

# 建築物分間牆隔音性能之研究（一）

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 95 年 12 月

095—301070000—G2003

# 建築物分間牆隔音性能之研究（一）

研 究 人 員：陳伯勳

研 究 人 員：羅時麒

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 95 年 12 月

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

# Study for sound insulation performance of internal walls (1)

BY

Bor-Shyun Chen

(Shih-Chi Lo)

December 31, 2006

## 目次

表次.....	II
圖次.....	III
摘要.....	V
第一章 緒論.....	01
第一節 研究緣起及目的.....	01
第二節 研究範圍.....	03
第三節 研究方法及步驟.....	04
第二章 國內外建築隔音相關法令探討.....	05
第一節 我國建築隔音相關法令規定.....	05
第二節 國外建築隔音相關法令規定.....	13
第三節 小結.....	25
第三章 國內外牆體隔音量測方法與標準之比較.....	29
第一節 我國 CNS 國家標準建築隔音相關標準.....	29
第二節 國際建築隔音相關標準探討.....	31
第三節 國內外建築構件牆隔音量測標準之比較.....	36
第四節 建築隔音牆體量測程序與設備.....	37
第四章 隔音牆牆體量測比較與不確定度分析.....	43
第一節 牆體隔音實體量測.....	43
第二節 各類牆體隔音量測值與隔音法令比較.....	56
第三節 建築物隔音法令修改建議.....	59
第三節 隔音牆牆體量測不確定度分析.....	61
第五章 結論與建議.....	67
第一節 結論.....	67
第二節 建議.....	68
附錄一 自辦研究諮詢會議紀錄及辦理情形.....	69
參考書目.....	75

## 表次

表 2.1	現行建築技術規則防音規定	7
表 2.2	建築技術規則防音構造型式—骨架式(合格之牆筋架構)	7
表 2.3	建築技術規則防音構造型式—骨架式(合格之牆筋架構)	8
表 2.4	建築技術規則防音構造型式—塊砌式(合格之構造)	8
表 2.5	建築技術規則防音構造型式—板片式及其他(合格之構造)	9
表 2.6	音環境評估構造說明圖例	11
表 2.7	一般地區環境音量標準	12
表 2.8	各國建築物隔音相關法令規定比較表	25
表 2.9	建築技術規則防音規定之骨架式板材與現有市場常見板材比較	28
表 3.1	平均音壓級測定點數表	29
表 3.2	本所隔音量測實驗室規格	39
表 4.1	各類牆隔音量測隔音量宣告比較表	56
表 4.2	同一試件不同重複實驗次數(n)隔音量各頻率之量測不確定度	66

## 圖次

圖 2.1 澳洲建築法規定聲音透過等級 (STC) 值示意圖	19
圖 2.2 建築物隔音控制位置圖	22
圖 2.3 許可之建築物牆壁隔音構造圖	22
圖 3.1 外牆構造隔音性能分佈圖	37
圖 3.2 實驗樣品定位示意圖	38
圖 3.3 音壓法實驗室外部照片	38
圖 3.4 本所音響館平面圖	38
圖 3.5 測試件	40
圖 3.6 麥克風校正	42
圖 3.7 實驗樣品定位	42
圖 4.1 磚牆實驗隔音量曲線圖及數據	43
圖 4.2 磚牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據 1	44
圖 4.3 磚牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據 2	45
圖 4.4 磚牆貼面磚實驗隔音量曲線圖及數據	45
圖 4.5 磚牆貼面磚實驗隔音量宣告曲線圖及數據 1	46
圖 4.6 磚牆貼面磚實驗隔音量宣告曲線圖及數據 2	47
圖 4.7 矽酸鈣板牆樣品	48
圖 4.8 矽酸鈣板牆現場施作	48
圖 4.9 矽酸鈣板牆定位	48
圖 4.10 矽酸鈣板隔音牆牆體水平剖面	49
圖 4.11 矽酸鈣板牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據	49
圖 4.12 矽酸鈣板牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據 1	50
圖 4.13 矽酸鈣板牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據 2	51
圖 4.14 石膏板牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據	52
圖 4.15 鋼筋架構底牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據	53
圖 4.16 纖維水泥板牆實驗隔音量宣告曲線圖及數據	54
圖 4.17 同一試件前 10 次及 35 次重複試驗各頻率之變異係數分析	65

## 摘要

關鍵詞：隔音牆、隔音量檢測、不確定度評估、建築防音法令

### 一、研究緣起

隨著台灣社會經濟條件發展，工商活動頻繁，都市化現象益趨明顯，人口密集居住於台灣都市地區，由於台灣都市計畫土地使用管制特性，對於各類居住地區之建築物使用限制彈性較大，都市環境常見建築物住商相互混合使用現象，2005 年噪音陳情案全台已達每年 3 萬 8 千餘件，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，故各都市地區之居住環境常面臨各種噪音干擾，影響生活居住品質，為提昇建築整體環境品質，本研究除蒐集並檢視相關現有國內外建築物隔音相關法規外，並針對國內建築物現行分間牆隔音法令規定（建築技術規則設計施工篇防音規定），進行比對檢討，另外配合蒐集本所性能實驗群音響館之牆體隔音相關實驗量測數據，對照建築隔音法令，以研提相關建築隔音法令修正建議。

本計畫另外規劃進行重複多次同一組矽酸鈣板輕隔間牆實驗，以進行輕隔間牆體構造隔音量測結果之相關不確定度分析，檢討牆隔音檢測之量測不確定度分析方法，提供本所音響實驗室申請 TAF 認證參考。

### 二、研究方法及過程

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輕隔間構造，做為實驗的測試樣品，輕隔間相關構造方式參考建築技術規則設計施工篇第 46 條防音構造規定標準，以鋼筋架構為底牆內填以比重在 0.04 以上之礦棉，其總厚度在 10 公分以上，及依據一般工法所建構成之輕隔間牆試件為測試試件，至於其餘牆體構造，則挑選音響實驗室已完成量測並符合防音規定之牆體樣品數據，進行分析，不足部分於往後年度視經費及時間再繼續進行相關比對試驗。本計畫之具體目的，為提出建築物分間牆隔音法令修正建議及檢討牆隔音檢測之量測不確定度分析

方法，供本所音響實驗室申請 TAF 認證參考，其中所採用之研究方法主要包括以下項目 1. 文獻回顧法。2. 國際標準音響檢測法實驗室實際量測。3. 專家座談及諮詢會議。

### 三、重要發現

經過實驗室進行量測之後，本研究有以下幾點重要發現：

- (一)、經實驗室各類牆隔音量測發現，比對現有實驗數據，各類合格牆體加權隔音量  $R_w$  相差幅度頗大，由 44dB 至 52dB 差距超過 5dB 以上，其隔音量（聲音透過損失），大部分都無法達到美國、澳洲及紐西蘭之住宅隔音法令標準，也有部分牆體無法達到日本低頻或中頻之最低要求。
- (二)、對照國外相關文獻資料及實驗數據，符合音環境居住品質需求，分間牆至少需參採美國、英國之隔音標準為修訂參考之基準，惟目前建築技術規則合格之防音牆體構造，仍有許多構造尚無法符合此標準或無明確實驗數據可供判斷參照，故仍無法針對隔音量建議各類合格之牆體構造方式。
- (三)、對於明顯不符環保要求之石綿板相關規定，建議立即刪除。
- (四)、本所已完成音響實驗室之量測不確定度分析，並已獲得 TAF 認證通過，未來如能以量測不確定度分析方法，定期檢討相關實驗設備及實驗過程，可提高本所音響實驗室之可靠度。

### 四、主要建議事項

根據本研究最後建議有三項，可供本所未來牆隔音法令後續研究與研提修正方向之參考，包括

#### 建議一

進行相關現況調查與實驗，修訂建築技術規則住宅類外牆、分戶牆之防音性能部分：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

建築技術規則建築物防音性能之修訂，需累積足夠實驗數據，方能有精確之調整依據，住宅之防音需求第一線為外牆及分戶牆，需進

行現況調查，針對台灣最常使用之住宅類外牆構造進行隔音實驗，進而檢討研提符合市場現況與隔音性能需求之外牆及分戶牆防音性能修正建議，以逐步完備建築物防音法令。

#### 建議二

對於目前各類符合法令之建築物分間牆構造及其他合併櫥櫃設計之室內隔間壁體防音性能，宜進行分階段實驗研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

因台灣位處地震帶，地震頻仍，中高樓層建築物為提昇耐震能力，並減輕建築物自重，目前台灣各都市地區，中高層建築物已大量採用非磚牆構造，惟根據質量定律，牆的單位面積質量越大，防音效果越好，然而經研究發現，一般常見分間牆構造，並無法滿足英美澳先進國家建議之隔音標準，因此各類符合規定之分間牆實際防音性能，必須進行更詳細之評估。

#### 建議三

對於 CNS 之建築構件與現場量測相關隔音量測標準及量測步驟，建議宜分階段配合建築法令修訂補充：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

對於 CNS 之建築構件與現場相關隔音量測標準，因項目多，限於各機關人物力，不易一次修訂完成，故建議分階段，依據使用之急迫性逐步訂定，以供各界使用參考。

## ABSTRACT

Keywords: Sound insulation wall, Airborne sound insulation test, evaluation of uncertainty, Building code for sound transmission control

As the economy in Taiwan is developed, the industrial and commercial activity is booming. Urbanization becomes obviously, the high density of Taiwan cities has mixed using of zoning in urban areas. So, Buildings in urban area, residence and trader mixed using can easily find. That made the urban residential area often faces various kinds of noises to interfere, influence living quality deeply. In 2005, the whole Taiwan has reached more than 38000 appealed noise cases. This research is directed to suggest improving the current Taiwan building code for sound insulation wall by laboratory test of airborne sound transmission.

After testing in the laboratory, there are the following several important points in this research:

- (1) Laboratory test for airborne sound transmission class of all kinds of qualified walls exceeding above 5dB from 44 dB to 52 dB disparity, the majority is all unable to reach the sound transmission standards of UBC and Australia Building Code.
- (2) There are not enough testing data to review all kinds of qualified walls, so unable to propose the suitable sound transmission control items of building code.
- (3) ABRI acoustics laboratory has already finished the Evaluation of uncertainty, and has already gotten TAF laboratory identified.

