

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究

099301070000G2013

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析 研究

研 究 人 員：林招焯副研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 99 年 12 月

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究

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

**Comparative analysis on experimental Sound insulation performance
of various types of partition walls**

BY
LIN JAU-CHO

December 31, 2010

目次

表次	IV
圖次	V
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	1
第三節 研究方法及步驟	2
第二章 隔音牆理論機制與實驗檢測	4
第一節 隔音牆隔音理論機制	4
第二節 聲壓法隔音實驗檢測方法與標準	10
第三章 隔音構件隔音性能實測成果	12
第一節 實驗量測程序與環境	12
第二節 各類型隔音構件實測性能與測試規範	12
第四章 實測成果分析	66
第一節 隔音構件實測性能分類	66
第二節 隔音構件構造分類與統計分析	66

第三節 隔音牆理論與實驗值比較	72
第五章 結論與建議	88
第一節 結論	88
第二節 建議	89
附錄一	90
附錄二	95
參考書目	101

表次

表 3.1	音響實驗室歷年隔音檢測類別統計	13
表 3.2	音響實驗室歷年隔音牆檢測統計	13
表 3.2-1	音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 1)	15
表 3.2-2	音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 2)	16
表 3.2-3	音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 3)	17
表 3.3	ASTM 實驗成果轉換為 ISO 規範結果表	19
表 3.4	各測試規範量測點數與範圍比較	20
表 3.5	測試規範麥克風配置規定比較	20
表 3.6	ISO 及 ASTM 測試規範標準曲線比較	21
表 4.1	隔音牆實測結果性能分類表	66
表 4.2	隔音牆體單位重基本資料	73
表 4.3	隔音牆穿透損失實測曲線低峰值頻率點	77
表 4.4	各案例之 A 係數及 B 係數	79

圖次

圖 1.1 研究方法流程	3
圖 2.1 隔音板分析模式圖	4
圖 2.2 斜向入射分析模式圖	6
圖 2.3 平板振動分析模式圖	7
圖 2.4 穿透損失曲線例圖	9
圖 2.5 聲壓法實驗室配置圖	10
圖 4.1 牆體厚度-隔音量圖	67
圖 4.2 牆體單位面積重-隔音量圖	68
圖 4.3 內填充層厚-隔音量圖	69
圖 4.4 分類 1-三明治式牆體隔音性能圖	70
圖 4.5 分類 2-三明治式 (內含空氣層) 牆體隔音性能圖	70
圖 4.6 分類 3-均質斷面式牆體隔音性能圖	71
圖 4.7 分類 1-三明治式牆體隔音性能圖 (ASTM 法)	71
圖 4.8 分類 3-三明治式牆體隔音性能圖 (ASTM 法)	72
圖 4.9 編號 21 (左)、19 (右) 試件理論-實測值比較圖	74
圖 4.10 編號 12 (左)、5 (右) 試件理論-實測值比較圖	74
圖 4.11 編號 2 (左)、17 (右) 試件理論-實測值比較圖	74

圖 4.12 編號 9 (左)、14 (右) 試件理論-實測值比較圖	75
圖 4.13 編號 16 (左)、13 (右) 試件理論-實測值比較圖	75
圖 4.14 編號 3 (左)、20 (右) 試件理論-實測值比較圖	75
圖 4.15 編號 6 (左)、4 (右) 試件理論-實測值比較圖	76
圖 4.17 編號 8 試件理論-實測值比較圖	76
圖 4.18 牆體穿透損失理論係數修正流程圖	78
圖 4.19 編號 21 試件修正理論-實測值比較圖	80
圖 4.20 編號 19 試件修正理論-實測值比較圖	80
圖 4.21 編號 12 試件修正理論-實測值比較圖	81
圖 4.22 編號 5 試件修正理論-實測值比較圖	81
圖 4.23 編號 2 試件修正理論-實測值比較圖	82
圖 4.24 編號 17 試件修正理論-實測值比較圖	82
圖 4.25 編號 9 試件修正理論-實測值比較圖	83
圖 4.26 編號 14 試件修正理論-實測值比較圖	83
圖 4.27 編號 16 試件修正理論-實測值比較圖	84
圖 4.28 編號 13 試件修正理論-實測值比較圖	84
圖 4.29 編號 3 試件修正理論-實測值比較圖	85
圖 4.30 編號 20 試件修正理論-實測值比較圖	85

圖 4.31 編號 6 試件修正理論-實測值比較圖	86
圖 4.32 編號 4 試件修正理論-實測值比較圖	86
圖 4.33 編號 8 試件修正理論-實測值比較圖	87

摘要

關鍵詞：隔音牆、隔音指標、質量率

一、研究緣起

人類生活環境中不可避免的充滿各式之聲音，悠揚的音樂可以幫助我們放鬆心情紓解身心靈，解除一天工作的疲憊，但吵雜的噪音則可以使人失眠、精神不安或心煩氣躁，雖然聲音並不為人的視線所看見但對我們的生活影響是如此之大，且為我們所不可忽略。

國內建築發展歷史悠久，隨著社會的不斷進步與經濟繁榮，由對於生活中之建築由早年簡單之遮風避雨需求逐步進步到造型美觀室內通風明亮，進而至近年來由於不可避免之高度都市化，社會大眾對於房屋建築之靜音性要求更有高度之需求，但由於台灣之社會環境、生活特色與氣候環境之特殊，本土之建築構件與國外常用之建築類型不盡相同，且慣用之建築設計與牆體構造均有不同，如何建立本土之隔音牆實測性能資料，及提昇隔音材之隔音性能，以供國內建築設計分析之參考將是具有發展性之研究課題。

二、研究方法及過程

本研究主要利用本所音響 R4/R5 實驗室歷年之試驗資料，進行實驗資料分類、由於隔音構件可分為隔音門、牆及窗戶等 3 大類，由於各類構件結構各異，為能將分析結果簡化並利於解析，本研究將依構造形式進行分類，將構造物類似之隔音構件歸納為同類後，由其檢測之結果探討各類型隔音牆隔音性能實測結果，並嘗試由實測結果資料進行迴歸分析，隔音牆部分將與目前常用理論值比對後，嘗試提出簡易之評估式以能於實務上簡單應用。並預計由實驗檢測成果進行隔音牆之統計資料分析，以瞭解隔音牆之性能主要影響因子。

三、重要發現

本研究整理音響實驗室關於隔音牆之檢測資料，共包含隔音牆 44 件，並將各種形式之構件基本資料及構造簡圖整理列出，包含各構件由實驗室採用標準之 ISO140-3、ASTM E90 等標準規範之實測結果，後續並簡易比較 ISO 與 ASTM 測試規範之差異處，同時藉由歷年檢測資料整理結果可提供目前國內實際使用之建築構件性能資料，由於各件之構造物皆為國內實際檢測之案例，相關各種構造隔音性能資料可供實務上設計參考。

本研究嘗試依各種隔音構件之性能實測結果，依照其影響之因子進行直線迴歸統計分析，以探討各影響因子與最後之性能結果是否有關聯性，經由分析後發現於牆體部分隔音性能與牆體厚度、單位面積重及內填充層厚度均

呈現正比之關係，且三者間關係呈現類似之性質，其中又以牆體厚度關係較為明顯。

理論值與實測值比較分析部份採用勁度－共振－質量控制三段分析理論，並由實驗所得之穿透損失曲線先決定出共振頻率值，並由實驗資料回饋結合理論公式求得修正之 A、B 係數後，得到各案例之三段式修正理論公式，經比較修正後理論式之預測值與實測結果，發現理論與實驗值之穿透損失曲線趨勢及各頻帶穿透損失值接近，於各頻帶區域皆較原本質量率理論之預測值準確。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議：統計分析中之案例數量目前為44件，未來可持續增加案件之實測資料庫。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

由於隔音牆體之構造物大部分皆為複層式構造，且其中組合多種複雜之硬、軟質材料，造成各種因子諸如牆體骨架勁度、表面材之類型、單位面積質量及聲場與構造物互制等多種因素皆為影響隔音牆之性能因子，目前本研究之統計分析結果，共取用實際隔音牆體檢測案件44件進行分析，且具有其採用ISO及ASTM規範之實測之性能資料與構造簡圖，且各案例皆為國內實際使用之隔音建材資料，建議未來可持續擴充相關檢測資料庫，累積更多實測資料以供實務應用。

建議二

中長期建議：複層隔音牆理論與實測值比較上，可綜合實測結果進行更進一步之理論探討，以增進理論值之精確度。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

目前採用之勁度－共振－質量控制三段分析理論，檢視分析結果與實測結果比較後，發現於較低頻之勁度控制部份尚有偏差值，由於該區域頻率牽涉到共振效應曲線震盪較大，故穿透損失曲線較為複雜，另高頻之質量控制區域目前理論模式未考量巧合（Coincidence）共振效應，建議未來可考量此效應之影響量以增加高頻區域之準確度。

ABSTRACT

Keywords : Partiotin wall ; sound reduction index ; mass law

This study used the sound insulation test data of the acoustics laboratory of ABRI. From the classification of test specimens, the noise reduction structure elements can be divided into noise windows, walls and doors. Due to complexity of structures, this research will use the test data by the structure types of the structure. We will first use the experiment test data for statistics and Regression Analysis. Compared with the experiment test result, we will use both theory of mass law and stiffness-resonance-mass to predict the sound insulation of walls. From the result, the predicted sound transmission loss value of stiffness-resonance-mass theory that worked with test data will get better match result than mass law theory predicted.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

人類生活環境中不可避免的充滿各式之聲音，悠揚的音樂可以幫助我們放鬆心情紓解身心靈，解除一天工作的疲憊，但吵雜的噪音則可以使人失眠、精神不安或心煩氣躁，雖然聲音並不為人的視線所看見但對我們的生活影響是如此之大，且為我們所不可忽略。

為了減低噪音干擾，國內外各研究發展機構或學術單位皆對此問題投入大量之經費與研發資源，其中隔音構造之研發尤其為各界所重視，一個隔音性能優越之隔音牆構造，可以阻絕或降低大部分之干擾音之傳播，使我們能獲得必要之高品質生活環境，同時也可以排除都市因人口密集而發生之不可避免之交通噪音與鄰戶生活噪音間之相互干擾，對提昇大眾之生活品質具有相當大之貢獻。

國內建築發展歷史悠久，隨著社會的不斷進步與經濟繁榮，由對於生活中之建築由早年簡單之遮風避雨需求逐步進步到造型美觀室內通風明亮，進而至近年來由於不可避免之高度都市化，社會大眾對於房屋建築之靜音性要求更有高度之需求，但由於台灣之社會環境、生活特色與氣候環境之特殊，本土之建築構件與國外常用之建築類型不儘相同，且慣用之建築設計與牆體構造均有不同，如何建立本土之隔音牆實測性能資料，及提昇隔音材之隔音性能，以供國內建築設計分析之參考將是具有發展性之研究課題。

第二節 研究目的

構件隔音性能之影響因素相當廣泛，包含隔音板之質量、入射聲音頻率、構件本身之結構自然頻率、邊界條件及構件各層填充物質之特性等眾多因素。

本所音響實驗室自 95 年起開始接受廠商有關隔音牆、隔音門、隔音窗等各項隔音性能試驗，迄今已累積不少檢測成果，本實驗室實驗設備依 ISO 國際標準建置檢測，實測成果具有相當參考價值，由實際檢測數據結果中能獲得各類型構造物之隔音性能第一手實測資料，對於各種類型構造物之實際隔音性能能建立相當數量之資料庫，實測結果能提供實務應用之參考。

目前建築物常用之隔音構件主要為牆體、門及窗件，由於此三類構件其構造樣式相當多樣，且為多種材料複合組成並非單純之單一材料，其綜合之隔音性能難以單純以單一材質之構件型式估計，性能估算不易需花費大量金錢與時間做

實際檢測，此特性本研究將分析本所音響實驗室所做之隔音性能試驗資料，主要對本所性能實驗中心音響實驗室之歷年實驗檢測案例資料進行整理與比較分析，以提供業界未來應用設計參考。

第三節 研究方法及步驟

本研究主要利用本所音響 R4/R5 實驗室歷年之試驗資料，進行實驗資料分類、由於隔音構件可分為隔音門、牆及窗戶等 3 大類，由於各類構件結構各異，為能將分析結果簡化並利於解析，本研究將依構造形式進行分類，將構造物類似之隔音構件歸納為同類後，由其檢測之結果探討各類型隔音牆隔音性能實測結果，並嘗試由實測結果資料進行迴歸分析，隔音牆部分將與目前常用理論值比對後，嘗試提出簡易之評估式以能於實務上簡單應用。並預計由實驗檢測成果進行隔音牆之統計資料分析，以瞭解隔音牆之性能主要影響因子，其中所採用之研究方法包括以下項目，研究流程如圖 1.1。

- 1.文獻回顧
- 2.歷年隔音檢測實驗資料整理分類
- 3.實驗檢測成果資料迴歸與理論值比對分析
- 4.隔音牆隔音性能檢測結果影響因子分析。

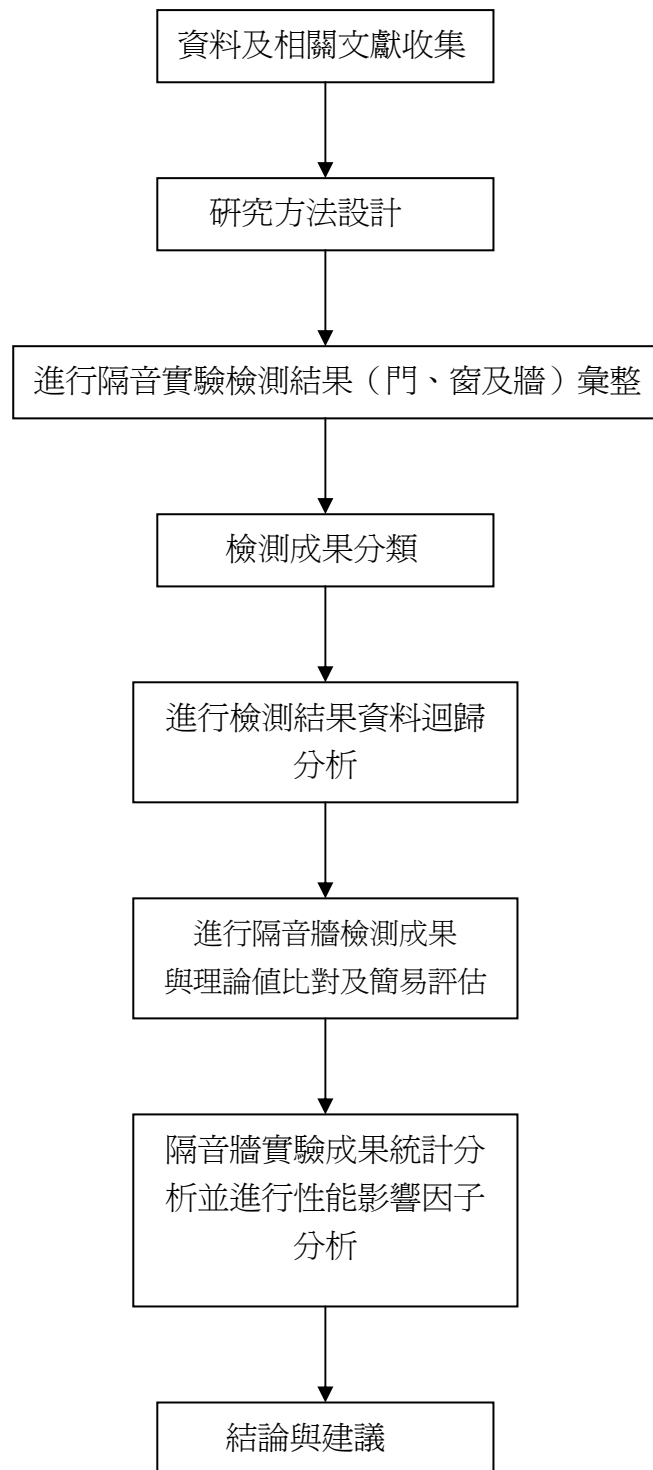


圖 1-1、研究方法流程

（資料來源：本研究整理）

第二章 隔音牆理論機制與實驗檢測

隔音牆板常用於建築內部分間牆隔音、大型科技廠房、飯店外牆隔音及鄰近交通要道建築物之隔音等多種用途，對使用者之音環境品質具有相當之影響，目前國內常使用的板材包含金屬岩綿隔音板、現場堆砌之隔音磚、大型帷幕牆等，材質類型大部份屬多層構造，其內部構造約可分為表面材、內部填充物及中間空隙隔層等 3 大部分，骨架構造方面則多採用輕質鋼架或鍍鋅鋼板材作為骨架組合連接而成，各種型式之隔音牆常利用多層次之構造來增加消耗聲波能量之效果以達到阻絕聲音之功效。

第一節 隔音牆隔音理論機制

一、單層板之理論

物體之隔音現象或建築上經常使用或量測之透過損失即包含聲波入射、反射及透射之現象，假設一面質量為 m 之隔音板位於 $x=0$ 處，如圖 2.1

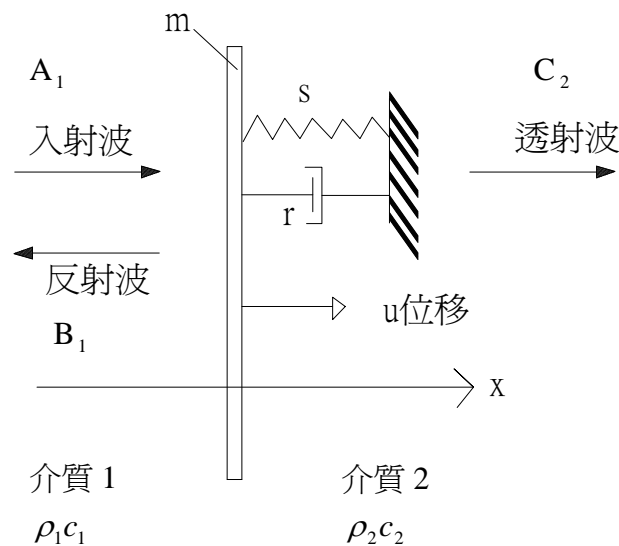


圖 2.1 隔音板分析模式圖

(資料來源：參考書目【3】)

假設此隔音板為無限大之剛性板且分隔左、右 2 介質 1 及介質 2， $\rho_1 c_1$ 及 $\rho_2 c_2$ 分別為其特徵阻抗，若現只考慮正向入射之情形則隔音板左邊之聲壓為

$$\tilde{P}^- = \tilde{A}_1 e^{-jk_1 x} + \tilde{B}_1 e^{jk_1 x} \quad (2.1)$$

其粒子速度為

$$\tilde{u}^- = \frac{1}{\rho_1 c_1} \left(A_1 e^{-jk_1 x} - \tilde{B}_1 e^{jk_1 x} \right) \quad (2.2)$$

將 $x=0$ 處之 $p=0$ 之條件代入式 (2.2) 將 \tilde{B}_1 解出後可將聲壓改寫為

$$\tilde{P}^- = 2\tilde{A}_1 \cos k_1 x - \rho_1 c_1 \tilde{u} e^{jk_1 x} \quad (2.3)$$

另外隔音板右側之聲場聲壓可寫為

$$\tilde{p}^+ = \rho_2 c_2 \tilde{u} e^{-jk_2 x} \quad (2.4)$$

若以具質量 m 之隔音牆本體為觀點，依據牛頓第二運動定律 $\sum F = MA$

$$m\ddot{u} + r\dot{u} + su = p^- - p^+ \quad (2.5)$$

代入隔音牆左右兩側之聲壓可得到

$$\left(\tilde{Z}_p + \tilde{Z}_f \right) \tilde{u} = 2\tilde{A}_1 \quad (2.6)$$

上式中 $\tilde{Z}_p = r + j\left(wm - \frac{s}{w}\right)$ 及 $\tilde{z}_f = \rho_1 c_1 + \rho_2 c_2$ 分別代表隔音板之阻抗及介質阻

抗，隔音板性能之評估值透射損失值 TL 可由聲強透射係數來求得

$$TL = 10 \log \left(\frac{1}{T_t} \right) \quad (2.7)$$

而將 $T_t = \frac{I_t}{I_i} = \frac{\left| \tilde{p}_t \right|^2 / 2r_2}{\left| \tilde{p}_i \right|^2 / 2r_1}$ 代入上式，並納入 $\tilde{Z}_p = r + j\left(wm - \frac{s}{w}\right)$ 及 $\tilde{z}_f = \rho_1 c_1 + \rho_2 c_2$

可得到

$$TL = 10 \log \left(\frac{4n}{\left[\left((wm - s/w) / \rho_2 c_2 \right)^2 + (w_0 m \eta / \rho_2 c_2 + n + 1)^2 \right]} \right) \quad (2.8)$$

若在 $w > w_0 = \sqrt{s/m}$ (無阻尼自然頻率)， $\eta \ll 1$ 及隔音板兩端介質相同之情況下，

上式可化簡為

$$TL = 20 \log(mf) - 20 \log \left(\frac{\rho_0 c}{\pi} \right) \quad (2.9)$$

由上式可知透過損失與隔音板自身之質量及聲音之頻率有相當大之關係，此情形下隔音性能與質量成正比，又可稱為質量法則 (mass law)。

二、斜向入射之理論與巧合 (coincidence) 效應

若聲波為斜向入射時，此問題可分為隔音板本身之震動及周邊聲場之行為為兩方面來探討，首先說明周邊聲場部份：

(一) 隔音板週邊聲場

由前面式 (2.6) 可化為

$$\tilde{u} = \frac{2\tilde{A}_1}{\tilde{Z}_p + \tilde{Z}_f} \quad (2.10)$$

針對斜向入射之聲場，分析模式可以圖 2.2 表示

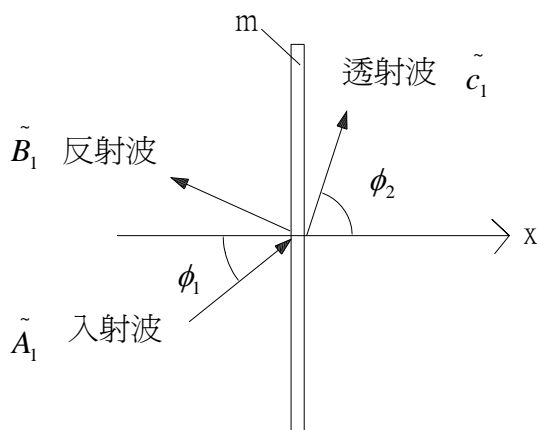


圖 2.2 斜向入射分析模式圖

(資料來源：參考書目【6】)

上式中流體的阻抗 $\tilde{z}_f = \frac{\rho_1 c_1}{\cos \phi_1} + \frac{\rho_2 c_2}{\cos \phi_2}$ ，故由功率透射係數之式

$$T_w = T_I \frac{\cos \phi_2}{\cos \phi_1} = \frac{\left| \tilde{C}_2 \right|^2 / 2\rho_2 c_2 \cos \phi_2}{\left| \tilde{A}_1 \right|^2 / 2\rho_1 c_1 \cos \phi_1} = \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \frac{\left| \tilde{Z}_{f2} \tilde{u} \right|^2 \cos \phi_2}{\left| \tilde{A}_1 \right|^2 \cos \phi_1} \quad (2.11)$$

合併式 (2.10) 及 (2.11) 可得到

$$T_w = \left| \frac{2Z_{f2}}{Z_{f1} + Z_{f2} + Z_p} \right|^2 \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \sqrt{\frac{1 - (c_2 \sin \phi_1 / c_1)^2}{1 - \sin^2 \phi_1}} \quad (2.12)$$

當隔音板兩側介質相同時（ $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2 = \rho_0 c$ ， $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ 及 $Z_{f1} = Z_{f2}$ ）前式可化簡為

$$T_w = \left| \frac{2Z_{f1}}{2Z_{f1} + Z_p} \right|^2 = \frac{(2\rho_0 c \sec \phi)^2}{\left[2\rho_0 c \sec \phi + \left(\frac{D}{w} \right) \eta k^4 \sin^4 \phi \right]^2 + \left[wm - \left(\frac{D}{w} \right) k^4 \sin^4 \phi \right]^2} \quad (2.13)$$

