

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究




內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

097301070000G2006

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究



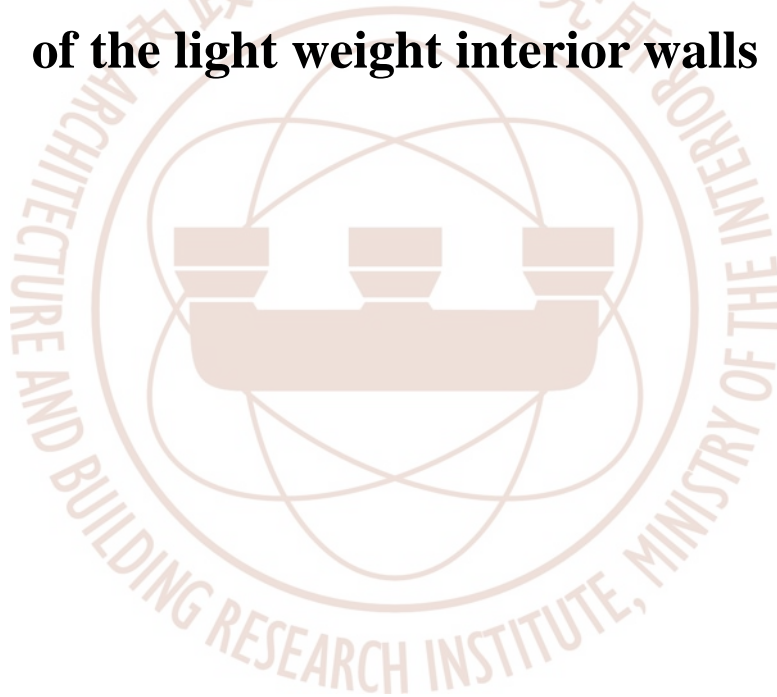
研 究 人 員：施文和研究員
林信宏專案助理
林招焯助理研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**The study on the sound insulation performance
of the light weight interior walls**



BY

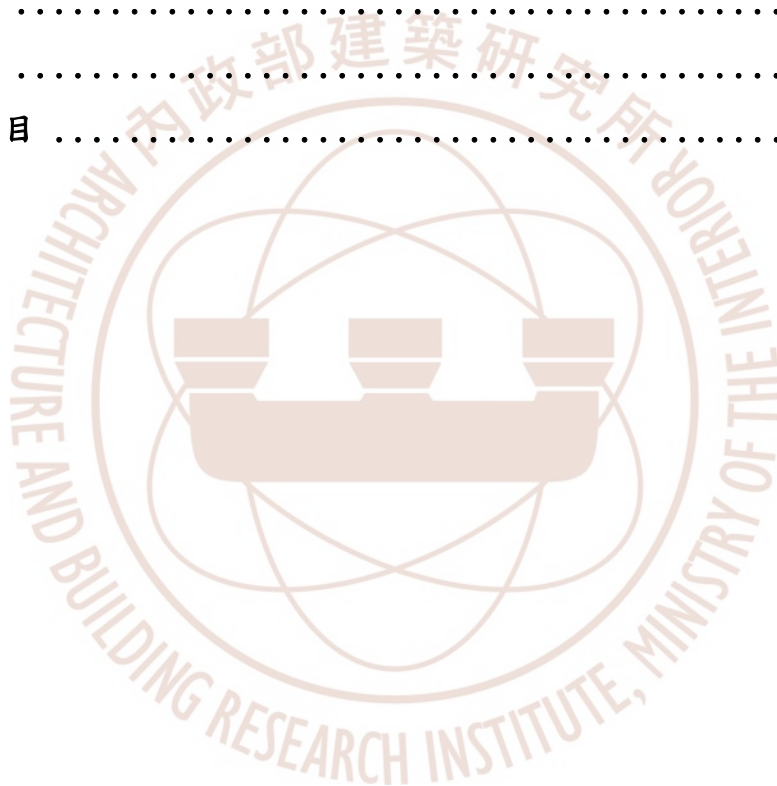
Wen-Ho Shih
Hsin-Hung Lin
Jau-Cho Lin

December 31, 2008

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究範圍	3
第四節 研究方法及步驟	4
第一節 輕質隔間牆介紹	7
第二節 我國建築法令防音規定	11
第三節 國外建築隔音相關法令規定	15
第三章 建築物輕質隔間牆隔音性能實驗計劃	19
第一節 田口實驗計劃法介紹	19
第二節 參數設計	20
第三節 直交表	20
第四節 信號雜音(S/N)比	21
第五節 隔間牆參數設計	25
第六節 隔間牆量測設備及試件介紹	26
第四章 試驗結果分析	35
第一節 試驗數據結果展示	35
第二節 田口計畫法結果分析	44
第三節 隔間牆不同頻率之分析	52
第四節 輕質隔間牆施工品質對隔音性能之影響	54

第五章 結論與建議	67
第一節 結論	67
第二節 建議	68
附錄一	69
附錄二	73
附錄三	87
附錄四	91
附錄五	95
參考書目	99



表次

表 2-1 輕質隔間牆與傳統磚牆優缺點比較	10
表 2-2 我國現行建築技術規則條文列舉構造之隔音性能 ...	13
表 3-1 隔間牆變因配置情形	25
表 3-2 隔間牆各變因交互作用表	26
表 3-3 隔間牆試件編號與試件組合	26
表 4-1 第 1 組試件隔音量數據表	35
表 4-2 第 2 組試件隔音量數據表	36
表 4-3 第 3 組試件隔音量數據表	37
表 4-4 第 4 組試件隔音量數據表	38
表 4-6 第 6 組試件隔音量數據表	40
表 4-7 第 7 組試件隔音量數據表	41
表 4-8 第 8 組試件隔音量數據表	42
表 4-9 不同面密度及層數低、中及高頻隔音統計	44
表 4-10 試驗結果之交互作用表	44
表 4-11 隔間牆試驗平均回應表	45
表 4-12 交互作用AxC中各組合平均	49
表 4-13 一般情形之完全隨機化設計ANOVA表	50
表 4-14 隔間牆變異分析	52
表 4-15 隔間牆各頻率試驗平均回應表	53
表 4-16 各型態組合測試件之隔音效果	65



圖次

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 固定式鋼架	8
圖 2-2 活動式鋼架	8
圖 2-3 輕質隔間牆各部構造說明	11
圖 3.1 聲大特性損失函數圖	23
圖 3-2 隔音性能測試儀器佈置圖	27
圖 3-3 隔音性能測試流程圖	28
圖 3-4 75 型隔間牆設計圖	29
圖 3-5 75 型隔間牆設計圖	30
圖 3-6 骨架放樣及焊接施工情形	30
圖 3-7 骨架垂直置入施工情形	31
圖 3-8 面材施工情形	31
圖 3-9 吸音材填充施工情形	32
圖 3-10 接縫膠泥施工情形	32
圖 3-11 silicone 填補施工情形	33
圖 3-12 隔間牆完工	33
圖 4-1 第 1 組試件隔音量曲線圖	35
圖 4-2 第 2 組試件隔音量曲線圖	36
圖 4-3 第 3 組試件隔音量曲線圖	37
圖 4-4 第 4 組試件隔音量曲線圖	38
圖 4-5 第 5 組試件隔音量曲線圖	39
圖 4-6 第 6 組試件隔音量曲線圖	40
圖 4-7 第 7 組試件隔音量曲線圖	41
圖 4-8 第 8 組試件隔音量曲線圖	42
圖 4-9 面密度因子(A)效果圖	46

圖 4-10 空腔厚度因子(B)效果圖	46
圖 4-11 面板材層數因子(C)效果圖	47
圖 4-12 吸音材K數(D)因子效果圖	47
圖 4-13 骨架類別因子(E)效果圖	48
圖 4-14 面密度(A)及面材層數(C)之交互作用	49
圖 4-15 施工完成照片	57



摘 要

關鍵詞：輕質隔間牆、隔音、田口實驗計畫法

一、研究緣起

傳統的建築物牆壁構材自重較重（如紅磚，混凝土等），而台灣又位處環太平洋地震帶，不利於耐震之構造，近年來乾式輕質隔間牆已廣泛應用於建築物中，由於它具有質輕、耐震性佳、施工快速、厚度薄、防火、隔熱效果佳、現場污染較少，且乾式施工更可減少廢棄物產生等優點，值得推廣。然而，乾式輕質隔間牆常讓人有隔音性能不佳的疑慮，因此如何提昇輕質隔間牆之隔音性能，將是未來推動高性能綠建材使用相對重要之課題。

二、研究方法及過程

本研究主要利用本所音響實驗室 R4/R5 之隔音牆隔音性能試驗設備，探討輕質隔間牆隔音性能之主要影響因子，其中所採用之研究方法包括收集國內外輕質隔間牆及建築隔音相關法令，同時整理分析本所歷年隔音牆實驗數據資料，選擇面密度、面板層數(即面板厚度)、骨材種類、吸音材密度、填充吸音材厚度(即空腔厚度)等因素，以田口實驗計畫法規劃出八個輕質隔間牆之組合進行實驗。

三、重要發現

本研究首先以田口實驗計畫法規劃出隔間牆 8 組試件後進行隔音量測試，歸納出以下幾點結論分述如下：

1. 主要影響隔間牆隔音量之組成要件依序為板材層數(厚度)、面密度、空腔厚度、填充吸音材K數及骨架類別。
2. 雙層雙面石膏板輕質隔間牆組合材質，結果顯示密封處理之優異與

否，攸關施工品質達 4~6 dB。

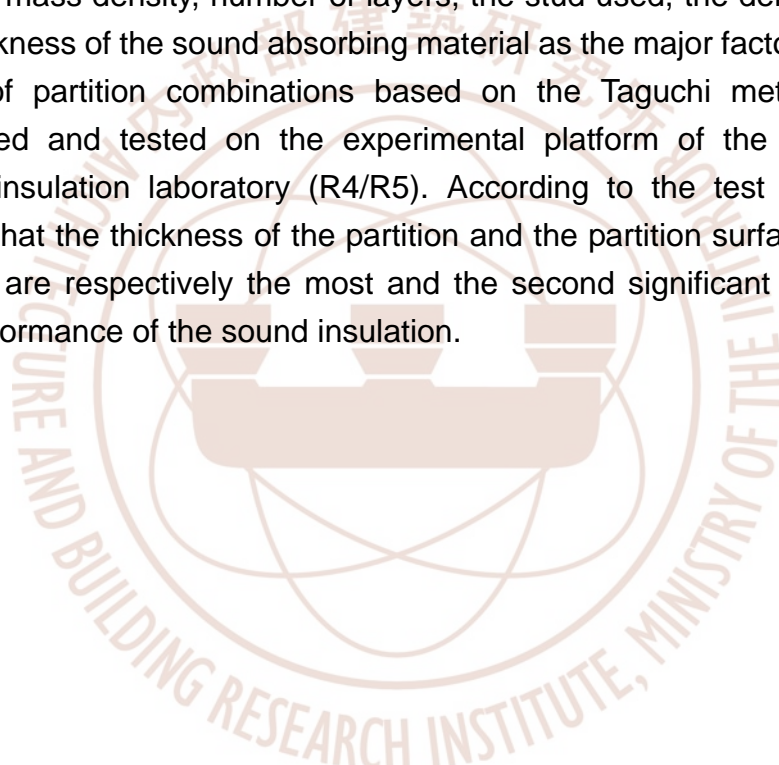
四、主要建議事項

1. 我國建築法規中關於隔音或防音等規定較少，目前建築技術規則所規定建築防音相關規定僅以構造之形式來籠統區分，因此，期許未來修改法令時，建議將本文之隔間牆研究成果納入考量範圍，確切修訂出隔間牆使用不同構材時，隔音量須達某一目標之明確指示，以更能符合現今之需求。
2. 如噪音源之噪音量多分佈在 1250Hz~1600Hz 時，則隔間牆之組合建議可挑選矽酸鈣板(120g/cm²)9mm+岩棉 60K+木構架 75mm；若噪音源之噪音量多分佈在 2500Hz~5000Hz，則隔間牆之組合建議可挑選矽酸鈣板(120g/cm²)18mm+岩棉 60K+木構架 75mm，所以可針對噪音源所產生不同頻率之噪音量分佈進行改善，並挑選最符合本身需求之最佳組合，亦不會有浪費材料及施工時間情形發生，而達到節能減碳之最終目的。

ABSTRACT

Keywords: Light Partition Wall; Sound Insulation; Taguchi Method.

Dry light partition walls have been popularly chosen in building construction projects these days because of their advantages in weight, earthquake resistance, workability, thickness, fire resistance, heat isolation and lower population. However, their performance in sound insulation is greatly doubted. In this research, considering the partition surface mass density, number of layers, the stud used, the density and the thickness of the sound absorbing material as the major factors, eight types of partition combinations based on the Taguchi method are employed and tested on the experimental platform of the airborne sound insulation laboratory (R4/R5). According to the test result, it shows that the thickness of the partition and the partition surface mass density are respectively the most and the second significant factor to the performance of the sound insulation.





第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

建築音響學 (architectural acoustics) 是在二十世紀初，由室內音響建立體系，慢慢發展至今，成為重視噪音狀態或電氣音響設備等生活、工作環境等音響狀態的環境工學。我們現今的生活可說是處在一個是內外噪音源和噪音強度不斷增加的環境中，而許多的廳堂、劇院、音樂廳、教室…等室內環境也越來越要求改善其聽覺條件和音響性質以符合各種功能及需求，使得建築音響學成為環境科學裡一門重要的學科。

過去我國之建築開發偏重於實質建設，甚少將環境因素納入考慮，致居住環境受到嚴重衝擊；由於台灣社會經濟條件發展迅速，工商活動頻繁，都市化現象益趨明顯，台灣都市地區人口密集，都市環境常見建築物住商使用相互混合現象，因此各都市之居住環境常面臨各種噪音干擾，影響生活居住品質，噪音對於人類生理及心裡的影響，不論是在眾多的文獻或個人的聽力體驗，都是一種普遍存在的感覺現象，建築物外部及內部聲音的控制與噪音的阻絕，對於建築空間品質之物理環境中，有關生活舒適度的部分，有著顯著影響。因此，在歐美先進國家，或日本、澳洲、紐西蘭等先進地區，甚至中國大陸，對於建築防音法令及相關建築音環境測試的標準，皆有完整之規定，相較於我國的建築技術規則，僅以文字規定各項建築物構造之牆壁厚度，用以規範防音要求；然而，噪音陳情案全台已達每年四萬餘件，顯然民眾對於居家安寧之需求，已隨著社會經濟的發展提高，因此對於防音之法令規定，實須配合社會發展及國際最新趨勢，進行逐步檢討修訂。

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

對於人類在進行日常工作、課業學習、休息或臥病修養時，各種使人分心、厭惡甚或有害的聲音，都可以稱之為噪音，同樣的噪音，在夜晚對人所引起的干擾比白天更嚴重，噪音除可能對聽力造成損害，還會造成血壓增高、心率不整、失眠、頭痛等多種疾病，各國的建築隔音法令規定，皆搭配其相關建築隔音標準進行配套檢測要求，以維持法令規定的音環境能夠執行，例如日本建築基準法，搭配 JIS 實施，美國聯合建築法(UBC)，搭配 ASTM 相關檢測規定實施，中國大陸則於其國家標準之「民用建築隔聲設計規範」中，訂定相關建築隔音規定及檢測方法，一般歐洲國家，則與 ISO 相關檢測規定相結合，以 ISO 國際標準之標準測試方法隔音宣告等級，規範其建築物之隔音量。

多年來，本所致力於綠建築標章與綠建材標章之推動，其中綠建材標章主要針對建材品質與人體健康風險做有效管控，因而納入高性能防音綠建材作為主要項目，其定義為「高性能防音綠建材指能有效防止噪音影響生活品質的建材及建材組件」，其中有關「牆壁及屋頂構件」評定項目規定隔音性能是以ISO140-3(同CNS 15160-3)標準做測試，而以ISO717-1(同CNS 8465-1)宣告所得，其 R_w 值大於等於 50dB即符合高性能防音綠建彬之基準，本基準適用於外牆、分界牆、分間牆。

傳統的建築物牆壁構材自重較重（如紅磚，混凝土等），而台灣又位處環太平洋地震帶，不利於耐震之構造，近年來乾式輕質隔間牆已廣泛應用於建築物中，由於它具有質輕、耐震性佳、施工快速、厚度薄、防火、隔熱效果佳、現場污染較少，且乾式施工更可減少廢棄物產生等優點，值得推廣。然而，乾式輕質隔間牆常讓人有隔音性能不佳的疑慮，因此如何提昇輕質隔間牆之隔音性能，將是未來推動高性能綠建材使用相對重要之課題。

第二節 研究目的

由於本所建築音響實驗室完全遵循 ISO 國際標準而建置，並且所有的實驗設備與軟體都朝著自動化操作為目標，大量節省了檢測試件安裝程序與檢測之步驟，也因此提高了其量測準確性。自 95 年起開始接受廠商有關吸音、隔音牆、隔音門、隔音窗、樓地板衝擊音及消音箱等委託試驗，在隔音牆方面已完成 21 件檢測試驗，本研究將收集分析本所音響實驗室所做之隔音牆試驗數據資料，分析其骨架構造、面板種類、板材面密度、面材厚度(層數)、填充吸音材(空腔)厚度、吸音材料密度、骨材等項目，嘗試找出乾式輕質隔間牆目前較常見的施工法及較可能影響隔音性能之因子。並參考田口實驗計畫的方式，設計輕質隔間牆隔音性能一系列實驗計畫，以找出輕質隔間牆隔音性能之主要影響因子，以提供業界未來應用輕質隔間牆設計之參考。

第三節 研究範圍

由於我國相關規定中並未針對分界牆及分間牆加以區別，且本研究主要探討輕質隔音牆之主要影響因子，因此不論是分界牆或分間牆其構造方式皆相同，並不影響本研究之結果，所以本研究中的「隔音牆」不再區分「分間牆」或「分界牆」，而統一稱為『輕質隔間牆』。

限於實驗操作時間及試體經費成本，本研究配合目前市場普遍採用之矽酸鈣板及石膏板輕質隔間構造做為實驗的測試樣品，輕質隔間相關構造方式參考一般工法所建構之輕質隔間牆試件為測試試件，而試件之構造

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

組合則參照田口實驗計畫法方式擬訂，本研究之內容包括下列項目：

- 一、蒐集並分析國內現有建築物常用分間牆類型使用之差異檢討。
- 二、比對分析本所已完成之多組不同牆體構造隔音量測數據，作為挑選輕質隔間牆影響因子之參考。
- 三、研擬進行牆體構造隔音性能量測之實驗計畫，完成八組實驗樣品，進行之多次牆體構造隔音之量測實驗。
- 四、檢討輕質牆間牆施工品質所造成隔音性能之影響，供建築業界未來能夠更加注重施工品質。
- 五、依據實驗結果，並透過 ANOVA 變異數分析方法，以求出影響輕質隔間牆隔音性能之主要因素。

第四節 研究方法及步驟

本研究主要利用本所音響實驗室 R4/R5 之隔音牆隔音性能試驗設備，探討輕質隔間牆隔音性能之主要影響因子，其中所採用之研究方法包括以下項目。

1. 文獻回顧
2. 歷年實驗數據整理分析
3. 以田口實驗計畫進行實驗
4. 分析結果
5. 結論與建議

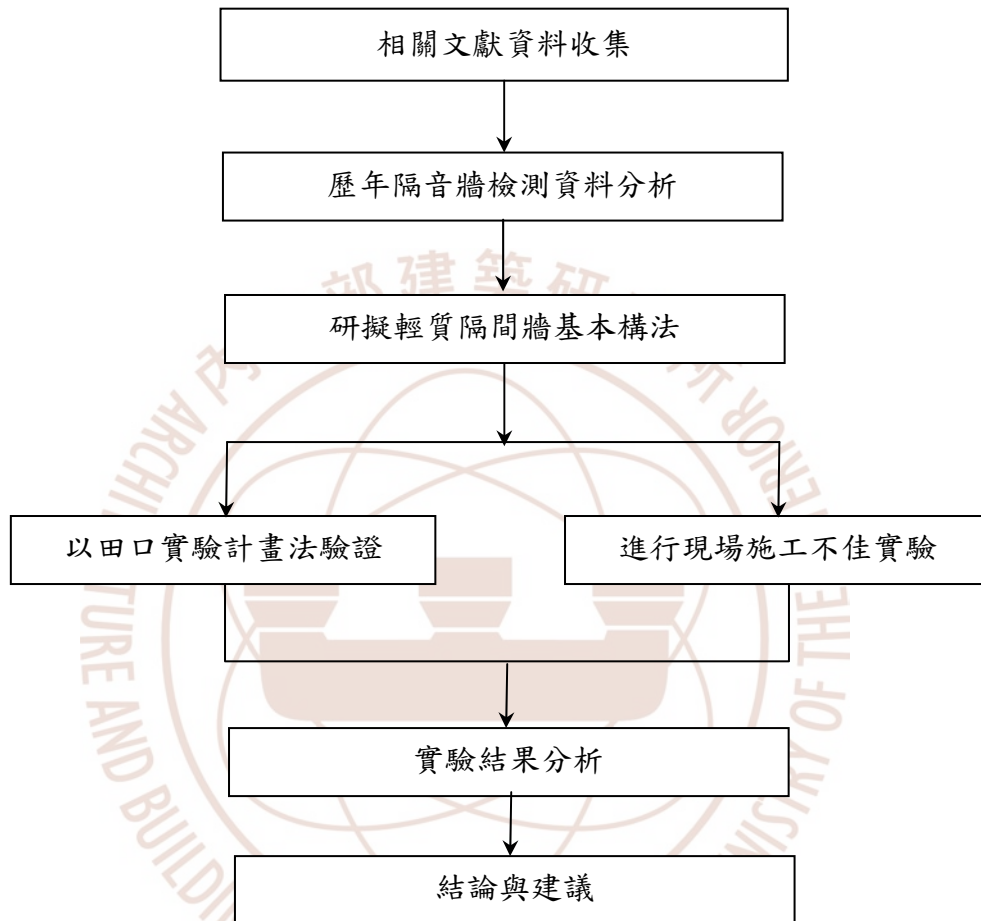


圖1-1 研究流程圖



第二章 輕質隔間牆相關資料與法令探討

第一節 輕質隔間牆介紹

輕質隔間牆常用於建築內部隔間使用，因為其具有重量輕、施工快速簡便及能大量生產以降低成本的優勢，正因為這些優勢故目前在我國建築業界也大量使用於室內隔間，但相對輕質隔間牆的防音、防火耐燃、抗震、防潮等性能對使用者的居住品質影響相當大，目前國內常使用的輕質隔間板材包含矽酸鈣板、水泥板、石膏板、防火板等，而構造方面則多採用輕質鋼架作為骨架組合連接而成，針對隔音性能方面影響最大的則為填充材部分，一般常使用各種類型材質的多孔隙材料，兼具消耗聲波能量隔音及減輕整體重量兩種功效。

一、 輕質隔間牆之分類

輕質隔間牆雖於國內廣泛運用，但因種類繁多應用廣泛目前較無一致完整之分類，依據姚仁祿【1】之研究輕質隔間牆可依其骨架系統、面板類型及其他常見系統等三大類型進行分類，現舉例如下：

(一) 以骨架系統分類

1. 所使用之骨架為固定式輕鋼架，此種系統較為耐用但需於現場進行骨架組裝後，再裝入內部填充物及面板施工較為費工，如圖 2-1【2】。
2. 所使用之骨架為活動式輕鋼架，此種系統為隔間牆皆已於工廠中完成個別組件製作，僅需於現場安裝組合，具有施工快速簡便的優點，但受限於構件尺寸不可太龐大，否則會因尺寸及重量過大不利運送及施作，如圖 2-2【2】。

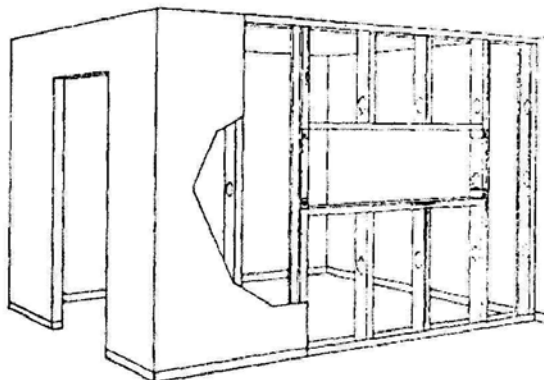


圖2-1 固定式鋼架

(資料來源：建築物內部隔間牆乾式施工法之推動－姚仁祿,陶石良)

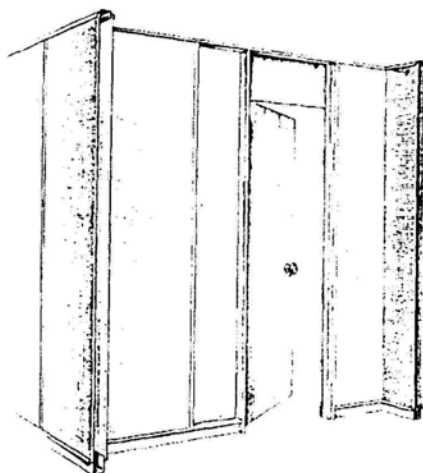


圖2-2 活動式鋼架

(資料來源：建築物內部隔間牆乾式施工法之推動－姚仁祿,陶石良)

(二) 以面板類型分類

若以面板類型可分為石膏板類、纖維水泥板兩大類，其中又可細分如下

1. 石膏板類：具有普通石膏板類、防火石膏板類及防水石膏板類，其中普通石膏板類成分為含結晶水之石膏所製造而成的，若於石膏中添加特殊接著防火材料則可變成防火石膏板，若於石膏板背面加鋁箔則可使之具有防潮效果。

2. 混凝土板類：混凝土板類可分為纖維水泥薄板、纖維水泥厚板及玻璃纖維背襯發泡 混凝土板等三類，其中纖維水泥薄板厚度為 $\frac{3}{8}$ 英吋及 $\frac{1}{2}$ 英吋兩類，其強度較石膏類板佳，故於使用上可於壁面釘掛重物，而纖維水泥厚板厚度則為 1 至 2 英吋厚，內部填入纖維及發泡樹脂，因其板厚較厚故可應用於牆內需配管需求之情形，而玻璃纖維背襯發泡混凝土板則是材質與纖維水泥厚板相同，但於前後加襯玻璃纖維網以增加抗彎強度。

二、 輕質隔間牆之施工流程簡介

輕質隔間牆之施工約略可分為放樣、骨架組立、面板安裝及表面裝修等四大部分，各部組件構造參閱圖 2-3【3】，簡介如下：

1. 放樣：

依建築設計圖說，於施工現場進行放樣且將骨架及門框尺寸標出，放樣完成後請查核人員進行查核。

2. 骨架組立：

首先進行上下槽鐵固定，依序進行立柱安裝，立柱安裝時需注意安裝方向一致及安裝橫向加強柱，且於門、窗等轉角處需用槽鐵加強。

3. 面板安裝：

進行第一面防火板安裝，及水電線路配管配線，續進行填充隔熱隔音棉，其中隔熱隔音棉填充需完整以免影響完成後之隔熱隔音性能，完成隔熱隔音棉填充後續進行第二面防火板安裝。