# 第一章 緒論

## 第一節 研究緣起及目的

### 一、研究源起

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 2004 年噪音陳情案全台已達每年三萬餘件，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。

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。

建築技術規則建築構造篇對於分界及分間牆隔音規定為條列式法令，列舉 19 種符合規定隔音之各類牆體構造，分界牆（法令無分界牆定義）與分間牆同一標準，然而又無外牆與分戶牆之標準，如磚造、RC 造為十公分（設計施工篇第 46 條）。雖然各項牆體構造，建築技術規則有文字敘述性規定，惟其並無性能式之標準規定，既缺乏彈性，亦無明確實驗數據佐證其隔音性能，因此依現有規定是否具有足夠阻隔並降低日漸吵雜的生活環境噪音，實無法提供明確的答案。

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，近年來各類輕隔間構造已廣泛應用在新建建築物分間牆，然其隔音性能，因其重量輕與隔音質量定律相左，必須依據實際實驗量測，方能提供基本隔音數據，供建築業界與民眾選用，本所音響實驗館自接受委託進行牆體隔音量測以來，已累積多種不同牆體構造隔音量測數據，可提供本案相關數據進行分析，相關結論可作為建築技術規則訂定相關牆隔音構造規定之參考。

## 二、研究目的

本研究除蒐集並檢視相關現有國內外建築物隔音相關法規外，並針對國內建築物現行分間牆隔音法令規定（建築技術規則設計施工篇防音規定），進行比對檢討，另外配合蒐集本所性能實驗群音響館之牆體隔音相關實驗量測數據，對照建築隔音法令，以研提相關建築隔音法令修正建議，本計畫另外規劃進行重複多次同一組矽酸鈣板輕隔間牆實驗，以進行輕隔間牆體構造隔音量測結果之相關不確定度分析，檢討牆隔音檢測之量測不確定度分析方法，提供本所音響實驗室申請 TAF 認證參考。

## 第二節 研究範圍

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輕隔間構造，做為實驗的測試樣品，輕隔間相關構造方式參考建築技術規則設計施工篇第 46 條防音構造規定標準，以鋼筋架構為底牆內填以比重在 0.04 以上之礦棉，其總厚度在 10 公分以上，及依據一般工法所建構成之輕隔間牆試件為測試試件，至於其餘牆體構造，則挑選音響實驗室已完成量測並符合防音規定之牆體樣品數據，進行分析，不足部分於往後年度視經費及時間再繼續進行相關比對試驗。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，作為研擬修訂建築技術規則訂定相關牆隔音構造規定參考。
- 三、研擬進行牆體構造隔音性能量測不確定度分析之實驗，完成同一組實驗樣品，不同時間進行之多次牆體構造隔音之相關量測不確定度實驗。
- 四、檢討牆隔音檢測之量測不確定度分析方法，供本所音響實驗室申請 TAF 認證參考。

## 五、建議未來建築牆隔音之實驗研究方向與課題。

建築物分間牆隔音性能之研究（一）

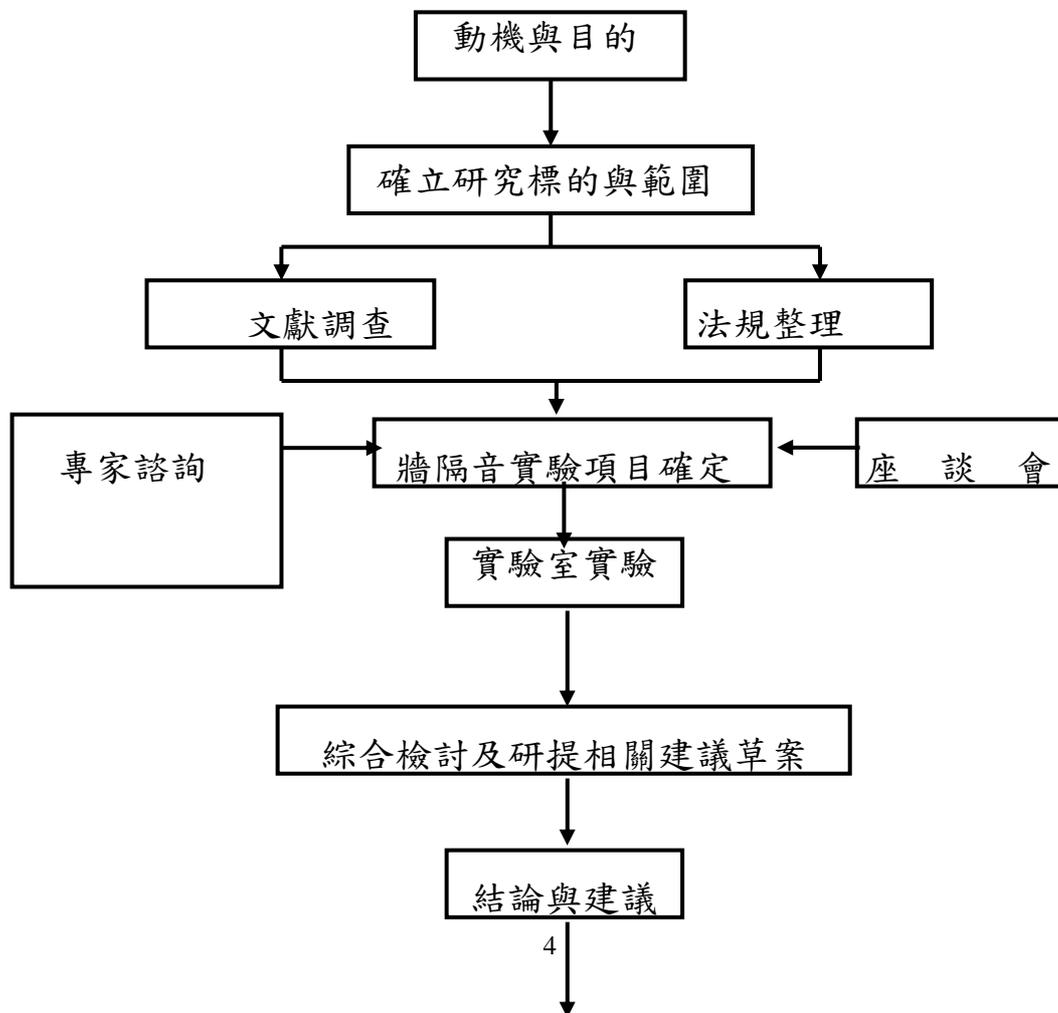
### 第三節 研究方法及步驟

#### 一、研究方法

本計畫之具體目的，為提出建築物分間牆隔音法令修正建議及檢討牆隔音檢測之量測不確定度分析方法，供本所音響實驗室申請 TAF 認證參考，其中所採用之研究方法主要包括以下項目

1. 文獻回顧法。
2. 國際標準音響檢測法實驗室實驗。
3. 專家座談及諮詢會議。

本研究進行步驟流程如下：



期末報告

## 第三章 牆體隔音量測標準與實驗程序

對於牆體隔音量測相關標準與方法，目前我國中華民國國家標準 CNS 因正配合較多國家及地區使用之 ISO (International organization for standardization) 國際標準辦理修訂，本計畫之牆體隔音相關實驗步驟與方法皆依據 ISO 之相關規定進行，並將量測結果做隔音量宣告。

### 第一節 我國 CNS 國家標準建築隔音相關標準

#### 一、我國現有用於建築牆體隔音 CNS 標準

我國 CNS 建築相關隔音標準，係參考日本 JIS 修訂前之板本訂定，而目前日本之標準，已經參考 ISO 國際標準完成修訂工作，已可與國際標準相接軌，我國相關標準亦參考 ISO 規定著手進行修訂（包括 CNS0950219 聲學-建築及建築構件之隔音評估-空氣音隔音與 CNS0950220 聲學-建築及建築構件之隔音評估-衝擊音隔音兩件標準），以期能與國際接軌。

現有我國用於建築牆體隔音 CNS 標準，主要係為 CNS8466 聲音透過損失之實驗試測定法，並無針對牆體單獨訂定之標準，本標準原係參考日本 JIS A(舊板)1416 實驗室音響透過損失測定方法訂定，而目前日本標準已參考 ISO140-1 及 140-3 訂定新板之 JISA1416 實驗室建築部材空氣音隔音性能測定方法，至於評定方法及宣告值等 CNS 目前缺乏相關標準可以使用，後續需進行補充增訂。

將 CNS8466 相關內容摘述以下：

- 一、適用範圍：本標準規定在實驗室中測定牆壁、樓板構造體、門窗及其他材料等聲音透過損失之方法。
- 二、測定裝置：測定裝置為共夾試樣安裝用開口之兩個於響室、音源裝置極受音裝置所構成。
- 三、隔音量（平均音壓級）測定
  1. 測定平均音壓級之微音器位置、音源用餘響室分別由音壓級變

動檢查所使用測定點中，選擇表 所示測定點數以上之測定點。

表 3.1 平均音壓級測定點數表

中心頻率 (Hz)	125~160	200~400	500 以上
測定點數 (處)	5	4	3

(資料來源：中華民國國家標準 CNS8466)

2. 測讀音壓級時，在各個微音器位置之各級輸入音源指示差，需先確定在 10dB 以上，音源輸入時應有充分之時間以便利觀測指示計器之指針振幅，振幅之中心值需讀至 1dB 單位。至於使用紀錄器時亦以此為準。

3. 聲音透過損失 (隔音量測定) 計算：

$$TL = D + 10 \log_{10} (S/A)$$

$$D = L_1 - L_2$$

TL: 聲音透過損失 (dB)。

D: 室間音壓級差 (dB)。

S: 試樣面積 ( $m^2$ )。

A: 受音用餘響室吸音力 ( $m^2$ )。

$L_1$ : 音源用餘響室平均音壓級 (dB)。

$L_2$ : 受音用餘響室平均音壓級 (dB)。

4. 測定頻率：測定依下列中心頻率進行

125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000HZ

## 第二節 建築隔音相關國際標準探討

### 2.1 ISO 建築牆體隔音量測國際標準

ISO 140 系列（共計 14 項，part1—part14，另 part15-18 尚在審議階段）為國際標準對於「音響--建築物及建築構件之隔音量測」（Acoustics--Measurement of sound insulation in buildings and of building elements）之相關標準系列，包括實驗室量測及現場量測兩大部分，本研究僅就建築牆體實驗室量測部分進行說明，另外，ISO717 系列（Acoustics--Rating of sound insulation in buildings and of building elements）部分，對於空氣音隔音評估量標準化給予規定，並對隔音等級最終宣告方式進行訂定，本研究亦將就建築牆體實驗宣告部分摘要說明。