（二）隔音板自身震動部份

另外就隔音板本身之震動部份探討，由圖 2.3 所示

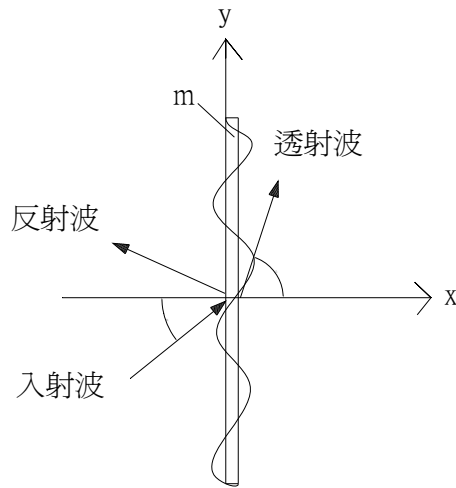


圖 2.3 平板振動分析模式圖

（資料來源：參考書目【3】）

就平板自身之強制震動（forced vibration）滿足震動方程式

$$D \frac{\partial^4 \eta}{\partial y^4} + m \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \tilde{f} e^{j(\omega t - k_y y)} \quad (2.14)$$

上式中 η 為板法線方向位移， h 為板厚度、 D 為板之彎曲勁度，當系統為無外力

$f = 0$ 之自由震動時，令 $\eta = \tilde{\eta} e^{-k_y y}$ 代入可得到

$$k_y = \left(\frac{w^2}{D} \right)^{1/4} = k_b \quad (2.15)$$

k_b 為自由撓性波數。

當為強制震動時，令 $\eta(y, t) = \tilde{\eta} e^{j(\omega t - k_y y)}$ 代入控制方程式可化簡為

$$\left(D k_y^4 - m w^2 \right) \tilde{\eta} = \tilde{f} \quad (2.16)$$

$$\text{由阻抗之定義 } \tilde{Z}_p = \frac{\tilde{f}}{\tilde{u}} = \frac{\tilde{f}}{jw\tilde{\eta}} = -j(Dk^4_y - mw^2)/w \quad (2.17)$$

考慮損失因子將阻尼表示為複數改寫為 $D = D(1 - j\alpha)$ 則阻抗可改寫為

$$Z_p = -j(Dk^4_y - \tilde{m}w^2)/w + Dk^4_y/w \quad (2.18)$$

由上式可得知當 $k_y = k_b = \left(\frac{w^2 m}{D}\right)^{1/4}$ 時，式 (2.18) 之虛部為 0，會發生共振

(resonance) 現象。

(三) 巧合現象 (coincidence)

由式 (2.13) 將 $k_b = \left(\frac{w^2 m}{D}\right)^{1/4}$ 納入式中，可改寫為

$$T_w = \frac{2\rho_0 c \sec^2 \phi}{\left[2\rho_0 c \sec \phi + \left(\frac{k}{k_b}\right)^4 \eta \sin^4 \phi\right]^2 + \left[1 - \left(\frac{k}{k_b}\right)^4 \sin \phi\right]^2} \quad (2.19)$$

故當 $k = k_b$ 時上式分母極小而 T_w 為極大，若由透過損失之定義

$$TL = 10 \log \left(\frac{1}{T_w} \right) \quad (2.20)$$

則透過損失數值相當小，此即為聲波介質在隔音板界面之軌跡速度與平板之撓性波速相等共振，導致隔音板之隔音性能極差，稱為巧合現象。

而此現象發生的頻率則由 $k_y = k \sin \phi = k_b = \left(\frac{w^2 m}{D}\right)^{1/4}$ ，將 $k = \frac{w}{c}$ 代入後可化為

$$w_{co} = \left(\frac{m}{D}\right)^{1/2} \left(\frac{c}{\sin \phi}\right)^2 \quad (2.21)$$

當 $\phi = \pi/2$ 時， w_{co} 值為最小，此時之頻率 w 稱為巧合頻率，此時入射之聲波角度 ϕ 則稱為巧合角度。

三、 隔音構件之透過損失曲線特性

依據實驗實測之透過損失曲線約可區分為勁度控制、質量控制、共振及巧合效應等4段（如圖 2.4）

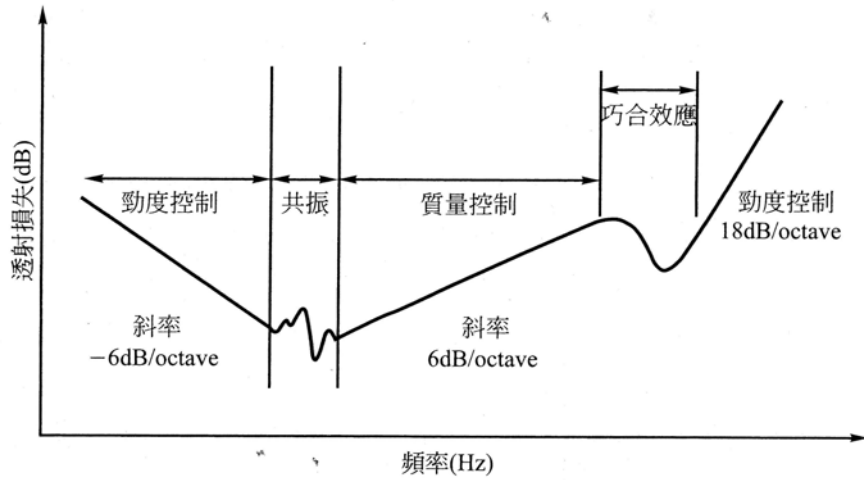


圖 2.4 透過損失曲線圖【3】

四、 隔音牆體隔音性能之影響因子

由圖2.4之透過損失曲線以共振頻率為分界具有不同之特性，Fahy,F【6】經由簡化分析模式方式分別將勁度控制區、頻率共振區與質量控制區等三部份之透過損失行為量化並推導其理論式，以構造物之無阻尼共振頻率

$w_0 = \left(\frac{s}{m}\right)^{1/2}$ 為分界點分別如下

(一) 當 $w \ll w_0$ 時（頻率小於共振頻率－勁度控制）

$T_w \approx \left(2\rho_0 c w / s\right)^2$ ，故由透過損失 TL 之定義可推得

$$TL = 20 \log_{10} \frac{s}{s} - 20 \log_{10} \frac{f}{f} - 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi\rho_0 c}{s}\right) \quad \text{dB} \quad (2.22)$$

(二) 當 $w \gg w_0$ 時（頻率大於共振頻率－質量控制）

$T_w \approx \left(2\rho_0 c / \eta w m\right)^2$ ，經由透過損失之定義可得到

$$TL = 20 \log_{10} \left(\frac{m f}{\eta}\right) - 42 \quad \text{dB} \quad (2.23)$$

(三) 當 $w = w_0$ 時

$T_w \approx \left(2\rho_0 c / \eta w_0 m\right)^2$ ，經由透過損失之定義可得到

$$TL = 20 \log_{10} \frac{f_0}{\eta} + 20 \log_{10} m + 20 \log_{10} \eta - 20 \log_{10} \left(\frac{\rho_0 c}{\eta}\right) \quad \text{dB} \quad (2.24)$$

由上面之理論中可知道影響牆體隔音性能之因子於頻率小於共振頻率時，主要因子為構造物之勁度值，構造物之勁度值越高其透過損失性能越好，而於頻率高於共振頻率之區域則主要影響因子為單位面積質量，另於共振頻率處其對透過損失之影響值主要則為質量、阻尼與本身之共振頻率值。

第二節 聲壓法隔音實驗檢測方法與標準

(一) 實驗量測環境

實驗方法為國際通用之 ISO140-3 氣傳音測試標準，及 ISO171-1 宣告方法進行測試，實驗之試體安裝方式、測試面積、聲壓量測點數及試體封邊等將依照 ISO140-3 測試標準規劃進行，配置方式（如圖 2.4），預定將使用兩間迴響室法，其中一間為聲源室另一間為接收室，試體則安裝於兩迴響室中間之測試架進行測試。

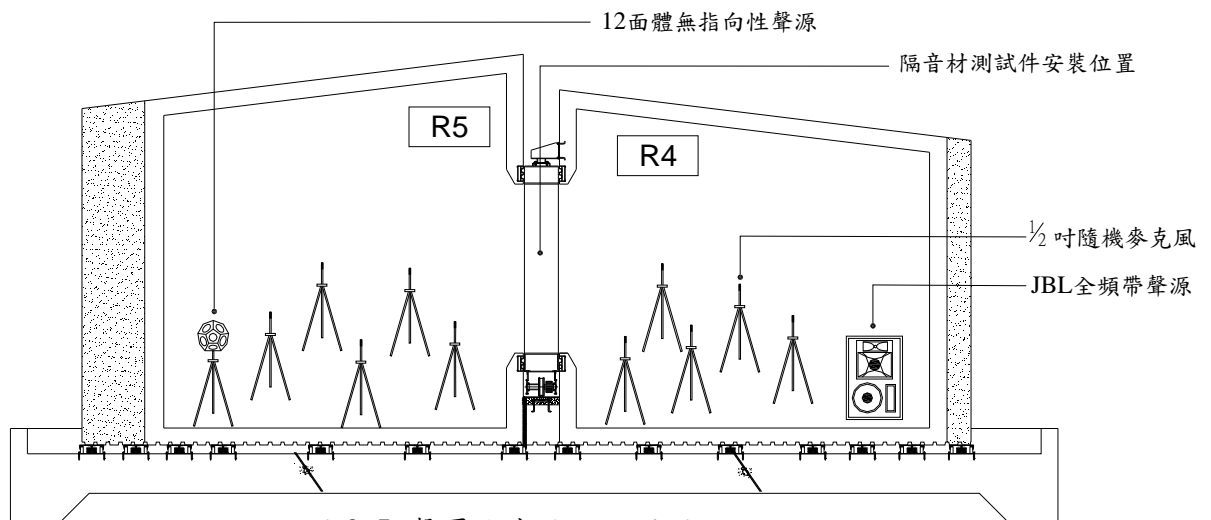


圖 2.5 聲壓法實驗室配置圖

（資料來源：參考書目【2】）

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，包括隨機音場微音器 10 顆、微音器前置放大器 10 支。

(二) 實驗量測方法

依據 ISO140-3 之規定，本研究試驗牆體測試面積為 10.5m²，作業程序係

將試件安裝於自動測試架後，將試件置於音源室及受音室兩迴響室間，以充氣橡膠圈將測試件與外界隔絕，先量測兩迴響室之背景噪音，其次量測個別之聲壓位準，最後量測受音室之迴響時間，此作業程序由量測至製做報告書均以電腦軟體自動化。其原理係由受音室之迴響時間應用 Sabine' s 公式計算受音室等價吸音面積；再利用兩室聲壓位準差及試件面積及受音室等價吸音面積求算隔音指標。

關於量測標準部份目前實驗所常用之量測頻寬與點數如表 2.1 所示【2】，其中主要常用之規範 ISO 與 ASTM 之量測頻寬皆為 100~5K，量測點數 ISO 為 10 點，ASTM 為 15 點，並分別於 R4 及 R5 兩實驗室內各佈設 5 支微音器，各微音器間距離至少 0.7m、微音器與餘響室內牆距離至少 0.7m、微音器與測試件距離至少 1m、微音器高度至少 1.5m。以確保音場之均勻性。

表 2.1 聲壓法隔音測試量測頻寬及點數表

量測規範	量測頻寬 Hz	量測點數
ISO 140-3	100~5K	10
JIS-A1416	100~5K	10
ASTM-E90	100~5K	15
CNS 8466	125-4K	10

(資料來源：參考書目【2】)

第三章 隔音牆隔音性能實測成果

本所性能實驗中心音響實驗室自 94 年啟用以來，R4/R5 實驗室接受廠商委託檢測案累積相當數量之隔音門、窗及牆體之檢測資料，由於本所實驗室為依 ISO 標準實驗方法建置，實驗環境可符合 ISO140 及 ASTM E90 系列之測試規範，且各項測試結果皆以標準方法檢測，檢測之隔音性能實驗成果資料對於各類之建築構件性能具有參考價值，並可提供業界於建築構件隔音性能之基本評估與參考資料。

第一節 實驗量測程序與環境

一、聲壓法隔音之實驗量測程序

本量測是在實驗室進行，其側向傳播路徑(flanking paths)受到抑制。作業程序係將試件安裝於自動測試架後，將試件置於音源室及受音室兩迴響室間，以充氣橡膠圈將測試件與實驗艙之間隙密封以隔絕外部之傳音，實驗量測順序依測試規範先量測兩迴響室之背景噪音，其次量測個別之聲壓位準，最後量測受音室之迴響時間。由受音室之迴響時間應用沙賓公式計算受音室等價吸音面積；再利用兩室聲壓位準差及試件面積及受音室等價吸音面積求算隔音指標。因本研究實驗結果係依標準規定在實驗室內進行量測如牆、樓板、門、窗、外牆之建築構件，其側向傳播路徑受到抑制，故實驗結果之應用時應將此特點納入考量。

二、試件測試開口面積

依照 ISO140-1 規定，測試件之開口面積，牆體應約為 10m^2 ，樓板介於 10 到 20m^2 間，牆與樓板之短邊長度皆不得少於 2.3m ；門及類似的構件，面積小於 10m^2 較為合適；窗的尺寸最好為 $1250\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ，但仍視建築實際情況而定，本實驗室測試開口尺寸如下：

- (一) 門：測試架開口尺寸為 $1\times 2.2\text{m}$ ， 2.2 平方公尺。
- (二) 窗：測試架開口尺寸為 $1.5\times 1.5\text{m}$ ， 2.25 平方公尺。
- (三) 牆：測試架開口尺寸為 $3\times 3.5\text{m}$ ， 10.5 平方公尺。

第二節 各類型隔音牆實測性能與測試規範

本研究匯整音響實驗室自 94 年來累計之實驗資料，測試標準可分為 ISO 與 ASTM 兩大類，ISO 部分採用國際通用之 ISO140-3 氣傳音測試標準，及 ISO171-1 宣告方法進行測試，而 ASTM 部份則以 ASTM E90 測試，ASTM E413 進行宣告，實驗之構件則分為牆體、窗件及門等 3 大類相關成果整理如后。

一、實驗構件基本資料

經整理歷年實驗資料後，納入期中報告後至 99 年 11 月止共蒐集隔音牆檢測 44 件，另外其他類型之窗件與門等整理如表 3.1

表 3.1 音響實驗室歷年隔音檢測類別統計

種類	件數
隔音牆	44
隔音窗	27
隔音門	5
其他形式	2

(資料來源：本研究整理)

各類型隔音牆試件詳細資料分別整理分類如下

(一) 隔音牆性能資料

表 3.2 音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆)

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面 積重 kg/m ²	面材種類及厚 度 (mm)	內填充 層種類 及厚度 (mm)	骨架 類型	測試結果 (測試規 範)	備註
1	噪音吸音板	130	44.29	鍍鋅鋼板(1.6)	吸音綿 (65)	鍍鋅鋼 板	STC=31 (ASTM)	Rw= 31dB
2	岩棉金屬隔 間板	200	31.92	金屬隔間板(50) 12	吸音綿 (25)+ 空氣層 (75)	金屬板	Rw=51dB (ISO)	
3	吸隔音牆 KS0001	166	50.59	強化石膏板 (15+15)	玻璃纖維 棉(100)	槽型鋼	Rw=58dB (ISO)	
4	中空預鑄高 強度隔間牆 板	120	96.03	預鑄板採交丁砌 法，以磁磚膠泥黏 結組成	—	—	Rw=37dB (ISO)	
5	CH76118 金 屬隔音牆	124	26.29	石膏板(12)+0.6t 鋼板	岩棉(50)	鍍鋅材	Rw=54dB (ISO)	
6	陶粒牆板	106	84	陶粒+水泥	—	—	Rw=40dB (ISO)	

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究

7	聚碳酸脂透明板	12	33.3	聚碳酸脂透明板	—	—	STC=35 (ASTM)	Rw=35dB
8	FS-TYPE III	211.1	109.73	鍍鋅烤漆鋼板 (0.6)	岩棉 (130) + 矽酸鈣板 (12)	鍍鋅鋼 板	Rw=58dB (ISO)	
9	FS-TYPE II	90	35.59	彩色鍍鋅鋼板 (0.6)	岩棉板 (89)	鍍鋅鋼 板	Rw=36dB (ISO)	

(資料來源：本研究整理)

表 3.2-1 音響實驗室歷年隔音牆檢測統計（隔音牆-續 1）

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面 積重 kg/m ²	面材種類及厚 度 (mm)	內填充 層種類 及厚度 (mm)	骨架 類型	測試結果 (測試規 範)	備註
10	隔音牆板	120	29.31	鋁板 (1.0)	柏油 (9) +岩棉 (75) + 岩棉 (25)	L 型鋼	STC=37 (ASTM)	Rw= 38dB
11	環保節能磚	25	186.53	石英沙、水泥、石 灰、粉煤灰和石膏	石英沙、 水泥、石 灰、粉煤 灰和石膏	—	Rw=46dB (ISO)	
12	岩棉金屬隔 間板	50.7	23.27	烤漆鋼板 (0.52)	岩棉 (50)	烤漆鋼 板	Rw=34dB (ISO)	
13	矽酸鈣板隔 間牆	190	47.84	矽酸鈣板 (9)+石 膏板 (15)	岩棉 (150)	輕鋼架	Rw=56dB (ISO)	
14	岩棉金屬隔 間板	120	42.74	烤漆鋼板 (0.5)	矽酸鈣板 (9)+岩 棉 (100)	烤漆鋼 板	Rw=38dB (ISO)	
15	9cm 企口磚	94.7	69.1	黏土陶粒與高強 度水泥、砂、添加 劑	—	—	STC=42 (ASTM)	Rw= 42dB
16	岩棉金屬隔 間板	120	44.1	烤漆鋼板 (0.526)	矽酸鈣板 (12)+ 岩棉 (100)	烤漆鋼 板	Rw=53dB (ISO)	
17	橡膠水泥板 牆	114	33	橡膠水泥板 (20)	岩棉 (50)	鍍鋅鋼 材	Rw=52dB (ISO)	
18	帷幕牆 (玻 璃石材)	500	—	花崗石 (30)	複層膠合 玻璃 (30.7)	鋁擠型	STC=41 (ASTM)	Rw= 40dB

(資料來源：本研究整理)

表 3.2-2 音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 2)

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面 積重 kg/m ²	面材種類及厚 度 (mm)	內填充 層種類 及厚度 (mm)	骨架 類型	測試結果 (測試規 範)	備註
19	岩棉金屬隔 間板	100	21.72	烤漆鋼板 (0.6)	岩棉 (99)	烤漆鋼 板	Rw=41dB (ISO)	
20	角波牆板 (800N)	168	59.2	角波鋼浪板 (0.5)	石膏板 (12x2)+ 矽酸鈣板 (11.5x2)	C 型鋼	Rw=46dB (ISO)	
21	彩色鋼板防 火外牆	51	16.56	彩色鋼板 (0.6)	岩棉 (50)	彩色鋼 板	Rw=30dB (ISO)	
22	金屬隔音板	70	—	烤漆鋼板 (0.7)	石膏板 (12)+ 玻璃綿 (25)	烤漆鋼 板	Rw=52dB (ISO)	
23	金屬隔間系 統	87.3	—	烤漆鋼板 (0.47)	石膏板 (12)+ 玻璃綿 (62)	烤漆鋼 板	Rw=52dB (ISO)	
24	塑鋼帷幕牆	105.24	—	鍍鋅鋼板 (1.2)	矽酸鈣板 (24)+ 岩綿 (80)	塑鋼	Rw=46dB (ISO)	
25	C 環板	80.2	—	C 環板 (15)	—	C 環板	Rw=33dB (ISO)	
26	岩棉金屬組 合隔間板	200	—	金屬隔間板 (50)	吸音綿 (25)+ 空氣層 (75)	金屬板	Rw=50dB (ISO)	
27	金屬隔間板	100.53	—	烤漆鋼板 (0.5)	石膏板 (24)+ 岩綿 (74)	烤漆鋼 板	Rw=36dB (ISO)	

表 3.2-3 音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 3)

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面 積重 kg/m ²	面材種類及厚 度 (mm)	內填充 層種類 及厚度 (mm)	骨架 類型	測試結果 (測試規 範)	備註
28	隔音板	103.4	—	銳賽克板 (11)	玻璃綿 (50)	黑鐵扁 管	Rw=51dB (ISO)	
29	輕質硅化水 泥板	129	—	輕質硅化水泥 板 (24)	石膏板 (18) + 岩綿 (50)	槽鐵	Rw=50dB (ISO)	
30	輕質鋼網牆 板	109.9	—	熔接鋼線網及 水泥砂漿 (40)	泡沫聚苯 乙烯 (38.9)	熔接鋼 線網及 水泥砂 漿層	Rw=41dB (ISO)	
31	帷幕牆	500	—	花崗石 (30)	複層膠合 玻璃 (—)	鋁擠型	STC=40 (ASTM)	Rw= 41dB
32	金屬隔間板 900 型	51	—	烤漆鋼板 (0.5)	岩綿 (50)	鋼折板	Rw=36dB (ISO)	
33	高性能隔音 板牆	150	—	水泥樹指預鑄板 (65)	岩綿 (50)	水泥樹 指預鑄 板	Rw=50dB (ISO)	
34	金屬隔間板 型號:50mmt	450	—	烤漆鋼板 (0.62)	岩綿 (100) + 空氣層 (350)	烤漆鋼 板	Rw=41dB (ISO)	
35	ECO 防火隔 間板	21.6	—	防火回收紙材 (1.1)	防火回 收紙材 (19.4)	防火 回收 紙材	Rw=13dB (ISO)	
36	金屬隔間板	120	—	烤漆鋼板 (0.53)	岩綿 (96)	烤漆鋼 板	Rw=47dB (ISO)	

表 3.2-3 音響實驗室歷年隔音牆檢測統計 (隔音牆-續 4)

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面 積重 kg/m ²	面材種類及厚 度 (mm)	內填充 層種類 及厚度 (mm)	骨架 類型	測試結果 (測試規 範)	備註
37	板隔音牆	103.9	—	橡膠板材 (11)	玻璃綿 (50)	白鐵 管	Rw=50dB (ISO)	
38	石材隔間牆	250	84.25	石材 (18.6)	—	C 型鋼	Rw=48dB (ISO)	
39	金屬隔間板	434.9	120	鍍鋅鋼板 (1.93)	岩綿 (110)+ 空氣層 (305)	鍍鋅 鋼板	Rw=63dB (ISO)	
40	金屬隔間板	132.7	80	烤漆鋼板 (0.57)	岩綿 (120)	L 型角 鐵	Rw=50dB (ISO)	
41	隔間板牆	100	145.4	陶粒複合材料 (100)	—	陶粒複 合材	Rw=42dB (ISO)	
42	系統隔間牆	95	26.4	強化玻璃 (5)	—	C 型鋼	Rw=39dB (ISO)	
43	系統隔間牆	95	39.4	石膏板(12)	岩綿 (71)	C 型鋼	Rw=48dB (ISO)	
44	組合隔間板	197	34.82	蜂槽板(50.15)	隔音綿 (48)	彩色鋼 板	Rw=48dB (ISO)	

(資料來源：本研究整理)

(二) ISO 與 ASTM 實驗資料轉換

前述檢測資料中大部分雖為以 ISO 測試規範為主，但仍有部份之少數測試為採用 ASTM 之測試規範（編號 1、7、10、15、18、31），為利後續之比較分析故將 ASTM 測試規範之原始資料轉為 ISO 規範之結果如表 3.2-4

表 3.3 ASTM 實驗成果轉換為 ISO 規範結果表

ASTM 實驗成果轉換為 ISO 規範結果表								
編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (原規範 ASTM E90)	測試結果 (轉換為 ISO354)
1	噪音吸音板	130	44.29	鍍鋅鋼板 (1.6)	吸音綿 (65)	鍍鋅鋼板	STC=31	Rw=31dB
7	聚碳酸脂透明板	12	33.3	聚碳酸脂透明板	—	—	STC=35	Rw=35dB
10	隔音牆板	120	29.31	鋁板 (1.0)	柏油 (9) + 岩棉 (75) + 岩棉 (25)	L 型鋼	STC=37	Rw=38dB
15	9cm 企口磚	94.7	69.1	黏土陶粒與高強度水泥、砂、添加劑	—	—	STC=42	Rw=42dB
18	帷幕牆 (玻璃石材)	500	—	花崗石 (30)	複層膠合玻璃 (30.7)	鋁擠型	STC=41	Rw=40dB
31	帷幕牆	500	—	花崗石 (30)	複層膠合玻璃 (—)	鋁擠型	STC=40	Rw=41dB

(資料來源：本研究整理)

由於 ISO 與 ASTM 測試規範之使用方法原理同為聲壓法配合迴響室進行檢測，主要差異點為

(1) 量測之頻寬與範圍規定不同，如表 3.2-5 所示

表 3.4 各測試規範量測點數與範圍比較

量測規範	量測頻寬 Hz	量測點數
ISO 140-3	100~5K	10
JIS-A1416	100~5K	10
ASTM-E90	100~5K	15
CNS 8466	125-4K	10

(資料來源：參考書目【2】)