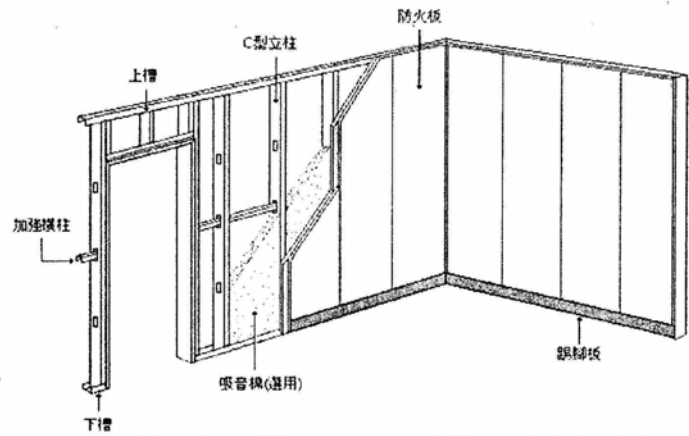
4. 表面裝修：

使用第一道批土將細縫填平，待第一道批土乾固後，再上第二道批土將表面修整平整。

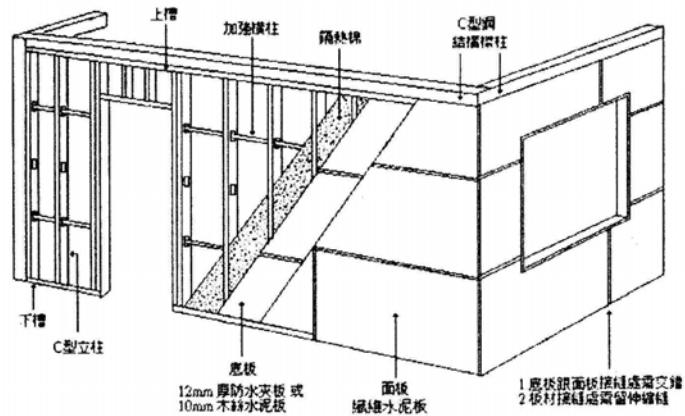
三、 輕質隔間牆與傳統磚牆優缺點比較

表2-1 輕質隔間牆與傳統磚牆優缺點比較

特性 項目	輕質隔間牆系統	傳統磚牆系統
重量	重量輕 (約 35kg/m ²)	重量較重 (約 230kg/m ²)
空間節省度	牆厚度約 10cm	牆厚度至少12cm以上
管路鋪設方便性	配管容易方便	埋管挖設不易
環境評估	無濕式工程之不便，環境整潔	濕式施工，現場髒亂
地震影響	重量輕耐震	自重大不耐震
施工速度	施工快 (15至18 m ² /日)	施工慢 (4至6 m ² /日)
平整度	牆面平整度佳	人工修飾，牆面平整度不易控制
吊掛物品能力	若使用膨脹螺絲可吊掛輕物	可吊掛重物
敲擊感	敲擊感不扎實	敲擊感好
修改方便性	修改容易	修改不便



乾式輕質分間牆(內牆)基本說明



乾式輕質分間牆(外牆)基本說明

圖2-3 輕質隔間牆各部構造說明

(資料來源：http://wenken111.myweb.hinet.net/new_page_3.htm)

第二節 我國建築法令防音規定

一、我國建築法令防音規定中關於輕質隔間牆規定

我國建築法規中關於隔音或防音等規定較少，目前為建築技術規則中第二章一般設計通則下的第九節防音有建築防音相關規定並列舉近 20 種構造，引述條文內容如下：

第四十六條（防音）連棟住宅、集合住宅之分界牆、寄宿舍、旅館

等之臥室或客房或醫院病房相互間之分間牆及其與其他部份之分間牆，應依左列規定設置具有防音效果之隔牆：分界牆或分間牆應為無空隙、無害於防音之構造，並應為直達樓地板或屋頂之牆壁，如天花板有防音性能者，分間牆得建築至天花板。

前款防音構造，不得低於左列標準：

- (一)鋼筋混凝土造，鋼骨混凝土造等，厚度在十公分以上者。
- (二)重質水泥空心磚，無筋混凝土造，磚造或石造，其本身厚度與粉刷厚度合併在十公分以上者。
- (三)泡沫（氣泡）混凝土（厚十公分以上）兩面為厚度一·五公分以上之水泥砂漿，石膏或石灰等粉刷者。
- (四)輕質水泥空心磚（其厚度為十四公分以上者）兩面為厚度在一·五公分以上之水泥砂漿，石膏或石灰等粉刷者。
- (五)鋼筋混凝土版（厚四公分以上，重量一一〇公斤／平方公尺以上）兩面以木質板片（五公斤／平方公尺）裝訂者。
- (六)以牆筋架構為底，兩面以左列材料裝修，其總厚度在十三公分以上者。鐵絲網上加水泥砂漿粉刷或在板條上加石灰粉刷，粉刷厚度在二公分以上。粉水泥砂漿後貼面磚或水泥板、其厚度在二·五公分以上。在木絲水泥板或石膏板上加水泥砂漿或石灰粉刷，粉刷厚度在一·五公分以上者。
- (七)牆筋架構為底，牆內填以厚度二·五公分以上比重〇·〇二以上之玻璃棉，或比重在〇·〇四以上之礦棉，其總厚度在十公分以上者。
- (八)牆筋架構為底之分界牆兩面以左列規定材料裝修者：
 - 1.使用石膏板時厚度應在一·二公分以上，礦棉保溫板時厚度應在二·五公分以上，或使用厚度在一·八公分以上之木絲水泥板，但其表面應另加釘厚度〇·〇九公分以上之白鐵皮或厚度〇·四公分以上之石棉板。

- 2.雙層石棉板之每層厚度應在0.六公分以上或雙層石膏板之每層厚度在一.二公分以上。

二、建築法令所列舉之輕質隔間構造實際防音性能

前述建築技術規則採列舉式舉例數種防音構造，於所列舉之各項目中並無針對輕質隔間構造物專門說明或規定，但於所舉列之項目中仍有數種構造物為採乾式施工方式可歸類為輕質隔間構造物，如牆筋構造兩面木絲水泥板加石綿板、牆筋架構為底之分界牆兩面以石膏板或雙層石棉板裝修者。

前所列舉之各項構造物性能，依據成大音響實驗室測試資料所示，如表 2-2【4】，其中屬輕質隔間構造物者由第 12 項牆筋構造內填 2.5cm 玻璃棉，至第 20 項牆筋構造兩面雙層石膏板中填 5cm 玻璃棉等，其隔音等級皆介於 $R_w = 25 \sim 56dB$ 間，性能變異極大。

表2-2 我國現行建築技術規則條文列舉構造之隔音性能

編號	構造名稱	總厚 (CM)	隔音等級		
			面密度 kg/cm^2	D	R_w
1	鋼筋混凝土造	10	240	45	53
2	重質水泥空心磚	19	250	40	47
3	無筋混凝土造	10	240	45	53
4	磚造	10	220	45	50
5	卵石造	10	240	30	36
6	輕質混凝土	10	100	35	39
7	牆筋混凝土兩面三分夾板	5.8	90	30	35
8	牆筋構造兩面鋼絲網水泥砂漿粉刷貼面磚	13	101	45	56

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

9	牆筋構造兩面鋼絲網水泥砂漿粉刷 2CM	13	130	45	54
10	牆筋構造兩面木絲水泥板加水泥砂漿粉刷	13	86.8	50	59
11	牆筋構造兩面石膏板加水泥砂漿粉刷	13	76	50	56
12	牆筋構造內填 2.5CM 玻璃棉	13	5.7	20	25
13	牆筋構造內填 2.5CM 礦棉	13	5.7	20	25
14	牆筋構造兩面單層石膏板	13	16	30	37
15	牆筋構造兩面礦棉保溫板	13	4.5	--	10
16	牆筋構造兩面木絲水泥板加白鐵皮	13	27.8	35	42
17	牆筋構造兩面木絲水泥板加石綿板	13	37.2	40	47
18	牆筋構造兩面雙層石棉板	13	24.3	30	42
19	牆筋構造兩面雙層石膏板	13	31.2	35	44
20	牆筋構造兩面雙層石膏板中填 5CM 玻璃棉	14.8	39.3	45	56

參考文獻【3】

三、綠建築指標評估系統之音環境評估與高性能防音綠建材

由本所（內政部建築研究所）負責推動之「綠建築政策」，其中甄選「綠建築標章」所使用之綠建築指標評估系統，在 2003 年加入「室內環境指標」，本項指標內納入「音環境評估的指標與基準」，而音環境評估主要包括空氣傳音、固體傳音兩個部分，空氣傳音的控制方法以隔絕噪音為主，其評估在於選擇隔音性能良好的牆板及開口部構材，固體傳音的控制則以樓板結構體之剛性設計及增設緩衝材、空氣層來對應。音環境之評估依三部分進行，簡述如下註 1：

（一）外牆及分界牆評估

外牆及分界牆構造乃依據隔音性能之質量法則及材料隔音

性能來評估。在此所謂外牆係指建築物室內與室外交界的強板；所謂分界牆則包含連棟住宅、集合住宅戶與戶之分隔牆，以及旅館、宿舍、醫院等之臥室、客房或病房相互間之分隔牆及其與其他使用部分之分隔牆。增加建築物牆板之質量面密度將有助於隔音性能之提升，在傳統RC牆、磚牆構造部分，牆面厚度與隔音性能上有明顯相關；在帷幕牆，輕量牆板構造部分（雙層牆），隔音性能則受到板材、間距、玻璃棉充填厚度及整體面積密度之影響。目前在建築節能之要求下，住宅外牆均要有 15cm 以上 RC 外牆，帷幕牆也必須有相當之隔熱要求，一般節能合格之外牆構造均能得到較佳之隔音評分。並因應科技日新月異，產品創新與研發，補充 CNS8465 中，室間平均音壓級之隔音等級及 ISO717-1 之 R_w 值（Weighted sound reduction index），做為輔助評定基準。

(二) 外牆開窗構造評估

建築物外殼之隔音性能受到整體建築物氣密性之影響甚鉅，尤其開窗部之質量與氣密性更是整體建築物隔音性能之關鍵。依據既有隔音材料實驗檢測結果之判斷，推開式之氣密窗在隔音性能上有較佳之效果，一般玻璃 5mm 厚以上的推開窗已能達到合格之評估。而一般建築物較常使用之橫拉窗之氣密性與隔音性能較差，但橫拉窗在氣密性上的缺失，可採用較厚之玻璃來增加其隔音性能，一般最常使用的玻璃 8mm 厚以上的橫拉窗均已能達到合格之評估。此外，雙層窗對於隔音性能上當然很有利，只要 5mm 玻璃之雙層窗間距大於 20cm 就可或的最佳之評估。另可補充 CNS10486 中，窗戶隔音等級曲線及 ISO717-1 之 R_w 值（Weighted sound reduction index），做為輔助評定基準。

第三節 國外建築隔音相關法令規定

一、美國建築隔音相關法令規定

美國的建築法規，係由各地方政府（州政府、市及郡政府）參考相關團體研擬之法規自行依據其需要調整訂定，如 UBC (Uniform Building Code)、IBC 等 (International Building Code)，美國法規一般分為三個位階，一、法律(Law)。二、規則 (Code) 針對不同地區場所及時間進行規範。及三、標準(Standard)，詳細規定執行技術及操作之各項資料，協助規定項目及內容之相關查核方式。以下即以 UBC 有關建築隔音之章節為例，說明相關建築隔音規定。

在 UBC 附錄第 12 章，列有聲音傳遞控制及聲音傳遞控制系統等兩節，摘錄翻譯如下：

1208 節 (聲音傳遞控制)

1208.1 總論

使用分區 G 類之牆壁、天花配件將居住單元或客房從其他空間隔開，例如牆壁提供室內走廊及服務區域空氣音的隔音及地板天花板提供空氣音及衝擊音的隔音，相關標準如下：

1. ASTM E90 及 E413，實驗室判定的空氣音傳遞等級。
2. ASTM E492 隔絕衝擊音。
3. ASTM E336 空氣音隔絕現場實驗。

1208.2 空氣音隔絕

所有的牆體，地板、天花板、必須提供達到隔絕空氣音符合聲音透過等級 (STC) 50 的程度，(現場量測為 45)。建築構造物的管道間、電力設備、嵌箱、浴缸、屋頂牆壁接點、暖氣、通風，排氣管必須填封或使用其他方法，維持隔音必要的等級，臨接內部走廊的室內門周邊，必須填封具有實驗室測試 STC 等級不小於 26 之等級，而且周邊填封必須維持在好的使用狀態。

1208.3 衝擊音隔絕

所有分隔空間單元及客房的天花-地板組件，必須提供足夠隔絕衝擊音相當於衝擊音隔絕等級 (IIC) 50 的程度，(現場量測為

45)。地板飾材可以包括在組件裏，以達所需等級，但須為永久性之組件，若需替換時其他地板飾材需能提供與上述飾材相同的隔音等級。

1208.4 測試會議

現場或實驗室量測牆或地板-天花板設計有 STC 或 IIC50 或更高的等級，且建築主管機關認為側向音不影響隔音，可以不需增加現場量測。

1208.5 現場量測及評定

如需進行現場測試，需在有經驗的現場測試工程人員監督下進行，並且需將簽證之隔音量測報告，送交建管機關備查。

1208.6 空氣音隔絕現場量測

如需進行現場測試，空氣音隔絕現場測試需依據空氣音透過損失現場量測程序進行，所有聲音傳遞從音源室至收音室，必須考量測試組件的測試聲音傳遞。

1208.7 衝擊音隔絕現場量測

如有必要，則需進行衝擊音現場量測。

1209 節聲音傳遞控制系統

一般系統表列於防火設計手冊，實驗室量測顯示此系統符合 1208 節之規定者，可予以接受。IBC 的規定與 UBC 類似，ASTM E90 或 ASTM E492 方法測試下，對於所有的牆體，地板、天花板、必須提供達到隔絕空氣音符合聲音透過等級 (STC) 50 的程度，(現場量測為 45)。

二、日本建築隔音相關法令規定

(一) 建築基準法

日本建築隔音相關法令規定主要訂於建築基準法第三十條，係針對集合住宅訂定隔音性能規定：連棟式集合住宅或者是

共同住宅各戶間的分界牆，除須達到閣樓或者是天花板頂外，其構造之隔音性能(係指對於鄰接住宅日常生活所產生之聲音為減低至無礙衛生的程度，分界牆所應有之性能)須符合政令所規定之技術基準，必須採用建設大臣規定之構造方法或經建設大臣所認定者。

(二) 建築基準法相關告示及建築基準法施行令

依據建築基準法第 30 條，日本國土交通省對於連棟式集合住宅或者是共同住宅遮音性能分界牆構造方法告示相關規定，其中鋼筋混凝土造，磚造，石造者，厚度在 10 公分以上者，此部分規定分界牆之構造厚度。建築基準法施行令第 22 條之 3，規定連棟式集合住宅或者是共同住宅遮音性能相關技術基準，不同頻率之聲音透過損失數值最少需符合下列數值：125HZ. 為 25dB, 500HZ. 為 40dB, 2000HZ. 為 50dB, 經比對日本 JIS A 1419-1 建築物及建築材料的遮音性能評價方法-第一部：空氣音遮斷性能中，有關之等級曲線 Dr，其等級相當於 Dr-40 之宣告值【5】。

第三章 建築物輕質隔間牆隔音性能實驗計劃

第一節 田口實驗計劃法介紹

田口實驗計劃法 (Taguchi Methods) 或稱田口式品質工程，是田口玄一博士 (Dr.Genichi Taguchi) 在 1950 至 1960 年代研發而成的；以工程的角度去了解實驗問題，利用社會損失成本作為衡量產品品質的依據，經過直交表的設計和變異數的分析，找出製程中之主效應之因子為何，以及各因子間的交互關係對回應值的最佳化或是避免這些因子對輸出值產生負面影響。因此田口的實驗計畫法又被稱之為穩健性設計。對於品質工程在技術開發或製程設計時，田口將其分為三個階段：

- (1) 系統選擇：選擇具有目的的機能的系統或概念。
- (2) 參數設計：決定系統設計參數的水準。
- (3) 允差設計：利用成本與品質的平衡方法來考慮允差設計。

田口式實驗設計方法的二個主要特色為其利用直交表 (Orthogonal Array Experiment) 設計實驗及利用信號雜音比 (Signal-to-Noise Ratio, S/N Ratio) 分析實驗，強調的是在實驗或製程設計階段就考慮實驗結果上的問題，也就是考慮如何降低實驗結果的變異性。換言之就是將實驗的結果改善重點由傳統的試驗階段向前提升至設計的階段。

通常我們在探討田口式品質概念時，必定會討論到田口博士所提出的品質損失 (quality loss) 之觀念來衡量實驗品質，而在實驗過程中若要消除這些雜音因子，理論上是可行，但實務上可能需投入相當大的成本或者是不可行，因此田口方法的重點就是如何降低這些雜音因子對實驗品質的影響，決定可控制因子的最佳操作參數，建立實驗/製程之設計，使得結果的變異性最小。

田口的損失函數是依實驗結果特性的種類而定。一般我們常用的特性可以區分如下：

1、望大特性 (The Smaller the Better)：指的是結果特性的要求其測量值愈大愈好。例如強度、耐熱度、分散性、吸收度等。這類實驗結果的特性

是趨於正向，其理想值是無限大。

2、望小特性 (The Larger the Better)：這類實驗結果特性之要求和望大特性相反。希望的測量值是愈小愈佳，如不純度、消耗量、干擾等。理想值是趨於零。

3、望目特性 (The Nominal the Best)：這類的實驗結果特性有一定的目標值，量測到的值愈接近目標值愈佳。此類的例子如尺寸、重量等。

田口最大貢獻，並不在於實驗設計的數學模式，而是提供一個新的思考哲學觀念，依成本效益的觀念，找出最佳的參數水準組合。

第二節 參數設計

參數設計為田口方法的精華之處，主要目的是要決定一組參數最佳的因子組合，此一組合所對應之產品功能或產品製程，對於雜音（外界環境）因子的敏感度最小，亦即具有最好的穩健性。

參數設計主要是要最佳化“系統設計”，利用實驗以確定控制因子水準的組合，參數設計主要在降低對雜音因子的效果，而不是在控制雜音，這是一可以改善品質而又不增加成本的設計。參數設計運用控制因子與雜音因子間非線性與線性關係（利用非線性關係減少變異，再利用線性關係提高水準），使產品或製程達到穩健性（robustness）。內容上包含了決定一些具有影響性的參數，並利用實驗設計的方式加以分析。可分為兩大步驟。選擇設計參數以使得實驗測量值之統計值（S/N 比）能夠最大化。此步驟主要涵義，乃利用設計參數和 S/N 非線性關係，決定出最佳設定值。基本思維是藉由降低實驗結果之變異性，尋找出一個不會受到雜訊因子干擾的參數組合。但這樣組合的條件，雖然是變異性最小，但未必達到我們所要的目標值，因此藉由步驟二的調整因子，決定能夠影響平均值但不能影響變異數的參數，以使得的平均值能符合需求目標。

第三節 直交表

為 Professor C.R.Rao 於 1947 年所創立，統計學上被應用於設計實驗

第三章 建築物輕質隔間牆隔音性能實驗計劃

運用直交表來配置實驗中的控制因子與雜音因子，藉以簡化實驗計劃的進行，亦即在產品的再現性堅耐性及成本的考量下，利用直交表的配置方式，來解決因子數多，水準組合數亦多的實驗。

當一實驗其實驗過程較為複雜時，會有許多的因子干擾了實驗的績，研究者往往很不容易去了解何因子將會影響實驗的績效、各因子需設定在何值才能使結果達到目標值。此外，有些因子會造成結果的變異性，而有些因子又會影響數據的平均值。這些因素都使實驗分析上增添了困難度。

為了要能直接使用標準直交表，所欲研究因子的水準數必須和直交表中行的水準數配合一致才行。而為儘量節省實驗的花費，我們通常使用合乎所需之可能的最小直交表。

本節將針對直交表的表示和運用作一說明。首先根據實驗的特性，找出因子的數目和每個因子的水準數目，在依田口的參數設計使用不同的直交表。這些直交表均以LN來表示。若依直交表表示成 $L_8(2^7)$ ，其中L表示直交表（L為Latin square的第一個字母表示），『8』表示列數，即實驗的次數，而數字『2』和『7』則代表有7個因子，每個因子的水準數為2。

直交表一般分為以下系列：

一、2k 系列(常用)： $L_4(2^3)$ 、 $L_8(2^7)$ 、 $L_{16}(2^{15})$ 、 $L_{32}(2^{31})$ 、 $L_{64}(2^{63})$

二、3k 系列(常用)： $L_9(3^4)$ 、 $L_{27}(3^{13})$ 、 $L_{81}(3^{40})$

三、4k 系列： $L_{16}(4^5)$ 、 $L_{64}(4^{21})$

四、5k 系列： $L_{25}(5^6)$

而其符號代表意義如 $L_8(2^7)$ 中，L表拉丁方格的代號，8表實驗數，2表水準數，7表因子數。

第四節 信號雜音(S/N)比

在田口實驗計畫法中，用來解析數據的工具就是此訊號雜音比（signal-to-noise ratio，S/N比）。訊號指的是研究者所需要的結果。而雜音則是不需要的部分，因此直愈小愈佳。故無論是尋找何種實驗特性時，

S/N 比之值愈高則代表結果的特性要求愈接近目標【6】。

因此在不同的結果特性下，S/N 比的計算式子如下：

1. 望小特性：

主要特徵為品質特性是連續且非負值，目標值為零，其值愈小愈好且無可調因子存在，例如排氣量、油耗量、輪胎損耗量等。當目標值為零，則特性值 y 與目標值之差的平方即為 y^2 ，當某望小特性有許多 y 數值時，其與目標值之差的平方值以 σ^2 表示，若取得 n 望小特性值，其為分別為

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ 時，則 σ^2 為

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots + y_n^2) \dots\dots\dots (3.1)$$

在田口實驗計劃法中，將 σ^2 的倒數稱為S/N比，又將S/N的對數乘10倍，令其以分貝為單位，亦即

$$S/N \text{ 比} = 10 \log \frac{1}{\sigma^2} = -10 \log \sigma^2 = -10 \times \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

2. 望大特性：

主要特徵為品質特性是連續且非負值且其值愈大愈好，範圍為 $(0, \infty)$ ，目標值為 ∞ （或最大的可能值），無可調因子存在，如抗壓強度、隔音量及材料斷面強度等。如圖4.4.1所示，望大特性是在 $X1$ 值以下時，就會失敗，此時的損失為 Z 。特性值愈大，損失就愈可減少。

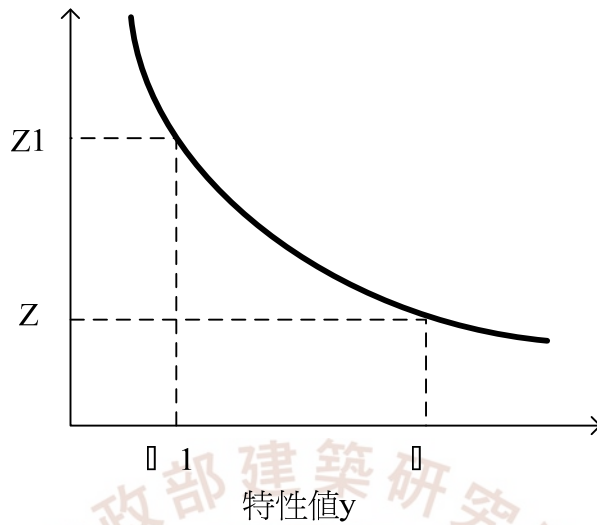


圖3.1 望大特性損失函數圖

X 為製造的規格， Z 則為規格外產品的損失。由損失函數 $Z(y)$ 可知

$$Z(\infty) = 0 \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$Z'(\infty) = 0 \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

令 $y = \infty$ ， $Z(y)$ 對 y 的倒數進行泰勒展開，即

$$Z(y) = Z(\infty) + \frac{L'(\infty)}{1!} \times \frac{1}{y} + \frac{L''(\infty)}{2!} \times \frac{1}{y^2} + \dots \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

省略3次方以上的項次，則可得

$$Z(y) = k \times \frac{1}{y^2} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

因 $y = X1$ 時，則損失函數 $Z(y)$ 為 $Z1$ ，故

$$Z1 = k \times \frac{1}{X1^2} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

移項後

$$k = Z1 \times X1^2 \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

將 k 代入4.4.6式可得

$$Z(y) = Z_1 \times X_1^2 \times \frac{1}{y^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

如n個望大特性 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ 之倒數平方之平均為 σ^2 則

$$Z(y) = k \times \sigma^2 \dots\dots\dots (3.10)$$

其中 σ^2 可分成

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \frac{1}{y_3^2} \dots\dots + \frac{1}{y_n^2} \right) \dots\dots\dots (3.11)$$

與望小特性進行相同處理可得

$$S/N \text{ 比} = 10 \times \log \frac{1}{\sigma^2} = -10 \times \log \sigma^2 = -10 \times \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots (3.12)$$

3. 望目特性：

以有限的目標值，不希望發生變異的特性值，稱為望目特性，其主要特徵為品質特性是連續且非負值，目標值為一有限值且不為零，一般均具有可調因子。對固定目標值 y_0 而言，望目特性的特性值為 y 時，其損失函數為

$$Z = k \times (y - y_0)^2 \dots\dots\dots (3.13)$$

對某目標值 y_0 ，假設可取得 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_k$ 。利用調整因素，使平均值符合目標值，則修正後的值為 y'_i 為

$$y'_i = y_i \frac{y_0}{S} \dots\dots\dots (3.14)$$

其中 S 代表平均值 \bar{y} 。將修正後的值 y'_i 可假設為

$$y'_i = y_i + (y_0 - \bar{y}) \dots\dots\dots (3.15)$$

在4.4.14式中，假設修正前的 $(y_i - \bar{y})^2$ 的平均為 σ^2 ，修正後的 $(y'_i - \bar{y}')^2$ 的平均為 σ'^2 則

$$\sigma'^2 = \sigma^2 \left(\frac{y_0}{S} \right)^2 = y_0^2 \frac{\sigma^2}{S^2} \dots\dots\dots (3.16)$$

修正後的損失函數為 Z_1

$$Z_1 = k\sigma^2 = ky_0^2 \frac{\sigma^2}{S^2} \dots\dots\dots (3.17)$$

與望小特性進行相同處理可得

$$S/N \text{ 比} = 10 \times \log\left(\frac{y^2}{S^2}\right) \dots\dots\dots (3.18)$$

而望大和望小的計算式中，所出現的負號乃為了確保符合S/N 比愈大愈好的特性。

第五節 隔間牆參數設計

一般而言，隔間牆之組成材料多為 2 個水準，因此，於田口實驗計劃法中，則選擇二水準之 L_8 即直交表為實驗計劃，所以於本文中選定 5 項因子，其中板材面密度選擇矽酸鈣板($120\text{g}/\text{cm}^2$)石膏板($72.4\text{g}/\text{cm}^2$)，空腔(吸音材)厚度選擇 75mm、125mm；面材板層數則選擇 1 層(9mm)、2 層(18mm)；吸音材 K 數選擇岩棉 60K、岩棉 24K；骨架類別選擇 C 型構架及一般常用傳統木構架，資料整理後如表 4.5.1，並探討不同材料中之交互作用，如表 4.5.2，最後給合成 8 項試件如表 4.5.3，來進行隔音試驗，爾後以 ISO 140-3 之量測方式及 ISO 717-1 隔音量單一指標宣告方式，來探討隔音牆試體之隔音效果【7-12】。

表3-1 隔間牆變因配置情形

編號	實驗研討項目	選擇項目	備註
A	板材面密度	1.矽酸鈣板($120\text{g}/\text{cm}^2$)	
		2.石膏板($72.4\text{g}/\text{cm}^2$)	
B	空腔(吸音材)厚度	1.75mm	不含面材厚度
		2.125mm	
C	板材層數	1. 1 層(9mm)	
		2. 2 層(18mm)	
D	吸音材 K 數	1. 岩棉 60K	
		2. 岩棉 24K	
E	骨架類別	1. C 型構架	
		2. 木構架	

表3-2 隔間牆各變因交互作用表

試件	因素與條件						
	A	B	A×C	C	B×D	D	E
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表3-3 隔間牆試件編號與試件組合

試件	板材面密度	空腔厚度	面材層數	吸音材K數	骨架類別
1	矽酸鈣板(120g/cm ²)	75mm	9mm	60K	C型構架
2	矽酸鈣板(120g/cm ²)	75mm	18mm	24K	木構架
3	矽酸鈣板(120g/cm ²)	125mm	9mm	24K	木構架
4	矽酸鈣板(120g/cm ²)	125mm	18mm	60K	C型構架
5	石膏板(72.4g/cm ²)	75mm	9mm	60K	木構架
6	石膏板(72.4g/cm ²)	75mm	18mm	24K	C型構架
7	石膏板(72.4g/cm ²)	125mm	9mm	24K	C型構架
8	石膏板(72.4g/cm ²)	125mm	18mm	60K	木構架