針對 CNS8466(空氣音)聲音透過損失之實驗試測定法相對應之 ISO 國際標準為 ISO140-3「音響--建築物及建築構件之隔音量測—第三項實驗室量測建築物構件空氣音隔音」（Acoustics--Measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 3:Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements），另對於空氣音量測實驗室之相關要求，ISO140-1 訂有「抑制側向音傳遞之實驗室測試設施需求」（Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission)之詳細規定，而 CNS 並無相關規定。

一、對於 ISO140-3(1995 年版)與牆隔音量測之主要內容摘要如下

（一）適用範圍：本方法對於建築物構件如牆、樓板、門、窗、建築物立面構件及立面之空氣音隔音進行量測。

（二）餘響室規定：

1. 實驗室設備需符合 ISO140-1 之要求。
2. 餘響室容積應在  $50\text{m}^3$  以上。

3. 測試開口面積牆約  $10 \text{ m}^2$ ，牆之短邊長度不得少於  $2.3\text{m}$ 。
4. 正常量測下餘響時間不可太長太短都不宜，低頻餘響時間短於一秒及長過兩秒時皆須加以修正。

（三）音源側規定：音源側產生之聲音必須穩定，且使用之音頻帶雜聲產生器應具有  $1/3$  八度音程之範圍，音源包括至少一具揚聲器，揚聲器採 12 面體為佳。

（四）收音側：由一組固定式麥克風或移動式麥克風量測，以測出平均音壓級，應使用  $1/3$  八度音程濾波器，濾波器應符合 IEC225 之相關內容。

（五）量測條件：

1. 量測隔牆：牆面積約  $10 \text{ m}^2$ ，牆之短邊長度不得少於  $2.3\text{m}$ ，當最低頻率波波長小於試體尺寸一半時，則可接受使用小面積試體量測。
2. 牆體之構造裝設應盡量與實際構造相同，頻率測定範圍為「 $1/3$  八度音程  $100\text{Hz}$ — $5000\text{Hz}$ 」（評定曲線採  $100\text{Hz}$ — $3150\text{Hz}$  為主）。

（六）量測方式：

1. 音源室產生之聲音需保持穩定且頻譜需持續。
2. 音功率需較收音室量測各頻帶背景噪音高出  $10\text{dB}$ 。
3. 接收聲音加上背景噪音大於背景噪音  $15\text{dB}$  以上為佳，不可低於  $6\text{dB}$ ，小於  $15\text{dB}$  大於  $6\text{dB}$  者需依公式修正。
4. 每間音室應使用五支以上麥克風，麥克風彼此位置及其與房間邊界之距離至少為  $0.7\text{m}$ 。
5. 麥克風與音源或試體之距離至少為  $1\text{m}$ 。

（七）透過損失計算：公式如下

$$R=L_1-L_2+ 10 \log_{10} (S/A)$$

R: 隔音指標

S: 試樣面積 ( $m^2$ )。

A: 受音室吸音力 ( $m^2$ )。

$L_1$ : 音源室平均音壓級 (dB)。

$L_2$ : 受音室平均音壓級 (dB)。

(八) 其他：包括量測結果表示方式、量測紀錄記載項目、附錄表格等詳細規定。

二、對於 ISO717-1(1995 年板)與牆隔音量測之主要內容摘要如下

(一) 隔音基準量測宣告以 1/3 倍頻帶 (100Hz-3150Hz) 及倍頻帶 (125Hz-2000Hz) 與基準曲線值進行比較，一般 1/3 倍頻宣告頻帶為 100Hz-3150Hz (100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150)，倍頻宣告頻帶為 125Hz-2000Hz (125, 250, 500, 1000, 2000)，表示方式為宣告值  $R_w$

(C;C<sub>tr</sub>)，C;C<sub>tr</sub> 為考慮音源不同頻譜之適應條件，C 為粉紅色音源，C<sub>tr</sub> 為道路交通噪音。必要時可擴大量測範圍至 50Hz~5000Hz，即宣告值為  $R_w$  (C<sub>50-5000</sub>;C<sub>tr50-5000</sub>) 值。標準中建議以 1/3 倍頻帶量測宣告值為較佳方式，亦可僅使用倍頻帶量測宣告。

(二) 隔音量宣告值  $R_w$  (C;C<sub>tr</sub>)，係計算各 1/3 倍頻帶 (16 個頻帶) 量測聲壓位準與參考曲線聲壓位準之差，其不利偏差量總和小於 32dB，相對於參考曲線 500Hz 者為其宣告值。1/1 倍頻帶 (5 個頻帶) 量測聲壓位準與參考曲線聲壓位準之差，其不利偏差量總和需小於 10dB，相對於參考曲線 500Hz 再減 5 為宣告值。

(三) 為調整實驗室與真實環境之差異， $(C;C_{tr})$  即相關頻譜適應條件修正後之量測頻譜值， $C$  值之噪音類型，係指日常生活活動（談話、音樂、收音機及電視機）、兒童玩耍、中高速鐵路交通、公路道路交通（時速 80Km/h 以上）、短程噴射飛機、主要釋放中高頻噪音工廠等， $C_{tr}$  值之噪音類型，係指都市道路交通、低速鐵路交通、螺旋槳式飛機、大型噴射機、迪斯可音樂、主要釋放中低頻噪音工廠。

## 2.2 日本 JIS 建築牆體隔音量測標準

日本近年來針對建築部材音響實驗室量測法及評定方式，參考 ISO 標準進行大幅修訂，以進行相關標準之國際接軌，在量測方法方面，原先日本 JIS A1416(舊板)實驗室音響透過損失測定方法，參考 ISO140-1 及 ISO140-3 整理修訂為 JISA1416（2000 年板）實驗室建築部材空氣音隔音性能測定方法，在評定宣告方面，JIS A1419（舊板）建築物隔音等級，參考 ISO717-1 整理修訂為 JIS A1419-1（2000 年板）建築物及建築部材遮音性能評價方法-第一部（空氣音遮斷性能）。

JISA1416（2000 年板）實驗室建築部材空氣音隔音性能測定方法，大部分內容翻譯引用 ISO140-1 及 ISO140-3 標準，僅在文序上進行調整並增加引用說明。

JIS A1419-1（2000 年板）建築物及建築部材遮音性能評價方法-第一部（空氣音遮斷性能），大部分內容引用 ISO717-1 標準，而原 JIS 之評估基準曲線  $D$  值，仍保留納入附件作為實驗室及現場評估宣告時參考。

## 2.3 美國 ASTM 建築牆體隔音量測標準

美國 ASTM E90 建築構件聲音透過損失實驗室測定方法  
(Standard Test Method for Laboratory Measurement of  
Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and

Elements) 即包含建築牆體隔音量測相關規定，其內容類似 ISO140 系列標準，主要差異在量測頻帶及宣告方式不同。

一、本標準之隔音量計算公式如下：

$$TL = \langle L_1 \rangle - \langle L_2 \rangle + 10 \log_{10} (S/A_2)$$

R: 聲音傳遞損失

S: 試樣面積 (m<sup>2</sup>)。

A<sub>2</sub>: 試樣組裝完成後之受音室吸音力 (m<sup>2</sup>)。

L<sub>1</sub>: 音源室平均音壓級 (dB)。

L<sub>2</sub>: 受音室平均音壓級 (dB)。

二、量測及宣告頻帶

本標準之量測及宣告頻帶為 125Hz-4000Hz (125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000)，起始頻帶與截止頻帶與 ISO 相關頻帶不同。

三、宣告方式

本標準採 ASTM E413 隔音量評定分類方法 (Classification for Rating Sound Insulation)，比較測聲壓位準與參考曲線聲壓位準之差，其不利偏差量總和小於 32dB 及各頻帶最大偏差不得大於 8dB 者，為宣告之 STC (Sound transmission class) 值 (單一評定數值)，宣告值越高表隔音等級越佳。

### 第三節 國內外建築構件牆隔音量測標準之比較

對於國內外牆隔音量測標準，在主要量測方法與結果計算方法上大致相同，但 ISO 在實驗室設施設備、試樣規格、量測條件規定等有較詳細要求、其餘主要差異在於下列幾點：

#### 一、量測頻帶範圍不同

CNS 與 ASTM 標準之量測頻帶範圍 125~4000Hz，而 ISO 及 JIS 標準之量測頻帶範圍 100~5000Hz，評估曲線採 100~3150Hz 為主。

#### 二、隔音量評定宣告值不同

目前牆隔音量測之 CNS 尚缺宣告標準（可參考 JIS 舊板評估基準曲線 D 值評定）D 值等級標稱每級差 5dB，ISO 標準宣告值為  $R_w$  (C;C<sub>tr</sub>) 每級差 1dB，JIS 標準宣告值雖為  $R_w$  (C;C<sub>tr</sub>) 惟仍保留原 D 值之宣告方式做為參考，ASTM 標準之宣告值為 STC 值，每級差 1dB。

#### 三、宣告值不利偏差考慮方式不同

ISO 及 JIS 之隔音量宣告值  $R_w$  (C;C<sub>tr</sub>)，係計算各 1/3 倍頻帶（16 個頻帶）量測聲壓位準與參考曲線聲壓位準之差，其不利偏差量總和小於 32dB，相對於參考曲線 500Hz 者為其宣告值，ASTM 除考慮不利偏差量總和需小於 32dB 外，各頻帶最大偏差亦不得大於 8dB 者，才為宣告之 STC (Sound transmission class) 值。

## 第四節 建築隔音牆體量測程序與設備

本計畫相關實驗樣品，皆依據本所音響實驗室之牆體隔音量測作業程序進行實驗，實驗程序係參考 ISO 國際標準編定，音響實驗設備為本所之 R4 及 R5 音壓法實驗室。