(2) 量測微音器佈設方式不同—

各規範之微音器間距、與牆體之距離等相關規定有些許之不同，整理如表 3.2-6

表 3.5 測試規範微音器配置規定比較

量測規範	ISO	ASTM
各微音器間距	0.7M	1.5M
微音器與牆體距離	0.7M	1M
微音器與試體距離	1M	—
微音器高度	1.5M	—

(資料來源：參考書目【2】)

(3) 測試結果單一數值宣告與兩規範之標準曲線

此部份兩種規範皆採用與標準曲線比較之方式，但限制稍有不同，ISO 11654 規定為各頻帶之不利偏差總和小於 32dB，ASTM 413 規定同樣為各頻帶之不利偏差總和小於 32dB，但附加單一不利偏差值不可大於 8dB 之規定，另外關於標準曲線部份兩規範間規定數值，整理如表 3.2-7

表 3.6 ISO 及 ASTM 測試規範標準曲線比較

頻率 (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
ISO354	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	—	—
ASTM E413	—	-16	-13	-10	-7	-4	-1	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	—

(資料來源：本研究整理)

兩規範之標準曲線其皆為 3 段斜率分別為 3、1 及水平段之 3 段曲線組成相關數值分別如表 3.2-7 中綠色、紫色及紅色部分所示。但 ISO354 規範之曲線範圍為 100Hz 至 3150Hz，而 ASTM E413 之曲線範圍為 125 Hz 至 4000Hz 兩者間，因此標準曲線能依測試結果曲線上下偏移，同時檢視其曲線皆為 3 段斜率分別為 3、1 及水平段之 3 段曲線組成，兩者間不同處則分別於低頻之 100Hz 處及高頻之 4000Hz 處之曲線兩端點有規定之不同，ISO 規範於 100Hz 處有規定值但 ASTM 則無，但於高頻 4000Hz 處 ASTM 規範於該處有規定值但 ISO 則無。

由於本實驗室之測試時微音器配置、量測點數及頻寬等皆可同時符合 ISO 與 ASTM 之規定，故直接轉化後如表 3.3 中之 ASTM 轉化為 ISO 之測試值，比較其最後宣告之單一數值隔音量間之差距。

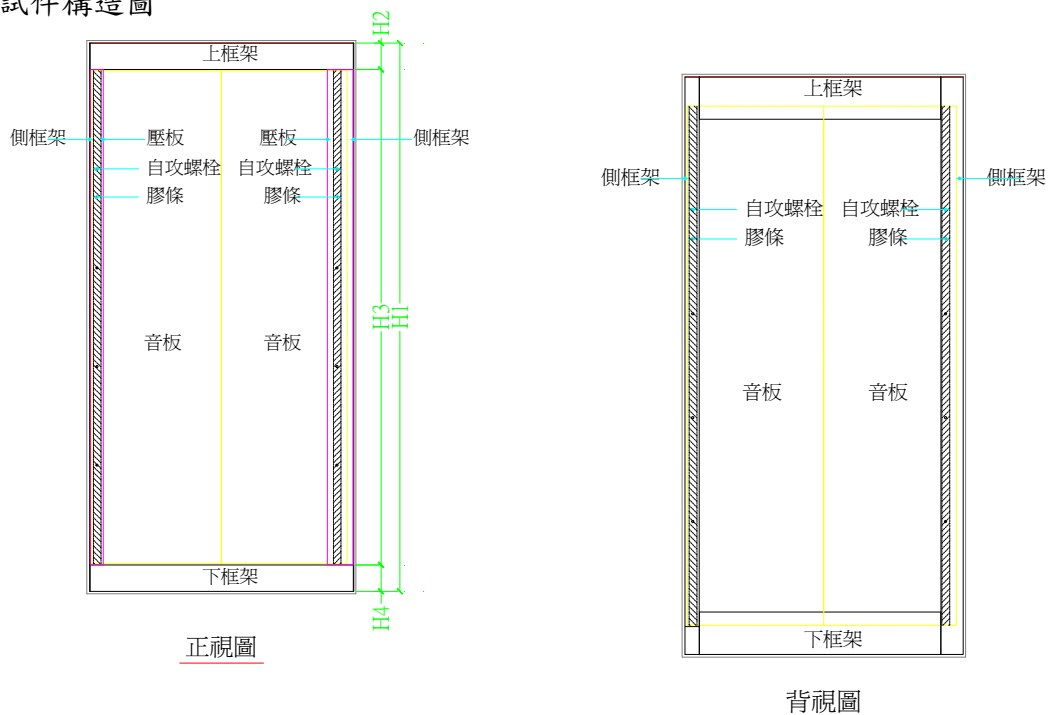
一、試件基本構造及檢測性能結果

(一) 隔音牆試體檢測基本資料

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
1	抗噪音板	130	44.29	鍍鋅鋼板(1.6)	吸音綿 (65)	鍍鋅鋼板	STC=31 dB (ASTM)

2. 試件構造圖

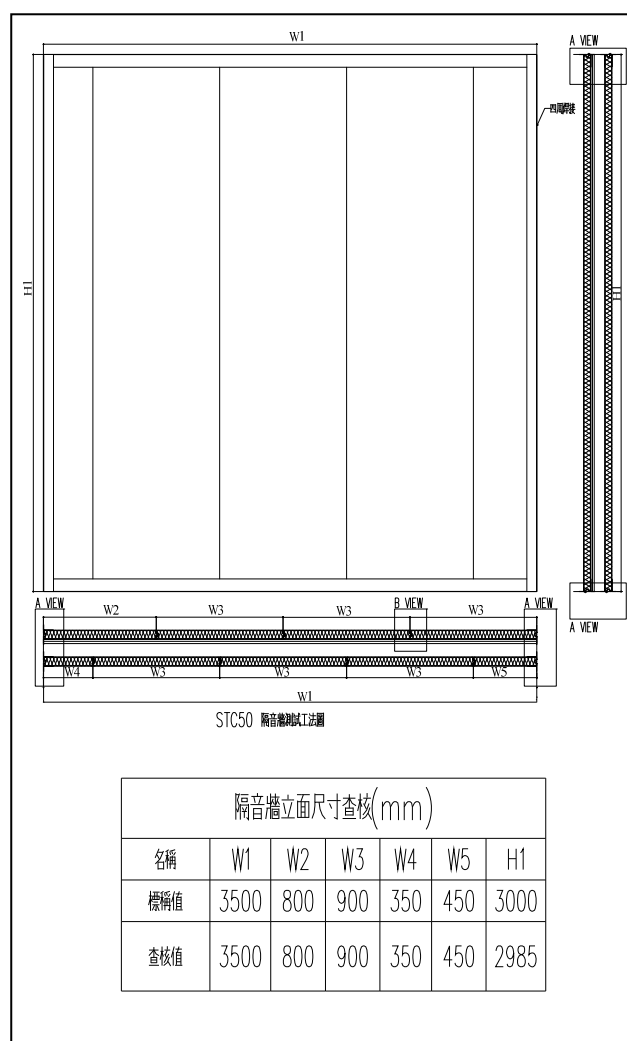


尺寸查核 (mm)				
名稱	H1	H2	H3	H4
標稱值	2180	105	1970	105
查核值	2175	105	1965	105

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
2	岩棉金屬隔 間板	200	31.92	金屬隔間板 (50)	吸音綿(25) +空氣層 (75)	金屬板	Rw=51dB (ISO)

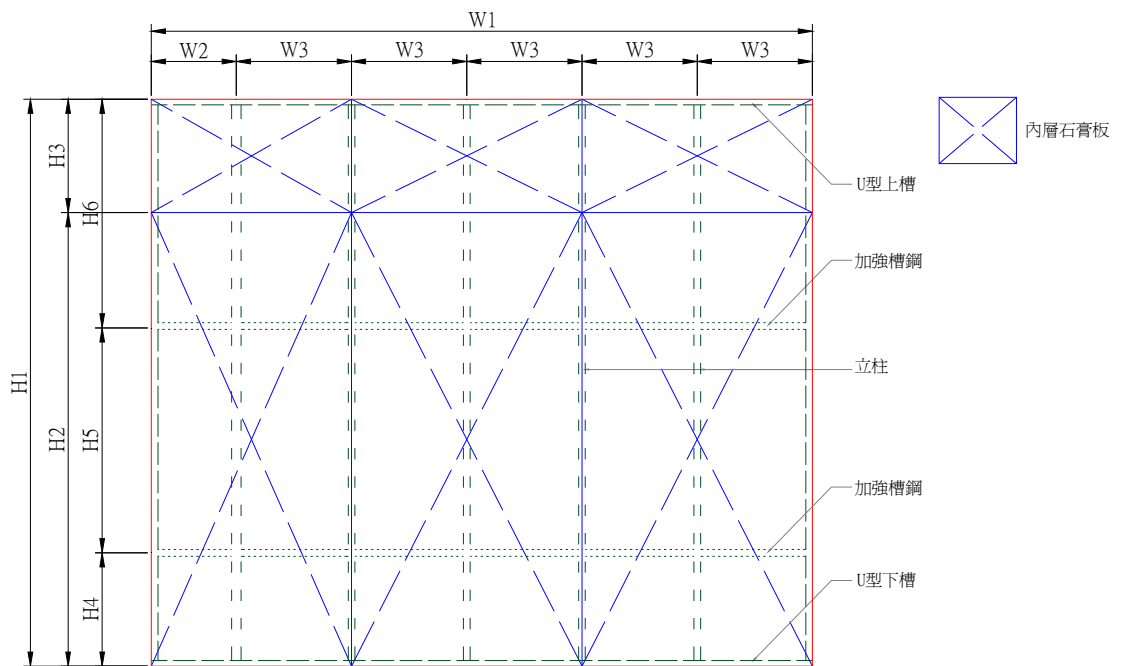
2. 試件構造圖



1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
3	吸隔音牆 KS0001	166	50.59	強化石膏板 (15+15)	玻璃纖維棉 (100)	槽型鋼	$R_w=58\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

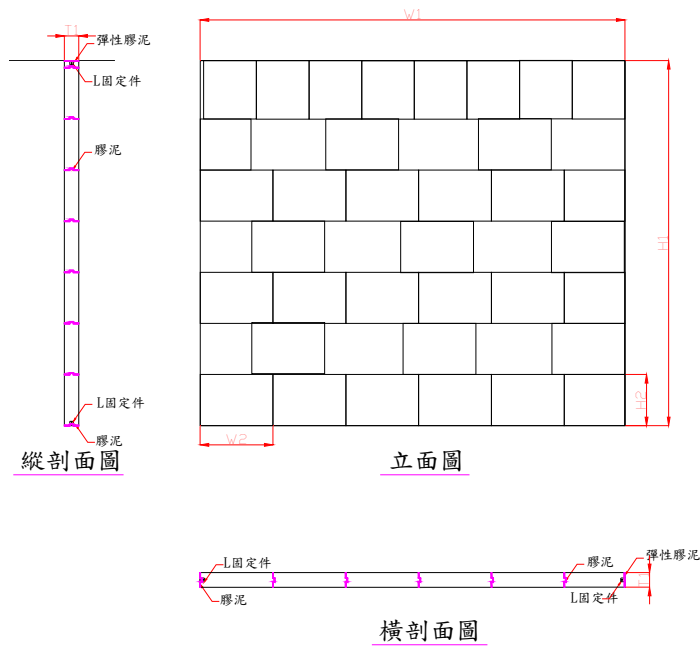


立面尺寸查核〈CM〉									
名稱	W1	W2	W3	H1	H2	H3	H4	H5	H6
標稱值	350	45	61	300	244	56	-	-	117
查核值	350	45	61	300	244	56	57	120	123

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
4	中空預鑄高強度隔間牆板	120	96.03	預鑄板採交丁砌法，以磁磚膠泥黏結組成	—	—	$R_w=37\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

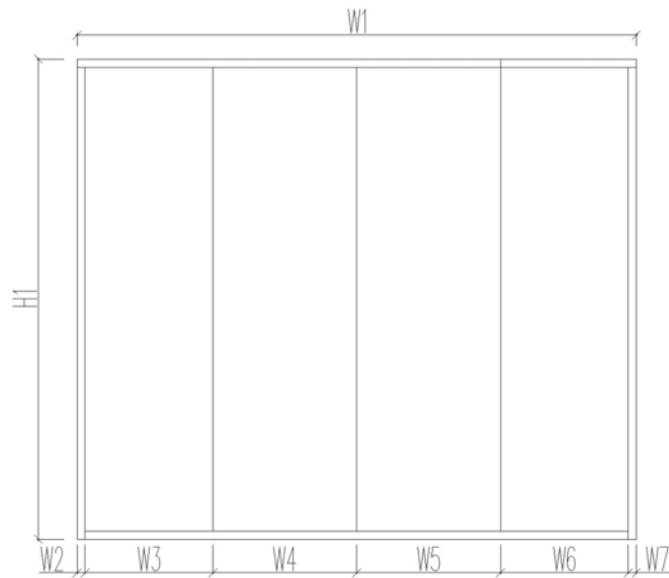


平面及縱橫剖面尺寸查核(mm)					
名稱	W1	W2	H1	H2	T1
標稱值	3500	600	3000	420	120
查核值	3500	600	3000	421	120

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
5	CH76118 金屬隔音牆	124	26.29	石膏板 (12) +0.6t 鋼板	岩棉 (50)	鍍鋅材	Rw=54dB (ISO)

2. 試件構造圖



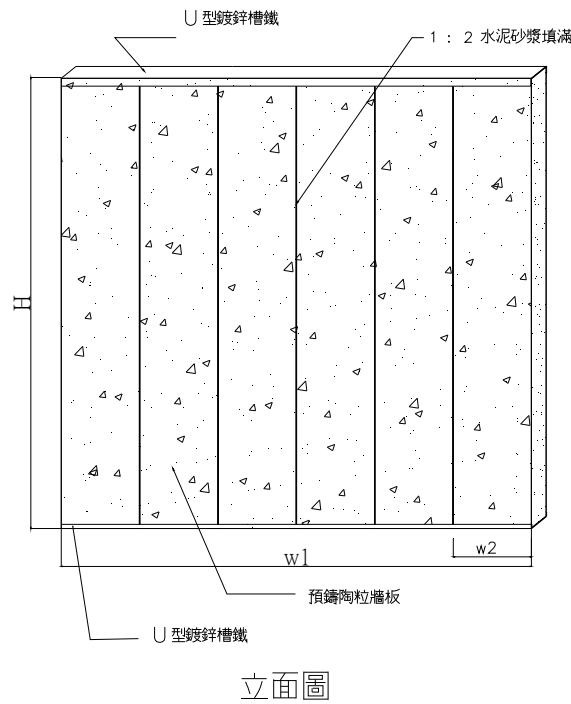
音源側立面圖

音源側立面尺寸查核 (mm)								
名稱	H1	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
標稱值	3000	3500	50	800	900	900	800	50
查核值	3000	3500	50	800	900	900	800	50

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
6	陶粒牆板	106	84	陶粒+水泥	—	—	Rw=40dB (ISO)

2. 試件構造圖

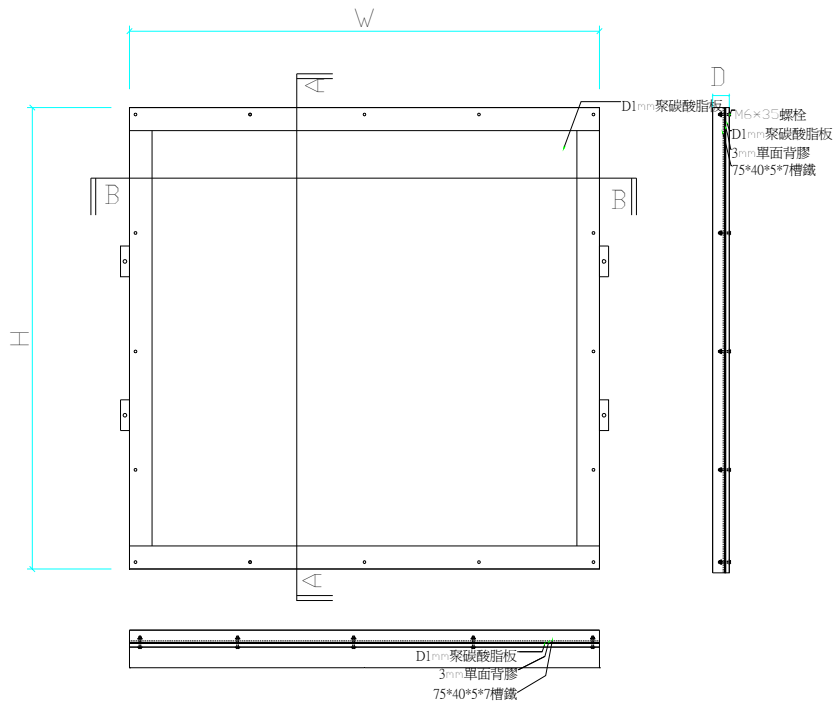


尺寸查核 (mm)					
名稱	H	W1	W2	U 型鍍鋅槽鐵 (上槽)	U 型鍍鋅槽鐵 (下槽)
標稱值	3000	3500	50	82.6*50/40*1.2t	82.6*20*1.2t
查核值	3000	3500	49.5	82.4*50/38*1.2t	82.4*19*1.2t

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
7	聚碳酸脂透明板	12	33.3	聚碳酸脂透明板	—	—	STC = 35 dB (ASTM)

2. 試件構造圖

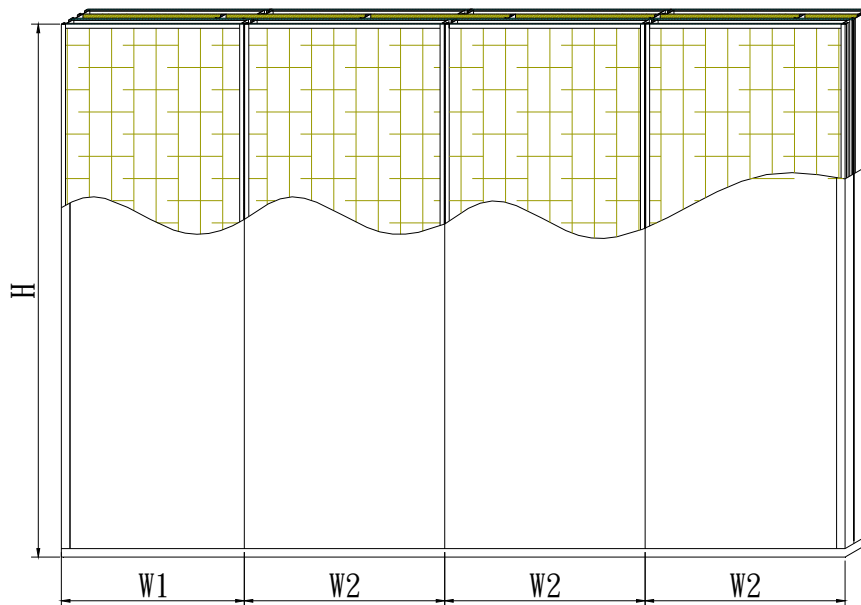


尺寸查核(mm)				
名稱	W	H	D	D1
標稱值	1560	1500	55	12
查核值	1502	1480	91	12.06

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
8	FS-TYPE III	211.1	109.7 3	鍍鋅烤漆鋼 板 (0.6)	岩棉 (130) +矽酸鈣板 (12)	鍍鋅鋼 板	Rw=58dB (ISO)

2. 試件構造圖



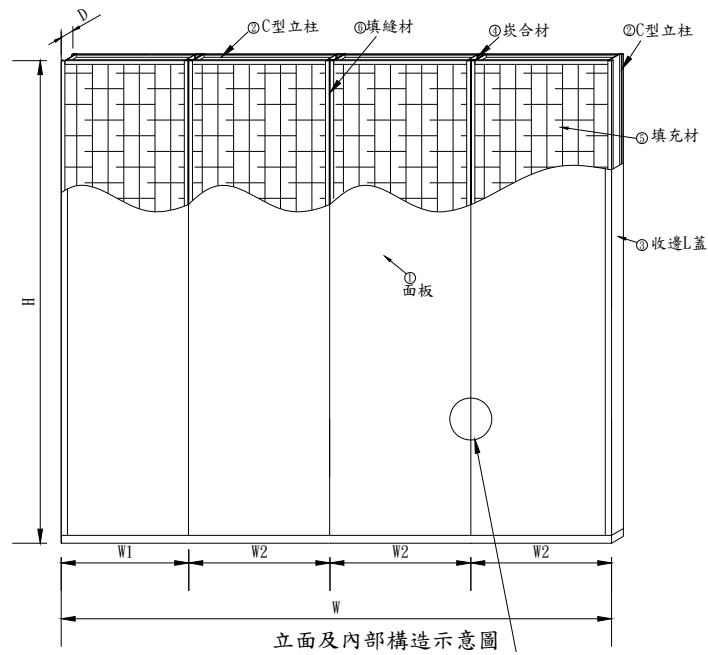
立 視 圖

尺寸查核 (mm)				
名稱	W	W1	W2	H
標稱值	3500	850	880	3000
查核值	3500	850	980	3000

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
9	FS-TYPE II	90	35.59	彩色鍍鋅鋼板 (0.6)	岩棉板 (89)	鍍鋅鋼板	$R_w=36\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

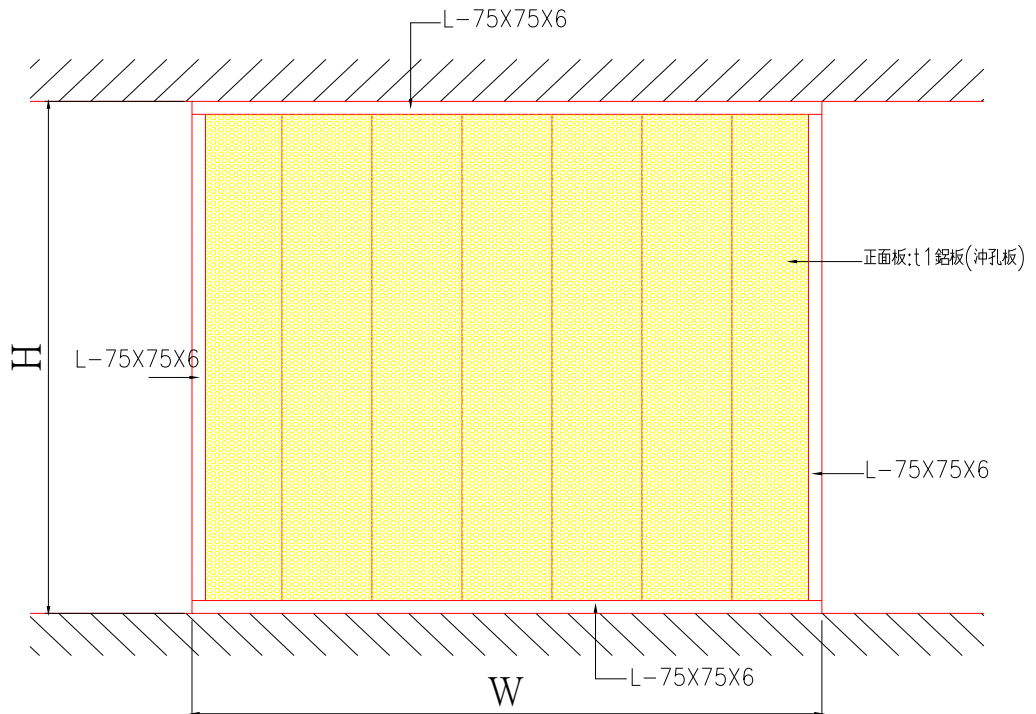


尺寸查核 (mm)					
名稱	W	W1	W2	H	D
標稱值	3500	800	900	3000	90
查核值	3500	800	900	3000	90.8

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
10	隔音牆板	120	29.31	鋁板 (1.0)	柏油 (9) + 岩棉 (75) + 岩棉 (25)	L 型鋼	STC=37 dB (ASTM)

2. 試件構造圖



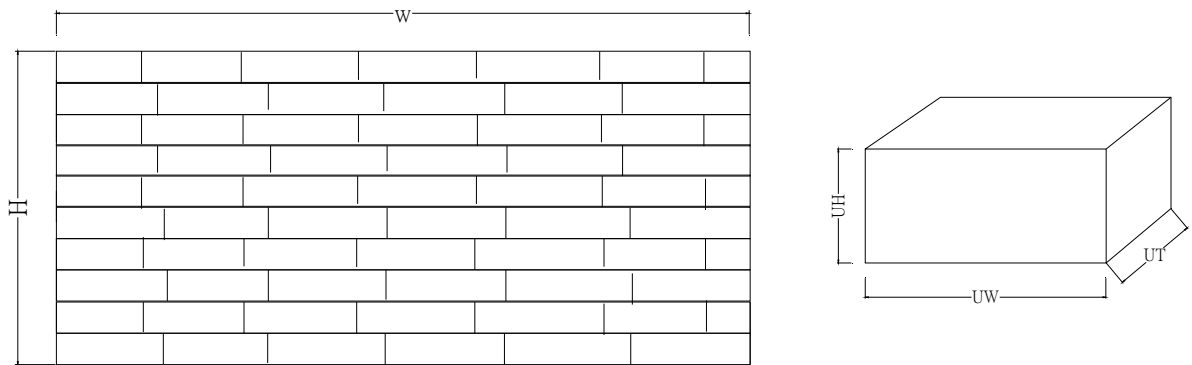
正面立圖

尺寸查核 (mm)		
名稱	W	H
標稱值	3500	3000
查核值	3500	3000

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
11	環保節能磚	25	186.53	石英沙、水泥、石灰、粉煤灰和石膏	石英沙、水泥、石灰、粉煤灰和石膏	—	$R_w=46\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



