度需配合事項；需參考其他機關辦理模式，再研擬可行性作法。

4. 如何擴展 能見度	3-6	爭取科發及科專計畫	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	106 與 107 年皆已有執行相關科發計畫。108 年度計畫亦刻正執行中。
	3-7	帷幕牆目前並無廠家申請正字標記，或可考量將帷幕牆列入正字標記公告品目之一，也許可擴大市場	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input checked="" type="checkbox"/> 長期	經濟部標準檢驗局建議可申請帷幕牆正字標記以增加市場辨識度部分，由於帷幕牆尺寸較大，構造工法皆因設計不同，逐案迥異，非如門窗難以系統性生產販售，故以正字標記增加檢測案量恐難收成效
	4-1	可製作廣告說明函送相關營建主辦機關與設計監造單位或專業營建管理 PCM 業者	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	已於 107 年 10 月 30 日發文，發文對象除各縣市政府外，相關建築師公會、土木結構技師公會、工程顧問公司、建築師事務所、土木結構技師事務所、建設公司等以及過去十餘年來送測廠商亦為發函對象，相關行文單位將近兩百個，藉此推廣以增加實驗室之檢測業務量。

	4-2	在本所及建築中心網站展示風雨風洞實驗室之能量與業務項目，以增加承接檢測或實驗項目之機會	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	目前本所及實驗室網頁已有展示檢測業務項目內容及對應之專辦同仁與聯絡方式說明。
	4-3	若能在建築師公會、建築投資公會、工程顧問業公會或土木水利學會網站連結，亦當有所助益	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	將循實驗室與台灣帷幕牆技術發展協會網頁連結模式，積極與相關工會團體洽商。
	4-4	辦理座談會、論文發表會等讓相關業者及研究人員多利用本實驗室	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input checked="" type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	本所已長期與中華民國風工程學會協同辦理論文研討會與規範技術講習會，並藉以展市宣傳實驗室檢測能量。
5. 其他	5-1	收費標準應可再具彈性，以符合實際執行面	法令技術： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input checked="" type="checkbox"/> 中期 <input type="checkbox"/> 長期	本所並無此項服務，需配合修訂本所實驗設施技術收費標準。
	5-2	收支管理辦法之改變，才可永續經營	法令技術： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 市場接受性： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行 經費編列： <input type="checkbox"/> 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 人力支援： <input checked="" type="checkbox"/> 可行 <input type="checkbox"/> 不可行	<input type="checkbox"/> 短期 <input type="checkbox"/> 中期 <input checked="" type="checkbox"/> 長期	依法現行收支併列案款，應依法定預算切實執行，所有預算內之超收及預算外之收入，皆應依有關規定辦理繳庫。

第五章 結論與建議

第一節 結論

1. 本研試驗設備精進上，規劃發展實尺寸耐風試驗及門窗現地試驗，實尺寸耐風試驗已現有造風設備進行改善，擬更新葉片且增加防護筒身以確保其安全性。另擬增加一集風管，使其風速提高達 60m/s，改善後將更具安全性並可達 17 級風速。設備擬改造規格、功能研擬完畢，同時亦已申請科技部經費補助 890 萬元整，獲同意全額補助。
2. 實驗室檢測案精進策略發展，本研究進行專家問卷，應用德菲法進行統計分析，以了解專家們的集體共識。本研究經由文獻和專家學者意見，研擬 4 項構面及 24 項策略要點，分別為人力資源管理構面：勞務外包協助試驗、增加外部額外人力、業績獎勵制度、在職訓練鼓勵進修、研究生論文合作等 5 點；檢測營運管理構面：試驗費用彈性報價、減少行政程序、套裝試驗折扣收費、刪除不合宜試驗項目、客製化試驗、以服務為導向、多元化行銷、開發國際客源等 8 策略要點；設備資源管理構面：既有設備自動化更新、開發新型試驗項目、優化現有試驗流程、汰換不合宜試驗設備、建立法令指定試驗項目等 5 策略要點；外部合作與轉型：後市場管理、專業諮詢團隊、國際結盟、國內研究機構合作、協力實驗室、開發產學合作等 6 策略要點。
3. 風工程實驗相關專家問卷統計結果，在人力資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：為增加外部額外人力、研究生論文合作、在職訓練鼓勵進修、業績獎勵制度、勞務外包協助試驗。檢測營運管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為：減少行政程序、以服務為導向、多元化行銷、客製化試驗、開發國際客源、套裝試驗折扣收費、試驗費用彈性報價、刪除不合宜試驗項目。設備資源管理策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為建立法令指定試驗項目、優化現有試驗流程、開發新型試驗項目、既有設備自動化更新、汰換不合宜試驗設備。外部合作與轉型策略方面，各項策略的重要程度排序，依最高到最低分別為國內研究機構合作、開發產學合作、協力實驗室、專業諮詢團隊、國際結盟、後市場管理。