同一構造對不同頻率的聲波有不同之隔音量，外牆材質厚度與重量、材料內阻尼及牆的邊界條件都會對隔音性能影響，惟參考質量定律，牆體的單位面積質量越大，牆的隔音效果越好，而一般為求簡化助於了解不同牆體之隔音性能，以平均隔音性能方式表達，比對現有國外資料，對於類似建材，其隔音量資料如圖 4.39。

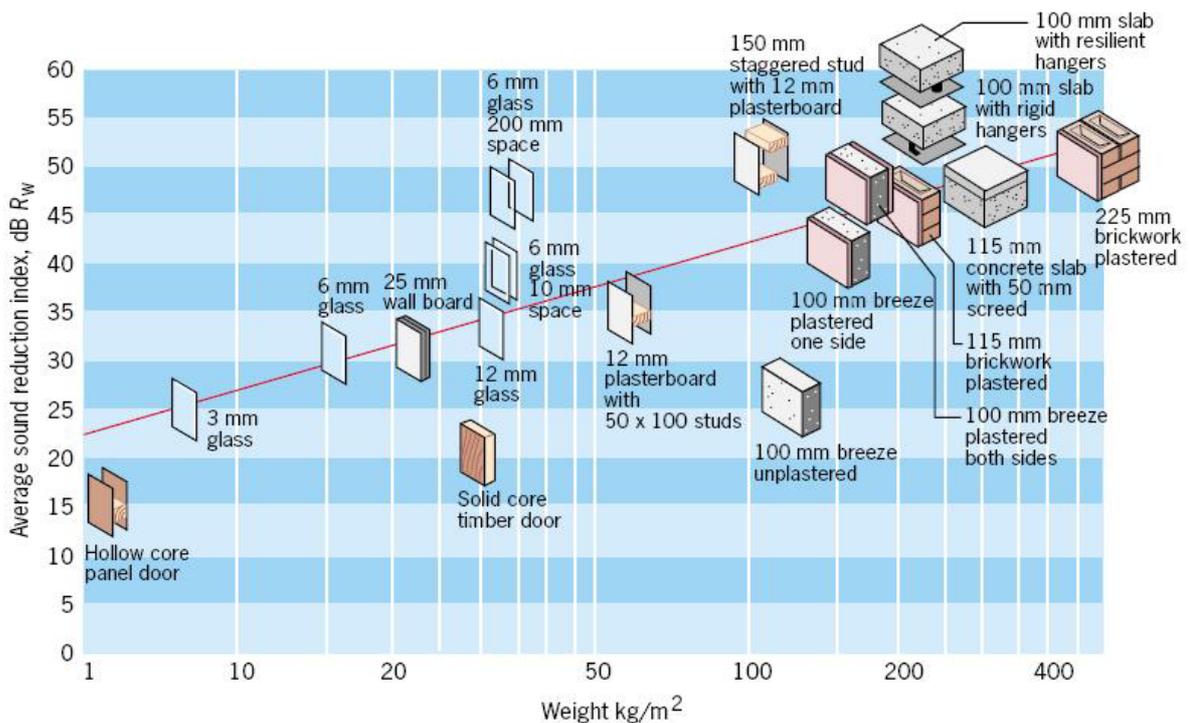


圖 3.1 外牆構造隔音性能分佈圖(資料來源:英國 [www. teachernet. gov. uk](http://www.teachernet.gov.uk) 網頁資料)

### 一、 隔音實驗說明

1. 本實驗之各項牆皆為現場施工砌築。
2. 針對不同類型牆體樣品，進行隔音量測，並比對現有建築技術

規則隔音規定。

3. 實驗量測結果進行不同標準之宣告方式比較。
4. 實驗程序依據本所牆構件隔音等級量測標準作業程序進行。

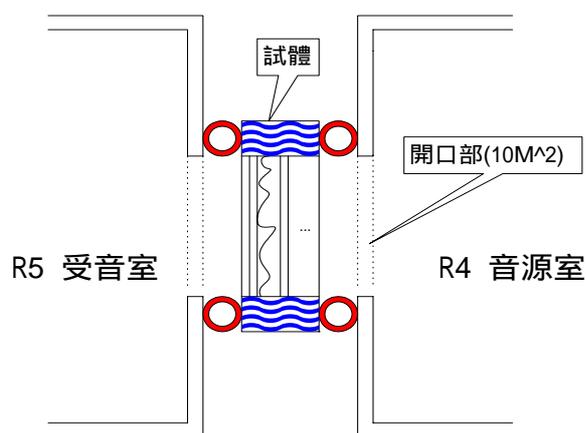


圖 3.2 實驗樣品定位示意圖(資料來源:本研究整理)

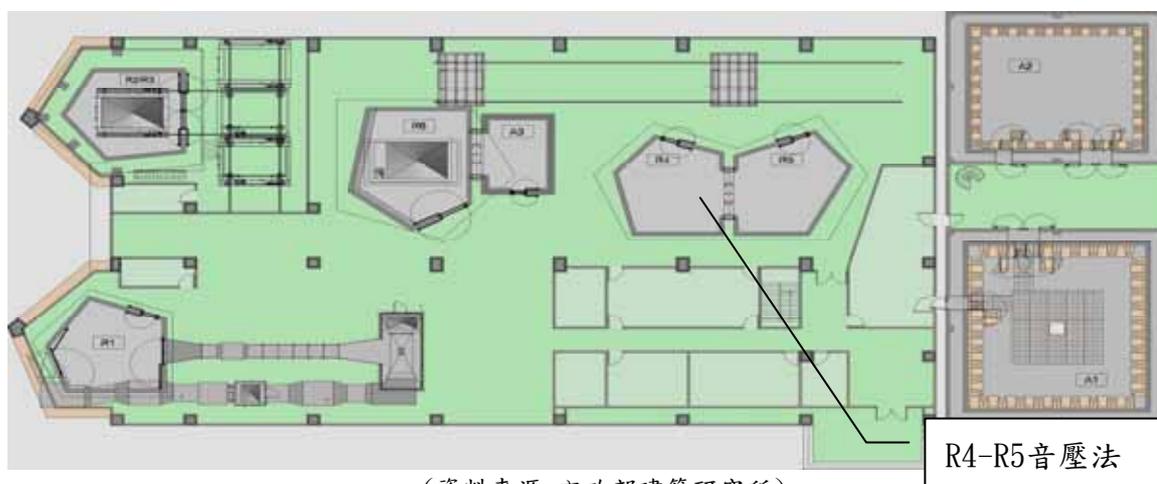


圖 3.3 音壓法實驗室外部照片(資料來源:本研究整理)

## 二、 政部建築研究所現有 R4 及 R5 音壓法實驗室簡述

內政部建築研究所(本所)現有 R4 及 R5 音壓法實驗室符合 ISO140-1, ISO140-3 及 ISO 3741 相關要求,並具備同時可分別計算 ISO、CNS、JIS、ASTM 量測標準之宣告值。

圖 3.4 本所音響館平面圖



(資料來源:內政部建築研究所)

本所隔音量測實驗室規格如表 3.2，測試牆體開口寬 3.5 m<sup>2</sup>，高 3 m<sup>2</sup>，符合 10 m<sup>2</sup>以上之要求。

表 3.2 本所隔音量測實驗室規格

實驗室名稱	用途	內容積 M <sup>3</sup>	實驗室規格	符合標準
R4 餘響室	音源餘響室	220	量測頻寬範圍：100 ~5000Hz 截止頻率：100 Hz 測試口斷面積：10m <sup>2</sup> 背景噪音量於空調及照明啟動條件下低於(含)NR-10 及 15 dB(A)。	ISO-140-1 ISO-140-3 ISO-3741
R5 餘響室	受音室 餘響室	250	量測頻寬範圍：100 ~5000Hz 截止頻率：100 Hz 測試口斷面積：10m <sup>2</sup> 背景噪音量於空調及照明啟動條件下低於(含)NR-10 及 15 dB(A)。	ISO-140-1 ISO-140-3 ISO-3741

(資料來源:本研究整理)

## 二、聲壓法牆構件隔音等級量測作業程序

本所音響實驗室已建立標準作業程序，本計畫各項牆體隔音實驗，皆依據相關步驟進行。

下列步驟即標準作業程序簡要說明。

### (一) 測試件

內外牆相關構件等。

### (二) 適用範圍

本檢測標準作業程序係規定第(一)項所列之隔音產品，其隔音性能之檢測標準作業程序。

### (三) 量測標準

3.1 ISO-140-3 。 3.2 JIS A 1416 。 3.3 ASTM-E90 。 3.4 CNS 8466  
A3143 聲音透過損失之實驗室測定法(Method for Laboratory  
Measurement of Sound Transmission Loss)

(四) 宣告(報告)標準

4.1 ISO-717-1 。 4.2 JIS A 1419-1 。 4.3 ASTM-E413 。 4.4 CNS 目前無宣告標準。

(五) 標準作業程序

5.1 確認設備及儀器

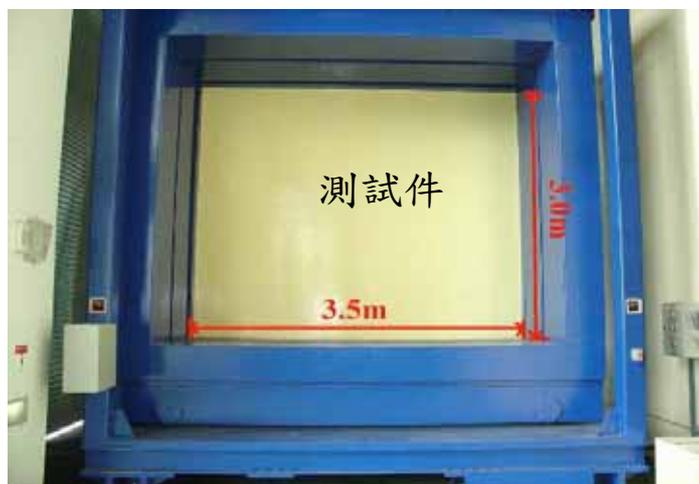
5.2 開啓空調

5.3 測試件

測試件尺寸：開口尺寸為 3\*3.5m

5.4 移動自動測試架至定位

圖 3.5 測試件



(資料來源:本研究拍攝)

5.5 氣密條充氣

5.6 麥克風及音源架設(依據 ISO140-3 6.2.2 節裝設)