第六節 隔間牆量測設備及試件介紹

採用傳統聲壓法之 R4/R5 實驗室係由左右相鄰兩間實驗室組合而成，主要功能為量測內牆、外牆、隔音門、隔音窗、新隔音素材之隔音等級。R4(聲源室)/R5(接收室)迴響室之內容積分別為 220m³ 及 250m³，截止頻率均為 100 Hz、減振系統垂向共振頻率分別為 7.8 Hz 及 7.7Hz、操作頻寬 100~5000Hz 之聲壓位準標準差介於 0.5~1.5 dB，最大隔音量為 R'max-77、空調及照明啟動條件下，R4/R5 背景噪音為 NR-5, 14.4 dB(A) 及 NR-10, 15 dB(A)。並備有自動測試框架 4 套、自動測試台車 1 套、自動氣壓密閉系統 1 套。

第三章 建築物輕質隔間牆隔音性能實驗計劃

量測系統採用丹麥 B&K 系統，包括隨機音場微音器 10 顆、麥克風前置放大器 10 支、麥克風三角架及夾持器 10 套、94 dB 校正器 1 套、延長線 10 條、全頻帶音源、12 面體音源及其功率放大器 1 套、10 頻道 Pulse 分析儀 1 套及移動式機櫃 1 套、電腦 1 套及其網路連線、防潮櫃 1 套、ISO 140-3 聲壓法隔音材之隔音等級測試軟體 1 套，量測過程中 R4 聲源室及 R5 接收室各佈置 5 支隨機音場微音器，全頻帶音源放置於 R4 聲源室，12 面體音源放置於 R5 接收室如圖 4.6.1 所示，試驗流程如圖 4.6.2 所示。本所聲學實驗室之聲場性能經第三公正單位驗證，除符合國際標準並已於 95 年獲得 TAF 國家實驗室認證【13-15】。

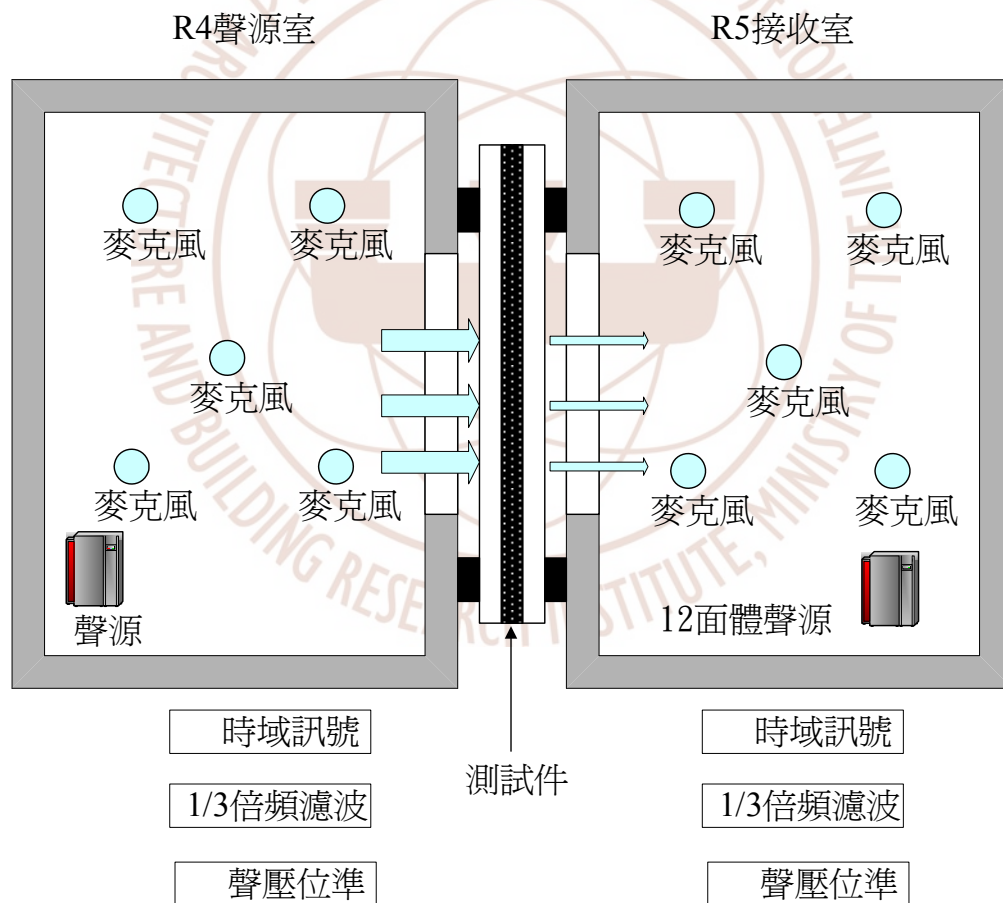


圖3-2 隔音性能測試儀器佈置圖

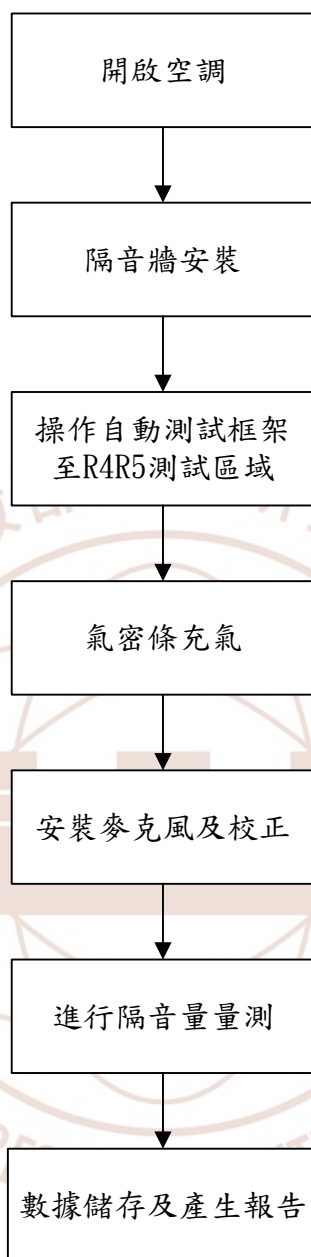


圖3-3 隔音性能測試流程圖

自動測試框中隔間牆之尺寸為3500mm(W)×3000mm(H)，因此8組隔間牆試體尺寸皆需符合測試框架之大小，隔間牆之尺寸如圖3-4～3-5所示，施工方法皆按照表3.6.3中所規定之組合依序施工，其中施工順序及下所示

- 1、以焊接方式依放樣位置將骨架上下固定，如圖3-6所示。
- 2、骨架依照間距垂直放入步驟1所固定之骨架，如圖3-7所示。
- 3、其一側利用自攻螺絲鎖入面板材，如圖3-8所示。

第三章 建築物輕質隔間牆隔音性能實驗計劃

- 4、另一側於試件中心填塞吸音材K數，再利用自攻螺絲鎖入面板材，如圖3-9所示。
- 5、完成後於兩側接縫處及螺絲孔位批上接縫膠泥，如圖3-10所示。
- 6、測試件四周與框架間以接silicone填補，並做所有接縫之最後確認及填補，如圖3-11所示，完工如圖3-12所示。

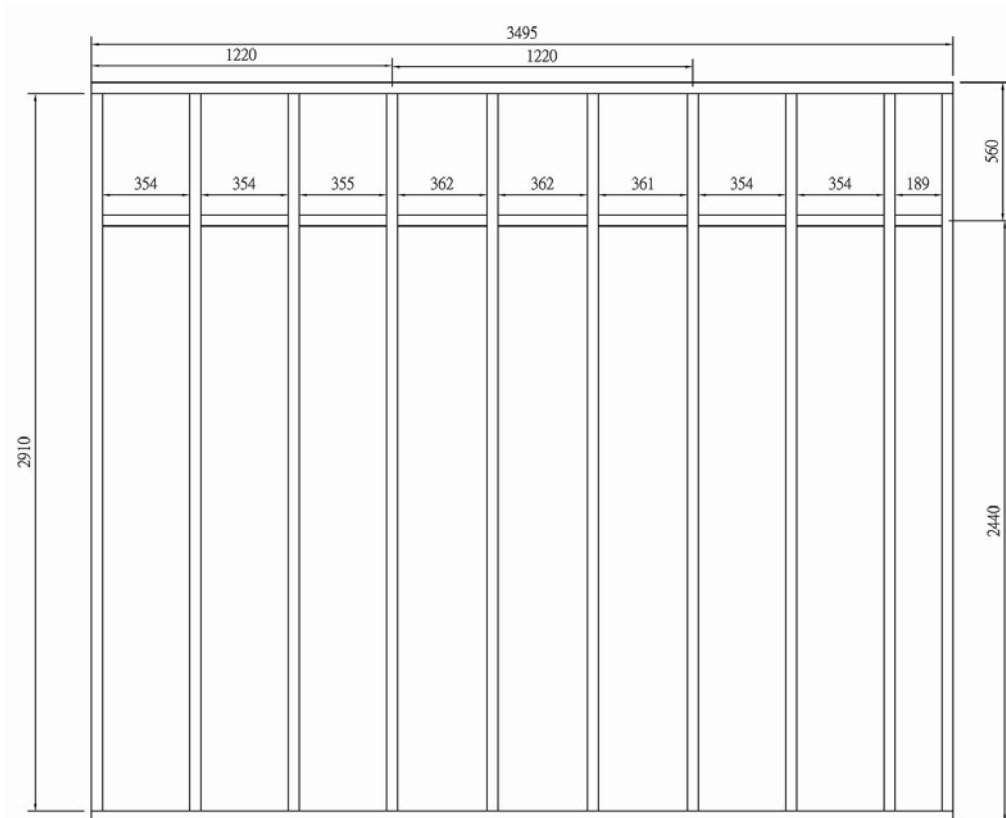


圖3-4 75型隔間牆設計圖

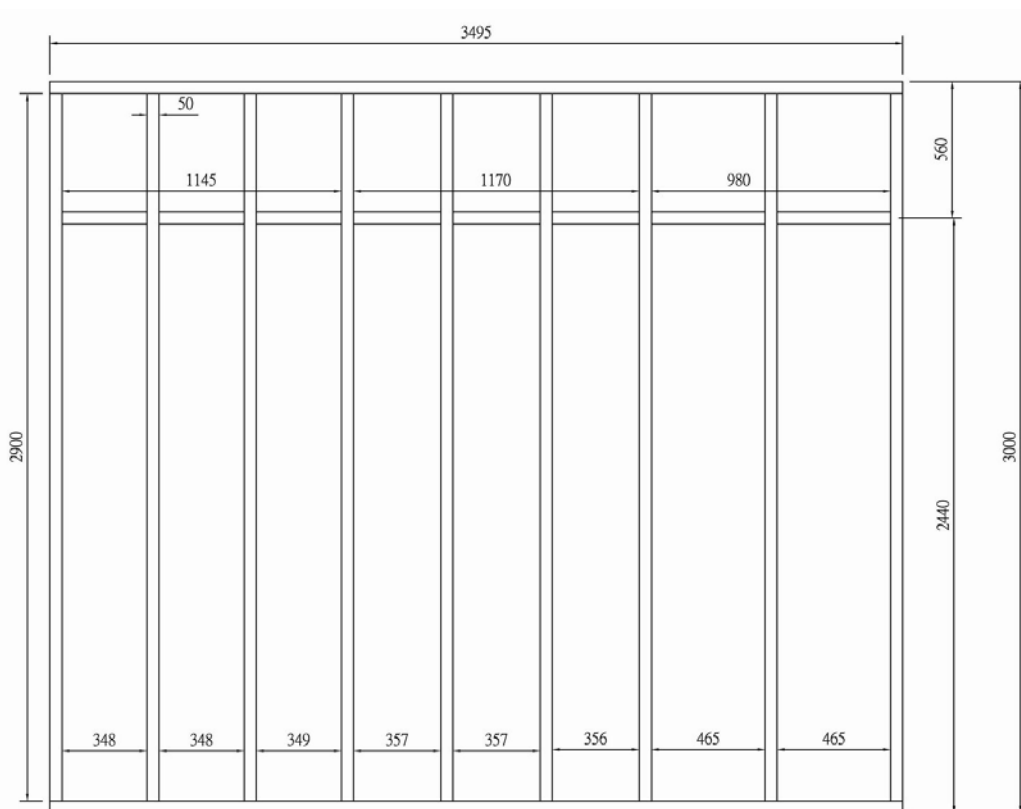


圖3-5 75型隔間牆設計圖



圖3-6 骨架放樣及焊接施工情形



圖3-7 骨架垂直置入施工情形



圖3-8 面材施工情形



圖3-9 吸音材填充施工情形



圖3-10 接縫膠泥施工情形



圖3-11 silicone填補施工情形



圖3-12 隔間牆完工



第四章 試驗結果分析

第一節 試驗數據結果展示

第 1 組：矽酸鈣板(120g/cm²)9mm+岩棉 60K+C型構架 75mm。經試驗後可得圖 4-1 及表 4-1，由表 4-1 可知，第 1 組試件依據ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=47(-5;-12)$ dB，在低頻 100Hz隔音量為 16.7dB、中頻 1000Hz隔音量為 53.8dB、高頻 4000Hz隔音量為 44.2dB。

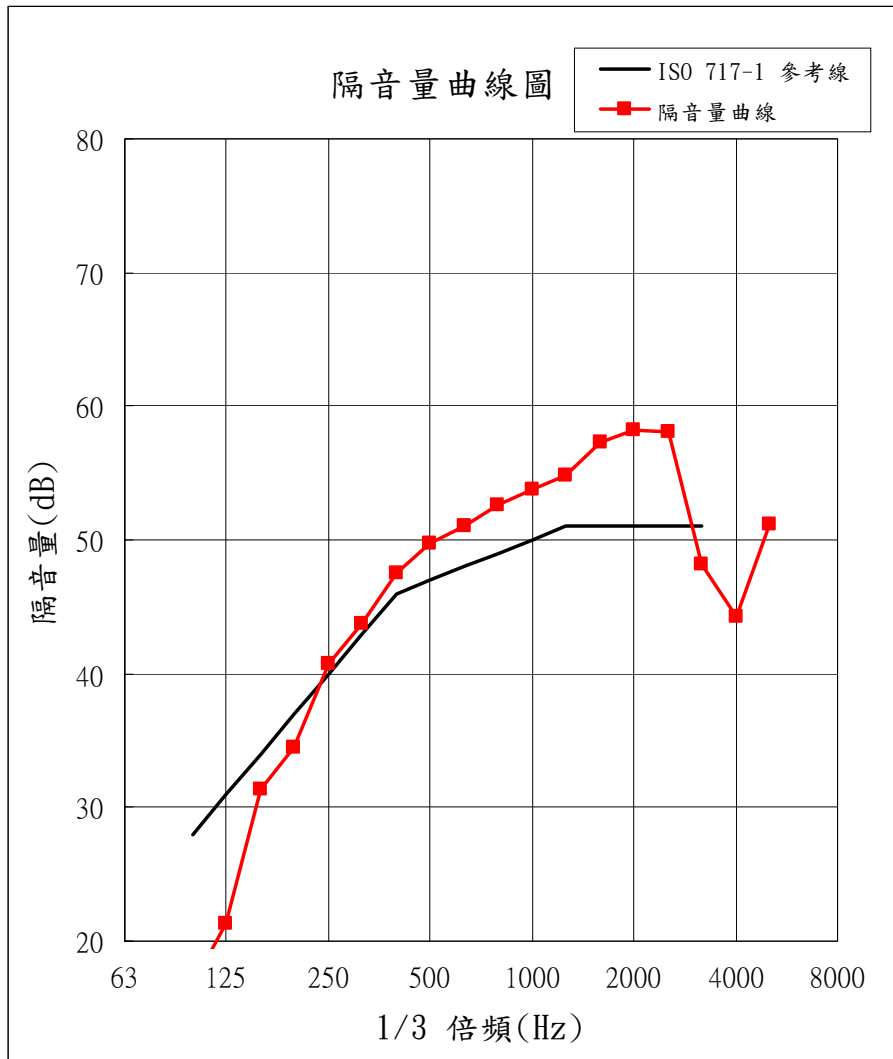


圖4-1 第1組試件隔音量曲線圖

表4-1 第1組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	16.7	21.3	31.4	34.5	40.7	43.7	47.5	49.8	51	52.6	53.8	54.8	57.3	58.2	58.1	48.2	44.2	51.2
依據 ISO 717-1 宣告隔音量	$R_w(C;Ctr)=47(-5;-12)$ dB																	

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

第 2 組：矽酸鈣板(120g/cm²)18mm+岩棉 24K+C型構架 75mm。經試驗後可得圖 4-2 及表 4-2，由表 4-2 可知，第 2 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=53(-4;-11)$ dB，在低頻 100Hz隔音量為 23dB、中頻 1000Hz隔音量為 54.1dB、高頻 4000Hz隔音量為 55.1dB。

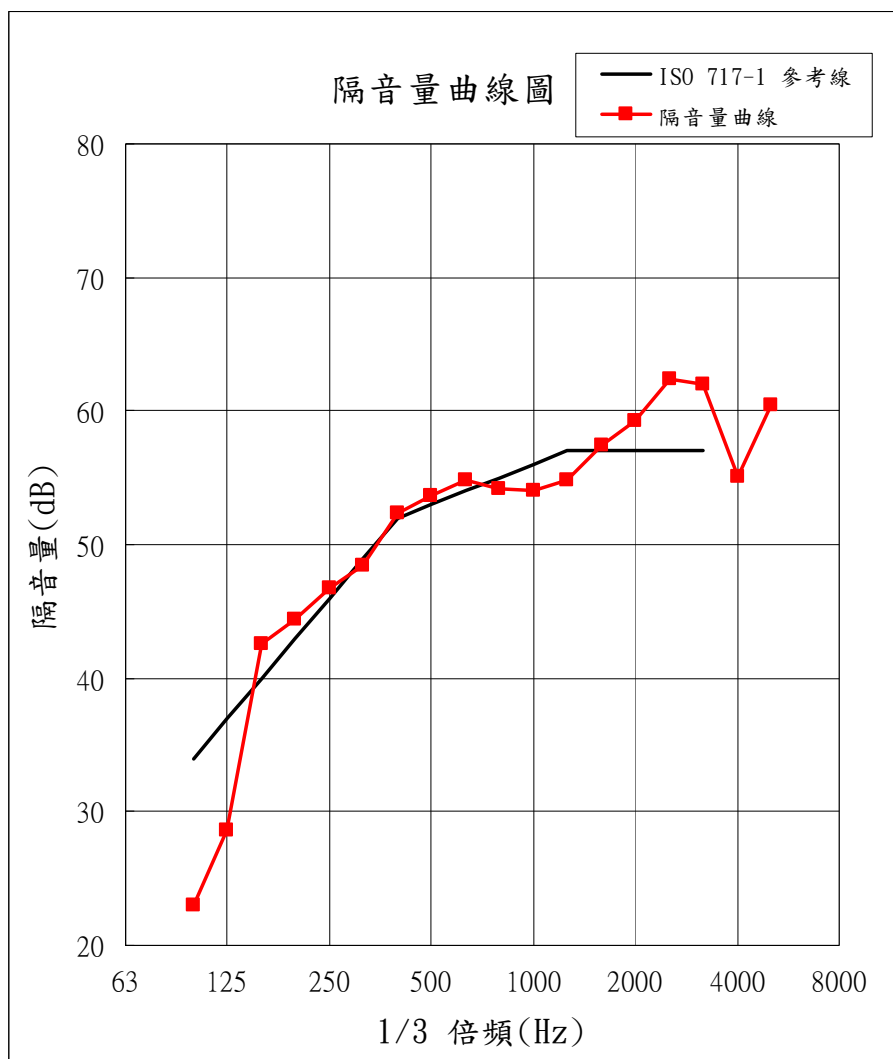


圖 4-2 第 2 組試件隔音量曲線圖

表 4-2 第 2 組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	23	28.6	42.6	44.4	46.7	48.4	52.3	53.6	54.8	54.2	54.1	54.8	57.5	59.3	62.4	62	55.1	60.5
依據 ISO 717-1 宣告隔音量									$R_w(C;Ctr)=53(-4;-11)$ dB									

第 3 組：矽酸鈣板(120g/cm²)9mm+岩棉 24K+木構架 125mm。經試驗後可得圖 4-3 及表 4-3，由表 4-3 可知，第 3 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=47(-4;-11)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 18.4dB、中頻 1000Hz 隔音量為 52.4dB、高頻 4000Hz 隔音量為 43.5dB。

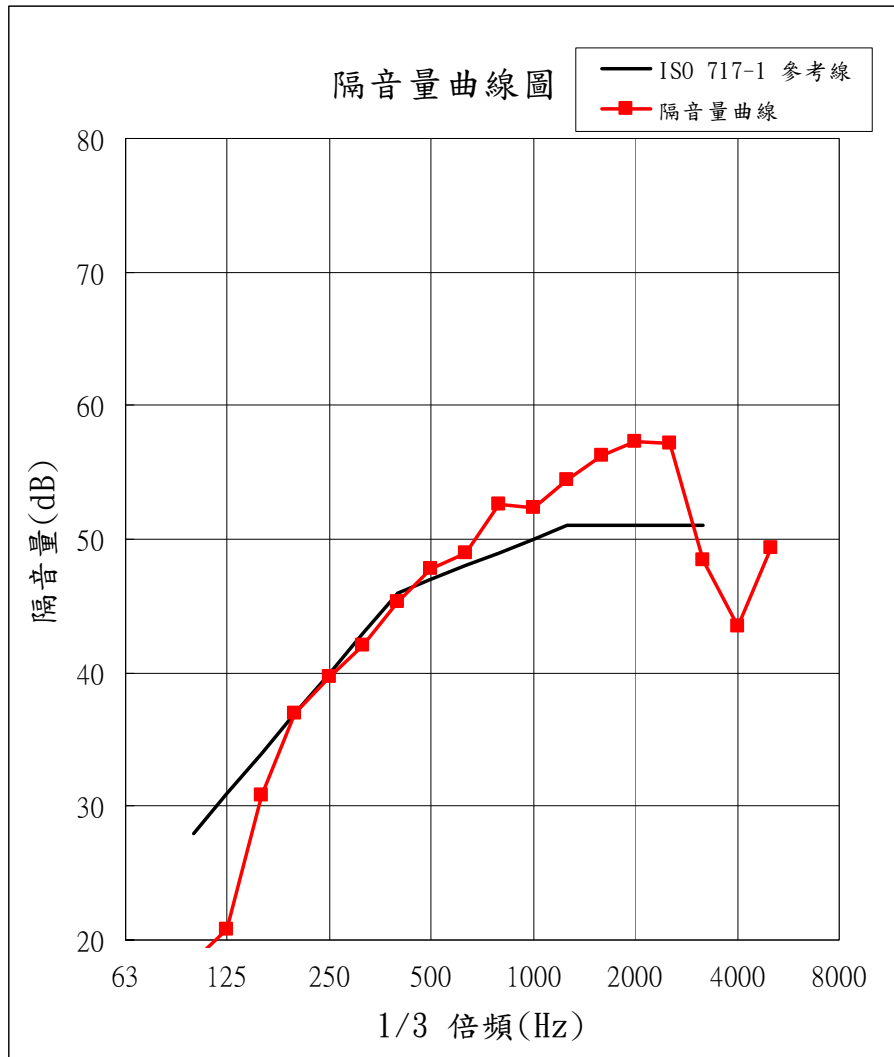


圖4-3 第3組試件隔音量曲線圖

表4-3 第3組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	18.4	20.8	30.8	37	39.7	42.1	45.3	47.8	49	52.6	52.4	54.5	56.3	57.3	57.2	48.5	43.5	49.4
依據 ISO 717-1 宣告隔音量										$R_w (C;Ctr)=47(-4;-11)$ dB								

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

第 4 組：矽酸鈣板(120g/cm²)18mm+ 岩棉 60K+C型構架 125mm。經試驗後可得圖 4-4 及表 4-4，由表 4-4 可知，第 4 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=54(-2;-9)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 26.9dB、中頻 1000Hz 隔音量為 54.3dB、高頻 4000Hz 隔音量為 51.1dB。

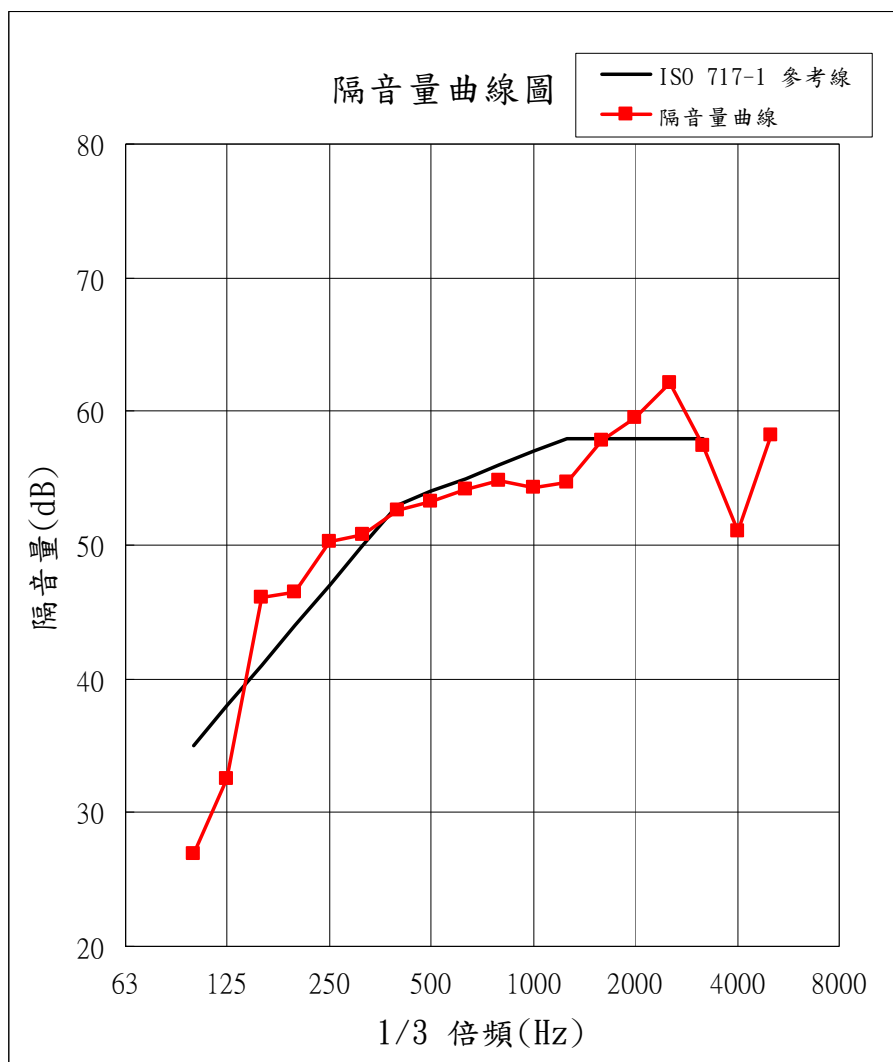


圖 4-4 第 4 組試件隔音量曲線圖

表 4-4 第 4 組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	26.9	32.5	46.1	46.5	50.3	50.8	52.6	53.2	54.2	54.8	54.3	54.7	57.8	59.5	62.1	57.4	51.1	58.2
依據 ISO 717-1 宣告隔音量									$R_w(C;Ctr)=54(-2;-9)$ dB									

第 5 組：石膏板(72.4g/cm²)9mm+岩棉 60K+木構架 75mm。經試驗後可得圖 4-5 及表 4-5，由表 4-5 可知，第 5 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=41(-5;-12)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 11.8dB、中頻 1000Hz 隔音量為 53.9dB、高頻 4000Hz 隔音量為 46.3dB。