第二節 建議

建議一

本所應就實驗室整體發展加以定位，再依研究成果，研擬發展對策與行動方案：立即可行建議

主辦單位：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦單位：內政部建築研究所

本研究問卷設計完成後，即開始發放給各不同領域專家學者填寫問卷，問卷回收後進行統計分析，歸納出專家學者對本所實驗室檢測業務精進策略的集體共識，建議本所應就實驗室整體發展加以定位，再依研究成果，研擬發展對策與行動方案。

建議二

本研究研擬之設備精進方案，應進行市場需求調查：立即可行建議

主辦單位：內政部建築研究所風雨風洞實驗室

協辦單位：內政部建築研究所

實驗設備精進作為上，除現有帷幕牆、門窗風雨試驗及建築物結構載重、行人環境風場、外表被覆物風壓試驗等風洞試驗外，本研究擬再開發實尺寸耐風試驗，建議後續再就其市場性進行調查，以符合效益。

附錄一：期初審查會議紀錄

內政部建築研究所 108 年度第 3 次研究業務協調會議紀錄

一、時間：108 年 3 月 4 日(星期一)下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：王所長榮進

記錄：郭建源、李台光、林谷陶
林招焯、靳燕玲、李其忠

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、研究案主持人簡報：(略)

七、發言要點(依簡報順序)：

(一)「風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能精進研究」案：

1. 本所與成大簽訂合作協議，研究生因研究需求申請使用本所儀器，可折減試驗費用，未來可就人力配合上再討論。另因南部區位發展及土地使用問題，亦可再思考成大以外的合作可能。
2. 本計畫建議先檢討現行人力缺口，確認發展主力並積極尋求外部合作機會，儀器設備應以能呈現實驗室績效為優先。同時，應考量長期人力培養與技術傳承問題。
3. 建議回顧當初儀器設備建置原始構想，通盤檢討目前需求性與未來發展性，再一併規劃儀器汰舊換新與空間配置。設備更新或性能提升後，亦涉及未來人力運用、維護及品質管理等議題，建議應全面且廣泛的探討。
4. 環評法令放寬環境風場風洞試驗條件使檢測案件減少，可再研究是否適用其他法令途徑，以創造試驗需求。
5. 簡報所擬之未來短中長期策略，可就應用性再務實調整。

(二)「材料實驗中心實驗設備發展精進策略之研究」案：

1. 檢測案件量受營建產業景氣變動影響僅係表面因素(如 BRB 檢測近期量增)，應全盤探討其他影響因素，以納入研擬因應對策之參考。
2. 因應面臨營運人力不足，請洽商台灣建築中心擬材料實驗中心空間利用計畫，通盤考量收費及如何支援實驗中心人力。
3. 本案應對現有儀器設備進行盤點，檢討使用現況與建置構想之落差，以做為未來規劃設備採購之參考。
4. 針對現有設備汰換或升級發展之規劃，應先探討市場需求性，並補充說明本案之研究方法。
5. 本案研究內容建議納入精進檢測業務之策略研析。

(三)「我國與日本推動智慧家庭數據應用環境政策比較研究」案：

1. 目前日本已開始推動物聯網、人工智慧等先進科技落實於智慧家庭數據加值之實證應用，其政策推廣方式，應可供本所推動「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫」之參考。
2. 本案研究建議可再參考日本總務省有關 5G、無人機、無人商店等智慧生活科技相關應用內容。
3. 日本智慧家庭中智慧家電應用情形，尤其既有建築中如何導入相關物聯網設施設備及其通訊模組等均請加強收集，提供本所智慧化居住空間展示中心動態展覽更新參考。
4. 有關日本推動智慧家庭產生可供人工智慧分析之相關安全監控、能源管理、健康照護等數據，如何收集、傳