5.7 試驗操作程序

5.7.1 確認儀器電源是否開啓

5.7.2 麥克風校正

### 5.7.3 進行量測

量測在中控室透過自動量測設備進行，先點選分析用電腦桌面 R4/R5 圖示，開啓 R4/R5 隔音量量測--聲壓法(B&K 7842-TW-001)進行量測程序，次於電腦螢幕填寫各項基本資料，其後填入各項量測參數，確定無誤，其中量測平均時間應該在 30secs. 以上，開始進行實驗量測。

首先進行背景噪音量測，背景噪音量測完畢後，則將功率放大器電源打開及音源開關切換至 R4，然後點選聲壓位準量測，待聲壓位準量測完畢後，將音源開關切換至 R5，然後點選餘響時間量測，其中餘響時間須量測三次，且每次量測必須至少間隔 30secs. 以上，才可進行下一次量測。所有量測皆完成後，按下完成按鈕，計算量測結果。

### 5.7.4 檢測報告

報告書必須包括下列資料

1. 測試樣品（材料）製造廠商名稱
2. 測試樣品（材料）識別型號名稱
3. 測試樣品（材料）提供日期及測試日期
4. 測試樣品物性及組成敘述
5. 量測所引用之標準、測試方法及結果
6. 餘響室儀器設備敘述
7. 試驗機關名稱，實驗室負責人及試驗操作者姓名

## 5.8 試驗前之查核

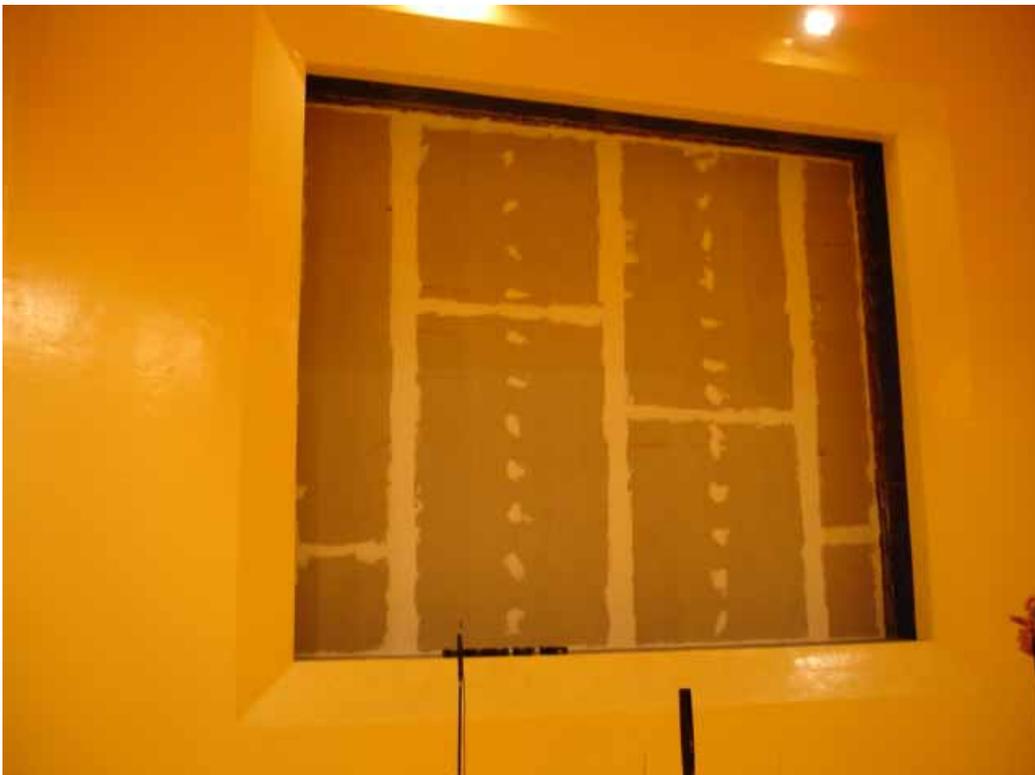
### 5.9 儀器設備保養

圖 3.6 麥克風校正



資料來源（本研究拍攝）

圖 3.7 實驗樣品定位



資料來源（本研究拍攝）

## 第二節 各類牆體隔音量測值與隔音法令比較

### 4.2.1 各類牆隔音量測之隔音量比較

本章第一節隔音量量測案例數量雖尚有不足，需持續累積相關案例，惟就類型而言，已包含建築技術規則中之，骨架式(牆筋架構)、塊砌式兩大類，可以進行初步比較。

以下即將各類牆隔音量測之隔音量，彙整為表：

表 4.1 各類牆隔音量測隔音量宣告比較表

名稱	依據 ISO 標準宣告 隔音量 (dB)	備註
1/2B 紅磚牆(雙牆面水泥粉刷)	48	(總厚 12 公分) 符合現有法令
1/2B 紅磚牆(單牆面貼磁磚)	50	(總厚 13 公分) 符合現有法令
矽酸鈣板 (雙層雙面)	52	(岩棉 5cm, 總厚 11.5 公分) 符合現有法令
石膏板 (雙層雙面)	48	(岩棉 5cm, 總厚 15.2 公分) 符合現有法令
鋼筋架構底牆 (雙層粉刷)	44	(岩棉 5cm, 總厚 15 公分) 符合現有法令
纖維水泥板 (單層雙面)	41	(岩棉 5cm, 總厚 8.5 公分) 不符現有法令

(資料來源：本研究整理)

- 一、 1/2B 紅磚牆表面水泥砂漿粉光而未貼面磚前，所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=48(-1;-5)$ ，以 JIS 標準宣告為  $Dr-45$ ，以 ASTM 標準宣告為  $STC= 48dB$ 。
- 二、 1/2B 紅磚牆表面水泥砂漿粉光加貼面磚，所量測之數據，經計

## 第二節 各類牆體隔音量測值與隔音法令比較

### 4.2.1 各類牆隔音量測之隔音量比較

本章第一節隔音量量測案例數量雖尚有不足，需持續累積相關案例，惟就類型而言，已包含建築技術規則中之，骨架式(牆筋架構)、塊砌式兩大類，可以進行初步比較。

以下即將各類牆隔音量測之隔音量，彙整為表：

表 4.1 各類牆隔音量測隔音量宣告比較表

名稱	依據 ISO 標準宣告 隔音量 (dB)	備註
1/2B 紅磚牆(牆面水泥粉刷)	48	(總厚 12 公分) 符合現有法令
1/2B 紅磚牆(牆面貼磁磚)	50	(總厚 13 公分) 符合現有法令
矽酸鈣板 (雙層)	52	(岩棉 5cm, 總厚 11.5 公分) 符合現有法令
石膏板 (雙層)	48	(岩棉 5cm, 總厚 15.2 公分) 符合現有法令
鋼筋架構底牆 (雙層粉刷)	44	(岩棉 5cm, 總厚 15 公分) 符合現有法令
纖維水泥板 (單層)	41	(岩棉 5cm, 總厚 8.5 公分) 不符現有法令

(資料來源：本研究整理)

一、1/2B 紅磚牆表面水泥砂漿粉光而未貼面磚前，所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=48(-1;-5)$ ，以 JIS 標準宣告為  $Dr-45$ ，以 ASTM 標準宣告為  $STC= 48dB$ 。

二、1/2B 紅磚牆表面水泥砂漿粉光加貼面磚，所量測之數據，經計算

後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=50(-1;-4)$ ，以 JIS 標準宣告為  $Dr-45$ ，以 ASTM 標準宣告為  $STC=50\text{dB}$ 。

- 三、 矽酸鈣板（雙層）牆，所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=50(-1;-7)$ ，以 JIS 標準宣告為  $Dr-45$ ，以 ASTM 標準宣告為  $STC=52\text{dB}$ 。
- 四、 石膏板（雙層）牆，所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=48(-3;-8)$ ，餘無其他宣告資料。
- 五、 鋼筋架構底牆（雙層粉刷），所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=44(-1;-3)$ ，餘無其他宣告資料。
- 六、 纖維水泥板（單層）牆，所量測之數據，經計算後，以 ISO 標準宣告為  $R_w(C;Ctr)=41(-3;-9)$ ，餘無其他宣告資料。
- 七、 比較上述不同種類牆體隔音量，實驗結果單位重量較重之牆體，隔音性能較佳符合質量定律，如磚牆之單位重量高，有較高之隔音量，輕隔間牆部分，矽酸鈣板雙層牆因構造組合方式及矽酸鈣板密度較高、牆總厚度較厚而有較佳之隔音效果，纖維水泥板（單層）牆因牆總厚度及單層板厚較薄等因素，因此隔音量較差。

#### 4.2.2 對於各類牆體隔音，相較於國內外法規可以發現下列結果：

- 一、上述宣告值，與國外相關資料比較，厚度相近之各類牆體隔音量數值，與本實驗結果相較，差異並不大，各實驗牆體除纖維水泥板（單層）總厚度不符合目前我國之建築技術規則規定之防音構造要求外，其餘牆體皆為符合相關防音規定之構造方式，目前建築法規並無建築物及其構件隔音量之性能相關規定，惟比對現有實驗數據，各類合格牆體加權隔音量  $R_w$  相差幅度頗大，由  $44\text{dB}$  至  $52\text{dB}$  差距超過  $5\text{dB}$  以上。

- 二、美國的 UBC 及 IBC 建築法規要求之隔音量  $STC$  值為  $50$ ，僅有

矽酸鈣板雙層牆及貼面磚之磚牆，能滿足其規定。

- 三、日本建築基準法施行令，住宅相關聲音透過損失值規定，比照建築物之遮音性能評價，需等於  $D_r-40$  之宣告值，以矽酸鈣板雙層牆及磚牆，可以滿足相關規定。
- 四、澳洲建築法規對於分戶牆之聲音透過等級，分為臥室鄰接臥室部分 STC 值不低於 45，臥室鄰接浴室部分 STC 值不低於 50，僅有紅磚牆貼面磚及矽酸鈣板雙層牆可滿足相關規定。
- 五、紐西蘭建築法規對於分戶牆之聲音透過等級，規定居住單元牆壁 STC 值不低於 55，全部牆體皆無法滿足相關規定。
- 六、比較上述規定，僅有 1/2B 紅磚牆體加貼面磚及矽酸鈣板雙層牆之構造方式，能符合大部分國家之建築物隔音性能要求。
- 七、綜觀上述比較，以目前之建築技術規則僅規定牆體構造之方式，並無法確保能夠符合所要求之隔音性能水準，而且建築材料日新月異，條列式法令不足以滿足時代變遷所需之彈性規定，且隔音之性能要求也可能隨時代及環境變遷而改變，因此我國之建築技術規則建築物隔音標準部分，宜儘速檢討修正。