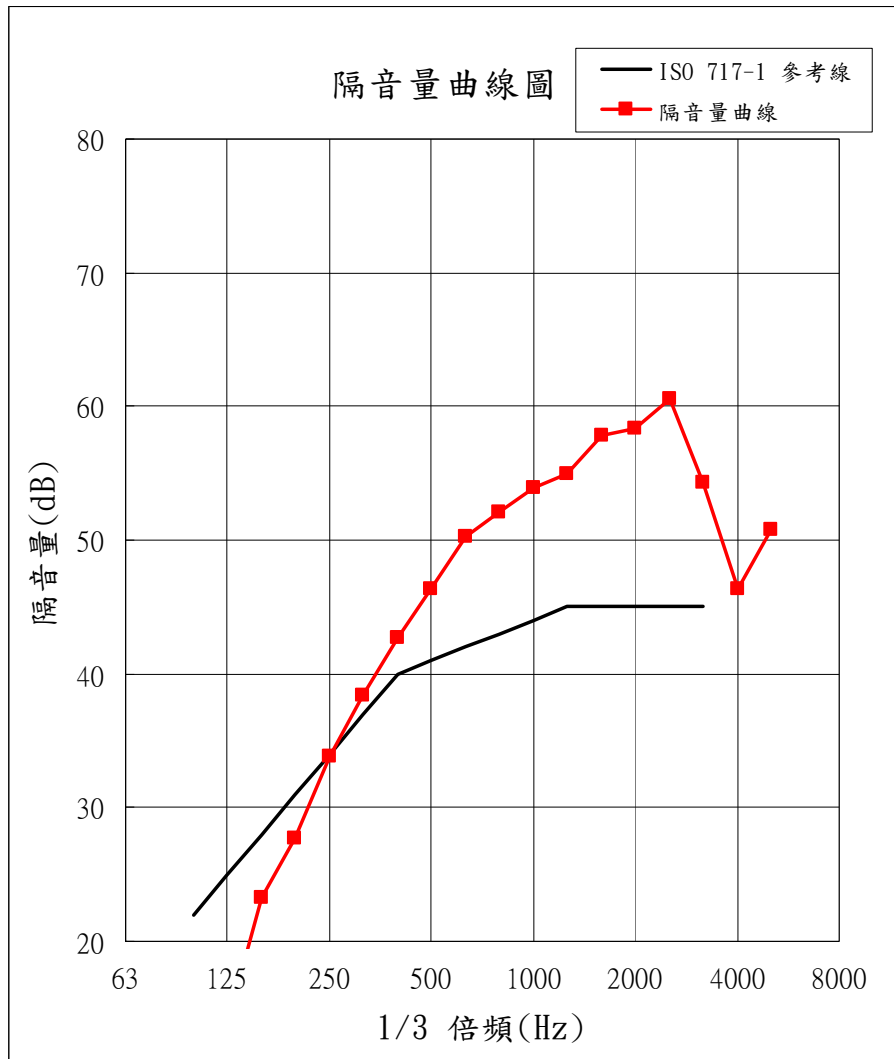


圖4-5 第5組試件隔音量曲線圖

表 4-5 第 5 組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	11.8	13.7	23.3	27.7	33.8	38.4	42.7	46.4	50.3	52.1	53.9	54.9	57.8	58.3	60.6	54.3	46.3	50.8
依據 ISO 717-1 宣告隔音量									$R_w(C;Ctr)=41(-5;-12)$ dB									

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

第 6 組：石膏板(72.4g/cm²)18mm+岩棉 24K+C 型構架 75mm。經試驗後可得圖 4-6 及表 4-6，由表 4-6 可知，第 6 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=48(-5;-12)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 17.4dB、中頻 1000Hz 隔音量為 49.1dB、高頻 4000Hz 隔音量為 48.1dB。

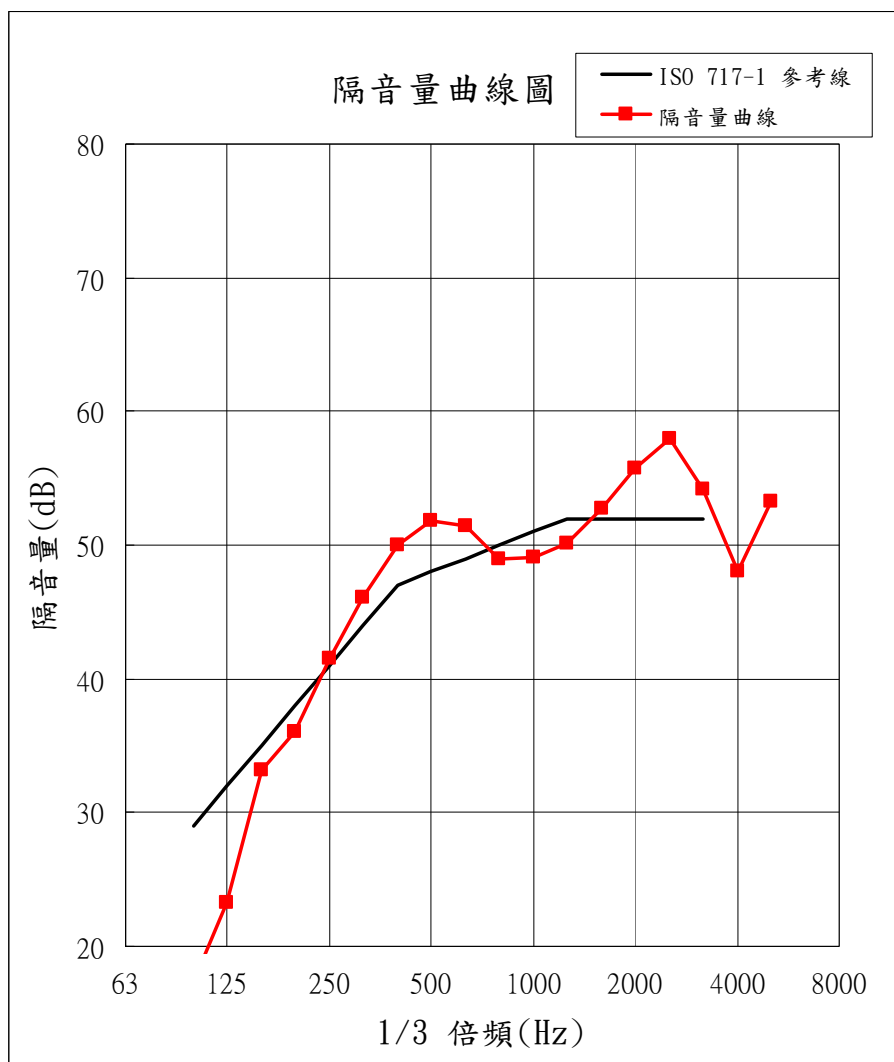


圖4-6 第6組試件隔音量曲線圖

表4-6 第6組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	17.4	23.2	33.2	36.1	41.5	46.1	50	51.8	51.5	48.9	49.1	50.1	52.7	55.7	58	54.2	48.1	53.2
依據 ISO 717-1 宣告隔音量											$R_w(C;Ctr)=48(-5;-12)$ dB							

第 7 組：石膏板(72.4g/cm²)9mm+岩棉 24K+C 型構架 125mm。經試驗後可得圖 4-7 及表 4-7，由表 4-7 可知，第 7 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=44(-6;-13)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 12.5dB、中頻 1000Hz 隔音量為 52.1dB、高頻 4000Hz 隔音量為 41dB。

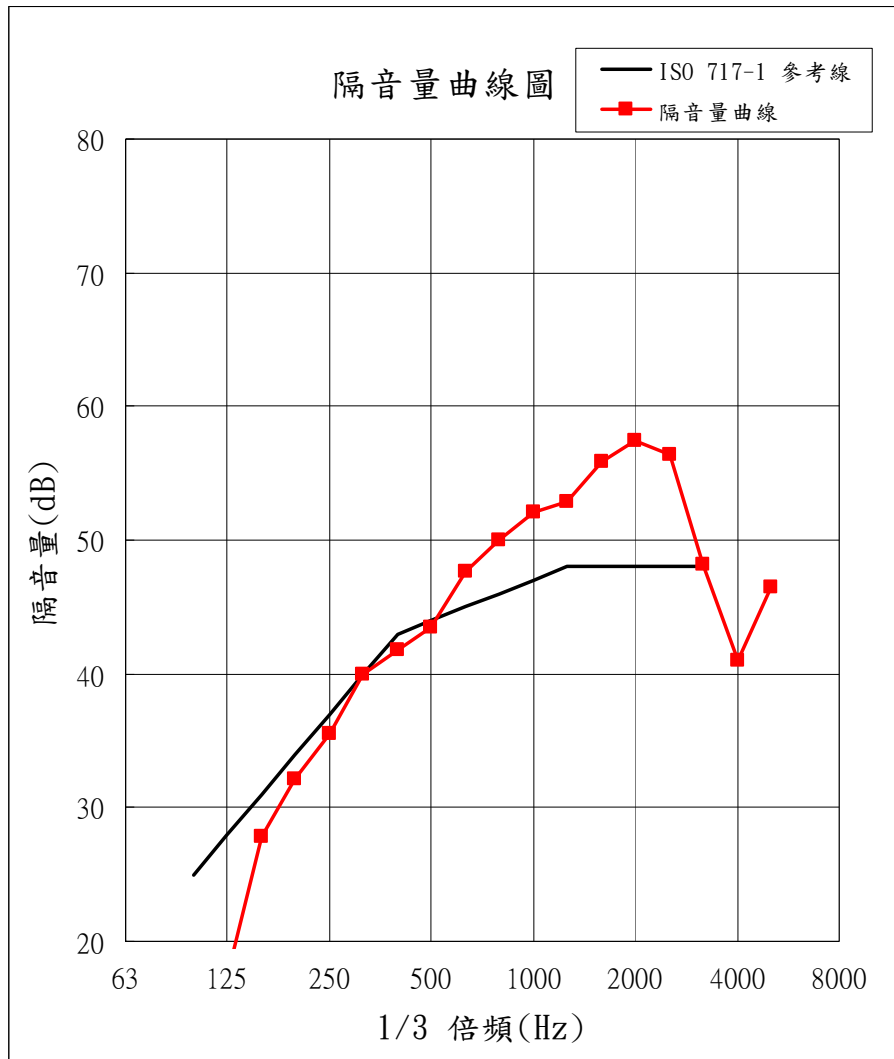


圖4-7 第7組試件隔音量曲線圖

表4-7 第7組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	12.5	17.2	27.8	32.1	35.5	39.9	41.8	43.5	47.6	50	52.1	52.9	55.9	57.4	56.4	48.2	41	46.5
依據 ISO 717-1 宣告隔音量									$R_w(C;Ctr)=44(-6;-13)$ dB									

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

第 8 組：石膏板(72.4g/cm²)18mm+岩棉 60K+木構架 125mm。經試驗後可得圖 4-8 及表 4-8，由表 4-8 可知，第 8 組試件依據 ISO 717-1 宣告隔音量為 $R_w(C;Ctr)=51(-6;-13)$ dB，在低頻 100Hz 隔音量為 18.8dB、中頻 1000Hz 隔音量為 55.9dB、高頻 4000Hz 隔音量為 48.4dB。

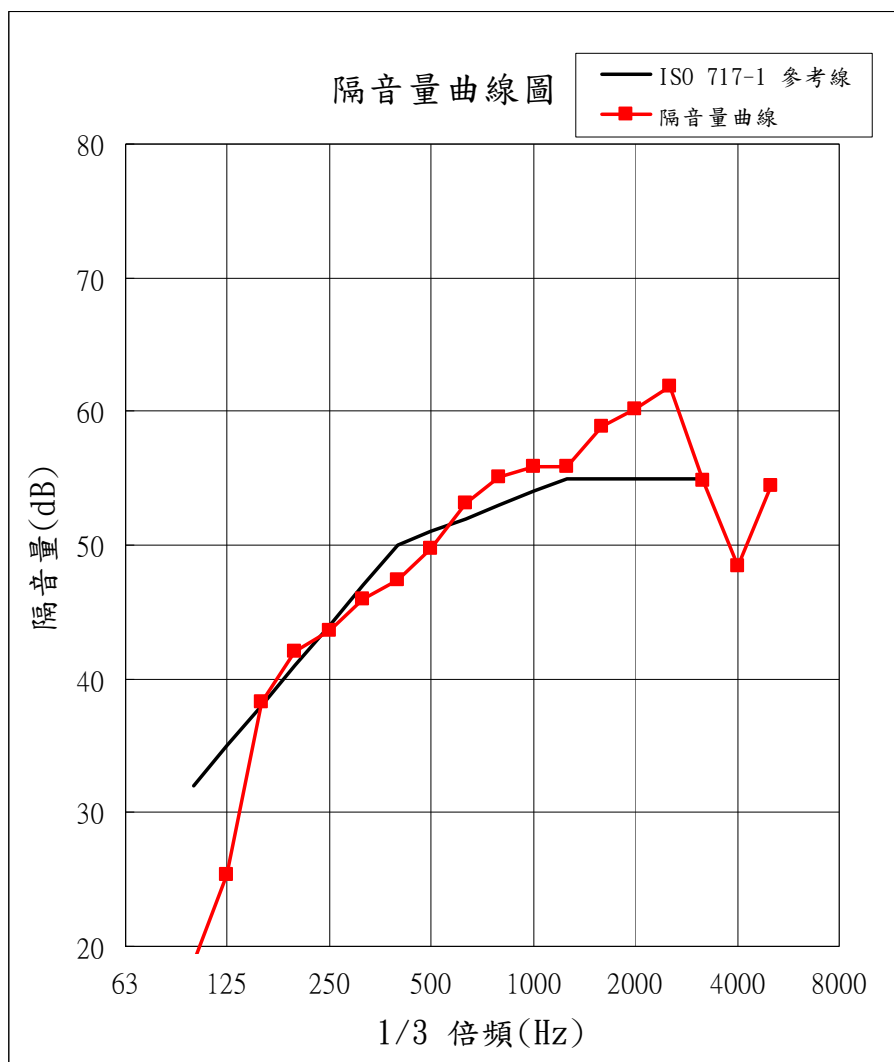


圖4-8 第8組試件隔音量曲線圖

表4-8 第8組試件隔音量數據表

頻率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R	18.8	25.4	38.3	42.1	43.6	46	47.4	49.8	53.1	55.1	55.9	55.9	58.9	60.2	61.9	54.8	48.4	54.5
依據 ISO 717-1 宣告隔音量									$R_w(C;Ctr)=51(-6;-13)$ dB									

經由 8 組試件測試結果約略可知，面材為矽酸鈣板單層時，低頻 100Hz 隔音量為 16.7dB~18.4dB，中頻 1000Hz 隔音量為 52.4dB~53.8dB，高頻 4000Hz 隔音量為 43.5dB~44.2dB；面材為矽酸鈣板雙層時，低頻 100Hz 隔音量為 23.0dB~26.9dB，中頻 1000Hz 隔音量為 54.1dB~54.3dB，高頻 4000Hz 隔音量為 51.1dB~55.1dB；面材為石膏板單層時，低頻 100Hz 隔音量為 11.8dB~12.5dB，中頻 1000Hz 隔音量為 52.1dB~53.9dB，高頻 4000Hz 隔音量為 41.0dB~46.3dB；面材為石膏板雙層時，低頻 100Hz 隔音量為 17.4dB~18.8dB，中頻 1000Hz 隔音量為 49.1dB~55.9dB，高頻 4000Hz 隔音量為 48.1dB~48.4dB。因此，經整理可得以下結果

1. 不同面密度單層之來探討可得知低頻隔音量差異可達 6dB，中頻隔音量差異 0.3dB，高頻隔音量差異 2.5dB
2. 不同面密度雙層之來探討可得知低頻隔音量差異可達 8.1dB，中頻隔音量差異 5dB，高頻隔音量差異 6.7dB
3. 相同面密度(矽酸鈣板)單及雙層之來探討可得知低頻隔音量差異可達 8.5dB，中頻隔音量差異 1.7dB，高頻隔音量差異 10.6dB
4. 相同面密度(石膏板)單及雙層之來探討可得知低頻隔音量差異可達 6.3dB，中頻隔音量差異 3.1B，高頻隔音量差異 7.1dB

經整由後如表 4-9 所示，由上述不難發現，使用雙層面材時於低頻和高頻隔音量皆優於單層，面密度高的面材無論是雙層或單層於低頻及高頻隔音量時皆優於面密度低之面材，但此結果僅只考量面密度及層數 2 因子，由實驗數據並無法得知空腔厚度、吸音材 K 數、骨架類別等因子對隔音量之影響，因此，於下節中將使用田口實驗計畫法之望大特性及變異數分析來探討其他尚未考量之因子對隔音量之影響多寡。

表4-9 不同面密度及層數低、中及高頻隔音統計

	低頻隔音量	中頻隔音量	高頻隔音量
矽酸鈣板單層	16.7dB~18.4dB	52.4dB~53.8dB	43.5dB~44.2dB
矽酸鈣板雙層	23.0dB~26.9dB	54.1dB~54.3dB	51.1dB~55.1dB
石膏板單層	11.8dB~12.5dB	52.1dB~53.9dB	41.0dB~46.3dB
石膏板雙層	17.4dB~18.8dB	49.1dB~55.9dB	48.1dB~48.4dB

第二節 田口計畫法結果分析

依田口實驗計畫法所選定之 8 組隔間牆，為確認實驗室之可靠性，所以每組試件皆量測 3 次後取平均，隔間牆之隔音性能經整理後如表 4-10 所示

表4-10 試驗結果之交互作用表

試件	因素與條件							隔音效果(dB)				SN 比
	A	B	A×C	C	B×D	D	E	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均	
1	1	1	1	1	1	1	1	47	47	47	47	33.44
2	1	1	1	2	2	2	2	53	53	53	53	34.49
3	1	2	2	1	1	2	2	47	47	47	47	33.44
4	1	2	2	2	2	1	1	54	54	54	54	34.65
5	2	1	2	1	2	1	2	41	41	41	41	32.26
6	2	1	2	2	1	2	1	48	48	48	48	33.62
7	2	2	1	1	2	2	1	44	44	43	43.7	32.87
8	2	2	1	2	1	1	2	51	51	51	51	34.15

由表 4-10 可知本實驗室之實驗結果相當可靠，實驗過程變動量小，所以量測結果幾乎完全相同。試件 4 隔音量達 $R_w=54\text{dB}$ 及以望大定義之SN比 $=34.65$ 皆為最佳。

實驗結果計算如下所示

$$A1 = (47 + 53 + 47 + 54) / 4 = 50.25$$

$$A2 = (41 + 48 + 43.7 + 51) / 4 = 45.92$$

$$B1 = (47 + 53 + 41 + 48) / 4 = 47.25$$

$$B2 = (47 + 54 + 43.7 + 51) / 4 = 48.92$$

$$C1 = (47 + 47 + 41 + 43.7) / 4 = 44.67$$

$$C2 = (53 + 54 + 48 + 51) / 4 = 51.50$$

$$D1 = (47 + 54 + 41 + 51) / 4 = 48.25$$

$$D2 = (53 + 47 + 48 + 43.7) / 4 = 47.92$$

$$E1 = (47 + 54 + 48 + 43.7) / 4 = 48.17$$

$$E2 = (53 + 47 + 41 + 51) / 4 = 48.00$$

將隔間牆各因子及水準隔音量之結果整理如表 4-11 所示

表4-11 隔間牆試驗平均回應表

水準	因素與條件						
	A	B	A×C	C	B×D	D	E
1	50.25	47.25	48.67	44.67	48.25	48.25	48.17
2	45.92	48.92	47.50	51.50	47.92	47.92	48.00
Max-Min	4.33	1.67	1.17	6.83	0.33	0.33	0.17
平均	48.08	48.08	48.08	48.08	48.08	48.08	48.08

由上述平均回應表可以得知隔間牆試體組合中，面材板層數 C、面密度 A 及空腔厚度 B 兩水準間的交互作用似乎有較強之效果；吸音材 K 數 D、骨架類別 E 水準之交作用並不明顯。

接下來繪出因子效果及交互作用之回應圖如圖 4-9~4-13 所示，

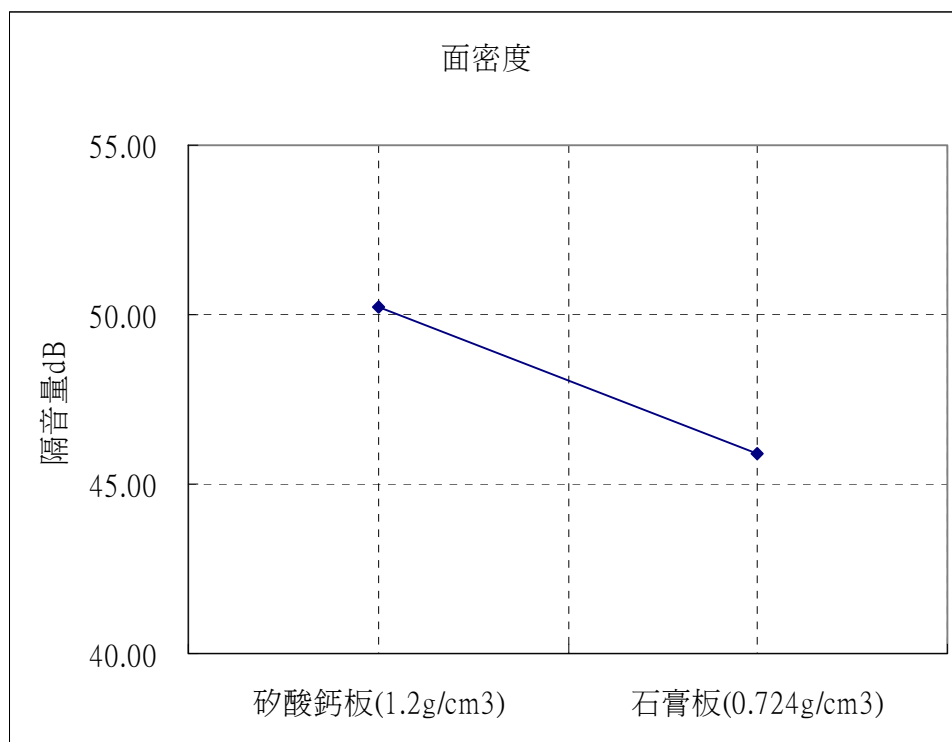


圖4-9 面密度因子(A)效果圖

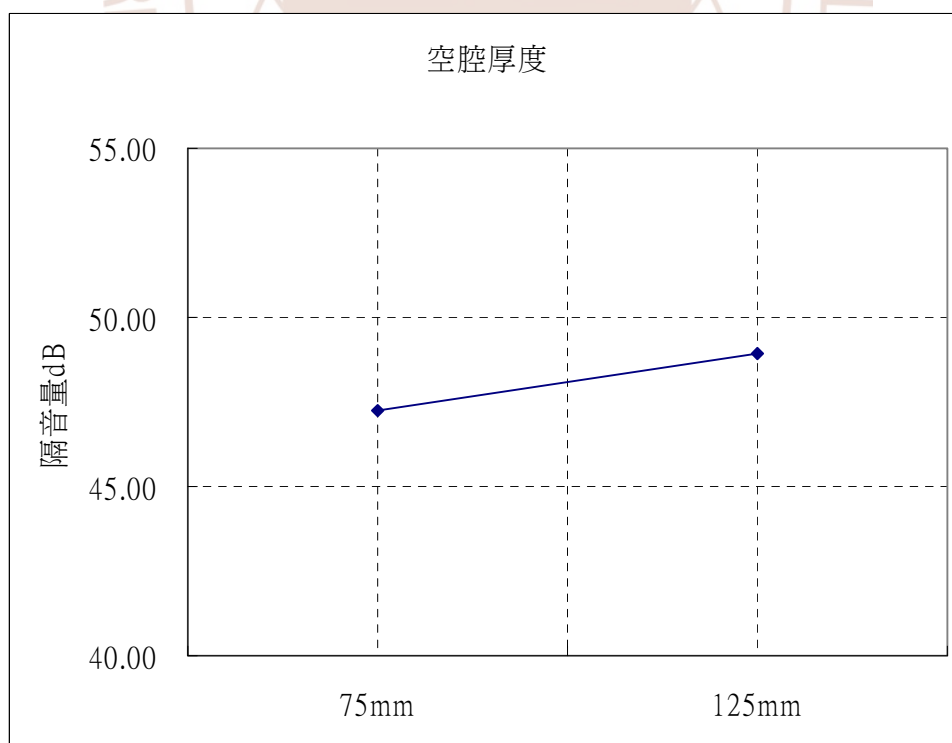


圖4-10 空腔厚度因子(B)效果圖

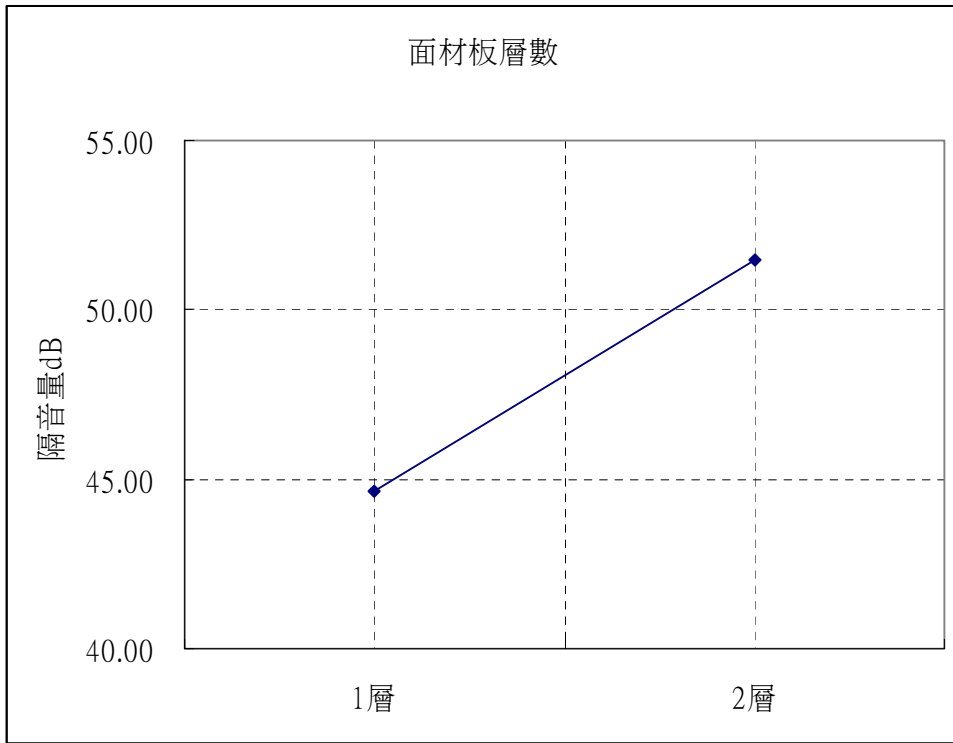


圖4-11 面板材層數因子(C)效果圖

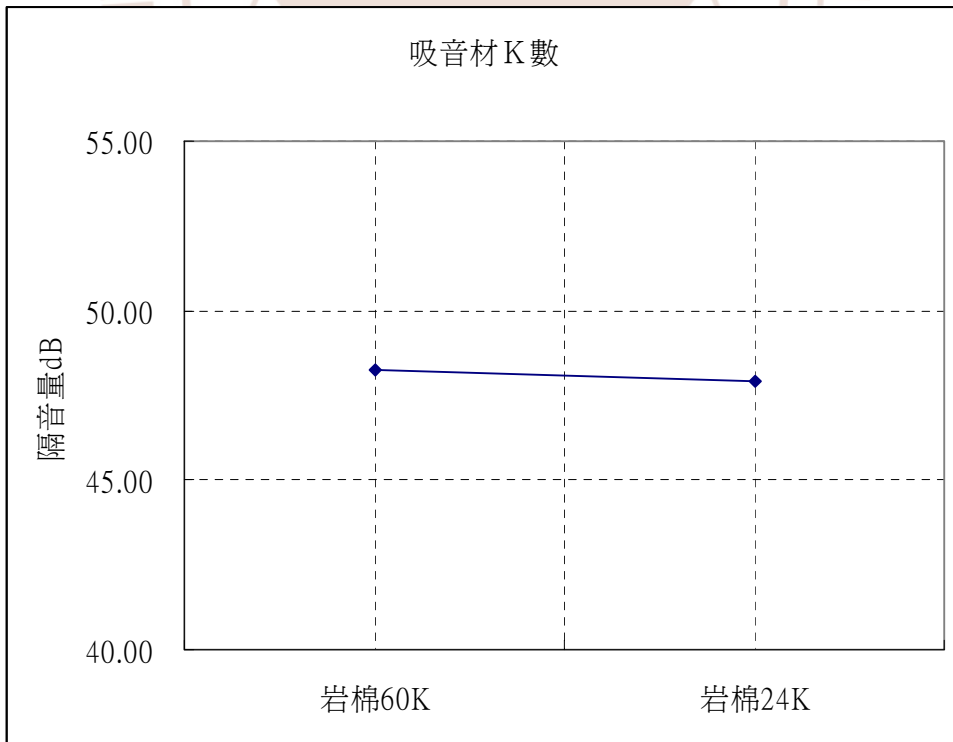


圖4-12 吸音材K數(D)因子效果圖

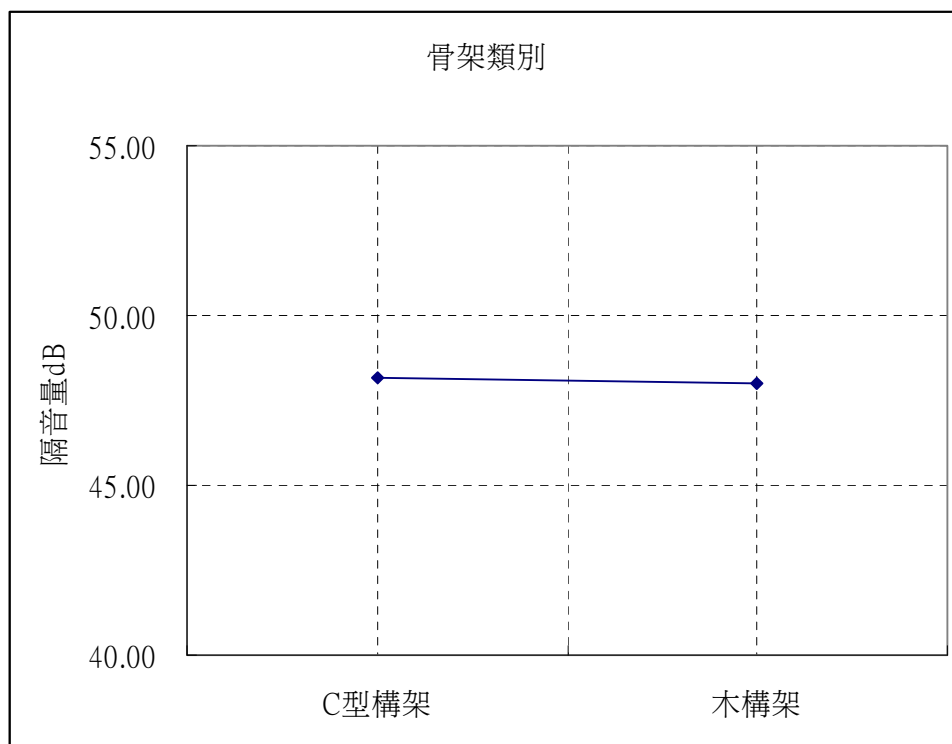


圖4-13 骨架類別因子(E)效果圖

由圖 4-11 可知斜率愈大，表示其因素水準對隔音量的影響愈大，且圖示能讓人更直覺的瞭解哪個因素影響隔音量最強，哪個水準最佳，因此，能更容易能挑選出隔間牆之最佳組合。由於回應表無法直接看出交互作用間各因素對其之影響，因此接下來要繼續討論交互作用 $A \times C$ 中的各個組合之平均效果。

$$A1C1 = (47.0 + 47.0) / 2 = 47.0$$

$$A1C2 = (53.0 + 54.0) / 2 = 53.5$$

$$A2C1 = (41.0 + 43.67) / 2 = 42.35$$

$$A2C2 = (48.0 + 51.0) / 2 = 49.50$$

將計算結果整理後如表 4-12 及圖 4-14 所示，由圖可知 $A \times C$ 之間各組合平均效果並無交叉，所以可知 $A \times C$ 並無交互作用，此也表示面密度及層數是兩獨立變因，彼此不會干擾而影響隔音效果，另因 $B \times D$ 遠小於 $A \times C$ 之交互作用，所以於此亦可確認為兩獨立變因。由於隔間牆各變因交互作用表中假設有交互作用，現在則可確認試驗所有因素皆為獨立因素。