遞、整合及加值應用等，請於研究過程中詳細探討供參。

5. 本案研究擬進行之案例分析，建議進行公私部門建造之住宅導入不同軟、硬體及服務內容之比對分析。
6. 本案智慧家庭相關安全監控需求，建議納入日本坡地社區周圍山坡地質監控資訊傳播應用經驗，供本所智慧防災應用之參考。

(四)「樓板緩衝材動態剛性實驗量測技術之研究」案：

1. 本案研究範疇為樓板緩衝材動態剛性相關實驗設施建置與驗證，俟添購部分設備及搭配現有儀器完成相關設備整合驗證，及修改相關收費標準後實驗室可收件檢測，相關成果可拓展本所實驗能量。
2. 建議本案可將不同樓板表面材施作方法對樓板衝擊音隔音之影響，納入研究探討。
3. 研究主題對本所實驗室具有重要性，相關設施建置效益可擴增實驗能量，預期可增加相關檢測收入。
4. 本案研究為建置緩衝材動態剛性之實驗設備及方法，目前國內亦有 2 家實驗室具相關檢測能量，本所建置相關檢測設施未來除進行相關動態剛性檢測外，亦可參與法規後市場管理相關驗證檢測業務，以擴增應用範圍。

(五)「高齡社會之友善人行道環境研究」案：

1. 研究課題配合我國已於 107 年 3 月底正式邁入高齡社會，亟須建置友善之人行道環境，可考慮以台北市或新北市路段為案例探討。
2. 請瞭解現行都市計畫或土地管理留設騎樓或無遮簷人行道之規定，以及現行法規之人行道、無障礙設施及公共設施帶等空間重疊課題，得納入研究範圍考量。

3. 至既有市區道路人行道寬度不足，參考國外經驗或考量縮減車道等作法，得一併納入探討。

(六)「實尺寸鋼構屋邊柱之火害結構行為研究」案：

1. 本案除參考英國 Cardington 實尺寸鋼構屋火害實驗數據資料庫格式建立外，建議規劃如何運用資料庫，以增加實驗室之收入。
2. 本案研究經費編列似乎偏低，請補充說明原由。

八、會議結論：

- (一)、請參考與會同仁之寶貴意見，並請納入研究內容參採修正，使研究成果更為豐富完整。
- (二)、本年度 4 案實驗中心(室)未來營運發展策略研究計畫，俟有階段性成果後再依序提報所務會議討論。

九、散會：(下午 5 時整)

風力振動對螺栓鬆脫或太陽能電池隱裂來探討。

2. 本實測定義的強風，在風洞測試應如何考量。
3. 國內很多系統強調可抗 17 級風，耐風測試如何協助國內廠商證明此能力。

陳組長建忠：

1. 如何將光電板耐風試驗納入現行法令制度與檢測機制中，以提升本研究未來執行實際效益，宜加以考量。
2. 應釐清模組與系統廠商兩者間，於實驗施作介面上該如何銜接，如何確認接頭依然堪用及對應之颱風規模等，應加以探究。

計畫主持人回應（李主任鎮宏）：

1. 目前光電廠商以如何通過耐風檢測與支撐系統廠商篩選，進而與保險公司討論降低設備保費為目標；如能將本案相關檢測要求納入躉購費率加成獎勵中，則可提升未來光電板耐風檢測成效。
2. 後續將納入光電板上壓力孔佈設量測並與耐風設計相關係數比對之研究。
3. 研究中之陣風風速係以尖峰 3 秒來加以定義。
4. 光電板規格與會議中委員所提疏漏之處，將於期末報告中修正納入。