### 第三節 建築物隔音法令修改建議

4.3.1 對於隔音法令規定澳洲聲學顧問於 2001 年向政府研提相關建議書重點如下：<sup>註 1</sup>

- 一、對於等級 1（第 1 類）建築物，如獨棟別墅住宅、連棟獨立住宅及等級 2（第 2 類）集合住宅，如公寓大廈等，建議隔音量標準以實驗室隔音量等級  $R_w=55$ 、現場實測隔音量等級  $D_{nT_w}=50$ ，衝擊隔音量建議牆面衝擊隔音  $WIC50$  及樓板衝擊隔音  $IIC50$  為法令修改依據。
- 二、對於等級 3（第三類）建築物，如旅館飯店等，並未建議特別強制要求。
- 三、雪梨市因都市人口密集建築物密度高，市政廳將隔音量訂定為  $R_w=60$  之等級。
- 四、澳洲研發單位現場測試住宅區音樂聲、洗澡聲、交通噪音、垃圾車聲等，發現隔離音樂聲至少需採用  $D_{nT_w}=50$  之建材，其他音源至少需採  $D_{nT_w}=45$  之隔音建材，方能達到基本效果。

#### 4.3.2 建築技術規則建議修正方式

依據上一節各項隔音牆體測試結果，本研究建議建築技術規則防音規定部分宜參考日本、美國、英國、澳洲、紐西蘭等先進國家進行修訂，而國外防音法令皆有配套之隔音實驗標準，我國 CNS 相關建築隔音實驗及等級宣告標準，也必須搭配建築法令與 ISO 國際標準一併逐步檢討修訂，才能獲致整體管制效果，修訂之方式建議如下：

一、建築技術規則防音規定之修訂。

在 CNS 國家標準尚未修訂完成前，建議分階段修訂相關防音性能規定，第一階段可先參考日本建築基準法第 30 條及其施行令 22 條之 3 規定，修訂相關建築物外牆、分戶牆、分間牆之防音性能要求，惟

根據本計畫實驗量測結果，住宅防音性能之聲音透過損失數值可參考美國、澳洲等先進國家建築法令規定研提相關建議值。

- (一) 修改分界牆為「外牆」及「分戶牆」，因技術規則內並無定義分界牆，需配合文義進行修正。
- (二) 外牆、分戶牆防音構造相關隔音量基準，不同頻率之聲音透過損失宣告值初步建議不得少於實驗室隔音量  $R_w=50$  之等級，分間牆防音構造相關隔音量基準，不同頻率之聲音透過損失宣告值初步建議不得少於實驗室隔音量  $R_w=45$  之等級。
- (三) 刪除不符環保法令之石棉板相關條文規定。
- (四) 未來如能逐步建立各類分間牆構造之隔音性能資料，選擇符合相關隔音性能之構造方式，於建築技術規則中增訂等同合乎隔音性能之防音構造規定，可供業界直接採用，並避免引起業界適用爭議。
- (五) 未來需訂定彈性條款，以開放隔音新材料及新構造之使用。

## 二、CNS 國家標準建築物構件音響性能隔音標準規定之修訂。

作為建築技術規則防音配套之 CNS 空氣音隔音、樓板衝擊音隔音之量測與評估標準，需儘速參考 ISO 之相關標準進行修訂，惟因本類標準項目繁多，一次完成建置恐有困難，故可依重要性分階段逐步修訂，如由相關實驗過程，配合建築防音法令修訂應用需要，建議 CNS8466 聲音透過損失之實驗室測定法宜儘速完成修訂，並參考 ISO171-1 增訂相關之空氣音隔音評定宣告方法，以利國際接軌。

## 第四節 隔音牆牆體量測不確定度分析

本研究配合本所建築音響實驗館之檢測業務，估算隔音牆檢測之量測不確定度(uncertainty of measurement)，並依照 TAF 規定分析隔音牆體隔音量檢測流程之量測不確定度。依據 ISO/IEC 17025 測試與校正實驗室能力一般要求之第 5.4.6 節規定：實驗室應清楚分析評估測試結果之量測不確定度，對於測試實驗室則應具備且應使用估算量測不確定度之程序。

依據 ISO 國際標組織(ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement:1993)之定義，不確定度分為 5 類型：(1)標準不確定度(standard measurement)、(2)A 類不確定度評估(Type A evaluation of uncertainty)、(3) B 類不確定度評估(Type B evaluation of uncertainty)、(4)組合標準不確定度(Combined standard uncertainty)、(5)擴大不確定度(Expanded uncertainty)等。

### 4.4.1 量測不確定度之分析方法

本研究之隔音牆隔音量檢測，依照 ISO 140-3(1995)建築構件隔音量實驗室測定法規定進行實驗，隔音量檢測之量測不確定度分析，其中 A 類量測不確定度，以連續 n 次重複實驗之量測結果，分析量測不確定度。

#### 一、A 類不確定度之評估

隔音量量測之 A 類不確定度之評估，係根據重複量測所得之量測值頻率分布(Frequency Distribution)情形，再推導出機率密度函數(Probability density functions, PDF)來計算標準不確定度。A 類不確定度之估算，主要評估重複性及隨機性之量測值所導致之可能變異性，可藉由估算量測值之平均值、標準差等。

A 類不確定度分析之步驟，首先，針對在相同試驗環境及條件下的試件，進行 30 次的重複試驗，分析 1/3 Octave 各頻率之隔音指標。步驟如下：

- (1) 進行 30 次的重複試驗，並紀錄各項試驗數值
- (2) 計算隔音指標量測結果之平均值及標準差

### (3) 計算平均值之標準差

對 n 次重複量測之 n 個量測值  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ，其平均值  $\bar{x}$  之估算如式(4-1)所示：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \dots\dots\dots (4-1)$$

n 個量測值之標準差之估算如式(4-2)所示：

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4-2)$$

平均值之標準差如式(4-3)所示：

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (4-3)$$

量測不確定度之機率分布型式，由於進行 30 組量測之抽樣樣本，已趨近於常態分布，因此，假設 A 類不確定度之分布呈常態分佈，其量測值之計算結果，可以用來表示量測值母體(population)之平均值及標準差。

## 二、B 類標準不確定度評估

B 類標準不確定度評估，通常用來評估無法量測之可能變異量，如對已具有校正數據或量測值、經驗值、公認值或製造廠商之出廠證明中給予之儀器規格、校正報告或其他證明之數據，在根據假設之機率密度函數(PDF)求出近似之變異數(Variance)或標準差。

B 類不確定度之分析步驟如下：

- (1) 調查量測過程中造成量測值變異的主要項目
- (2) 假設機率分布型式
- (3) 根據假設之機率分布計算標準差

B 類不確定度之機率分布型式，參考相關文獻，該數據若為單純觀測值，可假設為常態分布；該數據係若係儀器規格、或校正報告或其他參考手冊中獲得該數據之變異性上、下界限時，需適當假設機率分布型式，說明如下，採用何種分布形式可依實際情況加以判斷：

(1) 矩形分布，係假設將上、下限範圍內各種變異量發生的機率視為均等，此為較保守之假設且容易計算，是一般最常見之分布型態。

(2) 三角形分布、梯形分布、U 形分布或其他較複雜之分布。

### 三、組合標準不確定度

組合標準不確定度(Combined Standard Uncertainty)係根據不確定度之誤差傳播定律(Error Propagation Law)計算。量測結果之組合不確定度，由各項輸入量之標準不確定度經由相關理論組合而得，其關係可以式(4-4)所示：

$$y = f(x) = ax_1 + bx_2 \cdots mx_n \dots\dots\dots (4-4)$$

量測結果之組合不確定度，以  $u_c(y)$  表示，其數學關係式如式(4-5)所示：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \dots\dots\dots (4-5)$$

其中

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$  為輸入量  $x_i$  之敏感係數

$u(x_i)$  為輸入量  $x_i$  之標準不確定度

量測結果之組合不確定度  $u_c(y)$ ，係將各項輸入量之標準不確定度乘上敏感係數加總後，其平方根即為組合標準不確定度。

#### 四、擴充標準不確定度及信心水準

擴充不確定度  $U$  之計算，係根據該量測結果所需之信心水準  $p\%$ ，再選擇一擴充係數  $k$  乘上組合不確定度，其關係式如式(4-6)所示：

$$U = k \cdot u_c(y) \dots\dots\dots (4-6)$$

#### 4.4.2 量測不確定度之意義

量測不確定度之資訊價值(Value of information, VOI)，常用來決定何種參數對量測結果不確定度貢獻最多，及評價更多分析是否導致更好之量測。

探討量測不確定度變化情形，可以變異係數(Coefficient of variation, CV)的變化來表示。變異係數 CV 值為無因次，亦稱相對標準偏差(Relative standard deviation)，其關係式如式(4-7)所示：

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \dots\dots\dots (4-7)$$

其中， $\sigma$ ：標準偏差， $\mu$ ：平均值。

一組量測數據之變異係數 CV 值大，代表量測不確定度高，數據品質較低；CV 值小，代表量測不確定度低，數據品質較高。

#### 4.4.3 量測不確定度之分析結果

關於 A 類不確定度之計算，係以同一隔音牆體，在相同試驗條件下進行  $N$  次重複試驗所得，隔音量測範圍為 100~5000Hz，紀錄該範圍中 1/3 倍頻帶之試驗結果。