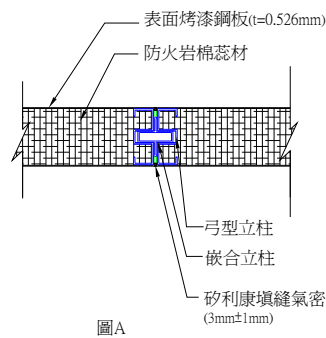
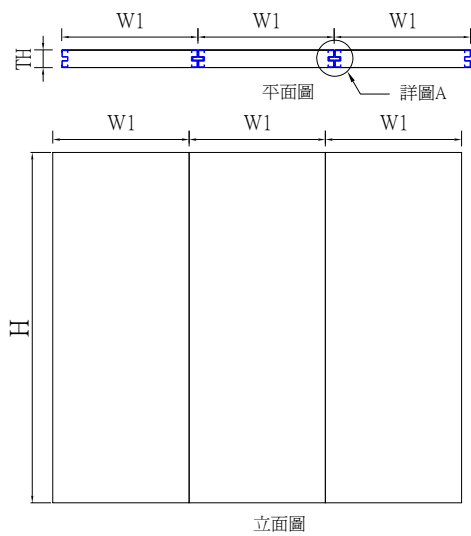
環保磚隔音牆立面圖

立面及單元尺寸查核(mm)					
名稱	W	H	UW	UH	UT
標稱值	3500	3000	600	300	250
查核值	3500	3000	602	301	249

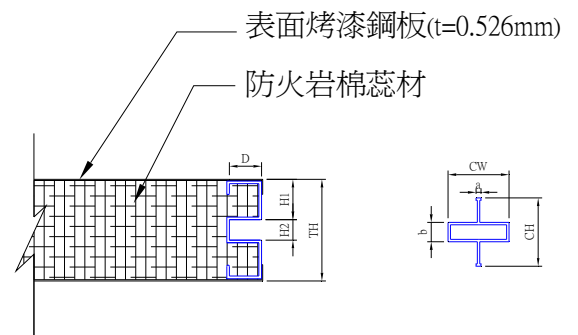
1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
12	岩棉金屬隔間板	50.7	23.27	烤漆鋼板 (0.52)	岩棉 (50)	烤漆鋼板	$R_w=34\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



名稱	H	W1	TH
標稱值	3000	116.5	4.9
量測值	3000	116	5.07

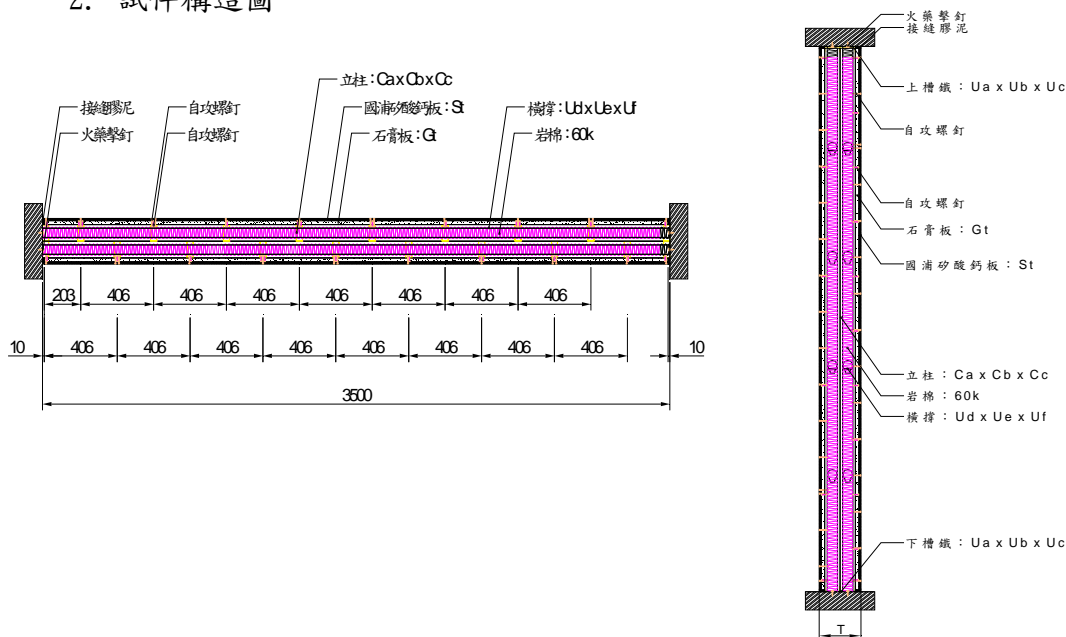


名稱	TH	H1	H2	D	CH	CW	a	b
標稱值	49	18	14	17	33.6	30	1.6	9.6
量測值	50.7	20.2	10.3	16	32.3	30.6	1.6	8.8

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
13	矽酸鈣板隔間牆	190	47.84	矽酸鈣板 (9) + 石膏板 (15)	岩棉 (150)	輕鋼架	$R_w=56\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

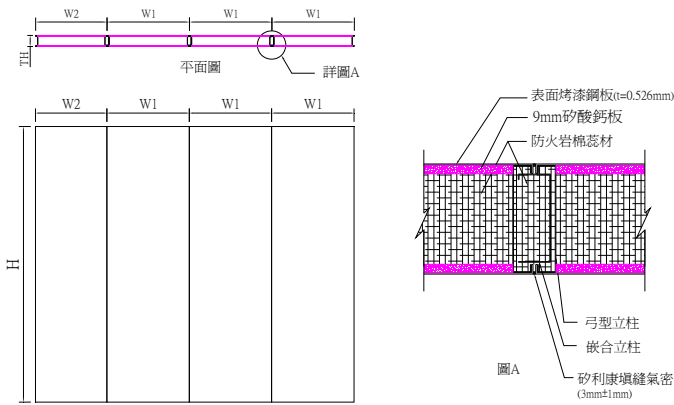


名稱	T	Gt	St	Ua	Ub	Uc	Ud	Ue	Uf	Ca	Cb	Cc
標稱值	178	15	9	67	30	0.8	38	12	0.95	65	35	0.8
量測值	190	14.3	9.5	67	30	0.8	38	12	0.95	65	35	0.8

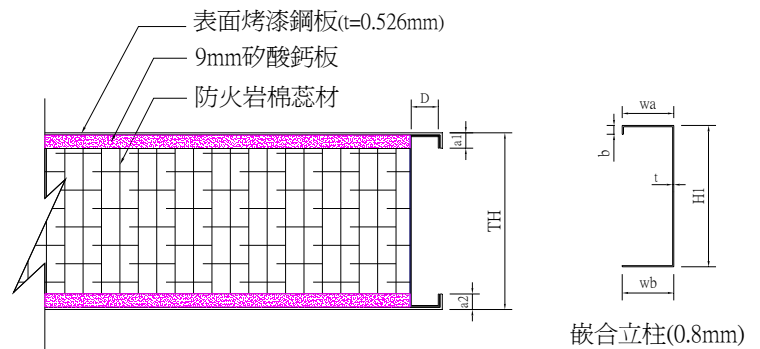
1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
14	岩棉金屬隔間板	120	42.74	烤漆鋼板 (0.5)	矽酸鈣板 (9) + 岩棉 (100)	烤漆鋼板	$R_w=38\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



名稱	H	W1	W2	TH
標稱值	3000	900	780	12
量測值	2993	900	780	12

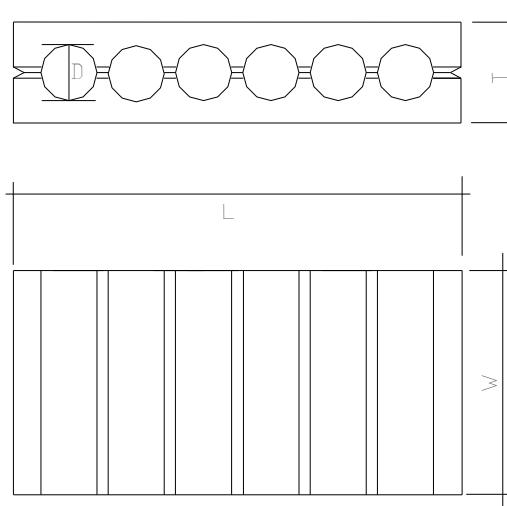


名稱	TH	D	a1	a2	H1	wa	wb	b	t
標稱值	120	18.4	9	9	96	35	35	9	0.8
量測值	120	15	10.7	11.1	95.2	36.3	35.2	9	0.8

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
15	9cm 企口磚	94.7	69.1	黏土陶粒與高 強度水泥、砂、 添加劑	—	—	STC=42 dB (ASTM)

2. 試件構造圖

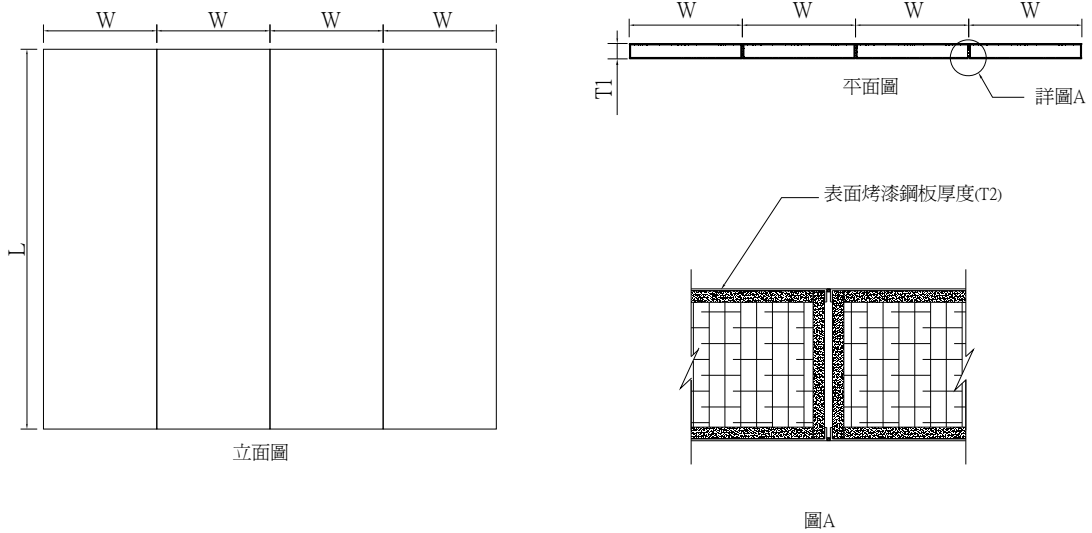


9cm 企口磚 (威力磚—輕質陶粒磚) 查核尺寸圖表(cm)				
名稱	W	L	D	T
標稱值	20	40	5	9
查核值	20.2	40.3	5.02	9.07

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
16	岩棉金屬隔 間板	120	44.1	烤漆鋼板 (0.526)	矽酸鈣板 (12)+岩棉 (100)	烤漆鋼 板	Rw=53dB (ISO)

2. 試件構造圖

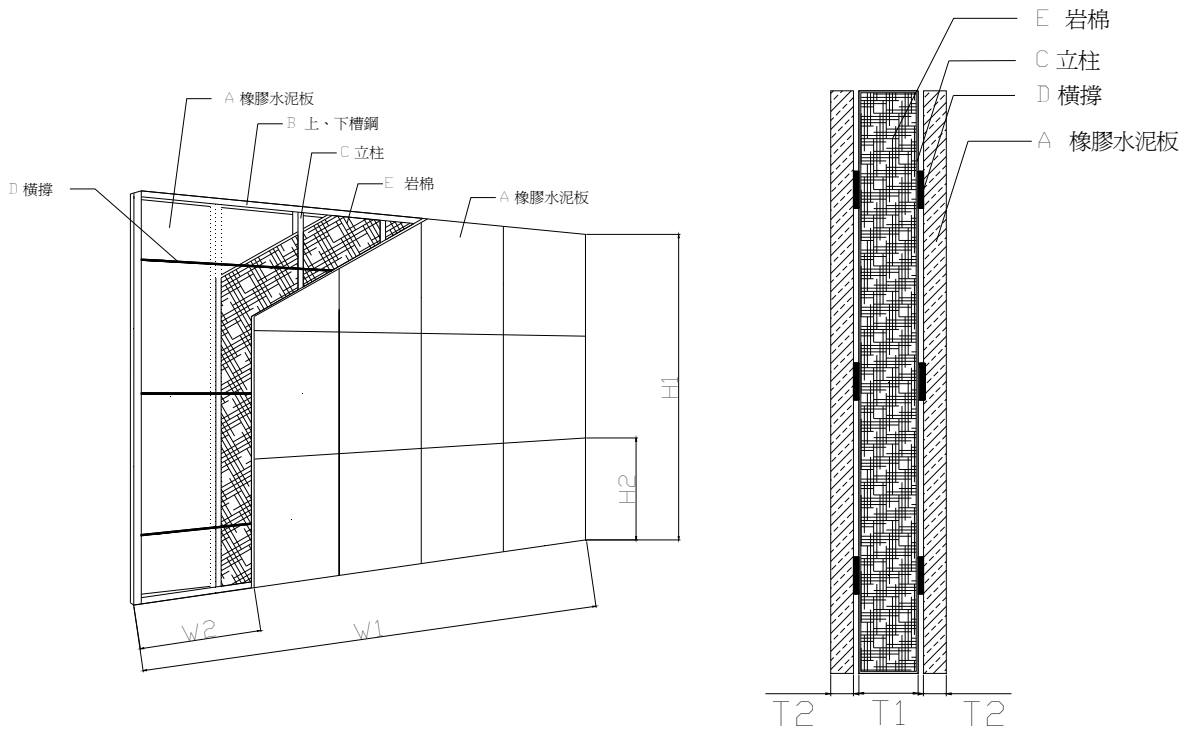


試件尺寸查核圖表(cm)				
名稱	W	L	T1	T2
標稱值	87	300	12	0.052
查核值	87.3	299.2	12	0.054

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
17	橡膠水泥板牆	114	33	橡膠水泥板 (20)	岩棉 (50)	鍍鋅鋼材	$R_w=52\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

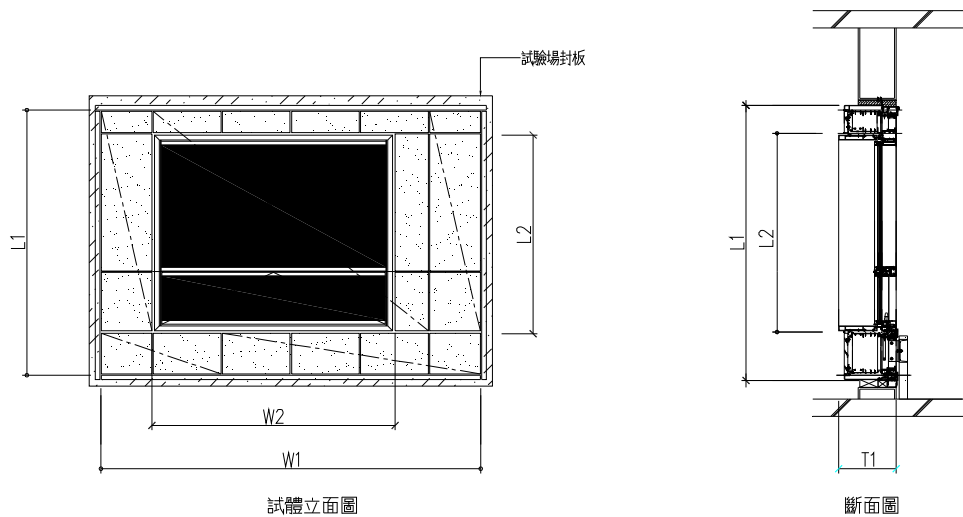


名稱	W1	W2	H1	H2	T1	T2
標稱值	3500	-	3000	-	50	20
查核值	3500	600	3000	1000.1	65	19.83

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
18	帷幕牆 (玻 璃石材)	500	—	花崗石 (30)	複層膠合玻 璃 (30.7)	鋁擠型	STC=41 dB (ASTM)

2. 試件構造圖

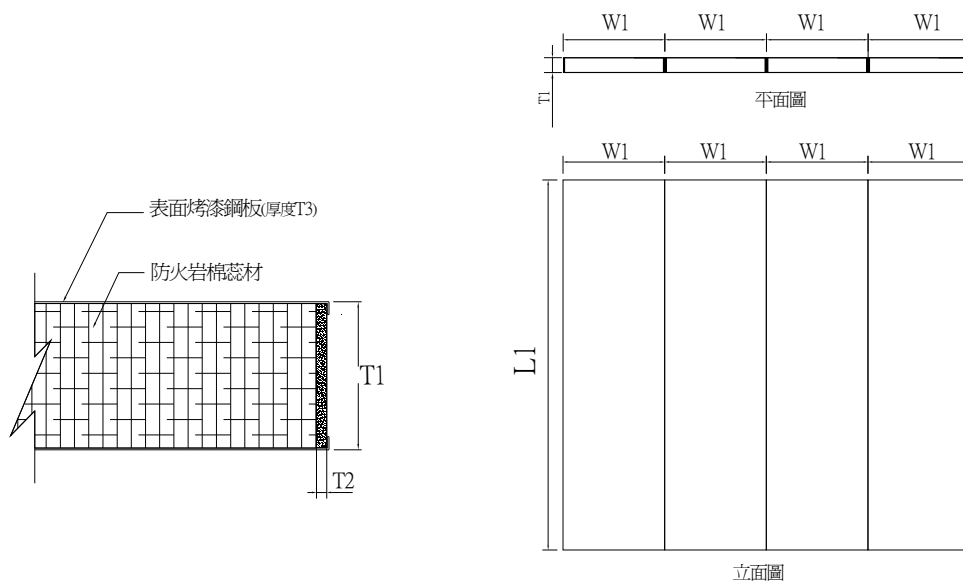


試件尺寸圖表(mm)					
名稱	W1	W2	L1	L2	T1
標稱值	3394.4	2100	2377.4	1725	500
查核值	3340	2064	2358	1694	500

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
19	岩棉金屬隔間板	100	21.72	烤漆鋼板 (0.6)	岩棉 (99)	烤漆鋼板	$R_w=41\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

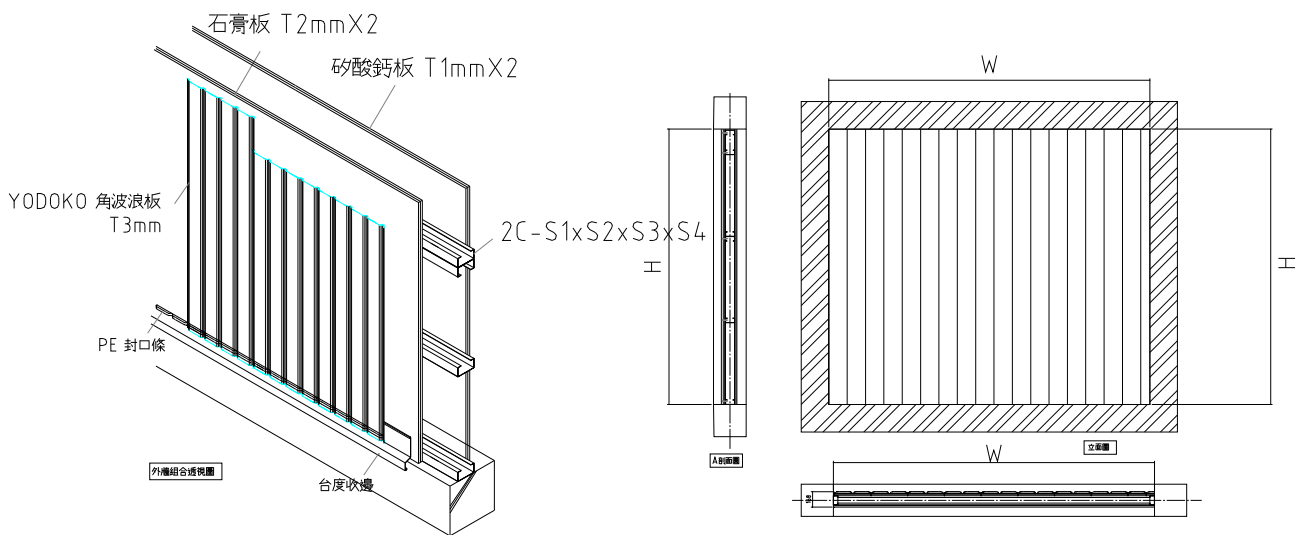


試件尺寸圖表(mm)				
名稱	W1	L1	T1	T2
標稱值	870	2990	100	12
查核值	869	2987	100	11

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
20	角波牆板 (800N)	168	59.2	角波鋼浪板 (0.5)	石膏板 (12x2) + 矽酸鈣板 (11.5x2)	C 型鋼	$R_w=46\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

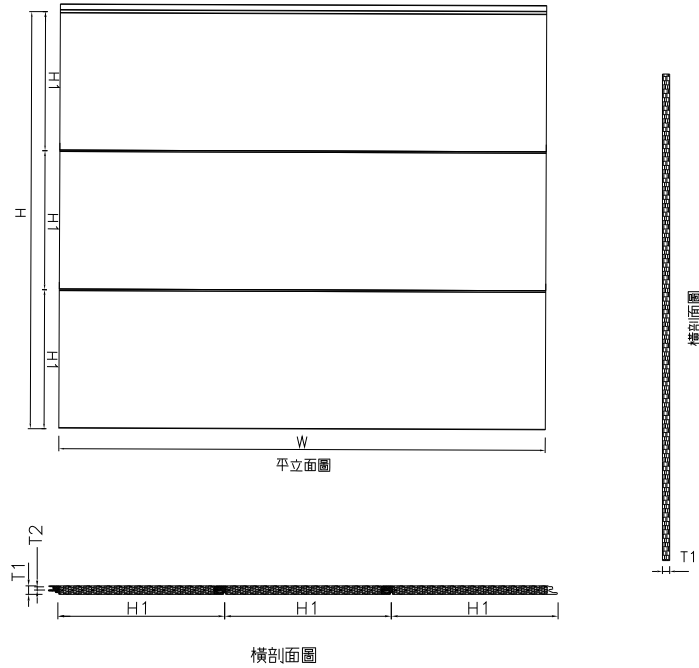


試件尺寸查核圖表(mm)									
名稱	W	H	T1	T2	T3	S1	S2	S3	S4
標稱值	3500	3000	12	12	0.476	100	50	20	2.3
查核值	3660	3000	11.5	12.1	0.5	100.2	49.7	19.4	2.3

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
21	彩色鋼板防火外牆	51	16.56	彩色鋼板 (0.6)	岩棉 (50)	彩色鋼板	$R_w=30\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

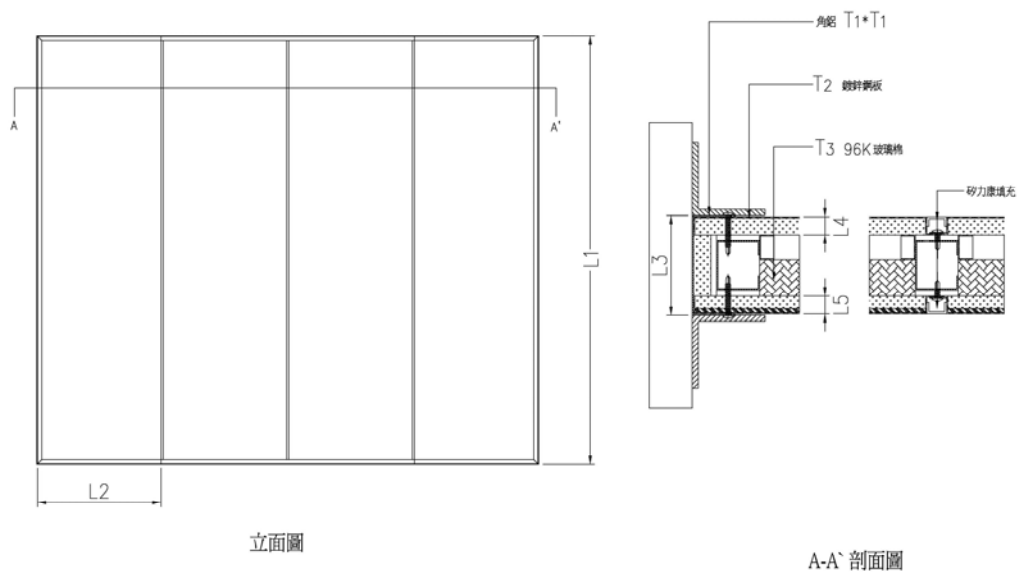


試件尺寸查核圖表(mm)					
名稱	W	H	H1	T1	T2
標稱值	3500	3000	1000	51	—
查核值	3478	2997	999	51	17.02