（二）「風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能精進研究」案：

中華民國全國建築師公會 曹建築師書生：

1. 收費標準的彈性應用，方有吸引廠商檢測意願。
2. 人力資源管理可強化智慧化管理以節省人力。
3. 加強宣導具 TAF 認證的項目，使其較益推廣及理解。

社團法人中華民國風工程學會 黎秘書長益肇：

1. 將國內業者常交付檢測實驗室列表比較軟硬體優劣勢，進而瞭解需加強部份。
2. 風洞試驗作業標準化，建置工作文件，培養專職技工負責實驗前置工作及保養維護工作。
3. 建議思考檢測案以外之實驗室運用模式，培養風工程相關人才與產學合作亦是可用模式，例如學界以折扣方式租用風洞，其可協助建置資料庫、聯名投稿期刊及學生派駐協助試驗等方式回饋。
4. 建築風洞檢測後續服務至為重要，承辦人員需具有風工程之相關知能以提供服務。

財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所 黃經理朝陽：

1. 水面型太陽光電系統之受風力影響，是否可納入檢測試驗研

究。

2. 太陽光電板是否受風力造成脫框，亦是實驗室未來可發展之檢測項目。
3. 建議協助訂定太陽光電系統結構風力係數，並與國外規範進行試驗比較。

陳組長建忠：

1. 本所試驗設備精良，但負有公共利益責任，以致人力應用或收費靈活性不及民間企業，應考量現有情況下，如何增加作業效益。另應加強宣導知名度與相關試驗設備能量，提供業界檢測參考。
2. 儀器設備更新應採移地重建或是既有設備更新，除考量成本外，亦應瞭解業界需求，從供給面與需求面探討可行性。

計畫主持人回應（郭副研究員建源）：

1. 本所實驗室以研究試驗提供工程技術法令標準修訂之依據，並協助民間廠商執行產品創新驗證，在人力與經費緊縮下，儀器設備智慧化管理與新型試驗運作模式，已列入本研究問卷題項內，如專家意見一致可為未來發展方向。
2. 在實驗儀器設備精進更新上，本研究擬從供給面與需求面上探討新增試驗項目（太陽光電脫框試驗）之市場性與必要性，以為未來建置儀器設備之參考。
3. 本所風洞試驗之建築結構風載重試驗及建築外表被覆風壓試驗等2項試驗通過 TAF 認證，相關試驗作業文件已標準化，且目前亦有專責人員執行儀器保養維護工作。

七、會議結論：

- （一）本次會議2案期中報告，經審查結果原則通過。請詳實記載出席代表意見，並請計畫主持人參採，於期末報告書作適當回應。
- （二）請計畫主持人掌握研究時程，並請留意成果報告格式，以符規定。

八、散會：中午12時10分。

- 3.部分設備設施如耐久耐候性、非破壞檢測、耐化學性、電子顯微鏡等，如何策進試驗經營，對建築材料檢測應用與研究，尚待加強探討。
- 4.實驗室之整體經營方針、研究檢測試驗之發展策略，建請研究創新計畫。
- 5.實驗室如何推動精進，其策略宜由實驗室主任主辦，並妥予策劃。

主席：

- 1.建議參考台灣建築中心擔任新加坡生產力與標準局(PSB)臺灣受理窗口，以協助國內製造商之服務模式，材料實驗中心可持續與台灣建築中心保持聯繫，適時再評估可行之合作模式。
- 2.除與臺科大進行合作研究及簽訂合作備忘錄(MOU)外，應思考如何將研究成果應用推廣及商品化。
- 3.除針對塗料耐久性研究，添購新穎設備外，宜有其他積極作為，如後續與相關大學科系及國內油漆公司技術合作，發展建築塗裝材料耐久性檢測能量。

計畫主持人回應（李副研究員台光）：

- 1.鑑於未來於科技計畫爭取購置設備經費，將愈形困難，材料實驗設備將再檢視並活化既有設備，例如，申辦氬弧燈式試驗機及鹽霧試驗機 TAF 認證，提升實驗能力。
- 2.經評估兼顧國內研究及商業檢測之需求，以及參考本所 106 年「混凝土與鋼材表面塗裝系統之耐候性能量化分析與使用年限研究」案之建議：進行建築塗裝材料耐久設計之基礎研究，後續將針對建築用混凝土表面之長期耐候性塗料(面漆)，聚焦於耐衝擊性、耐酸鹼性等試驗方法所需設備之建置。