本量測案例於 95 年 8 月 21 日至 23 日間進行矽酸鈣板隔音牆隔音量測，總計完成同一試件 35 次重複試驗。

表 4.2 為同一試件之不同重複實驗次數( $n$ )之隔音量各頻率之量測不確定度，從圖 1 顯示：同一試件之前 10 次重複試驗之 CV 值，較 35 次重複

試驗之 CV 值大，代表隨著重複試驗之次數增加，量測不確定度增高，推論本次量測數據品質不穩定。因此判定需詳細檢查量測作業流程及系統之穩定度。

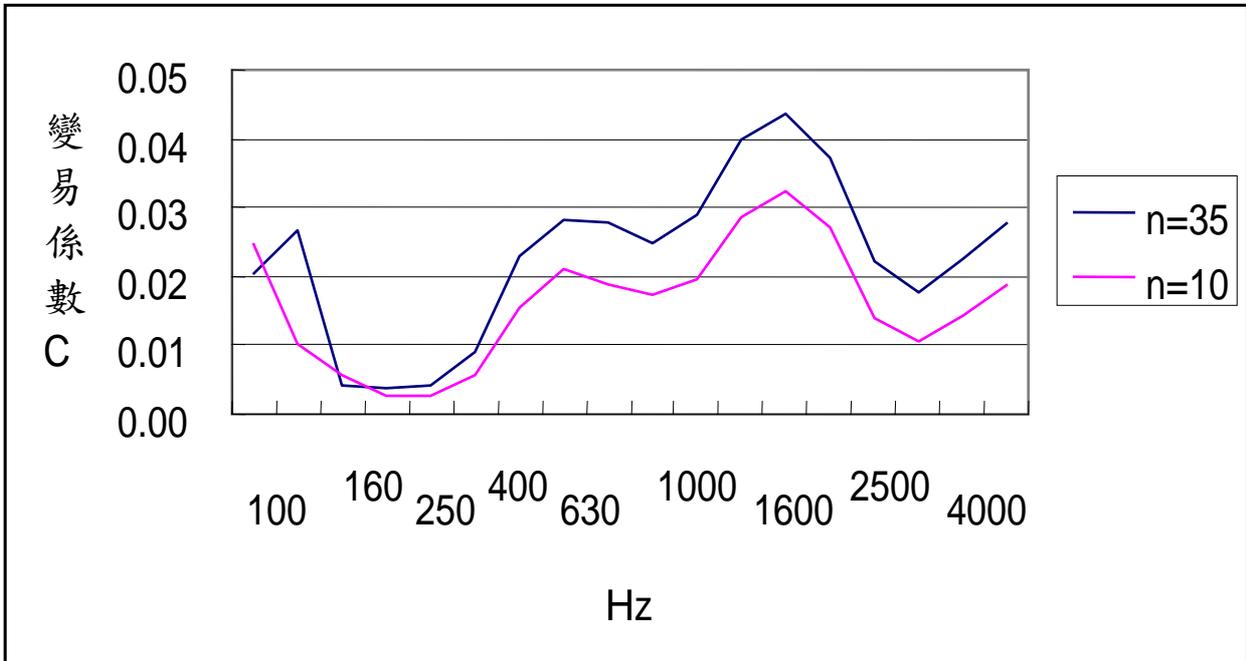


圖 4.17 同一試件前 10 次及 35 次重複試驗各頻率之變異係數分析

(資料來源：本研究整理)

表 4.2 同一試件不同重複實驗次數(n)隔音量各頻率之量測不確定度

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
平均值 (n=10)	29.0	33.7	42.5	46.4	48.8	53.3	54.8	53.8	51.9	51.9	52.0	50.6	50.4	51.1	50.0	52.8	57.4	60.3
標準差 (n=10)	0.718	0.340	0.247	0.116	0.125	0.296	0.846	1.131	0.968	0.897	1.025	1.448	1.627	1.375	0.691	0.558	0.823	1.138
CV 值 (n=10)	<b>0.025</b>	<b>0.010</b>	<b>0.006</b>	<b>0.002</b>	<b>0.003</b>	<b>0.006</b>	<b>0.015</b>	<b>0.021</b>	<b>0.019</b>	<b>0.017</b>	<b>0.020</b>	<b>0.029</b>	<b>0.032</b>	<b>0.027</b>	<b>0.014</b>	<b>0.011</b>	<b>0.014</b>	<b>0.019</b>
平均值 (n=35)	28.6	32.9	42.6	46.4	48.7	52.9	53.9	52.6	50.8	50.8	50.8	49.1	48.7	49.5	49.0	52.0	56.4	59.0
標準差 (n=35)	0.581	0.875	0.179	0.171	0.209	0.474	1.234	1.490	1.422	1.261	1.468	1.966	2.117	1.841	1.090	0.921	1.276	1.651
CV 值 (n=35)	<b>0.020</b>	<b>0.027</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.009</b>	<b>0.023</b>	<b>0.028</b>	<b>0.028</b>	<b>0.025</b>	<b>0.029</b>	<b>0.040</b>	<b>0.043</b>	<b>0.037</b>	<b>0.022</b>	<b>0.018</b>	<b>0.023</b>	<b>0.028</b>

(資料來源：本研究整理)



## 第五章 結論與建議

隨著台灣社會經濟條件發展，工商活動頻繁，都市化現象益趨明顯，人口密集居住於台灣都市地區，由於台灣都市計畫土地使用管制特性，對於各類居住地區之建築物使用限制彈性較大，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，為提昇建築整體環境品質，本研究針對建築防音法令現行規定，選擇市面普遍使用之輕隔間牆材料，進行音響實驗室牆體隔音量測，並比對現行建築技術規則防音法令標準與先進國家之隔音法令標準，期能提出適當改善建議，改善現有防音法令，以定量之防音性能規定，訂定建築物構件之防音最低標準，配合國際發展趨勢與社會環境品質之需要。

經本研究進行多次實驗量測，同時已於第四章研提「隔音牆牆體量測不確定度分析」，供性能實驗室檢討改善實驗程序及檢討改善設備不確定度之參考。

以下即為本研究案之結論與建議。

### 第一節 結論

本研究有下述結論：

- 一、經實驗室各類牆隔音量測發現，比對現有實驗數據，各類合格牆體加權隔音量  $R_w$  相差幅度頗大，由 44dB 至 52dB 差距超過 5dB 以上，其隔音量（聲音透過損失），大部分都無法達到美國、澳洲及紐西蘭之住宅隔音法令標準，也有部分牆體無法達到日本低頻或中頻之最低要求。
- 二、對照國外相關文獻資料及實驗數據，符合音環境居住品質需求，分間牆至少需參採美國、英國之隔音標準為修訂參考之基準，惟目前建築技術規則合格之防音牆體構造，仍有許多構造尚無法符合此標準或無明確實驗數據可供判斷參照，故仍無法針對隔音量建議各類合格之牆體構造方式。
- 三、對於明顯不符環保要求之含石綿成分板材相關規定，建議

立即刪除。

- 四、本所已完成音響實驗室之量測不確定度分析，並已獲得 TAF 認證通過，未來如能以量測不確定度分析方法，定期檢討相關實驗設備及實驗過程，可提高本所音響實驗室之可靠度。

## 第二節 建議

### 建議一

進行相關現況調查與實驗，修訂建築技術規則住宅類外牆、分戶牆之防音性能部分：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

建築技術規則建築物防音性能之修訂，需累積足夠實驗數據，方能有精確之調整依據，住宅之防音需求第一線為外牆及分戶牆，需進行現況調查，針對台灣最常使用之住宅類外牆構造進行隔音實驗，進而檢討研提符合市場現況與隔音性能需求之外牆及分戶牆防音性能修正建議，以逐步完備建築物防音法令。

### 建議二

對於目前各類符合法令之建築物分間牆構造及其他合併櫥櫃設計之室內隔間壁體防音性能，宜進行分階段實驗研究：

中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

因台灣位處地震帶，地震頻仍，中高樓層建築物為提昇耐震能力，並減輕建築物自重，目前台灣各都市地區，中高層建築物已大量採用非磚牆構造，惟根據質量定律，牆的單位面積質量越大，防音效果越好，然而經研究發現，一般常見分間牆構造，並無法滿足英美澳先進國家建議之隔音標準，因此各類符合規定之分間牆實際防音性能，必須進行更詳細之評估。

### 建議三

對於 CNS 之建築相關隔音量測標準，建議宜分階段配合建築法令修訂補充：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

對於 CNS 之建築相關隔音量測標準，因項目多，限於各機關人物力，不易一次修訂完成，故建議分階段，依據使用：附錄一性逐步訂定，以供各界使用參考。

## 附錄一 自辦研究期中及期末諮詢會議紀錄及辦理情形

### 壹、內政部建築研究所 95 年度自辦研究期中諮詢會議

一、時間：95 年 7 月 24 日(星期一)下午 2 時 30 分

二、地點：內政部建築研究所簡報室

三、主持人：葉副所長世文

四、出席人員：詳如簽到單。

五、宣讀上次會議紀錄：略。

決議：上次會議紀錄確定。

六、自辦研究計畫課題報告：略。

七、綜合討論及建議事項：

(二)「建築物分間牆隔音性能之研究(一)」：

莊主任秘書素琴

1. 本案能就日本、美國、澳洲等國之相關法令規定進行研究、比較，應能獲得較適合我國之性能規定，惟缺少歐洲方面之法規規定，不知是否可蒐集？
2. 有關建材內不得含石綿之規定，是本局於去(94)年修訂 CNS 3802「纖維水泥板」及 CNS 13777「纖維強化水泥板」時，獲得與會者一致之共識，決議建材內不得含有石綿之規定，並在將會議結論行文主管機關環保署後，該署於去(94)年 12 月 30 日公告自 97 年 1 月 1 日起禁止石綿用於纖維水泥板之製造。至其他尚含石綿類之國家標準，本局亦正積極辦理修訂中。

※CNS 內含石綿標準(對照第 16 頁)最新辦理情形

- (1) CNS 13777「纖維強化水泥板」(95.01.18)－已規定產品不得含石綿。

- (2) CNS 3802 「纖維水泥板」(95.01.18) — 已規定產品不得含石綿。
  - (3) CNS 14164 「氧化鎂板」(94.09.07) — 以氧化鎂及氯化鎂為主要原料製成，產品本身即不含石綿。
  - (4) CNS 11697 「屋頂用石棉水泥板」(83.03.25) — 業依國家標準制修訂程序辦理修訂中(將規定產品內不得含石綿)，並於 95.07.13 辦理草案發審作業，預定於今(95)年底前完成修訂。
  - (5) CNS 11758 「石棉水泥板與木絲水泥板合成板」(75.11.19) — 業依國家標準制修訂程序辦理修訂中(將規定產品內不得含石綿)，並於 95.07.13 辦理草案發審作業，預定於今(95)年底前完成修訂。
3. 牆體隔音性能測試為最後驗證之重要依據，所以應要注意進度，並做詳實之記錄分析，另在研定建議草案時應隨時徵求建築法規主管機關營建署之意見，作事前之溝通處理。
  4. 另 P.10 及 P.11 有關石膏版部分，請會予修正為石膏板。