表4-12 交互作用A×C中各組合平均

	A1	A2
C1	47.00	42.35
C2	53.50	49.50

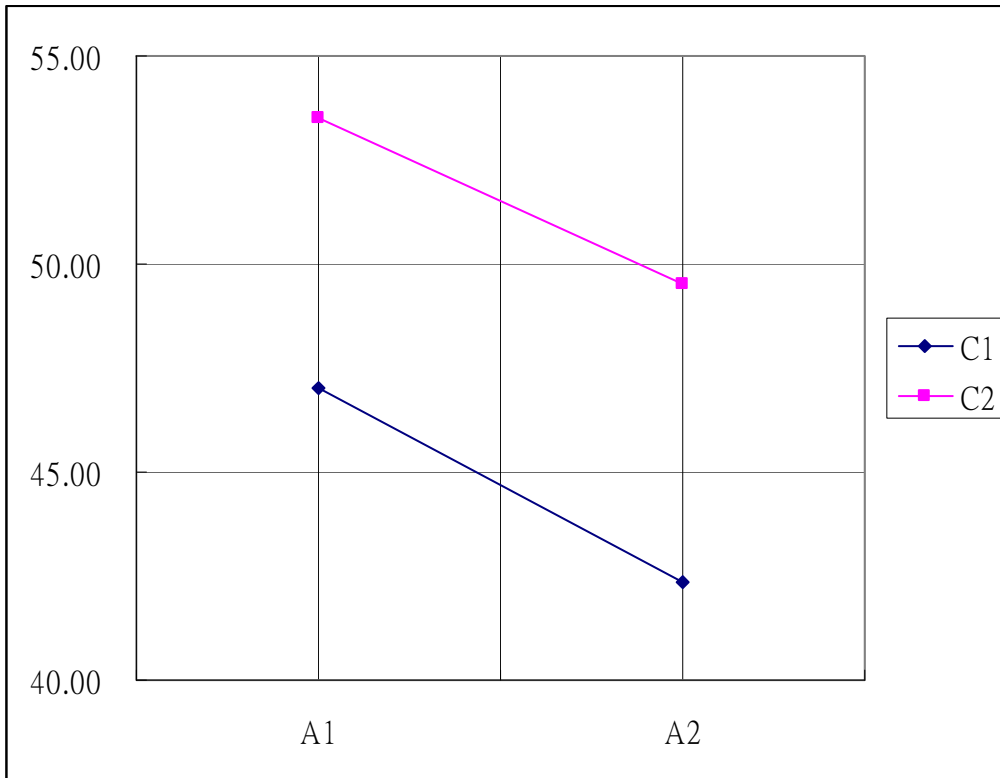


圖4-14 面密度(A)及面材層數(C)之交互作用

接下來並對表 4-11 隔間牆試驗平均回應表進行變異數分析，變異數分析(Analysis of Variance; ANOVA)是一種統計分析的方法，係將一組資料所發生的總變異，依可能發生變異的來源分割為數個部分，亦即每一部份均可歸因於某因素；測度這些不同的變異來源，可瞭解各種變異是否有顯著差異，若有差異，則表示某一變異來源對結果具有顯著的影響作用【16】。以下將介紹變異數中之基本公式

1. 總平方和(Sum of Square for Total;SST)

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y})^2 \dots\dots\dots (5.1)$$

2. 組間平方和(Sum of Square for Between;SSB)

$$SSB = n_1(\bar{y}_1 - \bar{y})^2 + n_2(\bar{y}_2 - \bar{y})^2 + \dots + n_k(\bar{y}_k - \bar{y})^2$$

$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \quad \dots (5.2)$$

3. 組內平方和(Sum of Square for Within;SSW)或稱殘差平方和(Sum of Square for Error;SSE)

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad \dots (5.3)$$

4. 平方和有下列的等式

$$SSB + SSE = SST \quad \dots (5.4)$$

將基本公式整理後如表 4-13 所示

表4-13 一般情形之完全隨機化設計ANOVA表

變異來源	平方和(SS)	自由度(DF)	均方(MS)	F 比值	貢獻度
因子	$SSB = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_i - \bar{y})^2$	$k - 1$	$MSB = \frac{SSB}{k - 1}$	$\frac{MSB}{MSE}$	$\frac{MSB}{SST}$
殘差	$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$n - k$	$MSE = \frac{SSE}{n - k}$		
總和	$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y})^2$	$n - 1$			

$$SSB_A = 2 \times [(50.25 - 48.08)^2 + (45.92 - 48.08)^2] = 18.78$$

$$SSB_B = 2 \times [(47.25 - 48.08)^2 + (48.92 - 48.08)^2] = 2.78$$

$$SSB_{A \times C} = 2 \times [(48.67 - 48.08)^2 + (47.50 - 48.08)^2] = 1.36$$

$$SSB_C = 2 \times [(44.67 - 48.08)^2 + (51.50 - 48.08)^2] = 46.69$$

$$SSB_{B \times D} = 2 \times [(48.25 - 48.08)^2 + (47.92 - 48.08)^2] = 0.11$$

$$SSB_D = 2 \times [(48.25 - 48.08)^2 + (47.92 - 48.08)^2] = 0.11$$

$$SSB_E = 2 \times [(48.17 - 48.08)^2 + (48.00 - 48.08)^2] = 0.03$$

$$SSE = SST - SSB = 32.72$$

$$MSB_A = \frac{18.78}{1} = 18.78$$

$$MSB_B = \frac{2.78}{1} = 2.78$$

$$MSB_{A \times C} = \frac{1.36}{1} = 1.36$$

$$MSB_C = \frac{46.69}{1} = 46.69$$

$$MSB_{B \times D} = \frac{0.11}{1} = 0.11$$

$$MSB_D = \frac{0.11}{1} = 0.11$$

$$MSB_E = \frac{0.03}{1} = 0.03$$

$$MSE = \frac{32.72}{6} = 5.45$$

$$F_A = \frac{18.78}{5.45} = 3.44$$

$$F_B = \frac{2.78}{5.45} = 0.51$$

$$F_{A \times C} = \frac{18.78}{5.45} = 0.25$$

$$F_C = \frac{46.69}{5.45} = 8.56$$

$$F_{B \times D} = \frac{0.11}{5.45} = 0.02$$

$$F_D = \frac{0.11}{5.45} = 0.02$$

$$F_E = \frac{0.03}{5.45} = 0.01$$

$$P_A = \frac{18.78}{102.58} = 18.3\%$$

$$P_B = \frac{2.78}{102.58} = 2.71\%$$

$$P_C = \frac{46.69}{102.58} = 45.52\%$$

$$P_D = \frac{0.11}{102.58} = 0.11\%$$

$$P_E = \frac{0.03}{102.58} = 0.03\%$$

將計算結果整理後如表 4-14 所示

表4-14 隔間牆變異分析

因子	平方和(SS)	自由度(DF)	均方(MS)	F 比值	貢獻度 P
A	18.78	1	18.78	3.44	18.30%
B	2.78	1	2.78	0.51	2.71%
A×B	1.36	1	1.36	0.25	1.33%
C	46.69	1	46.69	8.56	45.52%
B×D	0.11	1	0.11	0.02	0.11%
D	0.11	1	0.11	0.02	0.11%
E	0.03	1	0.03	0.01	0.03%
Error	32.72	6	5.45		
Total	102.58	10	10.26		

由變異數分析可以得知隔間牆試體組合中，面板材層數 C 所佔之貢獻度 45.52%、面密度 A 所佔之貢獻度 18.3%，而空腔厚度 B、吸音材 K 數 D、骨架類別 E 水準之貢獻度並不明顯與之前所得之結果相同，因此，綜合二者後可得下列結論

1. 由交互作用及變異數分析結果可知，主要影響隔間牆隔音量之因子依序為面材板層數 > 板材面密度 > 空腔(填充吸音材)厚度 > 吸音材 K 數及骨架類別。
2. 隔間牆之組成因子皆為獨立，彼此間並無交互作用。
3. 空腔厚度、吸音材 K 數及骨架類別在隔間牆可提供隔音量來說並不明顯。

第三節 隔間牆不同頻率之分析

依據 ISO 717-1 所宣告隔音量 R_w 是為一個總量，第二節中所得之結論也是依據此總量進行分析，但此並無法看出不同頻率下使用不同組成因子對隔音量所造成之影響為何？因此，接下來將要繼續來探討各頻率之交互作用。

依照第二節之分析方式可得隔間牆各因子及水準於不同頻率下隔音

量之結果，整理後如表 4-15 所示。由該結果可知，空腔厚度 B 水準 1(75mm) 在 2500HZ~5000HZ 表現較水準 2(125mm)佳；面材層數 C 水準 1(1 層)在 1250HZ~1600HZ 表現較水準 2(2 層)佳；骨架類別 E 水準 2(木構架)在 630HZ~5000HZ 表現較水準 1(C 型構架)佳，因此，綜合分析結果後可得下列結論

1. 經由各頻率分析可知，並非所有因子效果及交互作用之回應結果與以單一總量之結果相同。
2. 隔間牆之構件組成，可由噪音現場之頻率分佈來挑選，比如說想於中高頻得到較好隔音量時，可使用空腔厚度為 75mm 及木構架，並期能達到隔音之最佳效果。

表 4-15 隔間牆各頻率試驗平均回應表

頻率	水準	因素與條件						
		A	B	A×C	C	B×D	D	E
100HZ	1	21.1	17.2	17.7	14.7	17.8	18.5	18.3
	2	15.1	19.0	18.6	21.6	18.5	17.8	18.0
125HZ	1	25.7	21.6	23.2	18.3	22.5	23.2	23.6
	2	19.8	23.9	22.4	27.2	23.0	22.3	22.0
160HZ	1	37.7	32.6	35.0	28.4	33.4	34.8	34.6
	2	30.6	35.7	33.4	40.0	35.0	33.6	33.8
200HZ	1	40.7	35.7	38.3	32.9	37.5	37.7	37.3
	2	34.4	39.4	36.8	42.3	37.7	37.4	37.8
250HZ	1	44.3	40.6	41.5	37.3	41.3	42.0	41.8
	2	38.5	42.2	41.2	45.4	41.5	40.8	40.9
315HZ	1	46.3	44.2	44.5	41.0	44.5	44.7	45.1
	2	42.6	44.6	44.4	47.8	44.4	44.2	43.7
400HZ	1	49.4	48.1	47.2	44.3	47.5	47.5	47.9
	2	45.5	46.8	47.6	50.5	47.4	47.3	46.9
500HZ	1	51.0	50.3	49.2	46.8	49.7	49.7	49.5
	2	47.8	48.5	49.7	52.0	49.1	49.1	49.3
630HZ	1	52.2	51.9	51.6	49.5	51.1	52.1	51.0
	2	50.6	50.9	51.2	53.3	51.7	50.7	51.8

800HZ	1	53.5	52.0	53.0	51.9	52.3	53.7	51.6
	2	51.6	53.1	52.1	53.2	52.8	51.4	53.5
1250HZ	1	54.7	53.6	54.6	54.3	53.8	55.1	53.1
	2	53.5	54.5	53.5	53.9	54.3	53.1	55.0
1600HZ	1	57.3	56.3	57.4	56.8	56.3	57.9	55.9
	2	56.3	57.2	56.2	56.7	57.2	55.6	57.6
2000HZ	1	58.6	57.9	58.8	57.8	57.9	59.1	57.7
	2	57.9	58.6	57.7	58.7	58.6	57.4	58.8
2500HZ	1	59.9	59.7	59.7	58.0	58.8	60.7	58.6
	2	59.1	59.3	59.4	61.0	60.3	58.4	60.5
3150HZ	1	54.0	54.5	53.1	49.6	51.3	53.6	51.7
	2	52.6	52.1	53.4	57.0	55.3	53.0	54.8
4000HZ	1	48.4	48.3	47.1	43.6	46.0	47.4	46.0
	2	45.8	45.9	47.1	50.6	48.3	46.8	48.3
5000HZ	1	54.8	53.8	53.1	49.4	52.0	53.7	52.2
	2	51.1	52.1	52.8	56.5	53.9	52.3	53.8

第四節 輕質隔間牆施工品質對隔音性能之影響

乾式輕質隔間牆之材料及施工法具有隔音、隔熱、防火、質輕、施工便捷等多項優點，各種建築物廣為採用。特別是高層鋼構建築體，更需採用乾式施工法與輕量材質之建材。該類施工法之防火及隔音性能為國外各研究機構及材料供應商所標榜之基本建材性能，相關性能也刊載於協會之手冊或型錄中，供設計人員選擇使用。

本研究主要針對市面上常見的施工方式及材料進行實驗研究，探究其主要影響因子；但是，經過期中簡報收集許多專家學者意見指出，輕質隔間牆是屬於現場施工，施工工人技術純熟與施工品質將會對輕質隔間牆隔音性能造成立即而直接的影響，因此，本研究設計一系列實驗針對現場施工過程中密封過程良好與否，對於隔音性能之影響加以探討，同時比較國際間以單一數值指標宣告隔音量之差異。

一、量測設備及測試材料

(一) 量測設備

採用聲壓法實驗，本所音響實驗室中 R4/R5 實驗室係由左右相鄰兩間實驗室組合而成，主要功能為量測內牆、外牆、隔音門、隔音窗、新隔音素材之隔音等級。R4(聲源室)/R5(接收室)迴響室之內容積分別為 220m³ 及 250m³，截止頻率均為 100 Hz、減振系統垂向共振頻率分別為 7.8 Hz 及 7.7Hz、操作頻寬 100~5000Hz 之聲壓位準標準差介於 0.5~1.5 dB，最大隔音量為 R'max-77、空調及照明啟動條件下，R4/R5 背景噪音為 NR-5, 14.4 dB(A)及 NR-10, 15 dB(A)。並備有自動測試框架 4 套、自動測試台車 1 套、自動氣壓密閉系統 1 套。量測系統採用丹麥 B&K 系統，包括隨機麥克風 10 顆、麥克風前置放大器 10 支、麥克風三角架及夾持器 10 套、94 dB 校正器 1 套、延長線 10 條、全頻帶音源及其功率放大器 1 套、10 頻道 Pulse 分析儀 1 套及移動式機櫃 1 套、電腦 1 套及其網路連線、防潮櫃 1 套、ISO-140-3 聲壓法隔音材之隔音等級測試軟體 1 套。本所音響實驗室之聲場性能經第三公正單位驗證，除符合國際標準並已於 95 年獲得 TAF 國家實驗室認證。

(二) 測試材料

採用雙層雙面具備玻璃纖維棉及彈性槽架之輕隔間為最終組合試件。U 型上下槽鋼尺寸為 94mm×30mm×1mm(20GA)、C 型立柱尺寸為 92mm×35mm×1mm(20GA)、橫向加強槽鋼尺寸為 38mm×12mm×1mm(20GA)、彈性槽鋼尺寸為 92mm×35mm×1mm(20GA)，強化石膏板厚度為 15mm，玻璃纖維棉厚度及密度為 94mm 及 24K。所有材料安裝於自動測試車之測試體框架內，測試框架為 ISO 等規定之標準尺寸 3m(H)×3.5m(W)，立柱間距為 61cm、立柱與框架間距為 45cm，橫向加強槽鋼間距為 12.2cm，彈性槽鋼間距為 60cm。

二、測試步驟與結果分析

所有測試步驟依據 ISO 140-3, ASTM-E90, JIS-A-1416 規定執

行，隔音量單一指標宣告分別依據 ISO 717-1, ASTM-E-413, JIS-1419-1 規定執行[4~9]。相關之測試規劃、結果分析分別陳述如次：

(一) 測試規劃

測試規劃以測試不同材料組合與模擬現場施工不佳等方式，本研究僅以一測試件施工過程分別量測，其中 ”不佳施工” 於本研究中之定義包括第一層石膏板與第二層石膏板未交錯重疊、石膏板間未執行批土膠泥、石膏板與框架四周未執行接縫膠泥。分別執行下列測試：

1. 骨架與單面第一層石膏板固定後，未密封之隔音量評估。
2. 骨架與單面第一層石膏板固定後，完成密封之隔音量評估。
3. 延續上項，單面第二層石膏板固定後，未密封之隔音量評估。
4. 延續上項，單面第二層石膏板固定後，完成密封之隔音量評估。
5. 延續上項，安裝玻璃纖維棉、彈性槽鋼及另面之第一層石膏板固定後，未密封之隔音量評估。
6. 延續上項，另面之第一層石膏板固定後，密封之隔音量評估。
7. 延續上項，另面之第二層石膏板固定後，未密封之隔音量評估。
8. 延續上項，另面之第二層石膏板固定後，密封之隔音量評估。