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
22	金屬隔音板	70	—	烤漆鋼板 (0.7)	石膏板 (12) +玻璃綿 (25)	烤漆鋼 板	Rw=52dB (ISO)

2. 試件構造圖

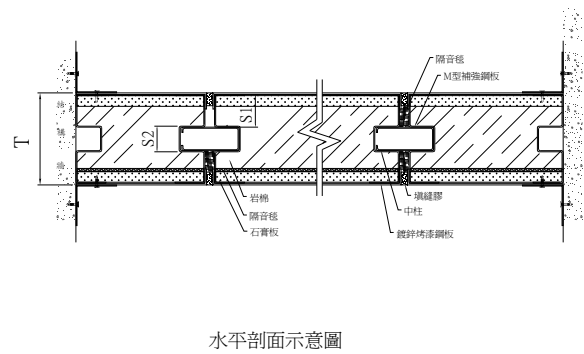
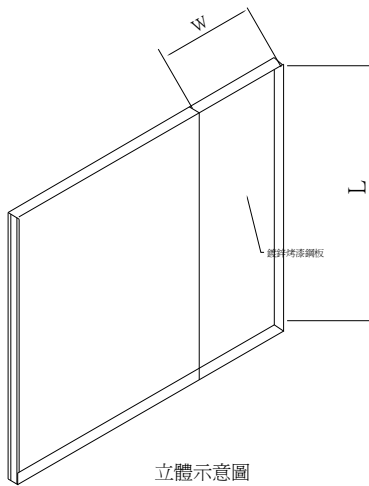


試件查核尺寸表(mm)								
名稱	L1	L2	L3	L4	L5	T1	T2	T3
標稱值	3000	862	70	—	—	50	0.7	25
查核值	3000	863	70	13.31	12.60	50	0.73	25

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
23	金屬隔間系統	87.3	—	烤漆鋼板 (0.47)	石膏板 (12) + 玻璃綿 (62)	烤漆鋼板	$R_w=52\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

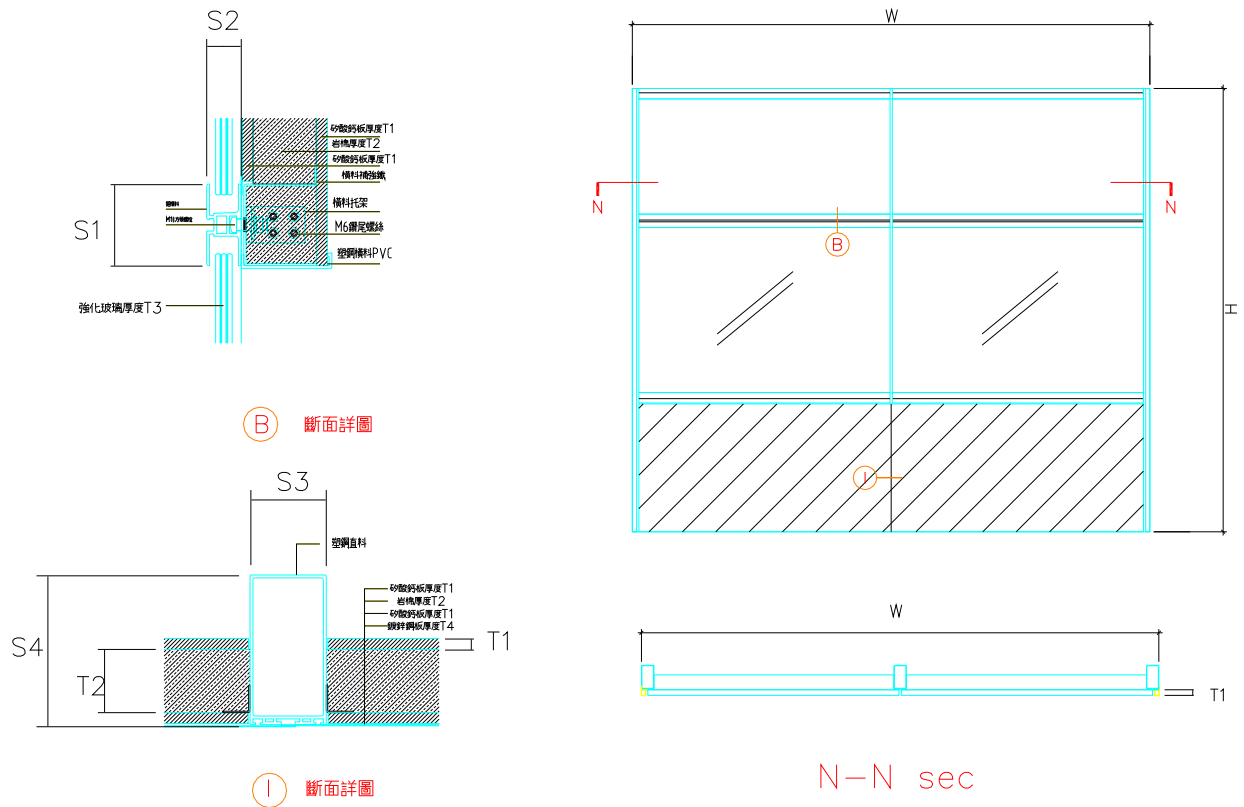


試件尺寸查核圖表(cm)					
名稱	W	L	T	S1	S2
標稱值	—	—	8.6	—	—
查核值	89.8	299	8.73	3.15	2.46

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
24	塑鋼帷幕牆	105.24	—	鍍鋅鋼板 (1.2)	矽酸鈣板 (24)+岩綿 (80)	塑鋼	$R_w=46\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

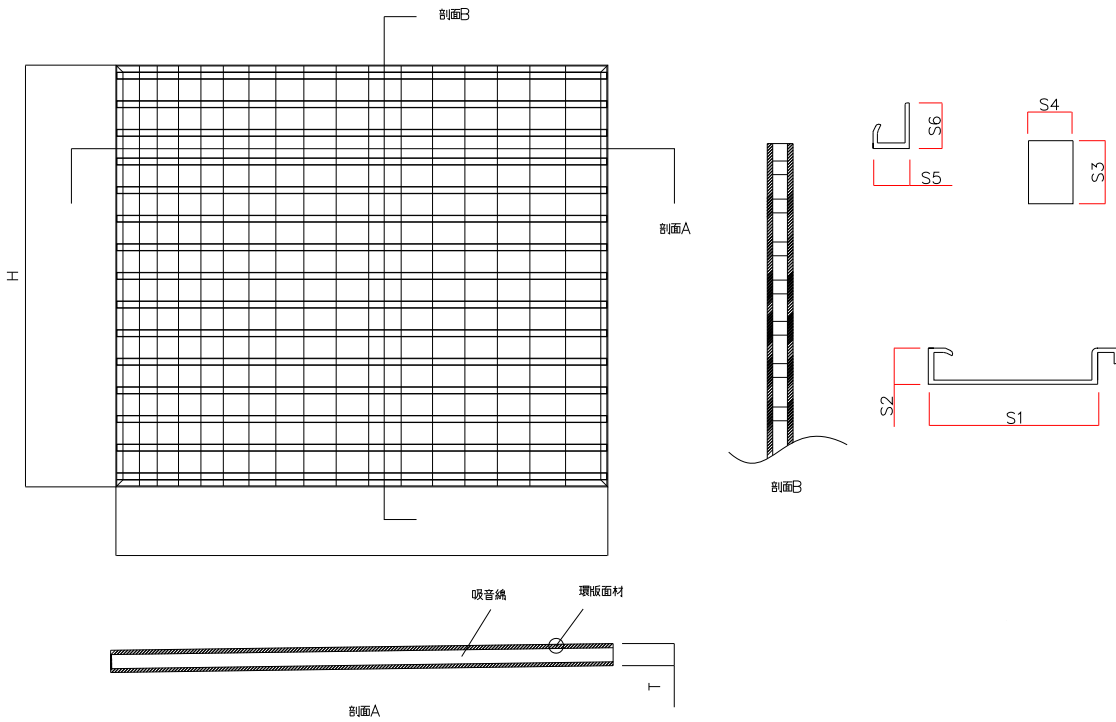


試件尺寸表(mm)										
名稱	W	H	T1	T2	T3	T4	S1	S2	S3	S4
標稱值	3480	2980	12	100	18	1.2	—	—	—	165
查核值	3500	3000	12	80	17.30	1.24	89.71	38.14	83	163

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
25	C 環板	80.2	—	C 環板 (15)	—	C 環板	$R_w=33dB$ (ISO)

2. 試件構造圖

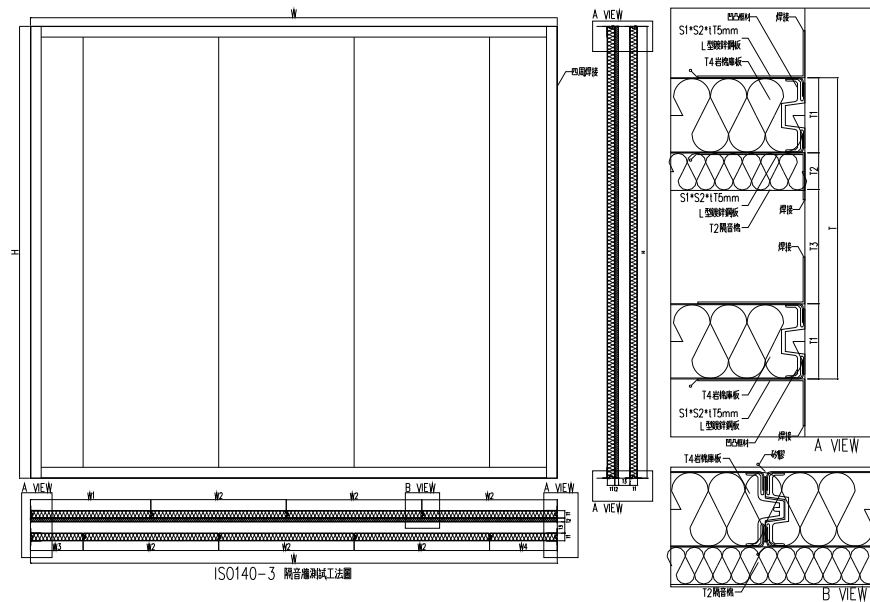


試件尺寸表(mm)									
名稱	H	W	T	S1	S2	S3	S4	S5	S6
標稱值	3000	3500	80	80	12.9	50	30	12.64	15
查核值	2996	3498	80	80.22	11.04	50	30	12.65	15.68

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
26	岩棉金屬組合隔間板	200	—	金屬隔間板 (50)	吸音綿 (25) +空氣層 (75)	金屬板	$R_w=50\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



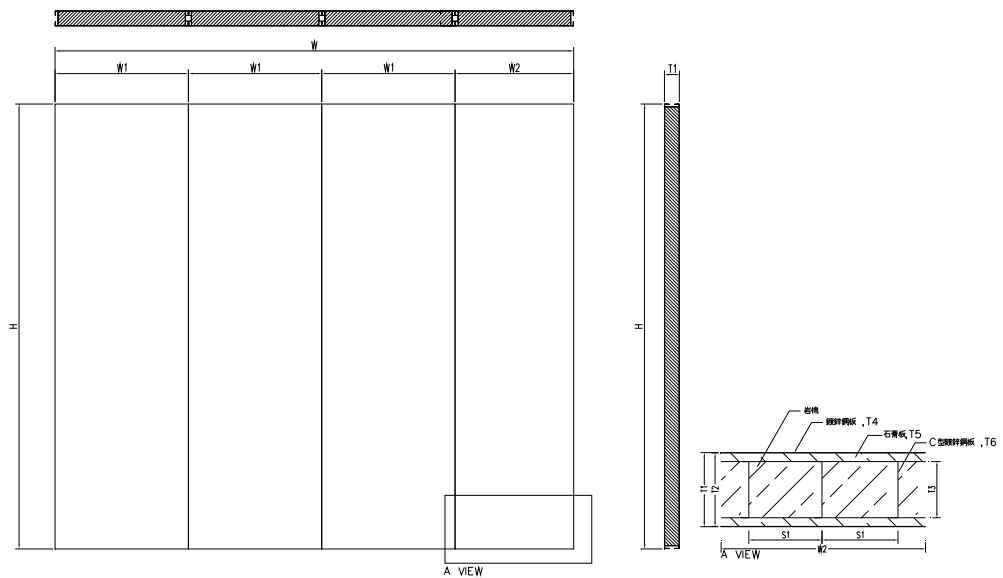
試件尺寸表(mm)

名稱	W	H	W1	W2	W3	W4	T	T1	T2	T3	T4	T5	S1	S2
標稱值	3500	3000	800	900	350	450	200	50	25	75	50	1.2	30	70
查核值	3450	2980	750	900	324	428	200	49.97	24.47	75.59	48.85	1.2	30	70

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
27	金屬隔間板	100.53	—	烤漆鋼板 (0.5)	石膏板 (24) +岩綿 (74)	烤漆鋼 板	Rw=36dB (ISO)

2. 試件構造圖

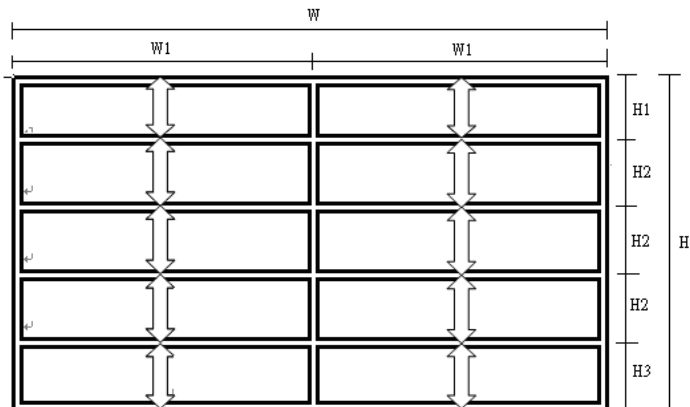
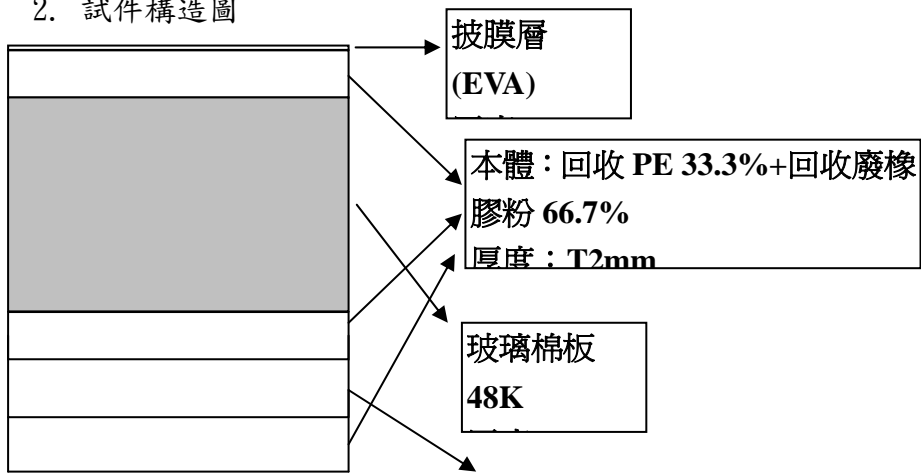


試件尺寸表(mm)											
名稱	W	H	W1	W2	S1	T1	T2	T3	T4	T5	T6
標稱值	3500	3000	900	800	-	100	99	-	0.5	-	-
查核值	3429	2991	898	735	26.75	100.53	98.91	74.22	0.81	12.08	1.07

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
28	隔音板	103.4	—	銳賽克板 (11)	玻璃綿(50)	黑鐵扁 管	Rw=51dB (ISO)

2. 試件構造圖



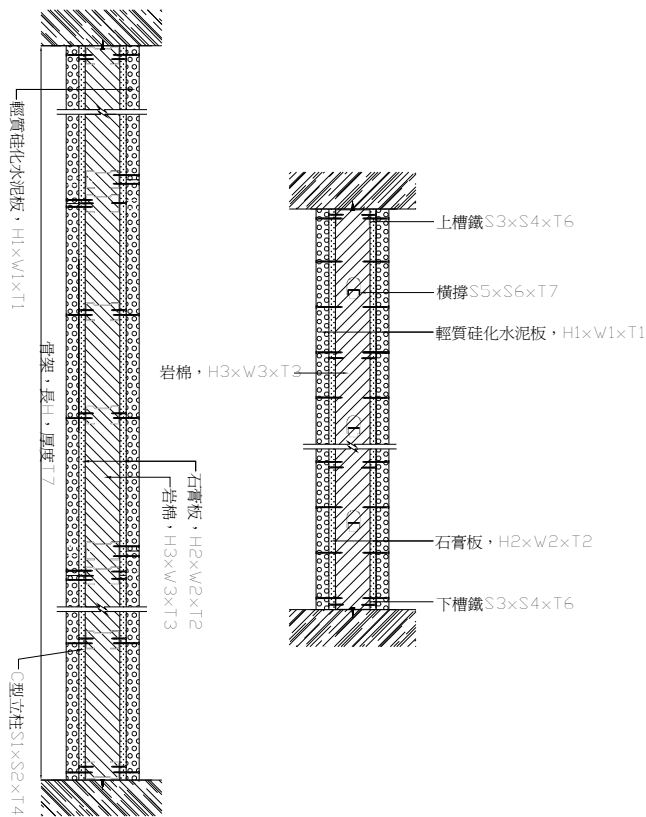
試件查核尺寸表(mm)

名稱	W	H	W1	H1	H2	H3	T1	T2	T3	S1	S2
標稱值	3500	3000	1750	530	620	610	1	11	50	40	20
查核值	3496	3004	1748	532	620	612	0.35	11.02	50	40.22	20.07

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
29	輕質硅化水泥板	129	—	輕質硅化水泥板 (24)	石膏板 (18) + 岩綿 (50)	槽鐵	$R_w=50dB$ (ISO)

2. 試件構造圖



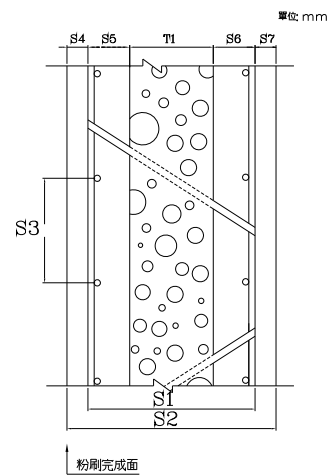
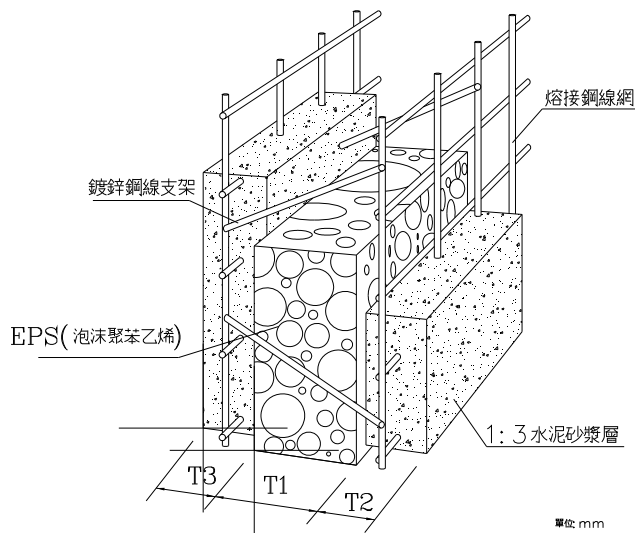
試件查核尺寸表(mm)

名稱	H	H1	H2	H3	W1	W2	W3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
標稱值	3000	121	-	-	91	-	-	65	35	67	30	38	12	24	9	50	1	1	1	-
查核值	3000	121.2	183.3	119.5	91	121.9	119.5	66	35	67	30	38	12	24.19	8.94	49.91	1.02	1.01	1.03	0.94

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
30	輕質鋼網牆板	109.9	—	熔接鋼線網及水泥砂漿 (40)	泡沫聚苯乙烯 (38.9)	熔接鋼線網及水泥砂漿層	$R_w=41\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



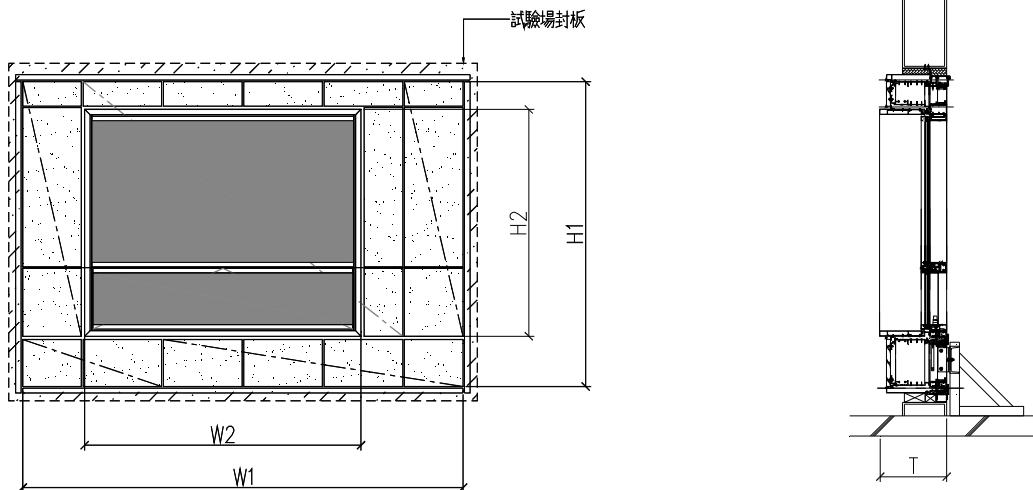
試件查核尺寸表(mm)

名稱	T1	T2	T3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
標稱值	40	40	40	80	120	50	20	20	20	20
查核值	38.9	32	39	78.2	109.9	50	19.3	19.6	19.7	12.3

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
31	帷幕牆	500	—	花崗石 (30)	複層膠合玻 璃 (—)	鋁擠型	STC=40 dB (ASTM)

2. 試件構造圖

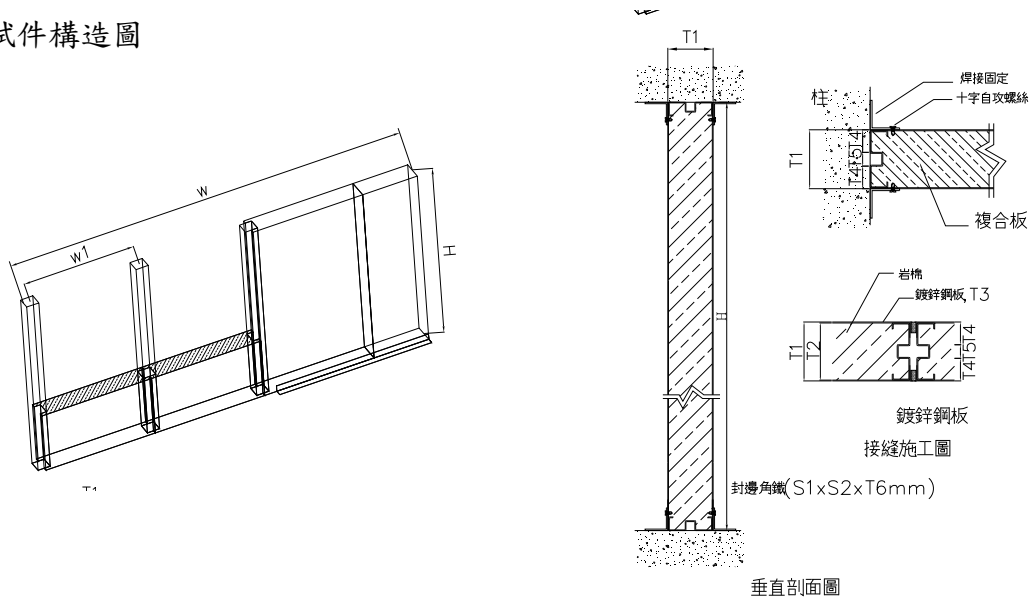


試件尺寸查核圖表(mm)					
名稱	W1	W2	H1	H2	T
標稱值	3394.4	—	2377.4	—	500
查核值	3340	2064	2358	1694	500