(二)「風雨風洞實驗室之檢測業務與設備性能精進研究」案：

中華民國全國建築師公會 楊建築師勝德：

實驗室定位會影響業務數量，應慎重考慮定位方向。畢竟貴所的報告有相當公信力，不能僅僅追求豐富收入與利潤。建議收費標準，依模型大小作彈性調整。

中華民國結構工程技師公會全國聯合會 陳技師正平：

因氣候變遷風速增大，建議造風機之風速能力提高至17級以上。

社團法人中華民國風工程學會 黎教授益肇：

1. 德菲法理論採「匿名化」的群體決策，最後問卷有專家名稱，是否恰當(報告書第53頁以後)。
2. 風雨測試項目較固定，風洞則可客製化，可思考整合二者特性，發展出適合國內的檢測項目，發揮其優勢。
3. 報告書第13頁，僅有均勻紊流說明，請補充大氣邊界層說明。
4. 實驗傳承十分重要，建議建立標準化文件及設備管理辦法。
5. 實驗人力可與相關領域教授合提自辦案，建立建築風力資料庫。
6. 實驗室設備應完整介紹，如氣象層析儀、CFD軟體等。

社團法人台灣房屋整建產業協會 葉理事長祥海：

1. 研究緣起建議，於內文最後稍加陳述，並有SWOT內容。
2. 研究目的之陳述似屬「目標」，對研究想達成的性能、效率、機會、經營之提升增進待明示。
3. 報告書第2章理論方法之探討回顧提要，未能於調查分析之應用上充分反映。
4. 報告書第4章第4節之發展策略前文(第67頁)，建議陳述第69頁至第74頁有關策略可行性評估表之內涵。
5. 報告書第45頁，第3節調查結果分析之內容，建議能分2頁，將各項調查結果或意見，改以分點列明較明示。
6. 如何推動精進實驗及其檢測研究，應由實驗室主任主辦，並妥予策略規劃。

主席：

1. 本計畫執行專家問卷調查，瞭解所研擬之各項發展策略重要性，並加以排序。其內容與統計結果可再深入探討。

2. 本所對於各實驗中心定位係以研究試驗為主，檢測試驗為輔，研究成果提供相關單位作為規範標準修正之參據。但政府機關受審計及民意機關監督，仍須尊重相關單位建議提昇檢測收入績效之意見。

計畫主持人回應（郭副研究員建源）：

1. 風雨風洞實驗室 109 年資本門採購計畫，即規劃將既有造風設備風速提高至 17 級風風速，以因應氣候變遷，業界對實尺寸耐風試驗需求。另帷幕牆風雨試驗收費單一化問題，實驗室未來擬考慮依試體尺寸訂定不同收費標準。
2. 委員建議風洞實驗室應建立標準化文件及設備管理辦法，本所風洞實驗室為 TAF 唯一認證核可實驗室，申請認證時已將相關程序表單文件製作完成。另有關報告書內需加強論述或編輯整理之建議，本研究將於成果報告書內一併修正。

七、會議結論：

- (1) 本次會議 2 案期末報告，經與會出席代表審查結果原則同意通過；請業務單位將與會出席代表意見詳實記錄，供計畫主持人參採，於成果報告中製作回應表妥予回應，並確實依照本部規定的格式製作報告。
- (2) 請實驗室主任審慎考量實驗室推動精進策略，確保務實可行並妥予規劃。

八、散會：中午 12 時。

參考書目

1. 徐村和 (1998 年), 模糊德菲層級分析法, 模糊統計學刊, 第 4 卷, 第 1 期, P59~P72
2. 鄧振源、曾國雄 (1989 年 6 月), 層級分析法的內涵特性與應用(上), 中國統計學報, 第 27 卷, 第 6 期, P5~P22。
3. 鄧振源、曾國雄 (1989 年 7 月), 層級分析法的內涵特性與應用(下), 中國統計學報, 第 27 卷, 第 7 期, P1~P16。
4. 邵詩媛、蘇鴻奇、郭建源、曾俊達, 台灣醫院加護病房最適規劃設計準則之研究, 臺灣建築學會「建築學報」第 107 期, 23~42 頁, 2019 年 3 月, 春季號。