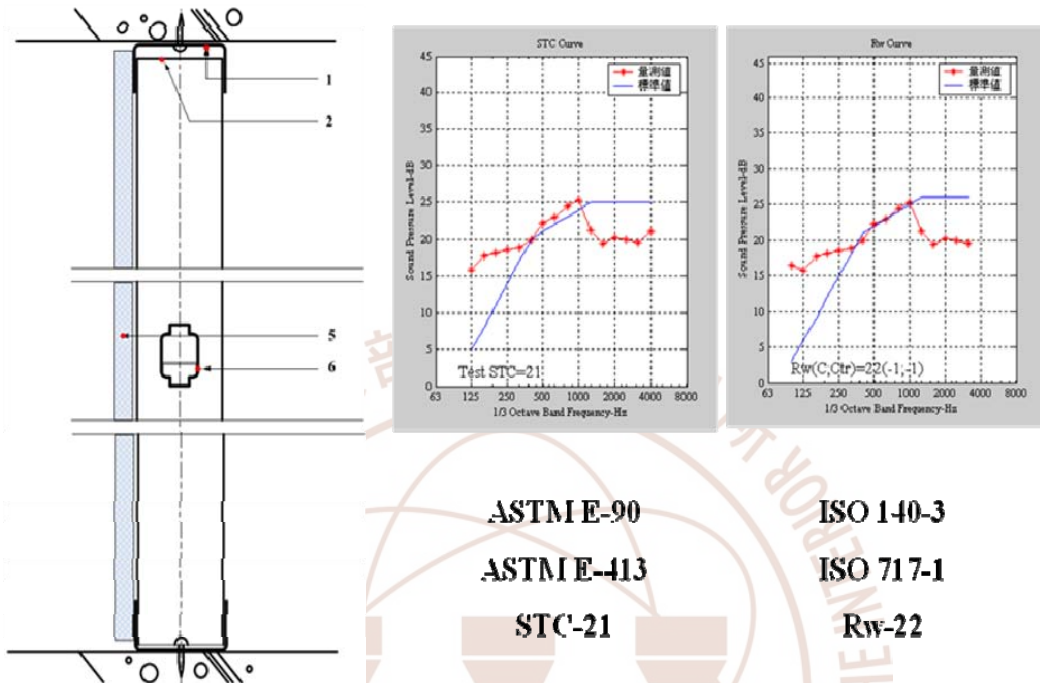




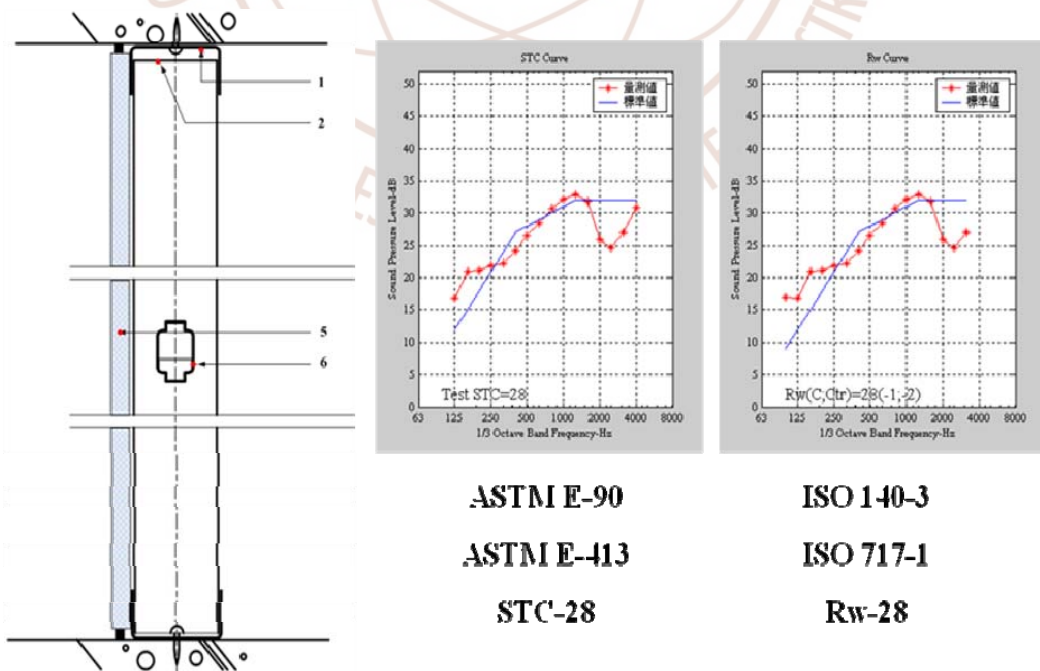
圖4-15 施工完成照片

(二) 結果與分析

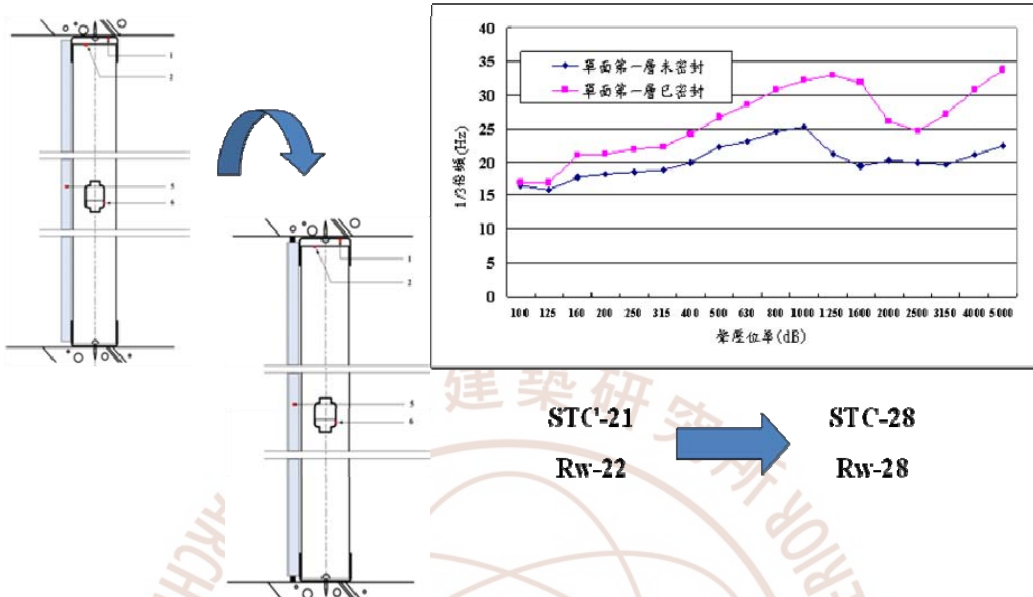
1. 單面單層石膏板—尚未密封時



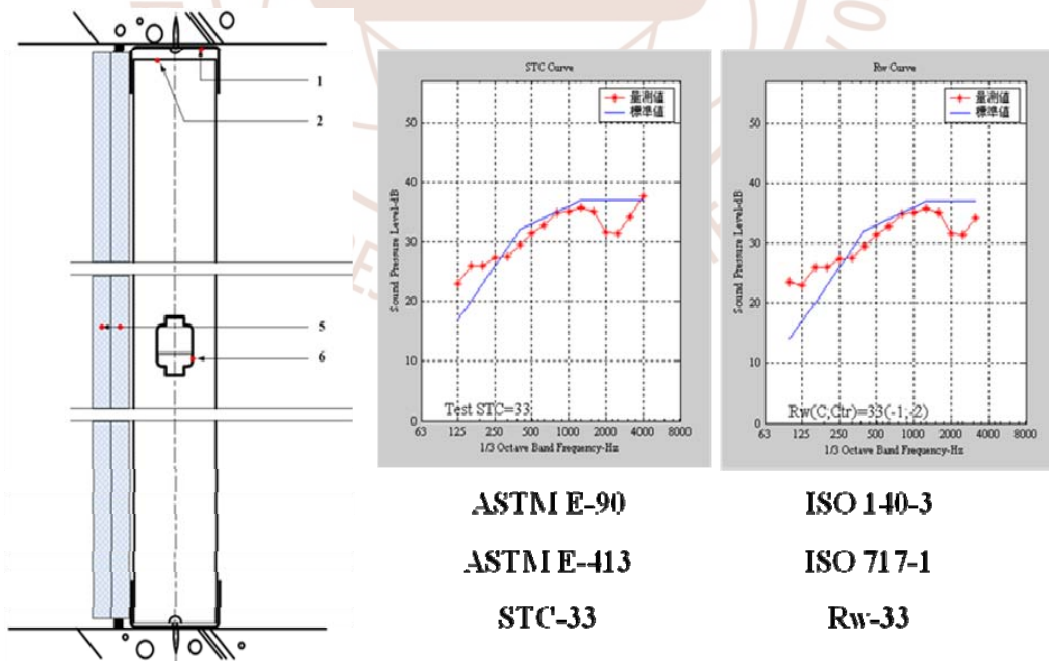
2. 單面單層石膏板—已完成第一層單面密封



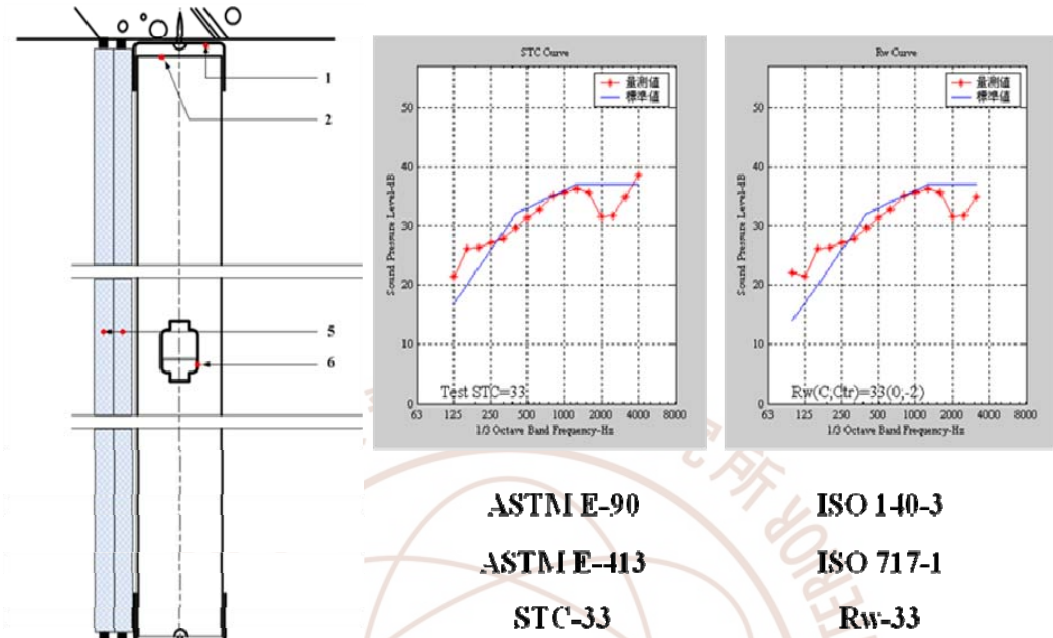
3. 單面單層石膏板—密封效益比對



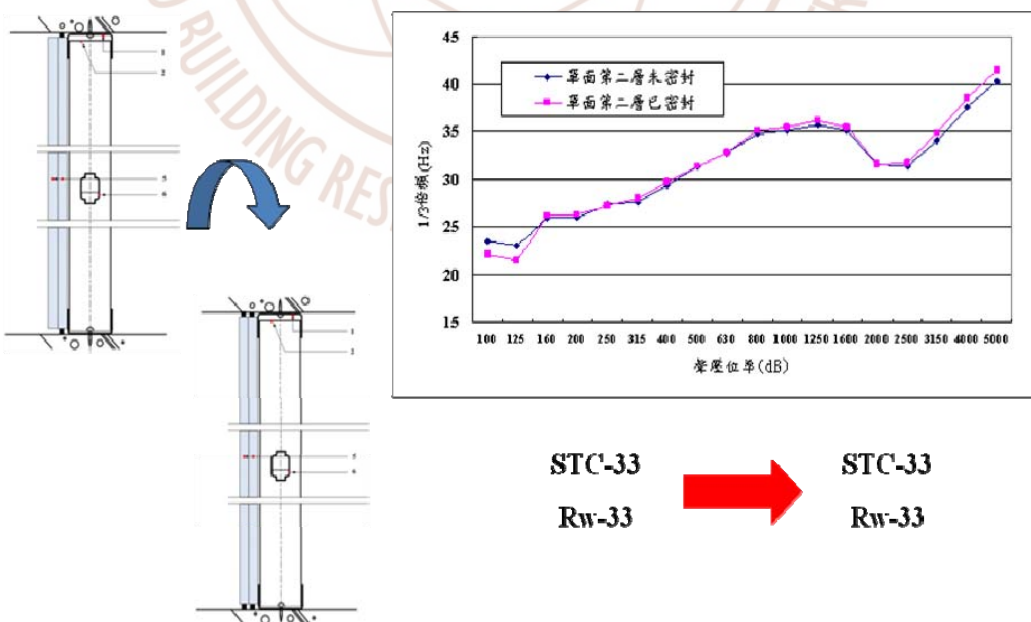
4. 單面雙層石膏板—第一層已密封，第二層尚未密封處理



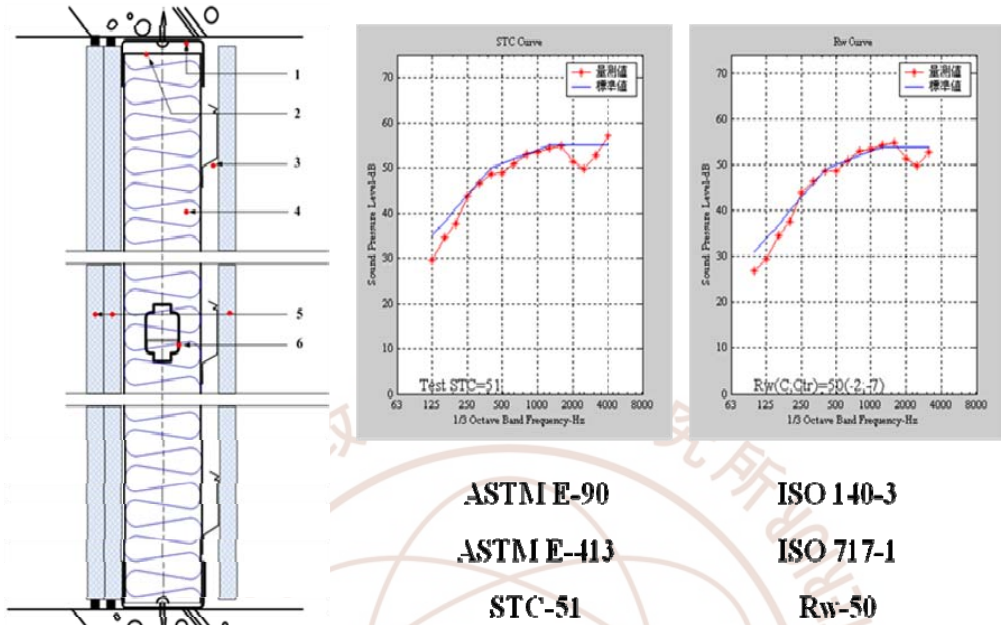
5. 單面雙層石膏板—第一層與第二層皆完成密封



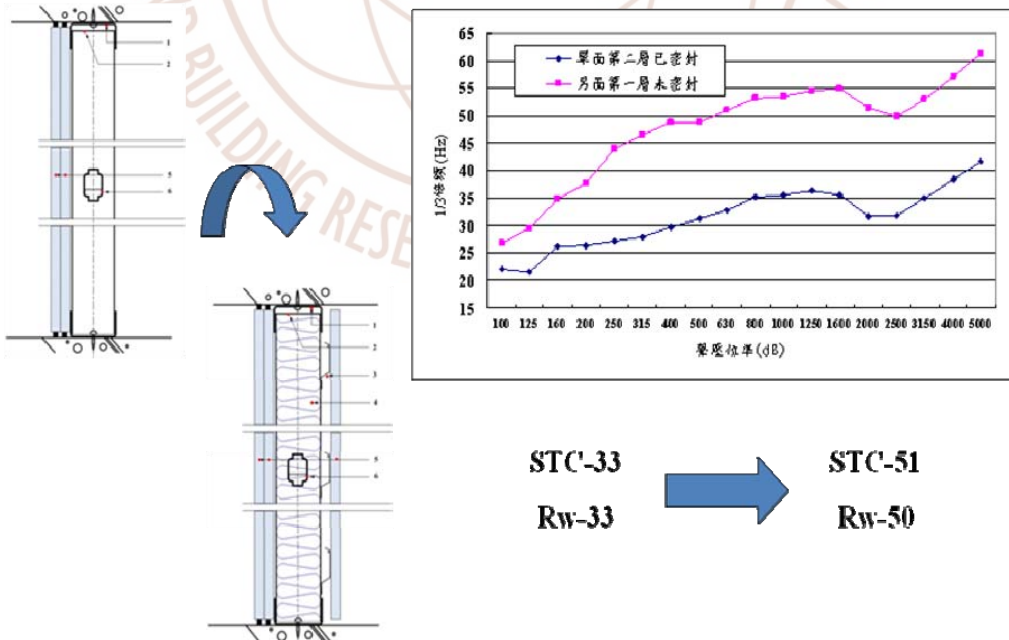
6. 單面雙層石膏板—第二層密封之效益



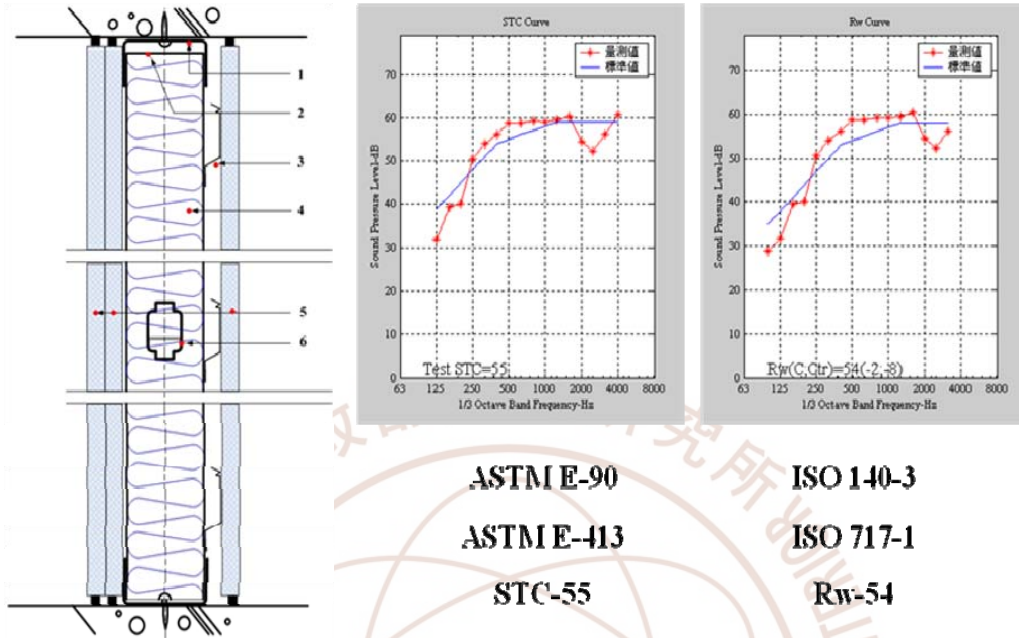
7. 雙面(雙層-單層)石膏板—右側第一層未密封+FG24K+彈性槽鋼



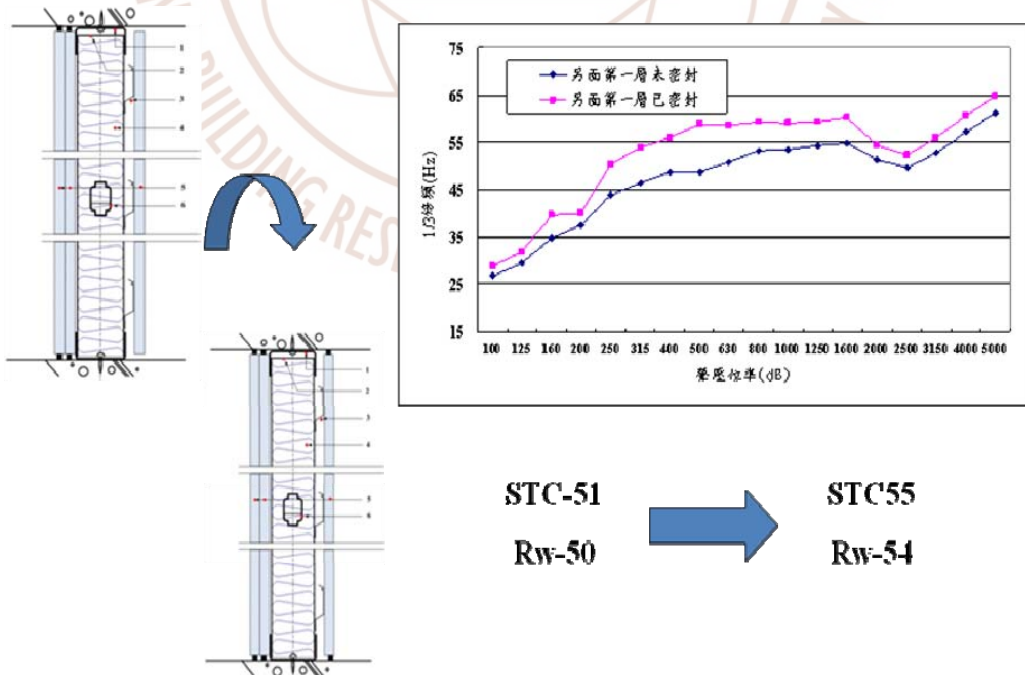
8. 右側第一層石膏板未密封+FG24K+彈性槽鋼隔音效益



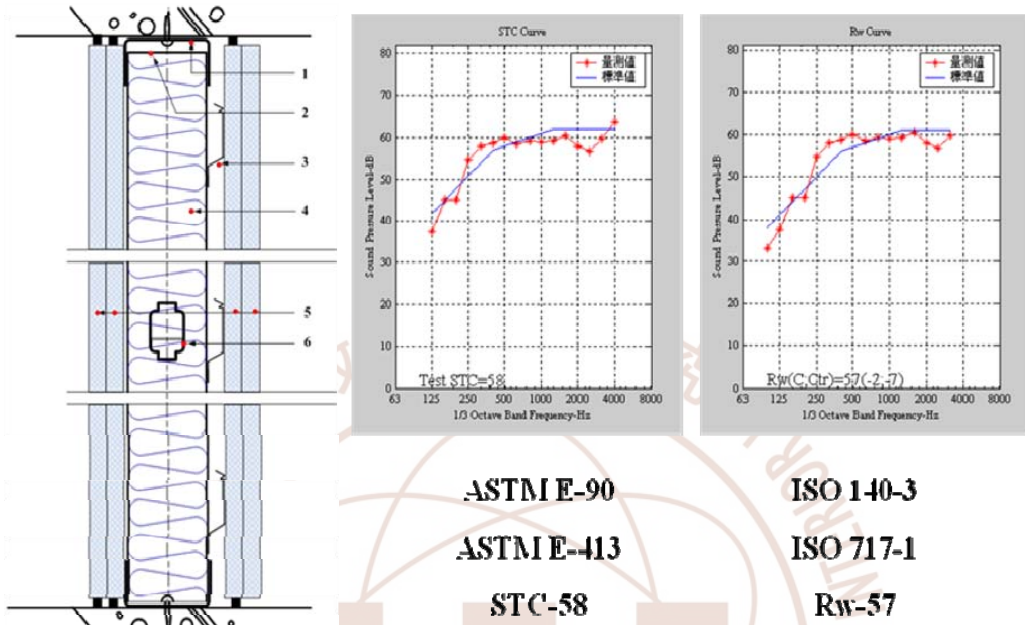
9. 雙面(雙層-單層)石膏板—右側第一層密封+FG24K—彈性槽鋼



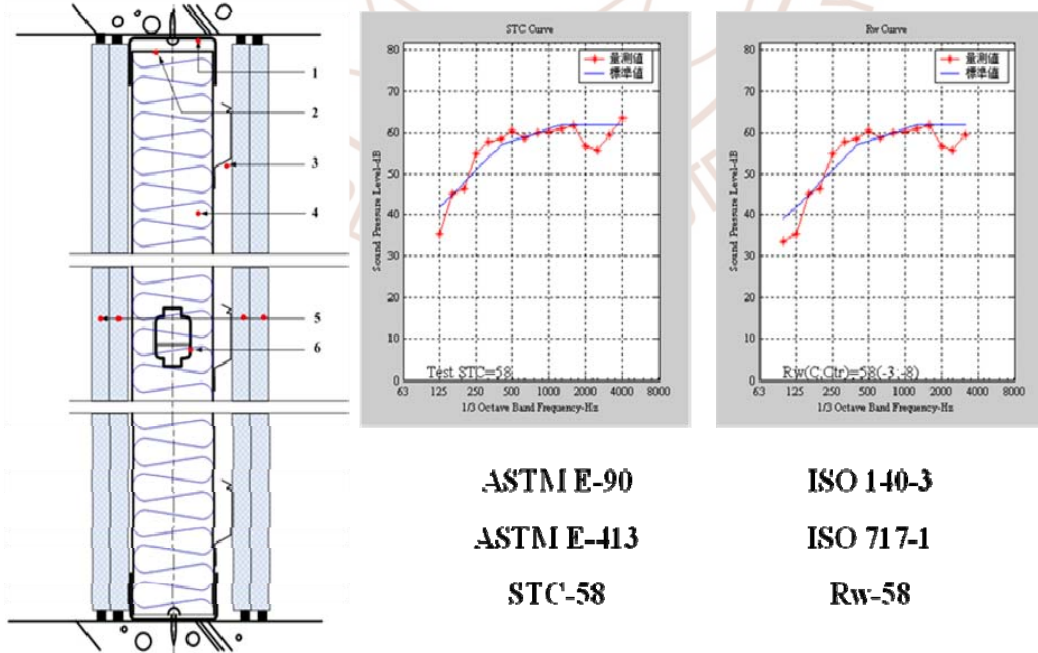
10. 雙面(雙層-單層)石膏板—右側第一層密封+FG24K—彈性槽鋼



11. 雙面(雙層-單層)石膏板—右側第二層未密封+FG24K—彈性槽鋼



12. 雙面(雙層-單層)石膏板—右側第二層密封+FG24K—彈性槽鋼



13. 上述 8 項組合之隔音量測試結果詳如表 5-1。由表 5-1 顯示下列結果：

- (1) 單層未密封處理石膏板之隔音量為 R_w-22 ，單層已密封處理石膏板之隔音量為 R_w-28 。第一層經密封處理可有效增加隔音量達 6 dB，影響工程品質。
- (2) 第一層完成密封後，量測第二層未密封處理及已密封處理之隔音均為 R_w-33 。可見第二道密封處理並非最重要之瑕疵，為收邊之標準作業程序，或可增加其他如隔熱/防火之性能。雙層與單層之隔音量達 5 dB，與質量律(mass law)理論值之單位重量加倍，相對隔音量增加 5~6 dB，僅有 1 dB 之差異。
- (3) 陸續增加玻璃纖維棉及彈性槽鋼後，骨架另側單層未密封處理石膏板之隔音量為 R_w-50 ，明顯增加其隔音量達 17 dB，可見玻璃纖維棉及彈性槽鋼之效益。
- (4) 當試件一側雙層皆完成密封處理後，骨架另側第一層尚未密封處理之隔音量為 R_w-54 ，經密封處理可有效增加隔音量達 4 dB，影響工程品質。
- (5) 試件一側雙層皆完成密封處理及骨架另側第一層完成密封後，第二層未密封處理及已密封處理之隔音分別為 R_w-57 及 R_w-58 。可見第二道密封處理並非最重要之瑕疵，為收邊之標準作業程序，或可增加其他如隔熱/防火之性能。

14. 各國標準之隔音量單一宣告值比對

- (1) 國際通用 ISO 之 R_w 宣告值與美加地區 ASTM 之 STC 宣告值，相差為 1 dB。
- (2) 國際通用 ISO 之 R_w 宣告值與日本 JIS 之 $R_m(1/3)$ 宣告值，相差為 2~4 dB。 $R_m(1/3)$ 為日本研究學者所提出之評價方法，並納入 JIS 標準供作參考分析(不具強制性)，其定義為 100Hz~2500Hz

之 1/3 倍頻聲壓位準平均值，毋需套用任何評估曲線，為即簡易之評價方式，也因此納入本研究比較其效應。

3. 雙層雙面石膏板輕隔間之最後隔音量宣告與其他各國實驗室之宣告值比較。本測試件之隔音量為 STC-58 與美國石膏板協會相類似之構件測試宣告結果比較，隔音量宣告於其 STC 55~STC 59 範圍內，也顯示本所實驗室之測試準確度可供遵循比較。

三、小結

雙層雙面 154mm 厚度之石膏板輕隔間組合材質，結果顯示密封處理之優異與否，攸關施工品質達 4~6 dB；ISO- R_w 與 ASTM-STC 之隔音量宣告值相差約 1 dB；ISO- R_w 與 JIS-Rm(1/3) 之隔音量宣告值相差約 2~4 dB，本所實驗室之量測結果與美國石膏板協會會員類似隔音構件之宣告值範圍 STC 55~STC 59 相當。

表4-16 各型態組合測試件之隔音效果

測試型態	ISO 717-1	ASTM-E-413	JIS-A-1419-1
	$R_w(C;Ctr)$	STC	Rm(1/3)
單側第一層未密封	22(-1;-1)	21	20
單側第一層已密封	28(-1;-2)	28	25
單側第二層未密封	33(-1;-2)	33	30
單側第二層已密封	33(0;-2)	33	30
另側第一層未密封	50(-2;-7)	51	46
另側第一層已密封	54(-2;-8)	55	51
另側第二層未密封	57(-2;-7)	58	54
另側第二層已密封	58(-3;-8)	58	54



第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究首先以田口實驗計劃法規劃出隔間牆 8 組試件後進行隔音量測試，並分析主要影響隔間牆之要因子為何，爾後並考量不同施工工法來確認施工品質之重要性，因此，本研究可歸納出以下幾點結論分述如下：

1. 主要影響隔間牆隔音量之組成要件依序為面板材層數(厚度) > 面板材面密度 > 填充吸音材(空腔)厚度 > 填充吸音材K數 > 骨架類別。【17】
防火分間牆之研究由於選擇因素略有不同，其對隔熱時效的影響依次為面板厚度 > 面材種類 > 耐燃級數 > 填充材種類 > 骨架，其中前兩項主要影響因子皆為面材厚度及面材密度(面材種類)，不管在隔音或防火方面皆具主要影響力，因此，若以增加面板厚度及面材面密度方式來提高輕質隔間牆隔音性能，同時亦會提升該隔間牆的防火效能。
2. 隔間牆之組成因子皆為獨立，彼此間並無交互作用，因此毋需考量各因子之間的交互影響。
3. 於總量分析中，空腔厚度、吸音材K數及骨架類別等因子在隔間牆可提供隔音量來說並不明顯；其中，本研究針對吸音材K數僅考量岩棉 24K 及 60K 兩個水準，本結果僅能說明吸音材K數高低對隔音量影響不明顯，但若是考量有無吸音材的情形則並未在本研究中試驗，其結果應另行考量。
4. 雙層雙面 154mm 厚度之石膏板輕隔間組合材質，結果顯示密封處理之優異與否，攸關施工品質達 4~6 dB；ISO- R_w 與 ASTM-STC 之隔音量宣告值相差約 1 dB；ISO- R_w 與 JIS-Rm(1/3) 之隔音量宣告值相差約 2~4 dB，本所實驗室之量測結果與美國石膏板協會會員類似隔音構件之宣告值範圍 STC 55~STC 59 相當。
5. 依照影響隔音牆隔音量組成要件之結果，可提供未來業界設計輕質隔間牆之參考。

第二節 建議

建議一

輕質隔間牆之設計與施作，可參考本研究之結論：立即可行建議

主辦機關：建築業者

如噪音源之噪音量多分佈在 1250Hz~1600Hz時，則隔間牆之組合建議可挑選矽酸鈣板(120g/cm²)9mm+岩棉 60K+木構架 75mm；若噪音源之噪音量多分佈在 2500Hz~5000Hz，則隔間牆之組合建議可挑選矽酸鈣板(120g/cm²)18mm+岩棉 60K+木構架 75mm，所以可針對噪音源所產生不同頻率之噪音量分佈進行改善，並挑選最符合本身需求之最佳組合，亦不會有浪費材料及施工時間情形發生，而達到節能減碳之最終目的。

建議二

修訂建築技術規則住宅類外牆、分戶牆隔音性能相關規定：中長期建議

主辦機關：內政部營建署

我國建築法規中關於隔音或防音等規定較少，目前建築技術規則所規定建築防音相關規定僅以構造之形式來籠統區分，因此，期許未來修改法令時，建議將本所相關隔間牆研究成果納入考量範圍，確切修訂出隔間牆使用不同構材時，隔音量須達某一目標之明確指示，以更能符合現今之需求。

附錄一

歷年檢測服務資料統計

性能實驗中心音響實驗室從95年至97年上半年度檢測服務隔音牆檢測共計21件如表3.5.1所示，其中輕質隔間牆檢測案共6件，外牆、帷幕牆及高速公路隔音牆等類共15件。

表1 音響實驗室歷年隔音牆檢測類別統計

種類	件數
隔間牆	6
外牆及高速公路隔間牆	12
磚牆及預鑄板	2
玻璃帷幕牆	1

由21件隔音牆檢測案組成構件分析可知面板材中矽酸鈣板為2件、石膏板為4件、玻璃1件、磚牆及預鑄板為2件、鋼板12件如圖3.5.1所示；吸音材中岩棉為13件、玻璃棉為2件、無吸音材6件如圖3.5.2所示；骨架中C型鋼為12件、H型鋼為1件、無骨架為8件如圖3.5.3所示；厚度則大都分佈於12公分~20公分之間如圖3.5.4所示。