陳工程師金文

1. 本研究明確比較各國牆隔音規定之差異，並確切說明國內規章之不足及缺失。
2. 磚牆之實際量測結果，比較各國符合法令之程度，定量化資訊極有幫助。
3. 本文不確定度之分析尚未完整，建議移除本段說明後，發表於今年度音響學會研討會，分享研究成果。

陳組長瑞鈴

1. 從本案之相關探討，可明顯說明國內之建築防音法規太老舊，宜於本案完成後，建請主管單位儘速修正。
2. 本案建議修法之隔音性能數據，宜參照國際 (ISO) 標準之宣告曲線相關數值，而不宜參考日本之宣告曲線數值，以符國際趨勢。

葉副所長世文

對於 500HZ 之隔音性能修法建議值，建議加強說明訂定為 45dB 之理由。

建議事項	辦理情形
1.本研究案缺少歐洲方面之法規規定，不知是否可蒐集？	已加入英國建築法相關隔音規定
2. 在研定建議草案時應隨時徵求建築法規主管機關營建署之意見，作事前之溝通處理。	期末會議已增列邀請營建署參加。
3.有關石膏版部分，請會予修正為石膏板	已修正。
4. 本文不確定度之分析尚未完整，建議移除本段說明後，發表於今年度音響學會研討會，分享研究成果。	已將部分研究成果於今年度音響學會研討會發表。
5. 本案建議修法之隔音性能數據，宜參照國際 (ISO) 標準之宣告曲線相關數值，而不宜參考日本之宣告曲線數值，以符國際趨勢。	已參考修正。

## 貳、政部建築研究所 95 年度自辦研究期末諮詢會議

一、時 間：95 年 12 月 27 日(星期三)下午 2 時 30 分

二、地 點：內政部建築研究所簡報室

三、主持人：陳組長

四、出席人員：詳如簽到單。

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、自行研究案主持人簡報：(略)

八、綜合討論與建議：

(二)「建築物分間牆隔音性能之研究(一)」

莊主任秘書素琴

1. 本案對各國法規作詳細之蒐集、探討、分析、比較、實驗並做具體建議，應能對法規之修訂及 CNS 國家標準之制修訂有極大幫助，故在會後應建立各單位間聯繫、溝通及追蹤之管道。
2. 為符合世界貿易組織（WTO）技術性貿易障礙協定（TBT）符合性評鑑基礎架構之要求，同時參考國際發展趨勢、整合國內認證資源及推動單一窗口之服務，經由標準檢驗局之規劃推動，於 92 年 9 月 17 日完成財團法人全國認證基金會(TAF)法定登記開始運作，並將原中華民國實驗室認證體系(CNLA)及中華民國認證委員會(CNAB)之業務移轉至 TAF 辦理，故文內多處提及 CNLA 處請改為 TAF。
3. CNS 國家標準內有關建材內不得含石綿之規定，皆已入案積極辦理，今後將可提供國人一個無石綿之居住或操作環境，邁向先進國家之環境水準，包括：
  1. CNS 13777「纖維強化水泥板」(95.01.18 修訂公布)、
  2. CNS 3802「纖維水泥板」(95.01.18 修訂公布)、
  3. CNS 11758「水泥板與木絲水泥積層板」(95.12.22 標準審查委員會審定通過)、
  4. CNS 11697「屋頂用石棉水泥板」(95.07.13 發審、俟召開技術委員會討論)。
4. CNS 8466「聲音透過損失之實驗室測定法」相對應之國際標準 ISO140-3「聲學-建築及建築構件隔音量測-第 3 部：建築構件空氣音隔音之實驗室量測」，前承蒙貴所將草案起草完成送交本局，本局並依程序完成建議案審核通過，惟因草案內容仍有部分需修正，故俟草案定稿後本局隨即辦理後續作業。
5. 依據報告之建議事項二所述：「一般分間牆構造，並無法滿足英美澳先進國家之隔音標準，…」，故未來在建議修改法規前，為避免造成國內營造業無法達到之情形，應先給予廠商事前之教育及輔導，分析現行無法做到之原因及建議改善之道，並給予技術指導。

陳工程師金文

附錄一

1. 針對各國建築法規之隔音要求及優缺點有明確的比較分析，並有效指出國內法令之盲點。
4. 本研究完成不確定度分析，並獲得 TAF 認證之成果，建議於報告中突顯。

江教授哲銘

1. 測試方法正確，可給予修條文之參考。
2. 現行技術規則 46 條有關構造係依建照審查階段之細部施工圖，惟年度已久，構造形式多樣且進步故測試實例尚可引進較新較普遍之構造。
3. 有其價值，可繼續發展。

江教授維華

1. 當適用於住宅時，因住宅長期在自然通風狀態下，因此不宜使用歐美（含澳洲）之相關規定。
2. 有關之量測結果應與文獻可得之資料做對照。
3. 德國與其他歐陸國家是否僅對外牆做控制？
4. 輕質牆請強調「雙層雙面」。

中華建築中心代表李經理明賢

分界牆或分間牆的結構建議能參酌實際運用材料的描述，以呼應防音的效果。

陳組長瑞鈴

1. 本案結論中建議禁用之建材，應包括「含石棉的產品」而非只是石棉板而已。
2. 因國內都會區住宅空間狹小，室內分間牆常影響空間使用，本案後續可針對建築室內隔間之設計方式（如櫥櫃兼做隔間），進行隔音量測研究，並提出建議。

## 參考書目

### 一、中文部分

1. 陳金文，2003，《建築音響學及其應用》，科技圖書。
2. 陳金文，1998，《噪音量測與控制技術應用》，科技圖書。
3. 楊逸詠等，2003.12，《建立住宅性能評估制度之研究（二）》內政部建築研究所。
4. 何明錦、江哲銘等，2005.12《建材音響性能測試 ISO 標準 CNS 化之可行性研究》，內政部建築研究所。
5. 車世光等，1991，《建築聲環境》，淑馨出版社。
6. 清華大學建築系等，1988，《建築聲學設計手冊》，中國建築工藝出版社。
7. 吳啟哲譯，1994，《圖解建築物理學概論》，湖氏圖書出版社。
8. 營建雜誌社。2002，《建築技術規則》。
9. 翁金山、賴榮平、江哲銘，1999.6，《建築性能實驗群實驗設施與營運規劃》內政部建築研究所。
10. 江哲銘、林芳銘等，2003，《綠建材性能實驗研究子計畫 3 建築音響館實驗架構及營運規劃之研究》，內政部建築研究所。
11. 綠建築設計技術彙編，2005，內政部建築研究所。
12. 綠建築解說與評估手冊，2005，內政部建築研究所。
13. 羅時麒、陳伯勳，2004.12，《輕隔間建材隔音等級之研究》，內政部建築研究所。
14. 蕭江碧、賴榮平、江哲銘，2001.12，《音響實驗館實驗設施建置之研究》，內政部建築研究所。
15. 廖慧燕，2004.5，《建築師》，建立住宅性能評估制度之探討，中華民國建築師雜誌社。
16. 中華人民共和國城鄉建設環境保護部主編，1988，《中華人民共和國國家標準-民用建築隔聲設計規範》，中國建築工藝出版社。
17. 首都規劃建設委員會辦公室主編，1988，《中華人民共和國國家標準-建築隔聲評價標準》，中國建築工藝出版社。
18. 同濟大學主編，1985，《中華人民共和國國家標準-建築隔聲測量規範》，中國建築工藝出版社。
19. 綠建材解說與評估手冊，2005，內政部建築研究所。
20. 中華民國國家標準 CNS8466，《聲音透過損失之實驗室測定法》，經濟部中央標準局。
21. 中華民國國家標準 CNS9056，《餘響室法吸音率測定法》，經濟部中央標準局。
22. 中華民國國家標準 CNS8465，《建築物隔音等級》，經濟部中央標準局。
23. 江哲銘、賴榮平等，1990.12「建築物防音設計要求之研究—建築技術規則防音法規修正之研究」，內政部建築研究所籌備處。

## 二、外文部分

1. 日本『財團法人筑波建築試驗中心』網站網頁資料，2005，www.blhp.org.。
2. 『日本財團法人小林理學研究所』網站網頁資料，2005，  
www.kobayasi-riken.or.jp。
3. 『美國材料與試驗協會(ASTM)』官方網站網頁資料，2005，www.astm.org。
4. 『英國副首相辦公室(ODPM)』官方網站網頁資料，2005，www.odpm.gov.uk.。
5. John S. Bradley, 2004. 4, 《Sound Insulation Issues》, Proceedings of the Joint NSC-NRC Workshop on Construction Technologies, 國家地震工程研究中心。
6. 『加拿大國家研究委員會(ECN)』官方網站網頁資料，2004，  
irc.nrc-cnrc.gc.ca。
7. 『丹麥建築與都市研究所(DBUR)』官方網站網頁資料，2004，www.dbur.dk。
8. 『日本國土交通省』網站網頁資料，2004，www.mlit.go.jp。
9. CCH Australia Limited. 《Building Code of Australia》，1996
10. Building Industry Authority, 《New Zealand Building Code》，1995。
11. International Conference of Building Officials, 《Uniform Building Code》，1997。
12. 今井與藏，1995. 9, 《圖解建築物理學概論》，建築情報雜誌社。
13. ISO 140-1:1997 Acoustics--Measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission.
14. ISO 140-3:1995 Acoustics--Measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.
15. ISO 717-1:1996 Rating of sound insulation in buildings and of building—Part 1: airborne sound insulation.
16. ASTM E90-97 Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements.
17. ASTM E413-87 (Reapproved 1994) Classification for Rating Sound Insulation.
18. JIS 日本工業規格 A1416 建築物構件隔音性能實驗室量測測定方法，2000。
19. JIS 日本工業規格 A1419-1 建築物及建築構件隔音性能評價方法—第一部：空氣音遮斷性能，2000。
20. ISO, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement:1993