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
32	金屬隔間板	51	—	烤漆鋼板 (0.5)	岩綿 (50)	鋼折板	Rw=36dB (ISO)

2. 試件構造圖

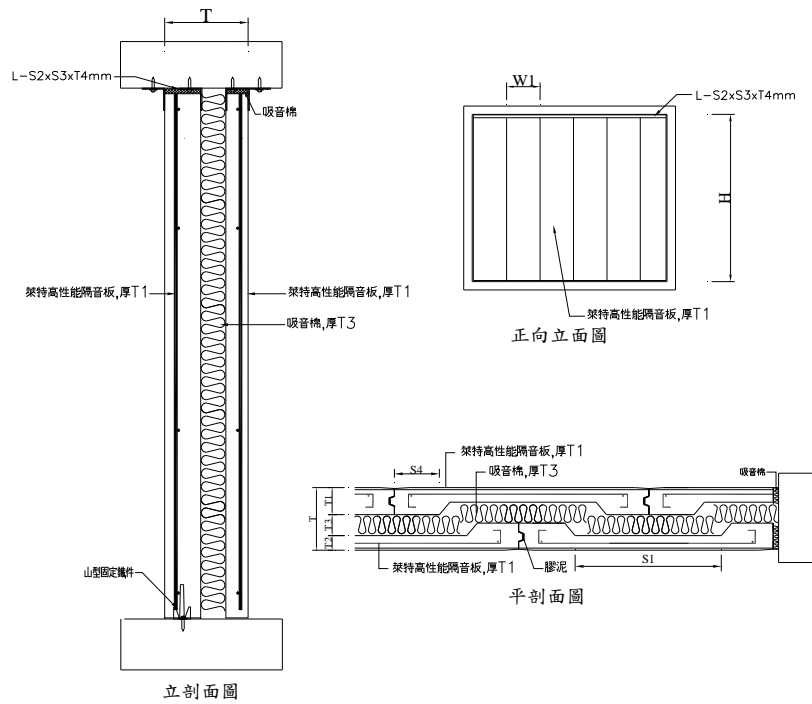


試件查核尺寸表(mm)											
名稱	W	H	W1	S1	S2	T1	T2	T3	T4	T5	T6
標稱值	3500	3000	900	50	50	50	49	-	-	-	4
查核值	3500	3000	900	50	50	51	49.68	0.66	2	1.1	4.46

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
33	隔音板牆	150	—	水泥樹指預鑄板 (65)	岩綿 (50)	水泥樹指預鑄板	$R_w=50\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

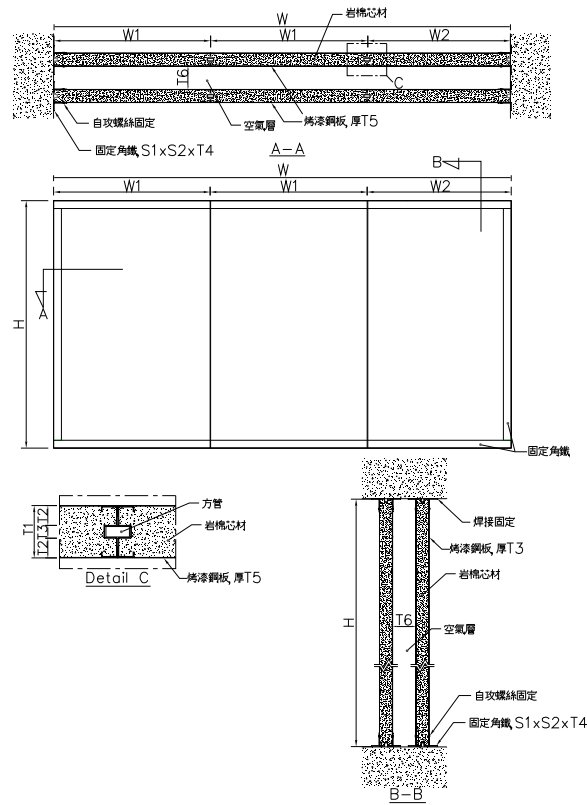


試件尺寸表(mm)											
名稱	H	W1	T	T1	T2	T3	T4	S1	S2	S3	S4
標稱值	3000	610	150	65	35	50	1.6	380	40	40	-
查核值	3050	610	150	65	35	50	1.65	380	40	40	95

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
34	金屬隔間板 型號:50mmt	450	—	烤漆鋼板 (0.62)	岩綿 (100) +空氣層 (350)	烤漆鋼板	$R_w=41\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

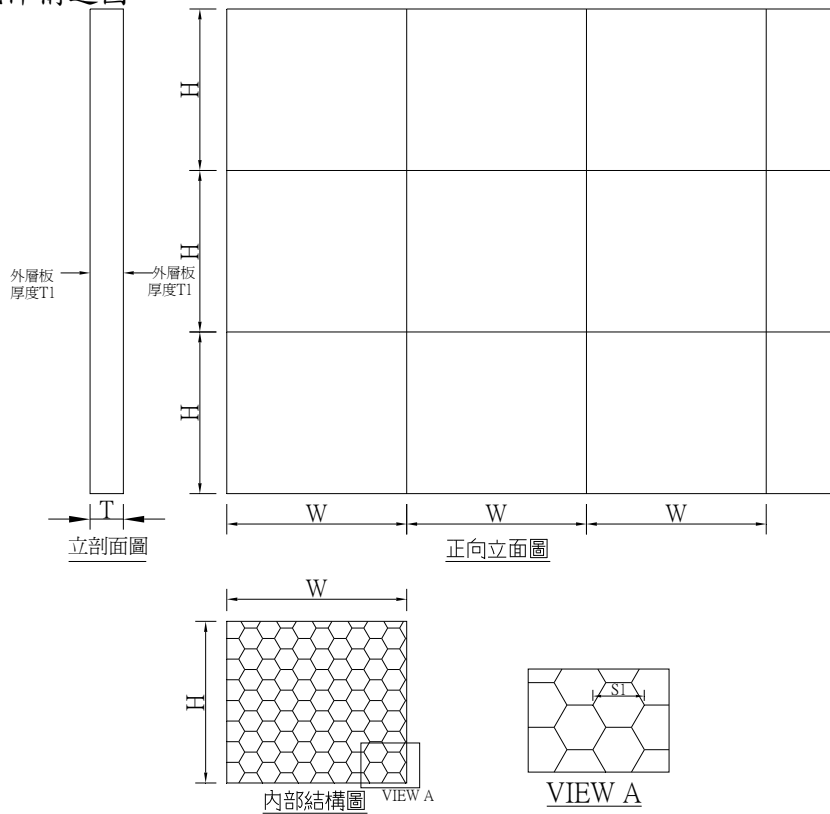


試件尺寸表(mm)												
名稱	W	H	W1	W2	S1	S2	T1	T2	T3	T4	T5	T6
標稱值	3500	3000	1200	1100	-	-	-	-	-	-	-	-
查核值	3488	2994	1197	1094	50	50	50	20	10	4.02	0.62	350

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
35	ECO 防火隔間板	21.6	-	防火回收紙材 (1.1)	防火回收紙材 (19.4)	防火回收紙材	$R_w=13\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

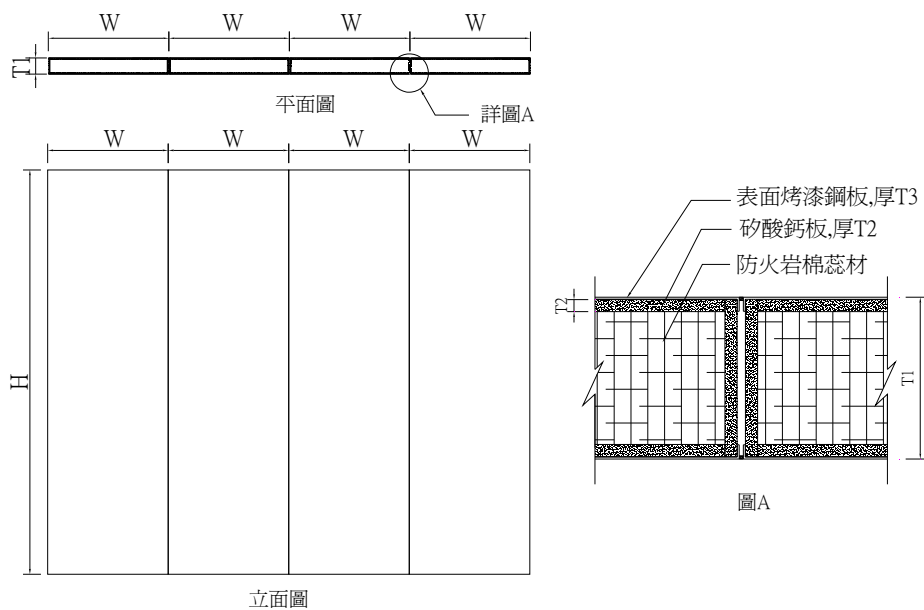


試件尺寸表(mm)					
名稱	W	H	T	T1	S1
標稱值	-	-	22	-	15
查核值	1001	1001	21.68	1.11	15.81

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
36	金屬隔間板	120	—	烤漆鋼板 (0.53)	岩綿 (96)	烤漆鋼板	$R_w=47\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

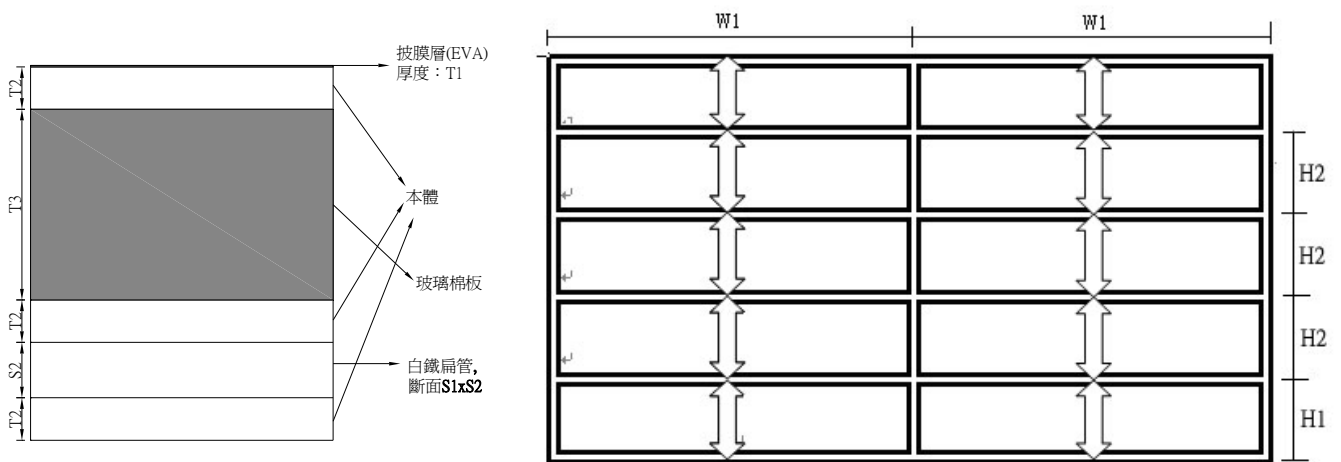


名稱	W	H	T1	T2	T3
標稱值	870	3000	120	12	0.526
查核值	868	2990	120	12	0.53

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
37	板隔音牆	103.9	—	橡膠板材 (11)	玻璃綿 (50)	白鐵管	$R_w=50\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

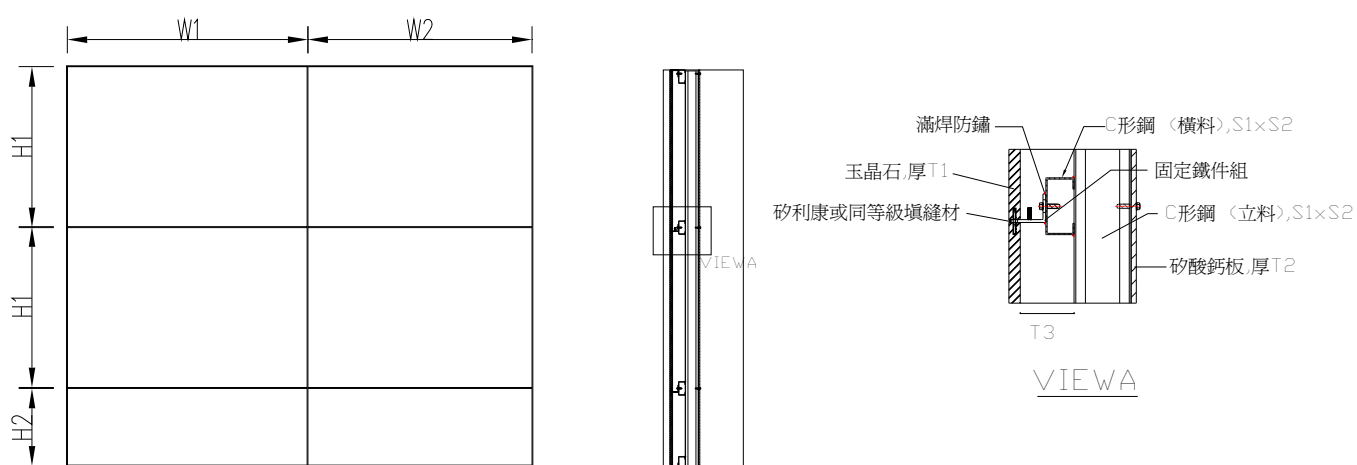


試件尺寸表(mm)								
名稱	W1	H1	H2	T1	T2	T3	S1	S2
標稱值	1750	61	62	1	11	50	40	20
查核值	1751	61.2	62	0.62	11.02	50	40.08	20.30

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
38	石材隔間牆	250	84.25	石材 (18.6)	—	C型鋼	$R_w=48\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

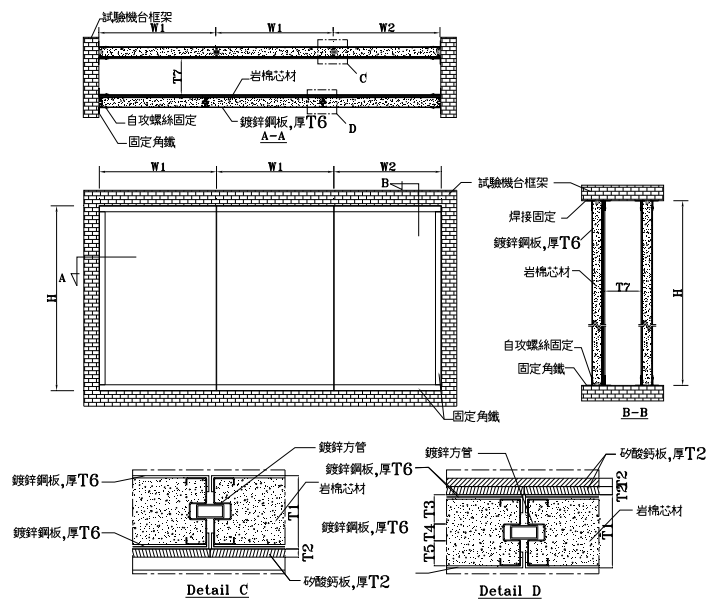


試件尺寸表(mm)									
名稱	W1	W2	H1	H2	S1	S2	T1	T2	T3
標稱值	1800	1682	1200	576	50	100	20	9	-
查核值	1800	1682	1200	576	50	100	18.62	9.08	122.3

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
39	金屬隔間板	434.9	120	鍍鋅鋼板 (1.93)	岩綿 (110) + 空氣層 (305)	鍍鋅鋼板	$R_w=63\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

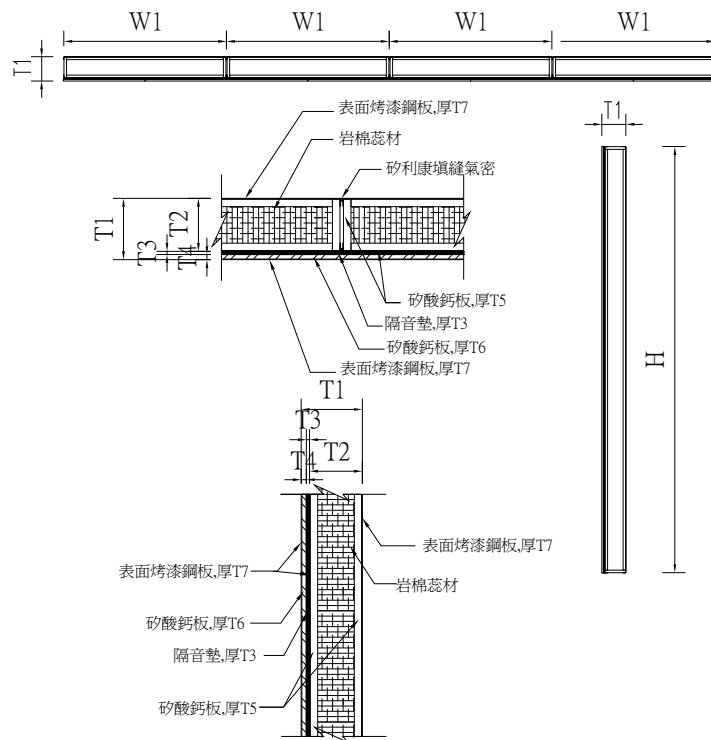


名稱	H	W1	W2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
標稱值	3000	1200	1100	-	-	-	-	-	-	-
查核值	2990	1197	1089	55.28	6.45	21.18	10.94	23.16	1.93	305

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位 面積 重 kg/m ²	面材種類及 厚度 (mm)	內填充層 種類及厚 度 (mm)	骨架類 型	測試結果 (測 試規範)
40	金屬隔間板	132.7	80	烤漆鋼板 (0.57)	岩綿 (120)	L型角鐵	Rw=50dB (ISO)

2. 試件構造圖

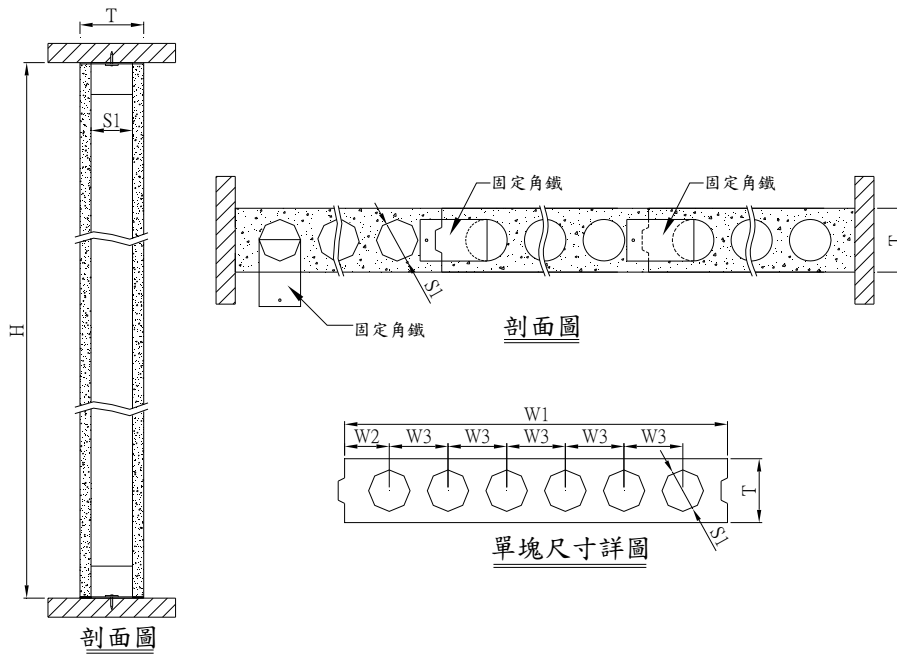


試件尺寸表(mm)									
名稱	W1	H	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
標稱值	868	3000	132	120	3	9	12	8	0.526
查核值	868	2982	132.7	120	3.54	9.16	11.89	8.59	0.57

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
41	隔間板牆	100	145.4	陶粒複合材料 (100)	—	陶粒複合材	$R_w=42\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

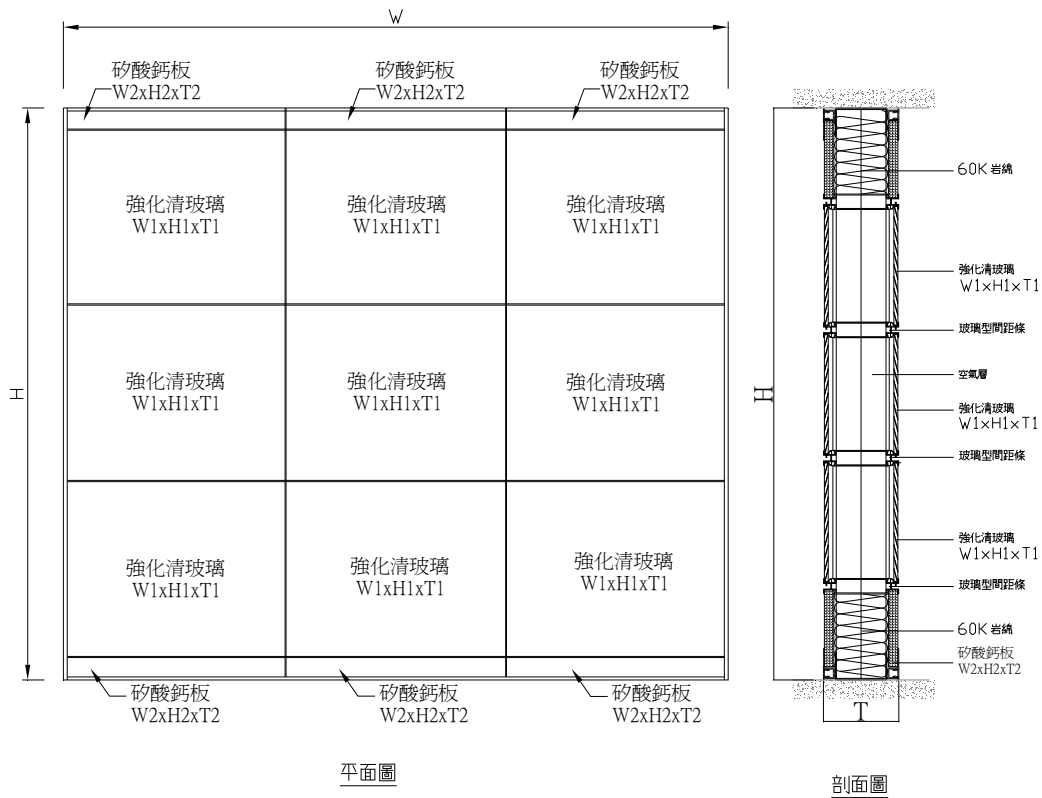


試件尺寸表(mm)						
名稱	H	W1	W2	W3	T	S1
標稱值	3000	600	70	92	100	65
查核值	2995	600	70	92	100	62.12

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
42	系統隔間牆	95	26.4	強化玻璃 (5)	—	C 型鋼	$R_w=39\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