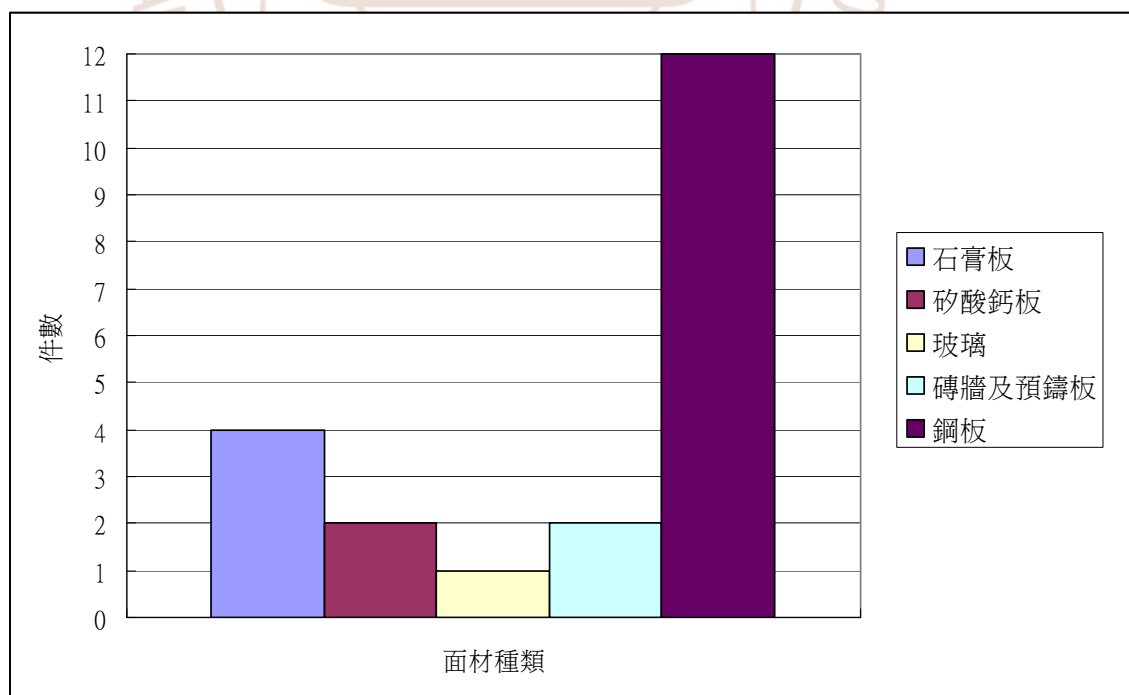


圖1 隔音牆面材類別分析圖

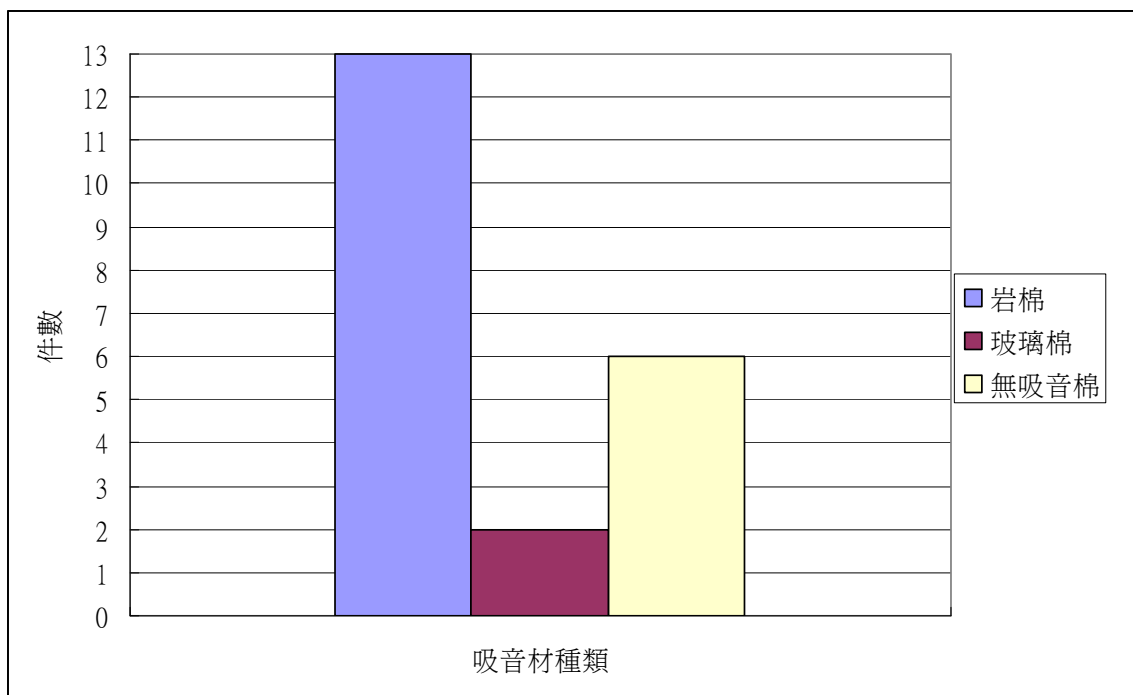


圖2 隔音牆吸音材類別分析圖

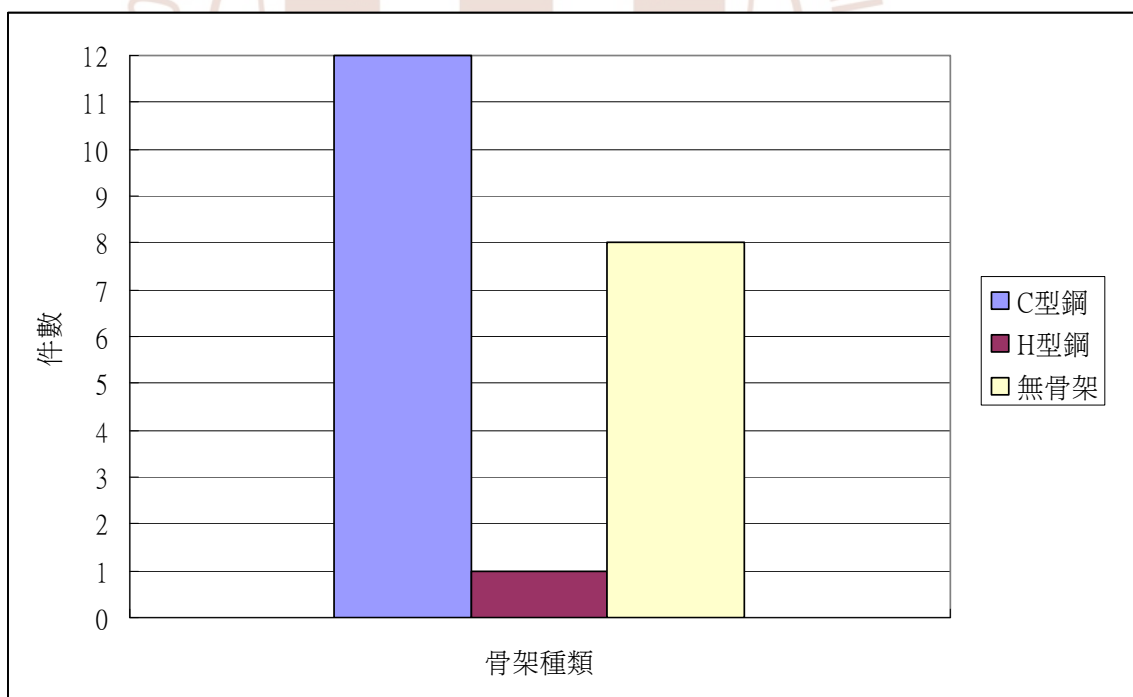


圖3 隔音牆骨架類別分析圖

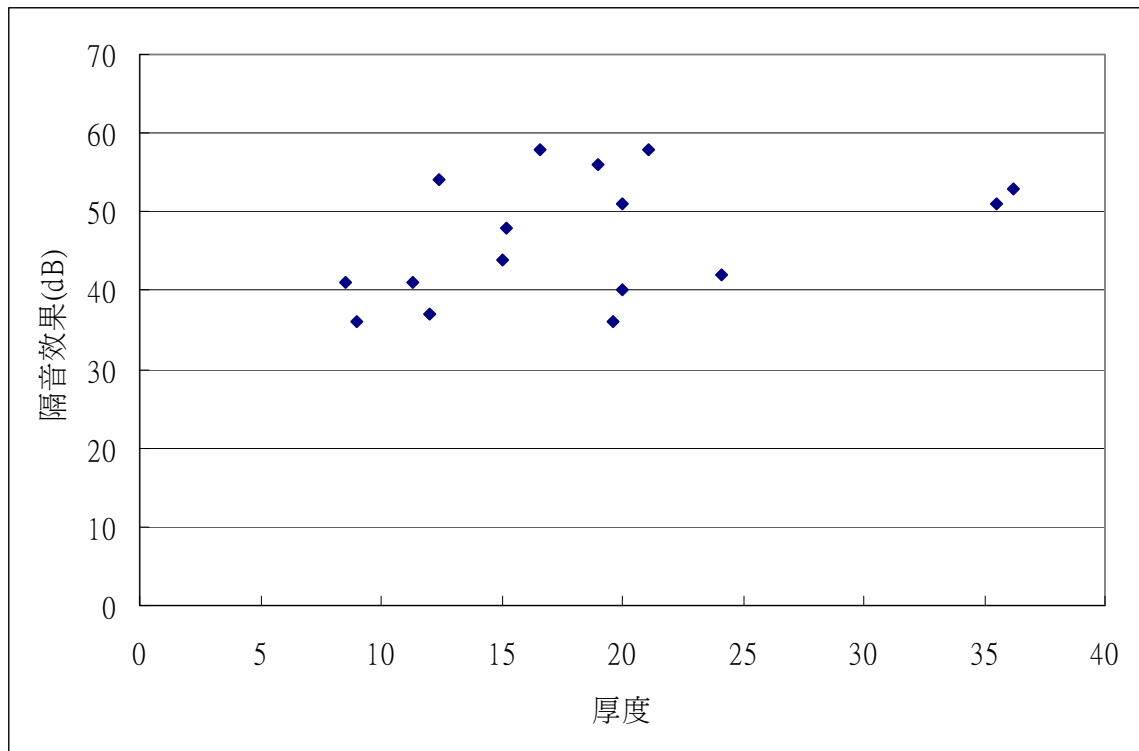


圖4 隔音牆厚度分佈圖

由各家廠商隔音牆施工之用料可知，隔音牆大至由下列部份所組合而成

- 1、面材種類：矽酸鈣板、石膏板、玻璃、磚牆及預鑄板所構成。
- 2、吸音材：岩棉及玻璃棉。
- 3、骨架種類：C型鋼、H型鋼。



附錄二

125 型 C 型鋼構架-雙-石膏-60K 試驗報告

一. 項目

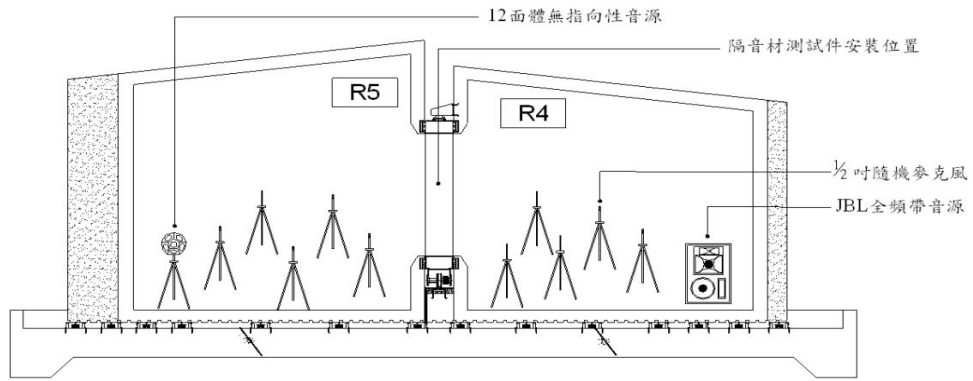
1. 實驗室名稱: 內政部建築研究所性能實驗中心--聲壓法隔音測試實驗室 (R4/R5)
2. 實驗室地址: (71150)台南縣歸仁鄉六甲村中正南路一段 2496 號
3. 試件生產公司名稱: 性能實驗中心
4. 試件名稱型號: 125 型 C 型鋼構架-雙-石膏-60K
5. 聯絡人: 林信宏
6. 聯絡人電話: 063300504
7. 試件送件(安裝)日期: 2008.10.6
8. 測試日期: 2008.10.09
9. 試件尺寸: 3000 mm(H) * 3500 mm(W)
10. 試件厚度: 17.3cm
11. 試件單位面積重:
12. 試件描述:
13. 乾燥時間: 24 hrs
14. 試件取樣程序: 由委託單位自行取樣
15. 試件圖說及組裝狀況: 詳附圖一~
16. 組裝人:
17. 組裝說明: 第三次
18. R4 餘響室溫度: 27.0°C
19. R4 餘響室濕度: 43.1%
20. R5 餘響室溫度: 26.5°C
21. R5 餘響室濕度: 43.0%
22. 報告書編號:
23. 試件編號:
24. 量測及宣告引用標準: 量測標準 ISO 140-3 宣告標準 ISO 717-1
25. 依據 ISO717-1 宣告隔音量 $R_w(C;Ctr) =$ dB

二. 實驗室設備及佈置圖

實驗室設備

1. 頻道 1 麥克風(B&K 4943, sn/2329617)及放大器(B&K 2669, sn/2370153)
2. 頻道 2 麥克風(B&K 4943, sn/2329618)及放大器(B&K 2669, sn/2370154)
3. 頻道 3 麥克風(B&K 4943, sn/2329619)及放大器(B&K 2669, sn/2370155)
4. 頻道 4 麥克風(B&K 4943, sn/2329620)及放大器(B&K 2669, sn/2370156)
5. 頻道 5 麥克風(B&K 4943, sn/2329621)及放大器(B&K 2669, sn/2370157)
6. 頻道 6 麥克風(B&K 4943, sn/2415014)及放大器(B&K 2669, sn/2451993)
7. 頻道 7 麥克風(B&K 4943, sn/2329624)及放大器(B&K 2669, sn/2370160)
8. 頻道 8 麥克風(B&K 4943, sn/2329625)及放大器(B&K 2669, sn/2370161)
9. 頻道 9 麥克風(B&K 4943, sn/2479482)及放大器(B&K 2669, sn/2473077)
10. 頻道 10 麥克風(B&K 4943, sn/2329641)及放大器(B&K 2669, sn/2370163)
11. R4 迴響室(聲源側)總容積為 220 立方公尺,R5 迴響室(受音側)總容積為 250 立方公尺
12. 指向性聲源系統(JBL, SR-X series, sn/SR-4735-04794)
13. 無指向性聲源系統(B&K 4296, sn/2390944)
14. 指向性聲源功率放大器(Crown CTs-1200, sn/005961)
15. 聲源產生器採用隨機訊號
16. 無指向性聲源功率放大器(B&K 2716, sn/2372892)
17. 10 頻道分析儀(Pulse-3560E, sn/2411726)
18. 校正器(B&K 4231, sn/2402631)
19. 電腦系統(HP Compaq d330uT, sn/SGH-41002DD)
20. 中英文版之聲壓法隔音量測試軟體(B&K 7842-TW-001)

佈置圖



三. 背景噪音資料

第 1 次背景噪音量測資料

R4 迴響室(聲源側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 1	25.3	23.2	20.2	16.9	16.0	15.0	13.2	12.4	11.4	8.9	7.5	7.8	6.9	6.6	5.1	4.9	5.9	6.8
麥克風 2	27.3	21.8	20.4	16.6	15.4	14.9	12.7	12.5	11.1	9.0	7.4	7.7	6.8	6.7	5.1	5.1	6.0	6.9
麥克風 3	25.9	24.9	19.3	16.2	15.2	14.6	12.8	12.6	11.3	8.8	7.9	7.8	7.0	6.8	5.5	5.3	6.3	7.1
麥克風 4	26.9	22.3	19.6	16.5	15.4	14.3	12.2	12.1	11.0	8.7	7.6	7.8	6.9	6.6	5.1	5.0	6.0	6.9
麥克風 5	26.8	21.9	20.4	16.9	15.4	14.8	12.2	12.0	11.3	8.5	7.3	7.8	6.6	6.6	5.1	4.9	5.9	6.8
平均值	26.5	23.0	20.0	16.6	15.5	14.7	12.6	12.3	11.2	8.8	7.5	7.8	6.8	6.7	5.2	5.0	6.0	6.9

R5 迴響室(受音側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 6	30.5	26.3	22.2	19.1	17.3	17.0	14.8	13.9	13.4	15.1	12.1	10.1	8.3	9.2	6.9	5.7	6.3	6.7
麥克風 7	28.3	25.3	20.8	19.2	17.0	17.1	14.8	13.9	13.3	14.8	12.1	10.0	8.4	9.2	7.1	5.8	6.4	6.8
麥克風 8	30.6	24.8	21.4	19.4	16.7	16.7	14.9	13.7	13.3	14.5	12.0	10.2	8.4	9.7	7.2	6.1	6.6	7.0
麥克風 9	31.2	24.9	21.7	18.9	16.9	16.6	14.7	13.8	13.5	14.5	11.9	9.9	8.4	9.6	6.9	5.6	6.2	6.4
麥克風 10	27.3	26.2	21.4	19.0	17.1	16.5	14.4	13.8	13.3	14.9	12.1	10.0	8.2	9.4	7.0	5.6	6.2	6.5
平均值	29.8	25.5	21.5	19.1	17.0	16.8	14.7	13.8	13.3	14.8	12.0	10.0	8.3	9.4	7.0	5.7	6.3	6.7

第 2 次背景噪音量測資料

R4 迴響室(聲源側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 1	25.9	25.3	22.6	19.1	18.5	16.9	14.5	13.4	11.9	10.2	9.2	9.0	8.3	7.9	6.2	5.9	6.6	7.3
麥克風 2	27.2	24.9	22.3	19.2	18.0	16.6	14.5	13.5	11.8	10.5	9.4	9.2	8.6	8.1	6.6	6.2	6.8	7.5
麥克風 3	27.0	28.5	21.6	19.0	17.6	16.2	14.0	13.3	11.6	10.0	9.1	8.8	8.2	7.9	6.3	6.1	6.8	7.5
麥克風 4	27.3	25.2	22.2	18.3	17.4	16.0	13.0	12.5	11.0	9.3	8.6	8.4	7.8	7.4	5.7	5.5	6.3	7.1
麥克風 5	27.2	24.2	22.1	19.8	18.2	16.5	14.1	13.3	12.1	10.4	9.3	9.3	8.5	8.1	6.5	6.2	6.9	7.5
平均值	26.9	25.9	22.2	19.1	17.9	16.5	14.1	13.2	11.7	10.1	9.1	8.9	8.3	7.9	6.3	6.0	6.7	7.4

R5 迴響室(受音側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 6	29.8	26.7	23.5	20.7	19.2	17.9	15.9	14.5	13.7	14.9	13.0	11.1	9.7	9.4	7.7	6.7	6.9	7.5
麥克風 7	29.0	27.0	22.8	20.9	18.1	17.3	14.9	13.4	12.8	14.3	12.4	10.2	8.8	8.6	6.8	5.7	6.3	7.0
麥克風 8	32.0	25.5	22.2	20.0	18.0	17.1	14.9	13.3	12.8	14.3	12.2	10.3	8.6	8.7	6.8	5.9	6.4	7.1
麥克風 9	32.1	26.0	23.0	19.2	18.5	16.6	14.7	13.2	12.5	14.1	12.2	10.0	8.6	8.6	6.5	5.3	5.8	6.5
麥克風 10	29.5	26.9	22.7	20.4	18.8	17.0	14.7	13.6	13.0	14.5	12.3	10.4	8.8	8.9	6.8	5.7	6.2	6.8
平均值	30.7	26.5	22.9	20.3	18.6	17.2	15.0	13.6	13.0	14.4	12.4	10.4	8.9	8.9	6.9	5.9	6.3	7.0

第 3 次背景噪音量測資料

R4 迴響室(聲源側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 1	25.8	24.1	20.0	17.7	17.6	15.4	12.9	12.1	11.6	9.7	8.4	8.0	7.1	6.7	5.0	5.0	6.0	6.8
麥克風 2	27.8	23.7	20.4	17.5	16.7	14.7	12.6	12.1	11.2	9.6	8.1	7.8	7.0	6.7	5.2	5.1	6.0	7.0
麥克風 3	27.3	26.5	19.6	17.5	16.4	14.7	12.5	12.4	11.5	9.7	8.4	7.9	7.1	6.8	5.4	5.3	6.2	7.1
麥克風 4	26.7	24.0	20.5	17.1	16.8	14.6	12.0	11.8	11.0	9.7	8.3	8.0	7.0	6.8	5.1	4.9	6.0	6.9
麥克風 5	28.1	22.9	20.7	17.6	16.7	14.8	12.3	11.6	11.3	9.3	8.0	7.9	6.9	6.7	5.1	4.9	6.0	6.8
平均值	27.2	24.4	20.2	17.5	16.8	14.9	12.5	12.0	11.3	9.6	8.3	7.9	7.0	6.7	5.2	5.0	6.0	6.9

R5 迴響室(受音側)背景噪音資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 6	29.7	26.7	22.2	18.9	17.7	16.4	14.2	13.1	13.2	13.8	12.6	10.0	7.9	7.6	6.0	5.2	5.9	6.7
麥克風 7	29.2	26.7	21.7	19.7	17.6	16.7	14.2	13.0	12.8	13.7	12.6	10.0	7.9	7.6	6.2	5.4	6.0	6.9
麥克風 8	30.7	24.8	21.9	18.6	17.4	16.6	14.3	13.0	13.3	13.7	12.7	10.1	8.0	7.8	6.2	5.6	6.2	7.2
麥克風 9	31.7	25.8	21.9	18.7	18.0	16.2	14.1	13.2	13.0	13.6	12.5	9.9	7.8	7.5	5.9	5.0	5.6	6.5
麥克風 10	28.8	26.5	21.5	18.6	17.9	16.0	13.8	13.2	13.1	13.9	12.6	9.9	7.8	7.6	6.0	5.1	5.7	6.7
平均值	30.2	26.2	21.8	18.9	17.7	16.4	14.1	13.1	13.1	13.7	12.6	10.0	7.9	7.6	6.1	5.3	5.9	6.8

背景噪音平均值 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R4 迴響室	26.9	24.6	20.9	17.9	16.8	15.4	13.1	12.5	11.4	9.5	8.3	8.2	7.4	7.1	5.6	5.4	6.2	7.1
R5 迴響室	30.2	26.1	22.1	19.5	17.8	16.8	14.6	13.5	13.1	14.3	12.3	10.1	8.4	8.7	6.7	5.6	6.2	6.8

四. 聲壓位準資料

第 1 次聲壓位準量測資料

R4 迴響室(聲源側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克 風 1	87.9	86.8	91.9	93.6	90.7	91.7	92.0	92.3	91.8	93.0	93.9	91.8	95.1	97.7	98.5	98.4	93.2	93.1
麥克 風 2	87.8	84.2	93.7	93.4	91.6	91.9	91.8	92.1	91.2	93.2	94.6	91.9	94.9	97.6	98.2	98.3	93.0	93.0
麥克 風 3	87.5	84.9	91.4	94.3	90.1	91.4	92.5	92.6	91.1	93.2	94.1	91.7	94.8	97.7	98.5	98.1	93.0	92.6
麥克 風 4	89.1	85.5	92.0	95.7	91.3	91.7	92.3	92.7	91.4	93.1	94.3	91.9	94.5	97.5	98.2	98.1	92.9	92.3
麥克 風 5	86.7	86.2	92.1	93.6	90.7	91.4	92.5	92.8	91.3	93.2	94.4	92.5	94.8	97.8	98.4	98.3	93.3	93.6
平均 值	87.9	85.6	92.3	94.2	90.9	91.6	92.2	92.5	91.3	93.1	94.3	92.0	94.8	97.6	98.4	98.2	93.1	92.9

R5 迴響室(受音側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克 風 6	71.2	59.1	54.3	55.1	45.3	44.2	43.2	42.6	41.3	42.8	44.5	41.3	40.5	41.2	39.0	42.7	43.1	34.4
麥克 風 7	69.6	62.1	52.0	52.1	44.1	45.1	43.1	43.1	41.8	42.9	44.8	41.6	40.3	41.3	39.0	42.8	43.1	34.8
麥克 風 8	64.6	58.1	51.5	53.4	45.5	44.9	42.9	42.8	40.9	42.4	44.3	41.6	40.2	41.0	38.8	42.5	42.3	34.2
麥克 風 9	65.7	59.3	51.3	51.9	44.5	44.1	42.7	43.1	41.3	42.6	44.4	41.2	40.1	40.9	38.7	42.2	42.3	34.4
麥克 風 10	63.8	60.8	51.8	53.8	45.1	43.7	42.4	43.0	41.3	42.8	44.5	41.3	40.3	41.1	38.6	42.8	42.7	34.8
平均 值	68.0	60.1	52.3	53.4	44.9	44.4	42.9	42.9	41.3	42.7	44.5	41.4	40.3	41.1	38.8	42.6	42.7	34.5

第 2 次聲壓位準量測資料

R4 迴響室(聲源側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 1	87.8	87.0	92.0	93.7	90.6	91.7	92.0	92.4	91.8	93.0	93.8	91.8	95.1	97.6	98.5	98.4	93.2	93.1
麥克風 2	87.7	84.3	93.6	93.3	91.7	91.9	91.8	92.1	91.2	93.2	94.6	91.9	94.9	97.5	98.2	98.3	93.0	93.0
麥克風 3	87.2	85.0	91.5	94.3	90.1	91.4	92.5	92.6	91.1	93.2	94.1	91.6	94.8	97.7	98.5	98.1	93.0	92.6
麥克風 4	89.1	85.6	92.1	95.7	91.3	91.7	92.3	92.6	91.4	93.0	94.3	92.0	94.5	97.5	98.2	98.1	93.0	92.2
麥克風 5	86.7	86.5	92.1	93.6	90.6	91.4	92.5	92.8	91.2	93.1	94.3	92.5	94.8	97.7	98.5	98.3	93.2	93.5
平均值	87.8	85.8	92.3	94.2	90.9	91.6	92.2	92.5	91.3	93.1	94.3	92.0	94.8	97.6	98.4	98.2	93.1	92.9

R5 迴響室(受音側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 6	71.1	59.1	54.0	55.1	45.3	44.4	43.2	42.6	41.2	42.7	44.4	41.2	40.4	41.3	39.0	42.8	43.3	34.5
麥克風 7	69.0	61.6	51.8	52.2	44.3	44.9	43.0	43.1	41.8	42.9	44.6	41.5	40.3	41.1	39.0	42.8	43.0	34.6
麥克風 8	64.3	57.7	51.4	53.5	45.4	44.3	42.9	43.0	41.0	42.3	44.2	41.4	40.0	41.1	38.8	42.6	42.5	34.3
麥克風 9	65.5	58.8	51.1	52.0	44.5	43.9	42.5	42.9	41.3	42.6	44.3	41.1	40.1	40.9	38.8	42.3	42.3	34.5
麥克風 10	63.5	60.5	51.9	53.9	45.0	44.0	42.5	43.1	41.3	42.7	44.3	41.4	40.3	41.1	38.7	42.8	42.7	34.8
平均值	67.7	59.8	52.2	53.5	44.9	44.3	42.8	42.9	41.3	42.6	44.3	41.3	40.2	41.1	38.8	42.6	42.8	34.5

第 3 次聲壓位準量測資料

R4 迴響室(聲源側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 1	87.8	86.9	92.0	93.7	90.5	91.7	92.0	92.4	91.9	93.0	93.8	91.8	95.1	97.6	98.5	98.4	93.3	93.2
麥克風 2	87.6	84.4	93.6	93.3	91.7	91.9	91.8	92.2	91.2	93.1	94.6	91.9	94.9	97.5	98.2	98.3	93.0	93.1
麥克風 3	87.2	85.1	91.5	94.4	90.1	91.5	92.5	92.6	91.2	93.2	94.2	91.6	94.9	97.8	98.5	98.1	93.0	92.6
麥克風 4	89.1	85.6	92.1	95.7	91.3	91.7	92.3	92.6	91.4	93.0	94.3	92.0	94.5	97.4	98.2	98.1	93.0	92.3
麥克風 5	86.7	86.4	92.1	93.7	90.6	91.4	92.6	92.8	91.3	93.1	94.3	92.4	94.8	97.7	98.4	98.3	93.2	93.6
平均值	87.7	85.8	92.3	94.3	90.9	91.7	92.2	92.5	91.4	93.1	94.2	92.0	94.8	97.6	98.4	98.2	93.1	93.0

R5 迴響室(受音側)聲壓位準資料 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克風 6	71.0	59.0	53.9	55.1	45.3	44.1	43.3	42.6	41.2	42.8	44.3	41.1	40.5	41.2	38.9	42.7	43.2	34.3
麥克風 7	69.0	61.5	51.9	52.4	44.0	44.9	43.2	43.1	41.9	42.9	44.6	41.3	40.3	41.1	38.9	42.8	43.0	34.7
麥克風 8	64.4	57.6	51.5	53.6	45.3	44.4	42.6	42.9	41.1	42.4	44.2	41.4	40.2	41.0	38.8	42.5	42.5	34.2
麥克風 9	65.5	58.8	51.1	52.1	44.3	44.2	42.5	43.0	41.5	42.3	44.2	41.2	40.0	40.6	38.6	42.2	42.2	34.4
麥克風 10	63.5	60.4	51.9	53.8	44.8	44.2	42.8	43.2	41.4	42.6	44.3	41.2	40.4	41.0	38.7	42.7	42.8	34.8
平均值	67.7	59.7	52.2	53.5	44.8	44.4	42.9	42.9	41.4	42.6	44.3	41.3	40.3	41.0	38.8	42.6	42.8	34.5

聲壓位準平均值 (單位:dB)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R4 迴響室	87.8	85.7	92.3	94.2	90.9	91.6	92.2	92.5	91.4	93.1	94.3	92.0	94.8	97.6	98.4	98.2	93.1	92.9
R5 迴響室	67.8	59.9	52.2	53.5	44.9	44.4	42.9	42.9	41.3	42.7	44.4	41.3	40.3	41.1	38.8	42.6	42.7	34.5

五. R5 迴響室(受音側)迴響時間資料

第 1 次迴響時間量測資料 (單位:Sec.)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克 風 6	17.8 2	17.5 7	16.7 9	13.3 1	8.82	8.70	8.46	8.06	10.1 3	10.8 7	10.9 5	9.03	8.09	7.33	6.70	5.51	4.39	3.58
麥克 風 7	19.8 3	19.9 7	16.6 0	14.7 0	9.56	8.99	8.32	8.88	9.32	10.0 6	10.5 2	9.11	8.15	7.16	6.72	6.07	4.55	3.96
麥克 風 8	18.1 8	17.8 1	15.8 5	16.7 6	10.1 8	8.27	8.36	8.93	9.54	10.2 0	9.95	9.19	8.42	8.00	6.73	5.58	4.43	3.76
麥克 風 9	18.0 8	15.3 3	14.3 8	13.6 1	11.0 1	8.34	7.65	8.47	9.85	10.6 4	10.6 3	10.0 3	8.71	7.79	6.56	5.80	4.66	3.65
麥克 風 10	17.6 0	18.7 6	13.5 3	13.6 4	10.5 5	7.85	7.25	8.32	9.69	10.3 9	10.6 2	8.72	8.20	7.89	6.66	5.97	4.56	3.86

第 2 次迴響時間量測資料 (單位:Sec.)