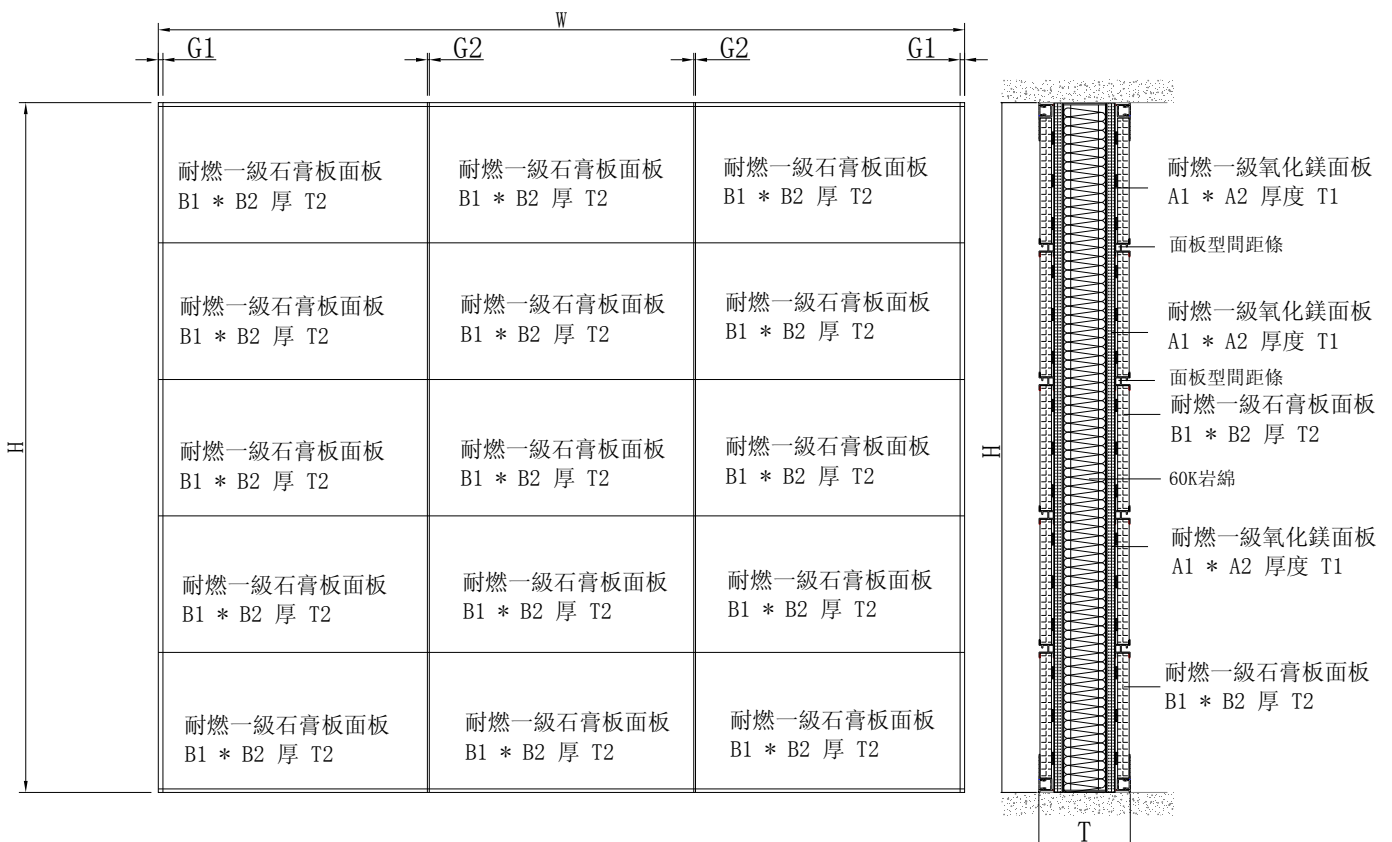


試件尺寸表(mm)									
名稱	W	H	T	W1	W2	H1	H2	T1	T2
標稱值	3500	3001	95	1146	1148	911	95	5	12
查核值	3500	3000	95	1147	1148	910	95	5	12.6

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
43	系統隔間牆	95	39.4	石膏板(12)	岩綿(71)	C型鋼	$R_w=48\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖

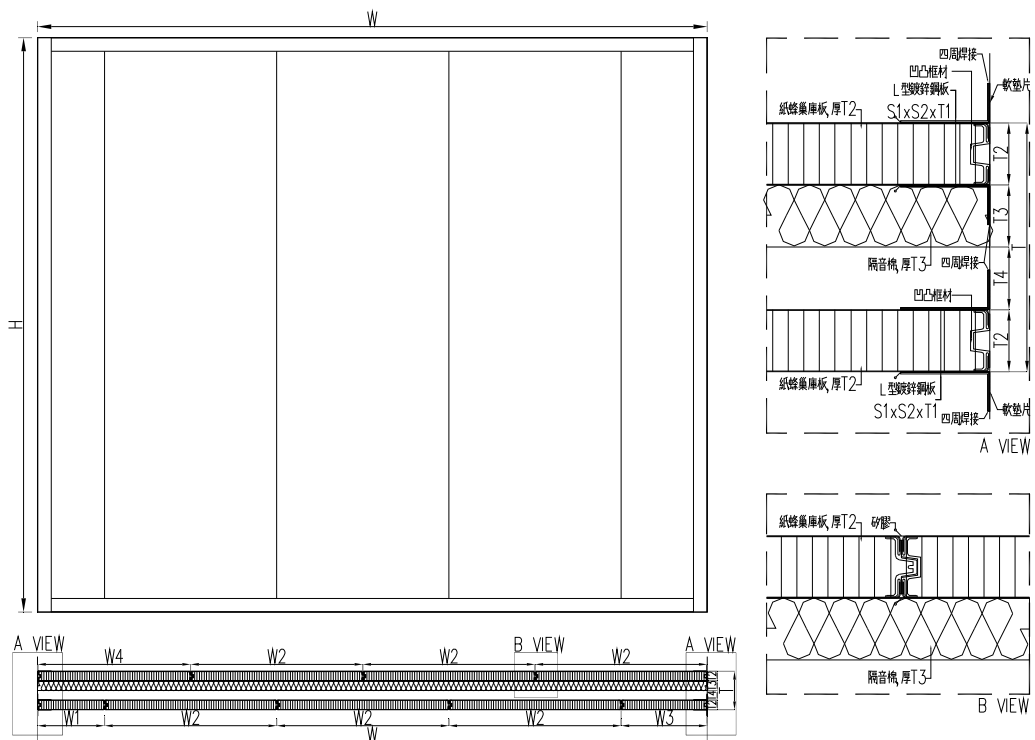


試件尺寸表(mm)											
名稱	W	H	T	A1	A2	T1	T2	B1	B2	G1	G2
標稱值	3500	3001	95	1745	750	9	12	1148	585	20	-
查核值	3500	3000	95	1744	749	9.09	12.04	1148	584	19	7.8

1. 基本資料

編號	試件名稱	總厚度 (mm)	單位面積重 kg/m^2	面材種類及厚度 (mm)	內填充層種類及厚度 (mm)	骨架類型	測試結果 (測試規範)
44	組合隔間板	197	34.82	蜂槽板 (50.15)	隔音綿 (48)	彩色鋼板	$R_w=48\text{dB}$ (ISO)

2. 試件構造圖



試件尺寸表(mm)

名稱	W	H	T	W1	W2	W3	W4	S1	S2	T1	T2	T3	T4
標稱值	3500	3000	200	350	900	450	800	30	70	1.2	50	50	50
查核值	3454	2982	197	325	901	426	751	31	72	1.23	50.15	48	48.7

第四章實測成果分析

經整理性能實驗中心音響實驗室 R4/R5 實驗室之實測資料後，其中以隔音牆類為 44 件。為利使用上之便利經整理其各類之實測成果後本研究分別依其實測性能等級與構造形式兩方向進行實驗成果分類整理及分析。

第一節 隔音構件實測性能分類

首先為便於實際運用上之方便性，以構件之隔音性能實測成果單一數值來做分類，為利分析比較本研究於第三章整理相關實測結果後，將不同規範之測試結果統一轉化為 ISO 之宣告值。

經檢視實測成果後依牆體實測性能分為 3 類，分別為 $R_w=30\text{dB}$ 至 40dB 、 $R_w=40\text{dB}$ 至 50dB 及 $R_w=50\text{dB}$ 至 60dB 等三種等級，其結果如表 4.1-1 所示

表 4.1 隔音牆實測結果性能分類表

隔音牆實測結果性能分類	
分類等級	實測案例編號
$R_w < 30\text{dB}$	35
$R_w=30$ 至 40dB	1、4、6、7、9、10、12、14、21、25、27、32
$R_w=40$ 至 50dB	11、15、18、19、20、24、29、30、31、34、42
$R_w=50$ 至 60dB	2、3、5、8、13、16、17、22、23、26、28、33、34、36、37、38、40、41、43、44
$R_w > 60\text{dB}$	39

(資料來源：本研究整理)

第二節 隔音構件構造分類與統計分析

由於目前國內常用之隔音構件大部份皆為複合式構造，其組成各部之組件及內部填充物皆對其隔音性能有相互之影響，為避免過於複雜並基於相同類型之構造物，其聲音穿透行為與構造物震動輻射聲場行為類似，故本研究嘗試以構造

物之形式進行分類，將檢測成果以構造物類型進行歸類分析，並進行結果分析。

一、隔音牆類

為增進牆體之隔音性能目前國內隔音牆構造設計上大部份皆採取複層式，少部份採用均勻斷面方式，經觀察各式之現有資料後本研究將隔音牆體分為3類如下：

(1) 分類 1-三明治式

本類之構造組成為類似三明治般由多層次構造組成，表面為硬質材料如鋼板或鋁板，內部層則填充多孔隙纖維軟質物，如吸音綿等材料。

(2) 分類 2-三明治式 (內含空氣層)

本類之構造組成與分類一相似由多層次構造組成，但中間除填充吸音綿外另具有一定厚度之空腔，意即為空氣層。

(3) 分類 3-均質斷面式

本類牆體構造為均勻材質斷面，為砌磚類、陶瓷板、塑膠類或預鑄水泥材質，為均勻材質。

二、隔音牆實測結果分析

為使統計分析結果能增加可信度，本研究除原有之資料案例外，另補充 99 年度 4 月份至 11 月之實驗室實測資料 10 件，共彙整 44 件，而測試結果中依測試規範可分為 ISO 及 ASTM 兩類，檢測件數各為 38 件及 6 件，將進行 2 大部份之分析，首先分別以牆體厚度—隔音量、單位面積重—隔音量及內填充層厚度—隔音量等三種不同變因，且結果部份採用最後宣告單一數值之結果來進行分析比較。第二部份之各頻帶之隔音性能結果將採牆體結構構造先進行類別分類後，再依實測之各頻帶分析成果來進行分析探討。

一、隔音牆實測之單一數值宣告結果分析

(1) ISO 測試規範 (牆體厚度—隔音量)

本類共有 38 件，若將整體資料繪整後，依牆體厚度—隔音量可繪製如圖 4.1

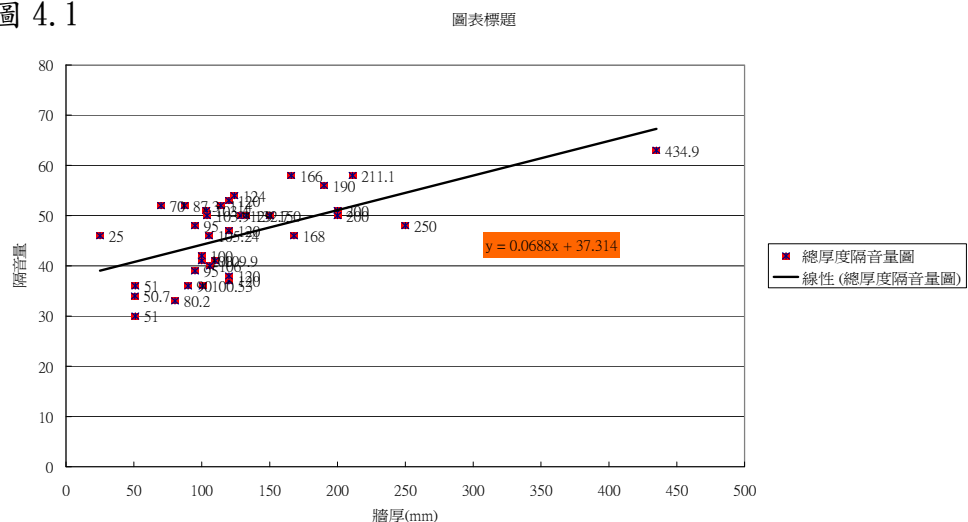


圖 4.1 牆體厚度—隔音量圖

觀察圖 4.1 之牆厚-隔音量之數據分佈情形可知牆厚與隔音量之關係呈現正比分佈關係，若以最小平方迴歸直線（Least Squares Regression Line）分析可得直線方程式為 $y = 0.068x + 37.314$ ，為度量兩變數間之線性相關強度，續由數據計算相關係數（Correlation） r 值，其定義為

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right) \quad (4.1)$$

其中 n 為資料點數， s_x 及 s_y 分別為資料之標準差而 \bar{x} 及 \bar{y} 為資料之平均值，可獲得 $r = 0.61$ 。

(2) ISO 測試規範（單位面積重—隔音量）

接下來探討牆體之單位面積重與隔音量之關係，將數據繪製成散佈圖如圖 4.2 所示

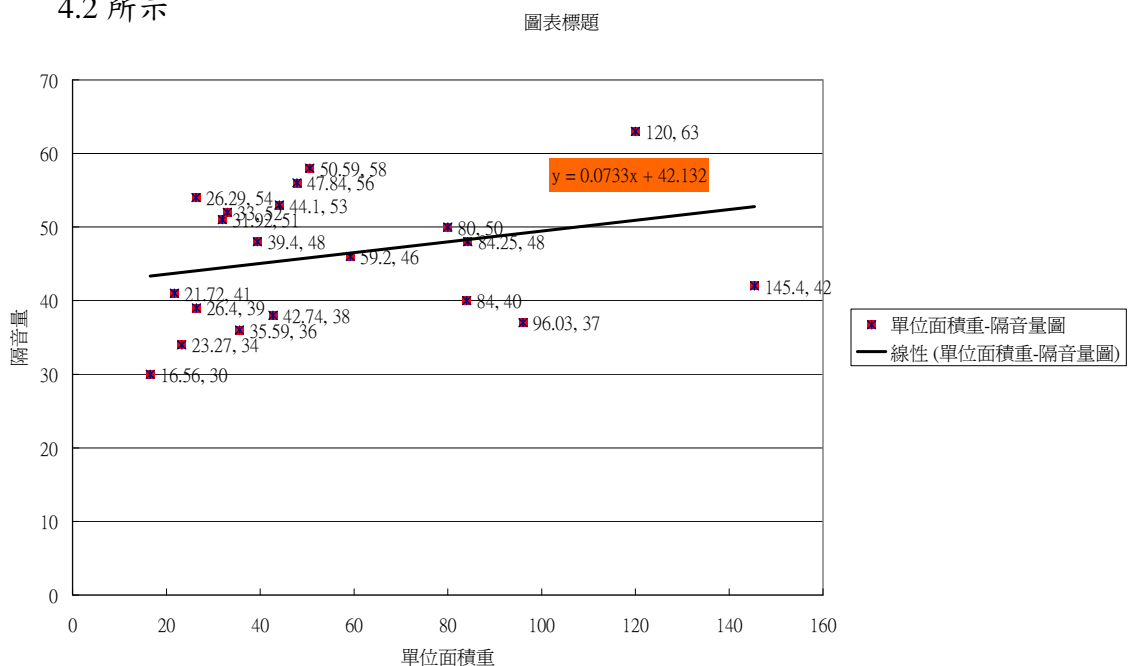


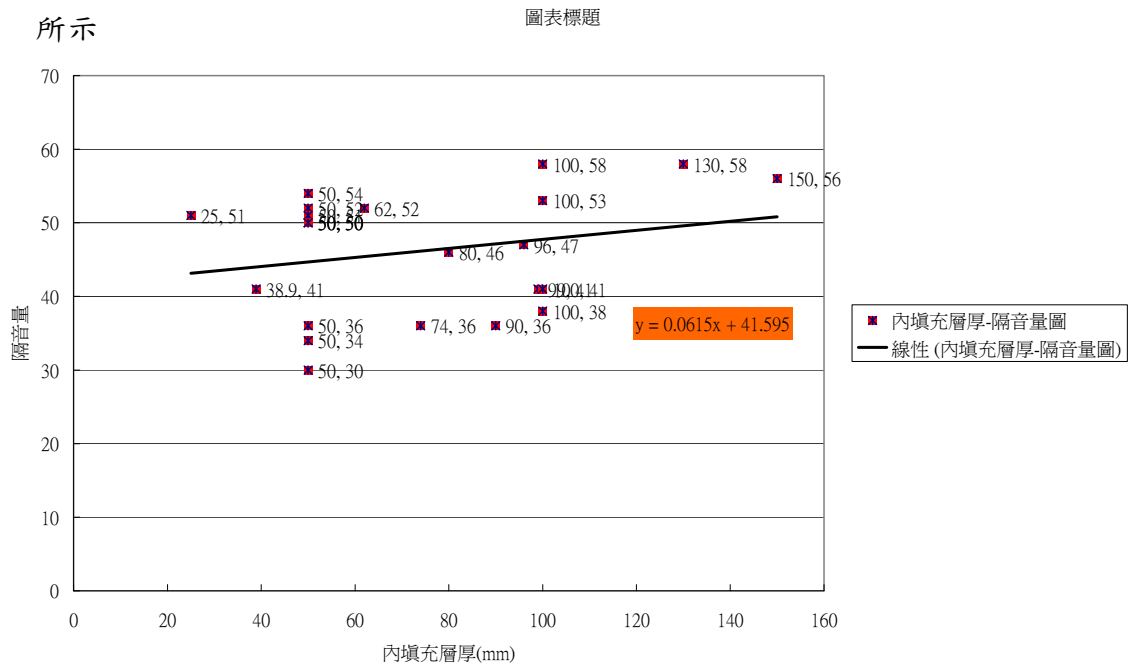
圖 4.2 牆單位面積重—隔音量圖

（資料來源：本研究整理）

可知道單位面積重-隔音量間之關係具有正比之關係，以最小平方迴歸直線分析可得直線方程式為 $y = 0.0733x + 42.132$ ，續由數據計算相關係數 r 值續計算相關係數可得到 $r = 0.29$

(3) ISO 測試規範 (內填充層厚度—隔音量)

關於牆體內填充層厚度與隔音量之部分，將數據繪製成散佈圖如圖 4.3 所示



(資料來源：本研究整理)

牆內填充層厚度與隔音性能表現部份可由最小平方迴歸直線分析可得直線方程式為 $y = 0.0615x + 41.595$ ，續由數據計算相關係數 r 值續計算相關係數可得到 $r = 0.19$ 。

綜合上述之隔音牆實測結果分析可知隔音牆體之性能與三者變數皆有正比之關係，由實測資料作直線迴歸分析後可得到各變數與牆體性能間之經驗式。

二、隔音牆各頻帶實測結果

此部份之分析由於構造類別複雜各異，不同種類之構造類型對其結果有相當之影響，故依本章第一節之分類方法，依據構造構型分類後再進行分析，相關結果如后

(1) 分類 1-三明治式 (ISO 測試法)

本類構造為硬質面材中間夾層填充軟質多纖維吸音材料，經由歸類同類型試件後分析結果如圖 4.4 所示

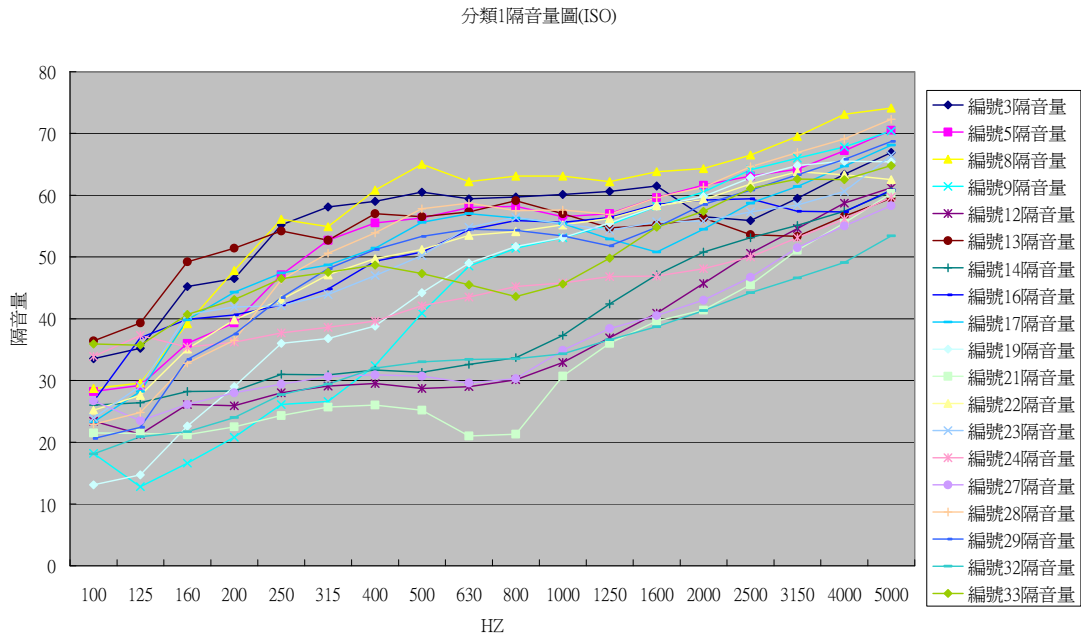


圖 4.4 分類 1—三明治式牆體隔音性能圖

(資料來源：本研究整理)

(2) 分類 2-三明治式 (內含空氣層；ISO 測試法)

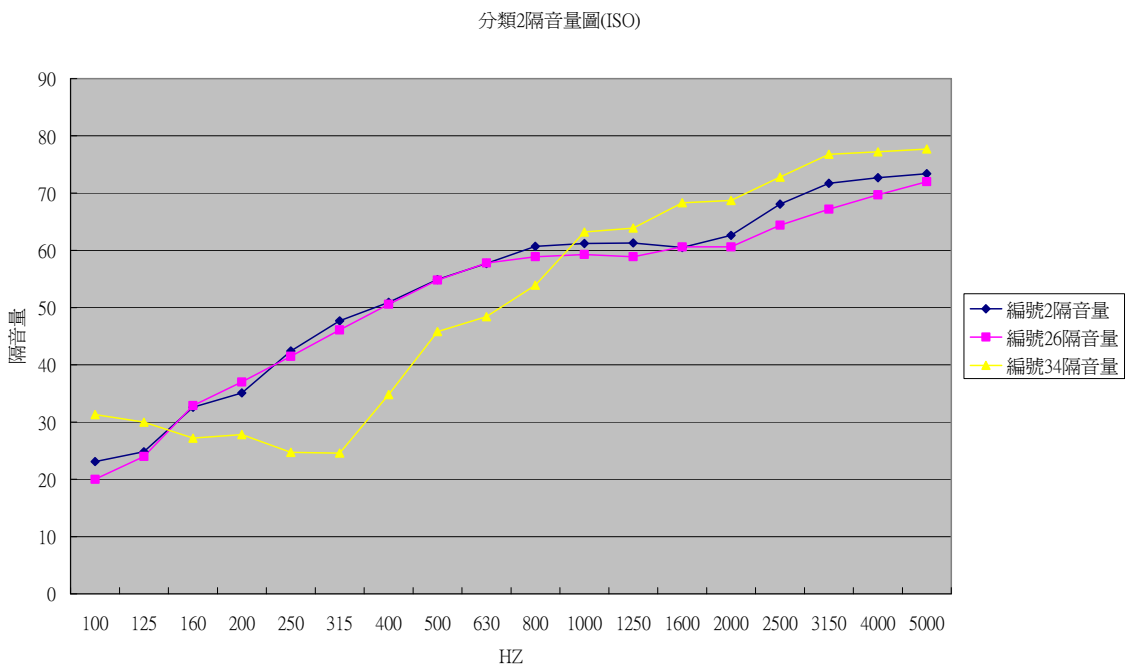


圖 4.5 分類 2—三明治式 (內含空氣層) 牆體隔音性能圖

(資料來源：本研究整理)

(3) 分類 3-均質斷面式 (ISO 測試法)

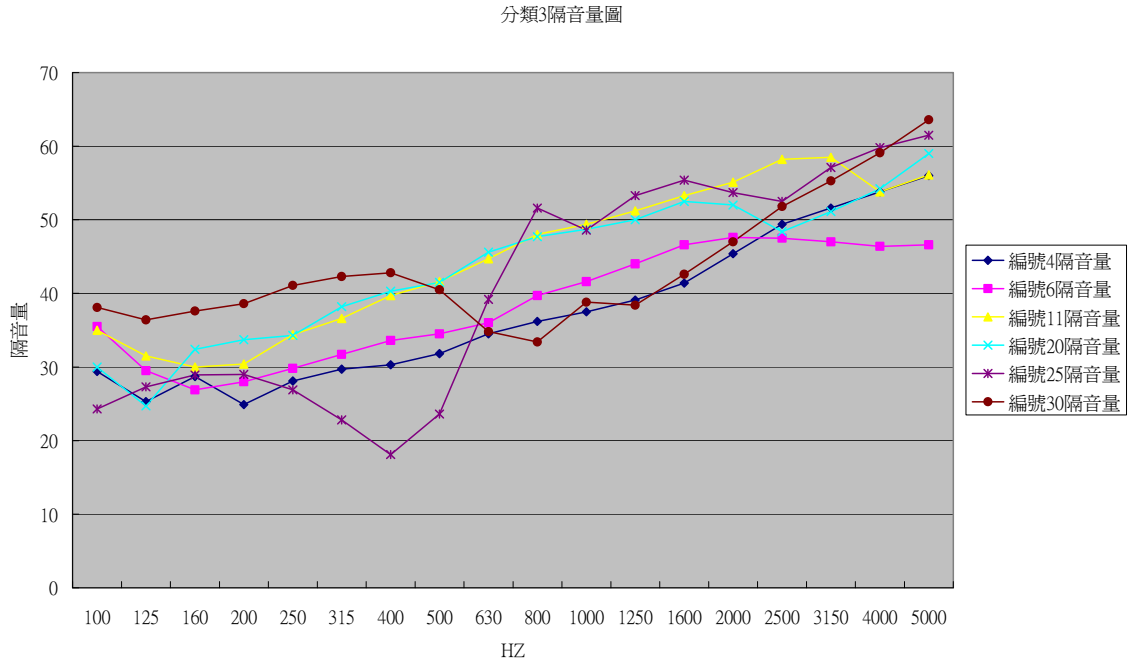


圖 4.6 分類 3-均質斷面式牆體隔音性能圖
(資料來源：本研究整理)