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克 風 6	18.1 7	18.5 7	12.4 7	11.6 4	10.0 5	8.05	8.63	8.05	10.3 0	10.6 1	10.7 6	9.58	8.12	7.39	7.49	6.00	4.48	3.43
麥克 風 7	19.2 7	16.6 9	13.9 6	14.6 4	10.6 4	8.06	7.45	8.15	11.0 6	11.0 5	10.7 0	9.77	8.56	7.74	6.71	5.63	4.40	3.53
麥克 風 8	18.8 7	16.3 1	15.3 0	16.4 0	9.99	8.65	7.18	8.54	9.36	10.1 9	10.6 7	9.44	8.18	7.64	6.52	5.53	4.19	3.53
麥克 風 9	18.0 3	17.6 0	14.6 8	12.8 1	11.1 0	8.59	8.32	8.99	9.55	10.8 1	10.7 1	9.87	8.45	7.60	6.64	5.32	4.35	3.58
麥克 風 10	17.3 3	16.8 5	12.9 3	14.3 2	10.0 2	8.67	8.96	9.47	9.14	10.0 8	10.4 2	9.54	8.30	7.34	6.49	5.37	4.27	3.67

第 3 次迴響時間量測資料 (單位:Sec.)

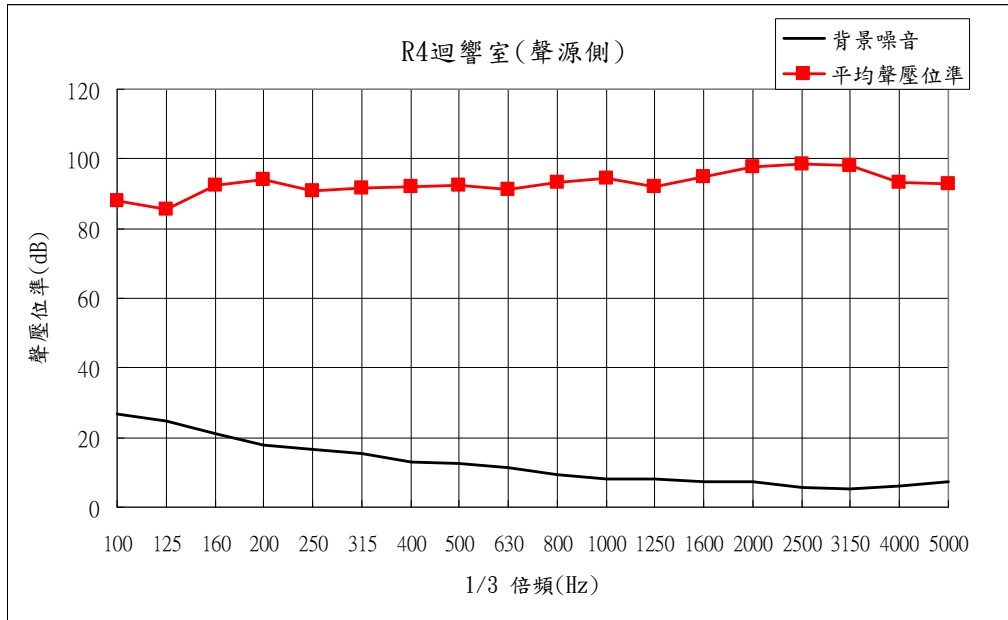
頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
麥克 風 6	18.9 2	20.0 1	16.3 7	13.4 7	9.42	9.20	9.15	9.29	9.76	10.8 1	11.3 3	9.25	7.61	7.63	6.47	5.62	4.26	3.79
麥克 風 7	19.3 2	17.4 7	16.4 4	12.0 4	10.7 1	8.60	7.83	8.58	8.82	10.3 0	10.5 6	9.21	8.36	7.29	6.62	5.74	4.57	3.33
麥克 風 8	19.2 3	18.6 4	17.0 4	17.6 0	12.5 6	9.37	8.91	8.84	9.85	10.6 8	10.4 0	9.79	7.76	7.62	6.91	5.86	4.72	3.56
麥克 風 9	18.2 3	16.4 1	15.4 5	15.1 9	10.0 0	10.0 7	8.63	9.00	9.44	10.9 5	11.5 4	10.2 0	8.19	7.32	6.49	5.61	4.74	3.66
麥克 風 10	19.2 1	19.9 2	14.4 4	15.5 2	9.55	9.65	7.80	8.56	9.33	10.4 9	9.95	9.48	8.30	7.99	6.72	5.99	4.52	3.76

平均迴響時間 (單位:Sec.)

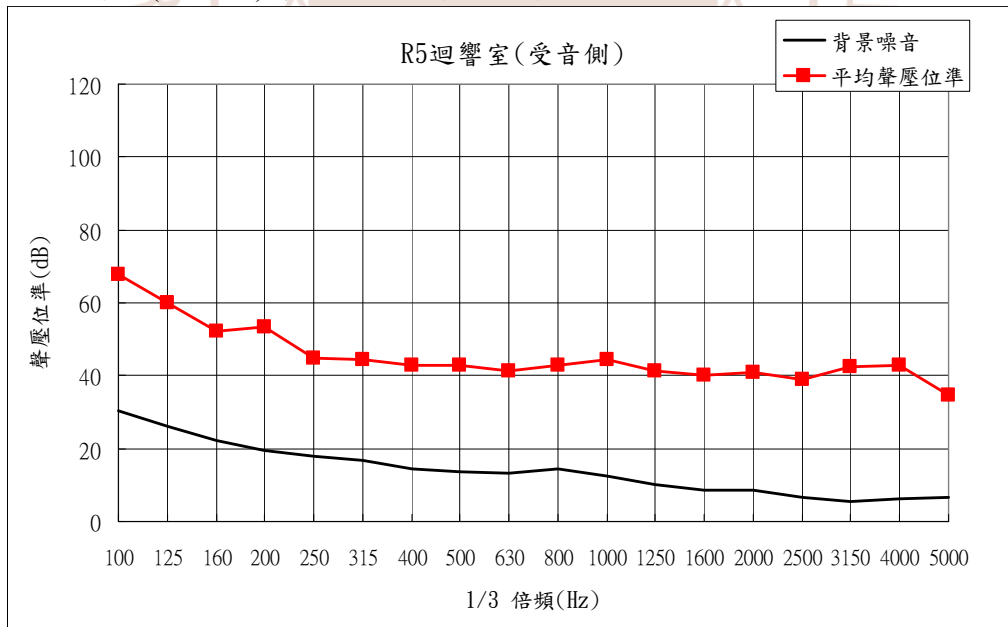
頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
迴響 時間	18.5 0	17.9 0	15.1 0	14.4 0	10.3 0	8.70	8.20	8.70	9.70	10.5 0	10.6 0	9.50	8.20	7.60	6.70	5.70	4.50	3.60

六. 數據圖表

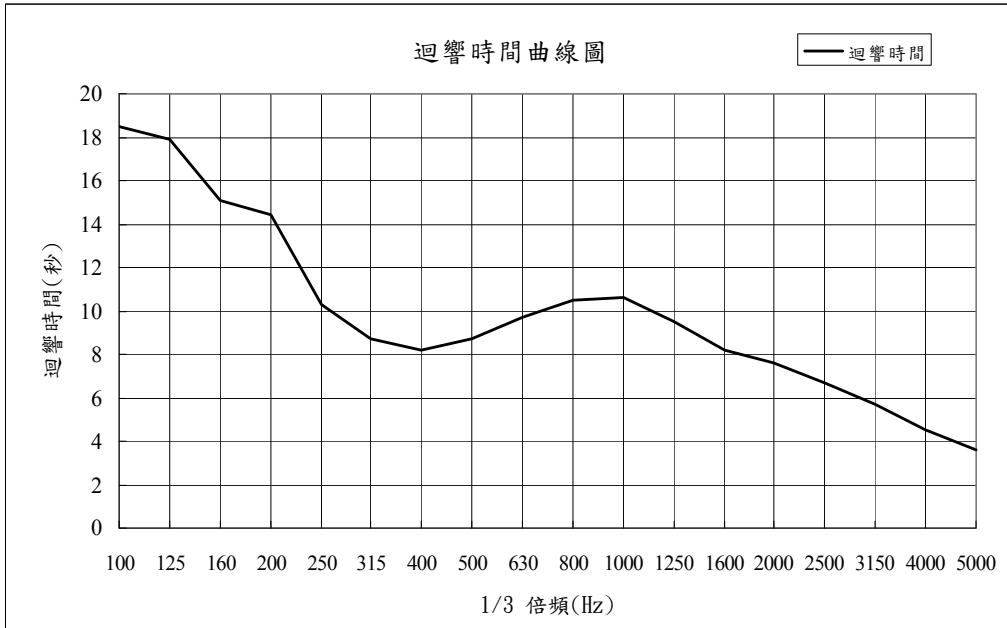
R4 迴響室(聲源側)背景噪音及聲壓位準頻譜圖



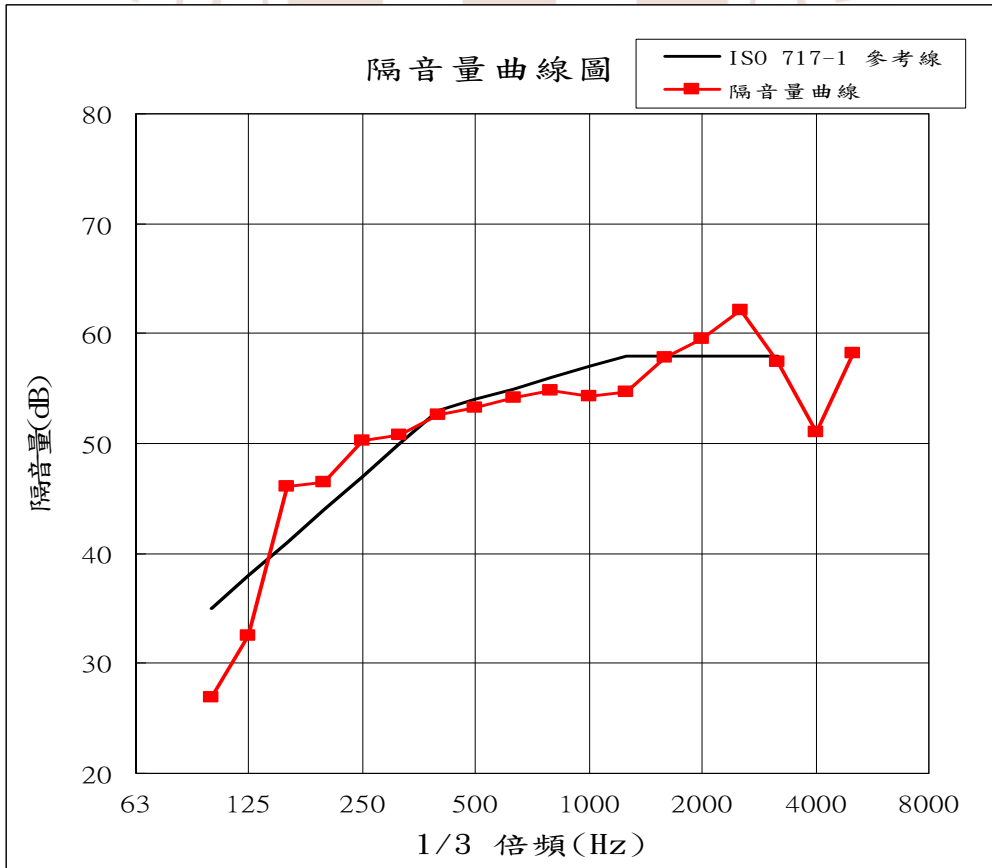
R5 迴響室(受音側)背景噪音及聲壓位準頻譜圖



R5 迴響室(受音側)迴響時間頻譜圖



七. 量測結果



附錄

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R (dB)	26.9	32.5	46.1	46.5	50.3	50.8	52.6	53.2	54.2	54.8	54.3	54.7	57.8	59.5	62.1	57.4	51.1	58.2

依據 ISO 717-1 宣告隔音量	$R_w(C;Ctr)=54(-2;-9)dB$
--------------------	--------------------------





附錄三

本所 97 年度第 2 次研究業務協調會議紀錄

一、時間：97 年 3 月 18 日（星期二）上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主持人：何所長明錦 記錄：厲妮妮、李怡先、郭清香、蔡宜中、廖慧燕

四、出席人員：如簽到單

五、確認前次會議紀錄：會議紀錄確定。

六、研究計畫簡報：略。

七、綜合討論與建議事項：

（一）「大尺寸包覆型鋼骨鋼筋混凝土(SRC)短柱軸向受力行為之研究」

案：

1. 本案研究內容將結合材料實驗中心之 3000 噸萬能試驗機，進行國內 SRC 構造設計規範條文之檢討，其相關試體之規劃研究，亦於去(96)年獲審查會議所外委員之肯定，但仍建議能針對相關之實驗細節，多向陳正誠與翁正強等教授請益，俾使研究成果具體可行。
2. 由實驗室場鑄試體養護條件，往往較工地為佳，致混凝土實際強度比標稱值為高。建議本案針對各試體可能呈現之最大強度，再進行審慎之評估與檢討，避免試體強度超過試驗機之額定容量。
3. 由於未來本案之研究成果，可提供為檢討現行規範條文

之參據，因此建議宜再確實檢討研究所需安排試體之數量，以確保試驗結果之有效性與合理性。

4. 有關 SRC 柱斷面主筋之配置，應考量現地施工與製作之可行性，不宜過密或不當排列，對於本案相關研究試體斷面之規劃，尤應審慎為之。
5. 建議本案能再考量以「箍筋量」為變化之參數，以評估其對於柱軸力強度與韌性之影響。
6. 本案宜先進行相關試體之數值模擬與分析，以評估試體可能之受力行為與潛在安全疑慮。
7. 有關本案相關試體之製作程序、測計安排與實驗吊裝等計畫，宜妥適規劃儘早準備。

(二)「建築物坡腳退縮距離之研究」案：

1. 研究內容似乎僅針對邊坡坡度進行探討，應可將地質構造、土壤厚度、地下水等因素納入研究範圍。
2. 研究之數值分析 DDA 簡報中係以落石為例，但落石問題於本案之研究中應可不作為研究對象。
3. 本案有關之建築技術規則條文，參與制定之專家學者可多進行訪談徵詢意見。
4. 除簡報中有關研究內容外，尚可針對水土保持技術規範有關結構外牆用作擋土設施之規定進行探討。
5. 本案研究主旨受地質構造、土壤種類、土壤厚度、地下水文影響甚鉅，應作深入探討。
6. 本所存有香港土力工程署有關坡地社區管理有關規定資料，研究過程應多加參考應用。
7. 研究內容應可考慮增加破壞案例之驗證分析，以確認研

究方法(DDA)及研究成果之正確性。

8. 本案係針對法規進行檢討分析，影響層面較為廣泛，研究過程及研究結論應小心謹慎，避免於外界引起不必要爭議。

(三)「建築物輕隔間牆施工品質影響隔音性能之實驗研究」案：

1. 本案如定位為探討輕隔間之隔音性能，宜就輕隔間之組成元素，包括：板材、骨架、填充材及膠合等，探討各因子影響隔音之重要性，而提出良好工法之建議。
2. 由於施工品質不良之程度無法做量化之界定，且施工本須依規範施做，本案所提之實驗規劃，針對有無膠合進行實驗，係探討膠合之重要性，而非屬施工不良，因此，宜檢討界定本案研究目的後，配合修正題目及實驗規劃。

(四)「帷幕牆風雨試驗推廣研究」案：

1. 本案宣導的對象宜界定清楚，簡報資料中所提到之台灣前五大廣告代理商，其業主所要求宣導的對象與我們可能不盡相同，須再審慎酌量之。
2. 本案研究範圍似乎太過廣泛，須先瞭解我們主要的研究目的為何，再篩選出宣導推廣對象，以研擬出適當之推廣研究內容，達成預期成果。
3. 由於國內可做帷幕牆風雨試驗的實驗室較少，經常有帷幕牆生產廠商被業主要求做帷幕牆風雨試驗，對所要求試驗的項目不甚瞭解。如能有相關的宣導資料供其參考，相信對本所該業務的推動應有極大助益。
4. 對於研究案名稱，為使所探討主題可更聚焦，建議可修正為「帷幕牆風雨試驗宣導手冊之研究」，並可將研究後

之產出置於附錄中，以利推廣應用。

(五)「研訂『建築物無障礙設施設計規範解說手冊』」案：

1. 本手冊在法令系統上之定位，與相關法令之位階關係，宜界定清楚。
2. 無障礙設施之安全性極為重要，部分設施之施作固定方式影響安全至鉅，建議應於手冊中說明清楚，如扶手若固定於輕隔間牆，應考慮其承载力須加固之問題等。

八、會議結論：

- (一) 本次研究案部分內容尚待進一步確認，請重新檢視主要研究目的，並參酌現有之基礎，俾以釐清方向，方能針對研究核心妥予規劃。
- (二) 對於會中同仁提供之建議與意見，請研究人員詳細整理歸納，以作為後續研究參採。

九、散會：上午 11 時 35 分。

附錄四

自行研究計畫期中審查會議紀錄

一、時間：97年8月26日(星期二)下午2時30分正

二、地點：本所簡報室

三、主席：陳組長瑞鈴

記錄：林招焯、楊閔隆、邱瓊玉

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、研究案主持人簡報：(略)

八、綜合討論與建議：

(一) 建築物輕質分間牆隔音性能之研究

陳教授炯堯

1. 田口分析法可以是一個好的分析整理工具，但本研究就變數個數之設定以2為設定值，是否能與實際情形充分符合請多加考慮。
2. 請補充田口分析法之參考文獻。
3. 式4.1及4.2符號代表內容未說明，如 $n=?$ $i=?$ 請補充，另外4.1及4.2式中均加有負號“-”，是否能保證非負值？
4. 表4.5.2交互作用表中CxD為何未列入討論範圍？

陳教授興

1. 部份文字遺漏及文字誤繕，請於期末報告一併修訂，如第17頁第一段第一行此“直”→此“值”。
2. 建議將進度圖表列入期末報告中。
3. “分間牆”或“隔間牆”的名詞使用，請考慮是否需一致？或兩者有不同之意義？

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

4. 輕質分間牆為雙層隔板組合，其組合方式與隔音效果關聯性值得納入本研究之範圍。

林教授芳銘

1. 本案實驗變化因子選定，希以輕分間牆實務上常用之參數為因子，以切合實務面。
2. 未來能累積性能中心音響館實驗分析結果，則後續可以導入實驗成果資料庫，朝向開發輕分間牆隔音量簡算法目標進行後續研究。
3. 在第 19 頁表 4.5.3 中之因子，建議“面材厚度”可考慮改以面板單或雙層變化、“吸音材”項可以修正為“填充吸音棉 K 數”及“面材種類”可以修正為“面積密度”，如此可使實驗更加完善。
4. 建議未來報告中可加入實驗之輕質分間牆構造圖，可使讀者充分瞭解實驗配置情況。
5. 報告內相關符號撰寫準則，若與規範相關部分，可參採 CNS 之規則，同時除列出引用之 ISO 規範外，也請加入對應之 CNS 編號，以利對照。

江教授維華

1. 輕質分間牆之隔音影響因子中，除文中所列之各項重要因子外，施工的好壞與完整度也具有相當之影響度，此點請於未來實驗時特別注意。
2. 原先規劃之“吸音材”因子，建議可以吸音材 K 數為因子，實驗成果較有比較性。
3. 本案未來成果若能納入本土輕質分間牆之因子參數，成果能提供業界作為簡易評估輕質分間牆隔音性能之資料，則相當有意義。

4. 報告書中希望能納入田口法之參考文獻資料。

台北市建築師公會 曾漢鈞建築師

1. 本次開會之研究名稱，報告書所列名稱與開會通知單上略有不同，建請釐清修正。
2. 建請依建築技術規則建築設計施工篇第 86 條規定，有關分戶牆及分間牆構造規定分類。
3. 因使用者有選擇分間牆形式之選擇權，建議若未來輕質牆進入法制化規範階段時，能保留選用方式自由度，以保留設計選用之空間。

陳組長瑞鈴

1. 目前實驗規劃因子中，所採用面材為單面或雙面，及後續實驗量測方式及實驗步驟等，均請於報告中說明清楚。
2. 相關輕質分間牆之面板厚度，希望實驗時能參考國內業界常用之厚度來規劃，未來成果才能符合實際應用。
3. 實驗框架如何運用，較符經濟效益，亦請納入規劃。

九、結論：

- (一) 各研究案之研究緣起目的內容過於簡略，無法說明後續之研究方法、走向及實驗規劃是否切合需求，請補充述明。並於口頭報告時納入作完整說明。另研究課題名稱及各相關名詞應予統一。
- (二) 「建築物輕質分間牆隔音性能之研究」在實驗量測方式及步驟部分補強說明，實驗因子之選擇請參考與會委員所提意見修正。
- (三) 與會專家學者提供之建議與意見，請研究人員詳細整理歸納，以作為後續研究參採。

十、散會：下午 16 時 30 分。



附錄五

自行研究計畫期末審查會議紀錄

一、時間：97年12月18日(星期四)上午9時30分正

二、地點：本所簡報室

三、主席：陳組長瑞鈴

記錄：林招焯、邱瓊玉

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、研究案主持人簡報：(略)

八、綜合討論與建議：

(一) 建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

江教授哲銘(邵教授文政代)

6. 本案內容完整，符合預期成果。
7. 內容針對施工品質之探討部分，實驗過程應屬各施工步驟中之隔音性能變化量，是否於文中再清楚說明。
8. 建議未來可針對各種輕質隔間牆之構造及面板材料進行探討，以擴大應用範圍。

林教授芳銘(林君達先生代)

5. 本研究成果符合預期目標，實驗結果具參考價值，並且對於建築聲學法令之修訂有實質助益。
6. 由於CNS 15160-3 隔音性能量測方法標準及隔音量評定標準CNS 8465-1 已經公告，建議於ISO 140-3 後面加以標示(同CNS 15160-3)，ISO 717-1 後面加以標示(同CNS 8465-1)。並將CNS 15160-3、CNS 8465-1 增列於參考文獻中。
7. 符號「單一數值參量 R_w 」 R 為斜體， w 為下標請依照ISO

717-1(CNS 8465-1)修正。

8. 圖 2-2、2-3 請標註資料來源。
9. 本研究實驗結果吸音材 k 數及空腔厚度雖影響不大，但有無吸音材或有無空腔則可能有顯著影響，建議補充說明之。
10. 面材密度單位以密度 g/cm^3 或面密度 g/cm^2 表示，建議能前後統一。

陳教授炯堯（書面意見）

5. 文中表號有部分錯誤，如 p25 表 4.5.1。
6. 式 3.1 與 3.2 之計算結果請於第三章內列舉計算結果。
7. 研究成果建議 9mm 矽酸鈣板使用於 1250~1600Hz，而 18mm 則較利於 2500~5000Hz，此結論依材料共振理論可推得相同結果，但若為多層結構由理論推演勢必較難，故建議可增加多層結構之討論內容。

台北市建築師公會代表（曾建築師漢鈞）

4. 本案目前研究主題為單獨之隔音牆元件，但因於實務上建築物仍由眾多牆、窗戶及樓板等元件所組成，整體之隔音性能如何評估仍待探討，建議未來可朝向此方向研究。
5. 背景噪音影響因素於研究中是否考量，請於報告中說明。
6. 兩案報告書撰寫格式請統一。

中華民國音響學會代表(余總經理忠和)

1. 本案由實驗方法來探討輕隔間牆隔音性能相當有創意，建議未來可由輕隔間牆之物理隔音機制來進行探討，輕隔間牆之物理機制為質量 m、阻尼 c 及勁度 k 所組成，雖然理論解析須做必然的模型簡化，但仍可提供隔音性能結果預測的參考。
2. 在物理機制中，增加輕隔間牆面板層數之效果等同於增加面板材的面密度，而隔間牆空腔中填充之吸音棉主要為消耗聲波能量且

避免產生駐波，未來可由此原理為出發點探討輕隔間牆隔音性能改善方式與措施。

3. 本案報告中改變因子其中一項採用吸音棉 K 數，但吸音棉除了 K 數外其吸音效果仍會因其纖維長度與組織而有所變異，故建議該項變因可改用吸音係數較能真實反應該項變因。

陳組長瑞鈴

1. 本案進行隔間牆實驗及利用所得數據做田口法與變異數分析獲得不少寶貴實驗數據，但於結論處應就主要結果清晰敘明，以使未來閱讀此報告之讀者能清楚瞭解。
2. 報告書中關於施工品質部分文字應統一，如另面與雙面等名詞請統一。
3. 關於輕質隔間牆空腔中若未填充相關吸音棉時，是否仍適用報告書中之影響因子結論，請清楚說明。

九、會議結論：

1. 各案期末報告審查原則通過，與會專家學者建議意見請各計畫主持人參採，並依本部規定格式與期限完成成果報告。
2. 請各案強化結論與建議之論述，俾能充分而具體地呈現研究案的應用效益。



參考書目

1. 姚仁祿, 陶石良, 建築物內部隔間牆乾式施工法之推動, 台灣省建築材料商業同業公會聯合會。
2. 魏浩良, 杜功人, 「室內可拆組隔間系統之研發」, 財團法人中華建築中心。
3. <http://www.siaguan.com.tw/pt-001.htm>
4. 陳瑞玲, 林芳銘, 江哲民, 建築聲學標準及法令增修訂之研究期中報告, 內政部建築研究所, 中華民國九十七年八月。
5. 陳柏勳, 羅時麒, 建築物分間牆隔音性能之研究(一), 內政部建築研究所, 中華民國九十五年十二月。
6. 陳耀茂, 田口實驗計畫法, 滄海書局, 1997。
7. ISO 140-3, Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements, 1995
8. ISO, Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation, 1996
9. ASTM E-90-99, Standard test method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of buildings partitions and elements.
10. ASTM E-413-04, Classification for Rating Sound Insulation.
11. JIS A 1416, Acoustics-Method for laboratory measurement of airborne sound insulation of buildings elements', 2000
12. JIS A 1419-1, Acoustics-Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements-Part 1: Airborne sound insulation, 2000。
13. 楊閔隆, 內政部建築研究所音響實驗館簡介, 第十八屆中華民國音響

建築物輕質隔間牆隔音性能之研究

學會學術研討會，中華民國九十四年十一月。

14. 陳金文，內政部建築研究所音響實驗室性能簡介，第十三屆中華民國振動與噪音工程學術研討會，中華民國九十四年六月三日。
15. 陳金文，建築音響學及其應用，科技圖書，2003。
16. 方世榮，基礎統計學，華泰文化事業公司，1999 月。
17. 何明錦，蔡銘儒，建築物固定式防火分間牆防火性能與材料工法之研究，內政部建築研究所，中華民國八十七年七月。
18. CNS 15160-3，聲學－建築物及建築構件之隔音量測－建築構件空氣音隔音之實驗室量測。
19. CNS 8465-1，聲學－建築物及建築構件之隔音量評定－空氣音隔音。