(4) 分類 1-三明治式 (ASTM 測試法)

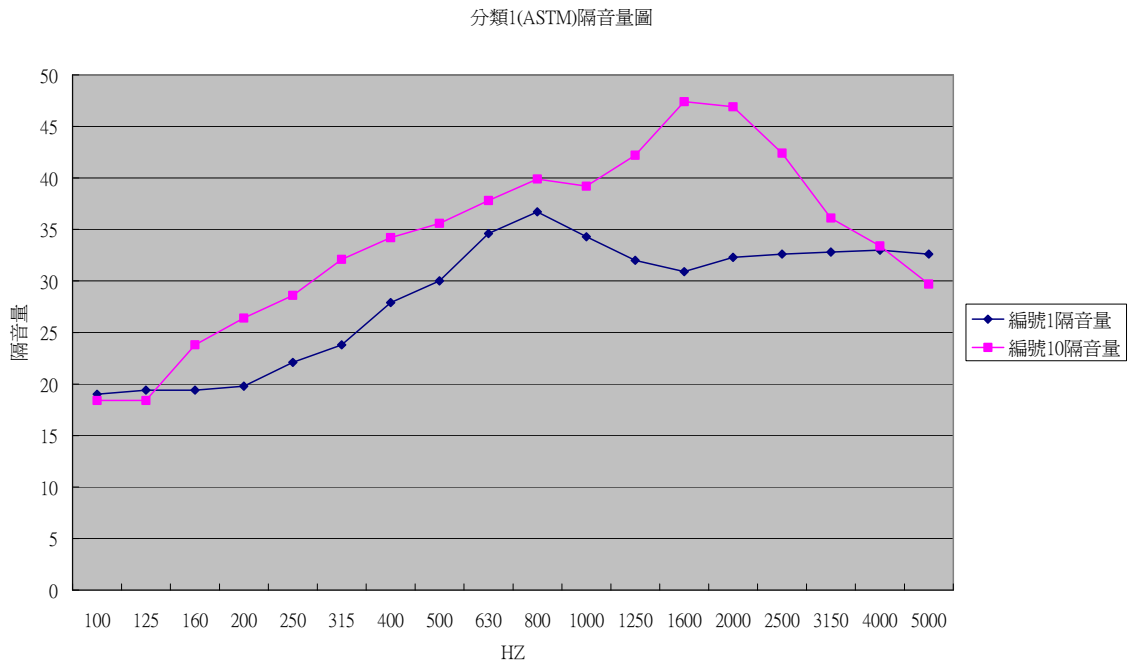


圖 4.7 分類 1-三明治式牆體隔音性能圖 (ASTM 法)
(資料來源：本研究整理)

(5) 分類 3-均質斷面式 (ASTM 測試法)

分類3隔音量圖(ASTM)

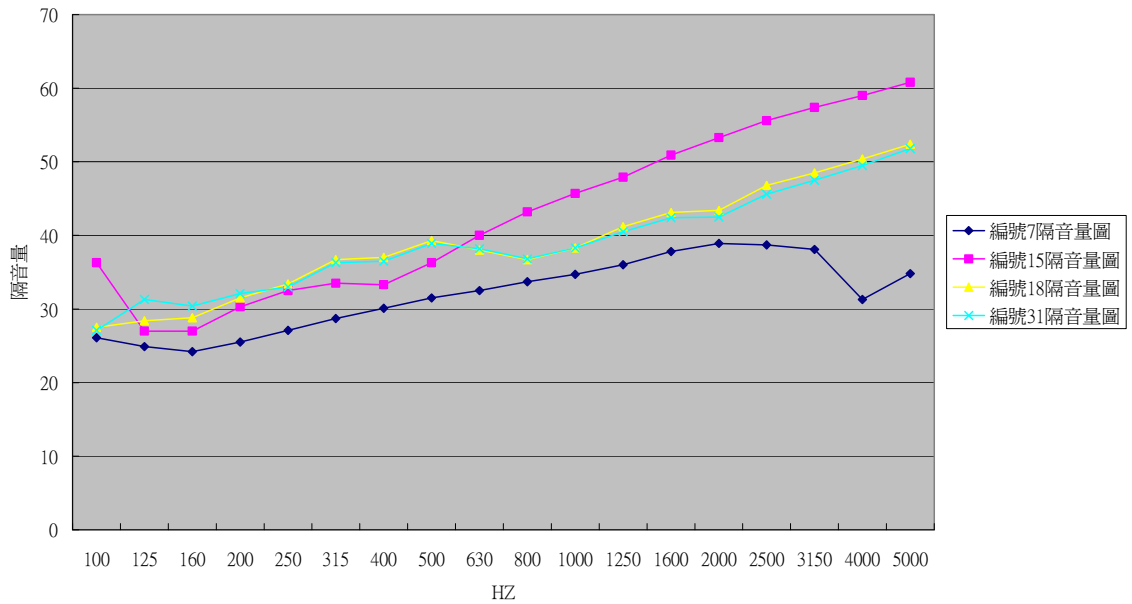


圖 4.8 分類 3-均質斷面式牆體隔音性能圖 (ASTM 法)
(資料來源：本研究整理)

第三節 隔音牆理論與實驗值比較

一、質量率理論與實測資料

本節將以牆體實驗資料具單位面積重資料之 15 件實測資料與式 (2.9) 之單層板之隔音透過損失理論值進行比較，以瞭解質量率理論值與目前常用之複層構造隔音牆之差距，同時一併由實測隔音量曲線探討各實測資料之共振頻率與巧合頻率。具單位面積重之試件基本資料如表 4.1 所示。

表 4.2 隔音牆體單位重基本資料

編號	單位面積重 (kg/m ²)	面積(m ²)	質量(kg)	測試結果宣告單 一數值 R_w (dB)
21	16.56	10.5	173.88	30
19	21.72	10.5	228.06	41
12	23.27	10.5	224.335	34
5	26.29	10.5	276.045	54
2	31.92	10.5	335.16	51
17	33	10.5	346.5	52
9	35.59	10.5	373.695	36
14	42.74	10.5	448.77	38
16	44.1	10.5	463.05	53
13	47.84	10.5	502.32	56
3	50.59	10.5	531.195	58
20	59.2	10.5	621.6	46
6	84	10.5	882	40
4	96.03	10.5	1008.315	37
8	109.73	10.5	1152.165	58

(資料來源：本研究整理)

表 4.1 為目前具有單位面積重資料之測試結果，由現有之單位面積重資料代入式 (2.9) 可獲得質量率所預測之隔音曲線，分別與實測資料比較後如下

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究

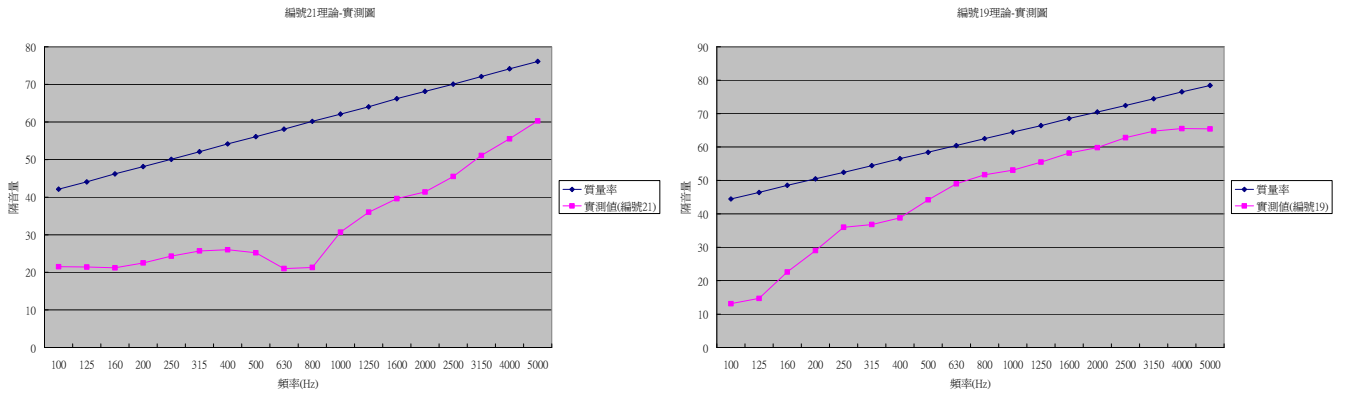


圖 4.9 編號 21 (左)、19 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

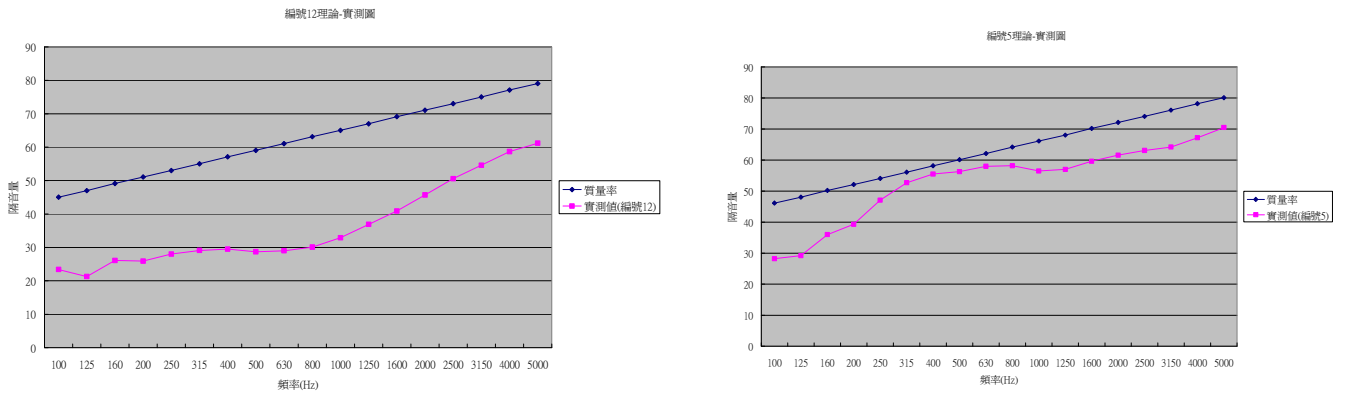


圖 4.10 編號 12 (左)、5 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

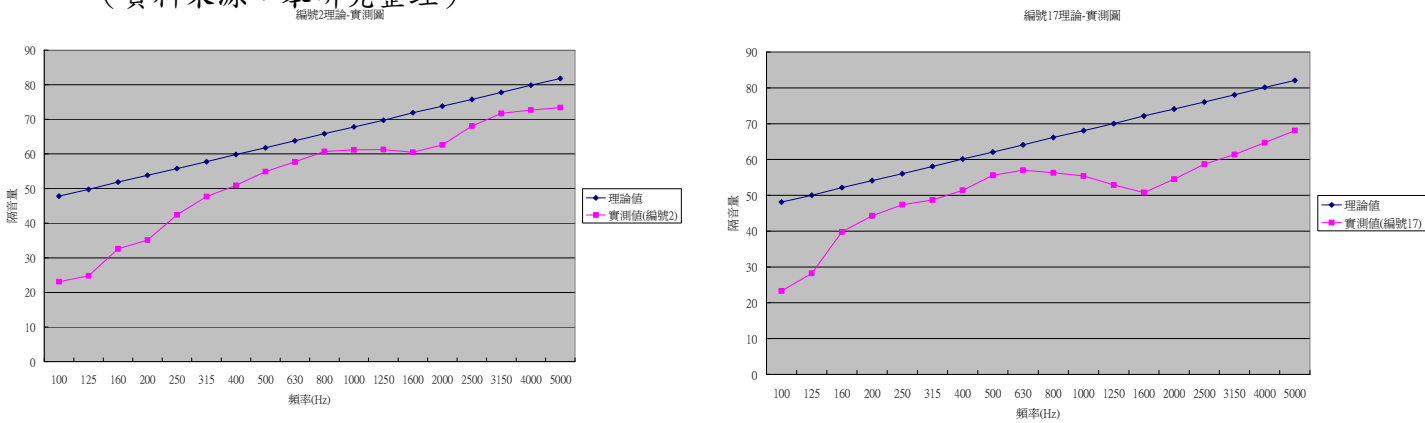


圖 4.11 編號 2 (左)、17 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

第四章 實測成果分析

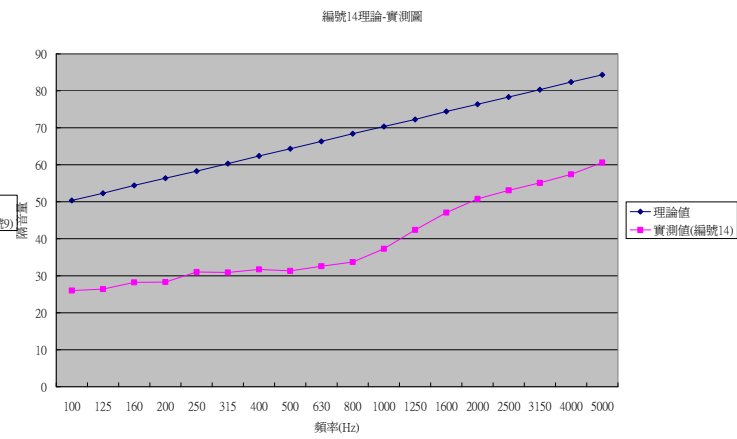
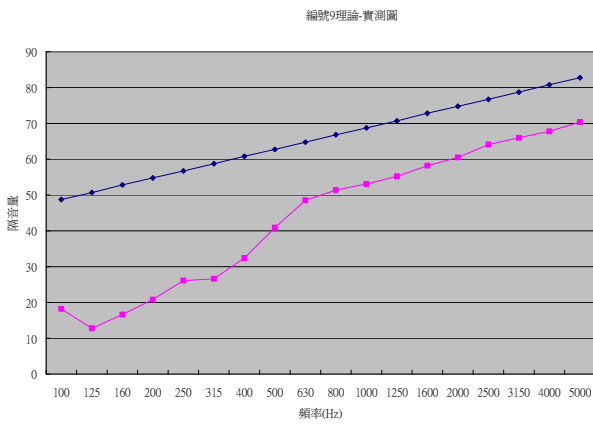


圖 4.12 編號 9 (左)、14 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

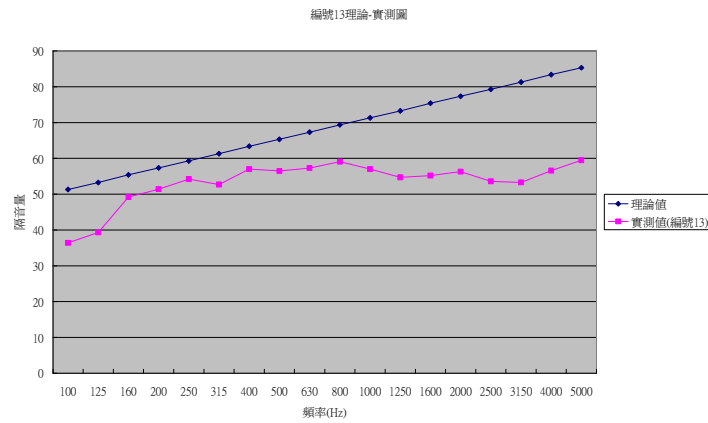
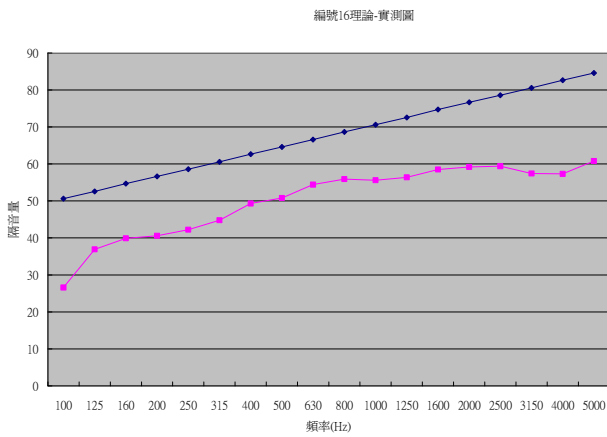


圖 4.13 編號 16 (左)、13 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

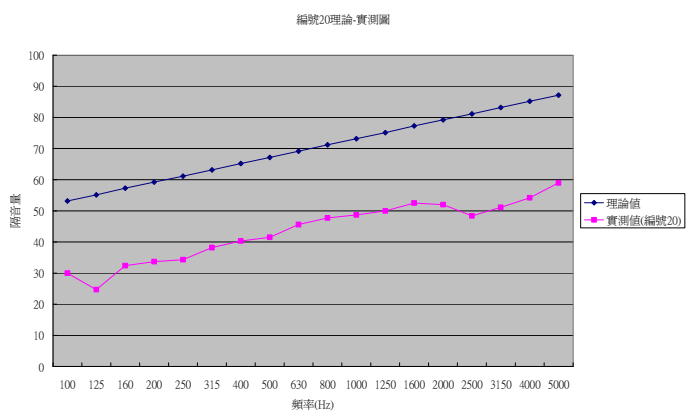
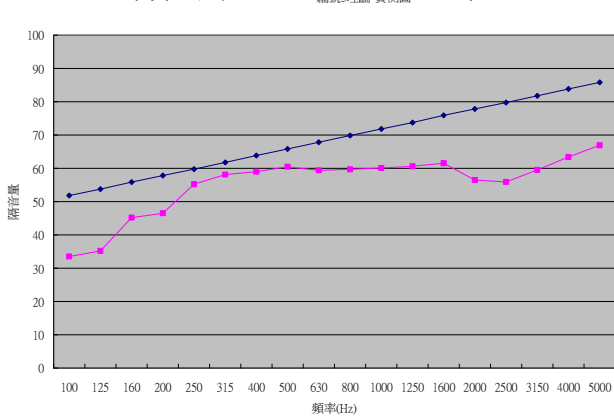


圖 4.14 編號 3 (左)、20 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究

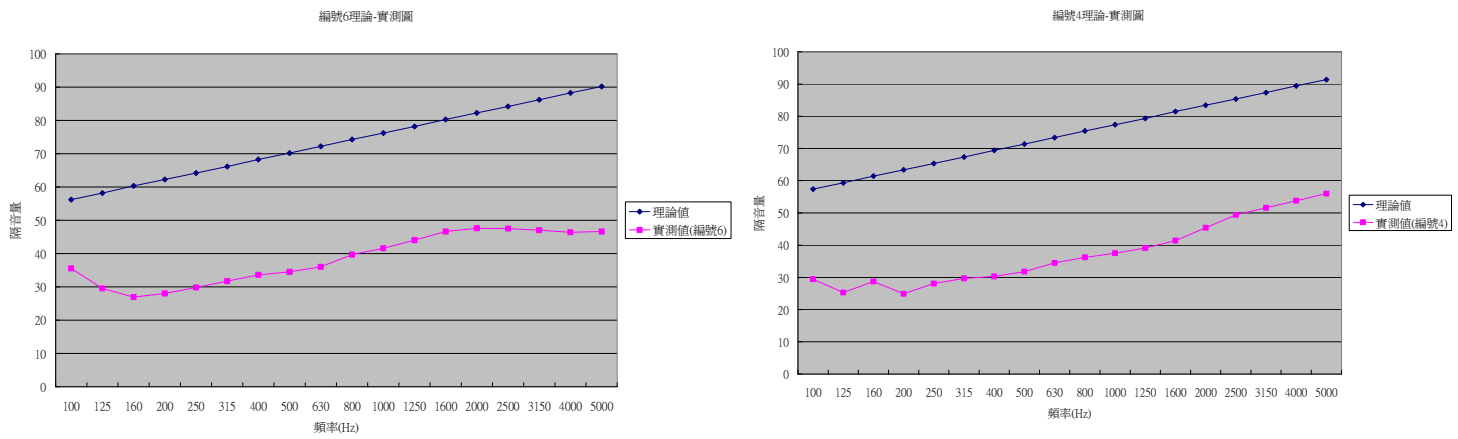


圖 4.15 編號 6 (左)、4 (右) 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

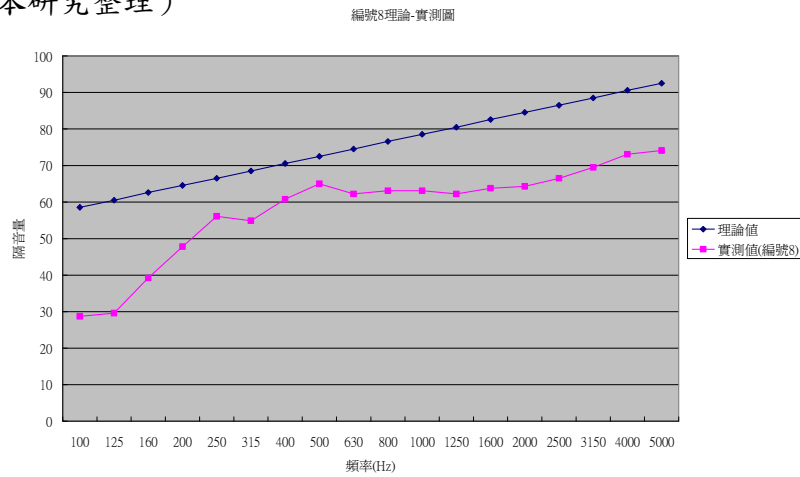


圖 4.17 編號 8 試件質量率理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

由上面實測結果與質量率理論結果比較後，可得知質量率所得之結果有偏高之趨勢，尤以低頻（250Hz）以下之結果差距為大，又由觀察實測成果曲線可得知部分之實測曲線特徵符合理論所描述之共振現象及巧合現象，透過損失曲線具有兩不同頻率之低峰值，但仍有部份之曲線無法看出明顯之低峰值，經整理後各曲線之低峰值如表 4.2

表 4.3 隔音牆透過損失實測曲線低峰值頻率點

編號	W1 (Hz)	透過損失值	W2 (Hz)	透過損失值
21	630	21	—	—
19	125	14.7	400	38.8
12	125	21.3	—	—
5	125	29.2	1000	56.5
2	125	24.8	1600	60.5
17	125	28.2	1600	50.8
9	125	12.8	315	26.6
14	200	28.3	—	—
16	—	—	—	—
13	125	39.3	315	52.7
3	125	35.2	2500	55.9
20	125	24.7	2500	48.4
6	160	26.9	—	—
4	125	25.3	200	24.9
8	125	29.6	315	54.9

(資料來源：本研究整理)

二、實驗資料回饋修正後理論值與實測值比較

(一) 由實驗資料回饋修正方式及流程

由前面之結果可得知若採用單純之質量率理論，其預測值與實測結果有較大之誤差，為改善理論預測值與實測值之誤差，本研究後續改採用 Fahy, F 之勁度控制區、頻率共振區與質量控制區三段式理論，首先由實測之牆體透過損失曲線圖決定出共振頻率 w_0 值，由前面之理論知道在當 $w \ll w_0$ 時（頻

率小於共振頻率－勁度控制) 具有 $TL = 20\log_{10}^S - 20\log_{10}^f - 20\log_{10}^{(4\pi\rho_0c)}$ 之關

係，此時令 $A = 20\log_{10}^S$ ，則可得到

$$TL = A - 20\log_{10}^f - 20\log_{10}^{(4\pi\rho_0c)} \quad (4.1)$$

由 4.1 式可得到 A 係數可由下式求得

$$A = TL + 20\log_{10}^f + 20\log_{10}^{(4\pi\rho_0c)} \quad (4.2)$$

另外當當 $w \gg w_0$ 時(頻率大於共振頻率－質量控制)具有 $TL = 20\log_{10}^{(mf)} - 42$ 之關係，由於質量率之預測值與實驗值誤差大，且為納入實驗值進行修正故再此令 B 係數，則可將透過損失關係改寫為

$$TL = 20\log_{10}^{(mf)} - B \quad (4.3)$$

故可得到 B 係數為

$$B = 20\log_{10}^{(mf)} - TL \quad (4.4)$$

經由前述之關係式子即可納入實驗資料進行修正，進而修正構造物透過損失之理論公式，其方式如圖 4.28

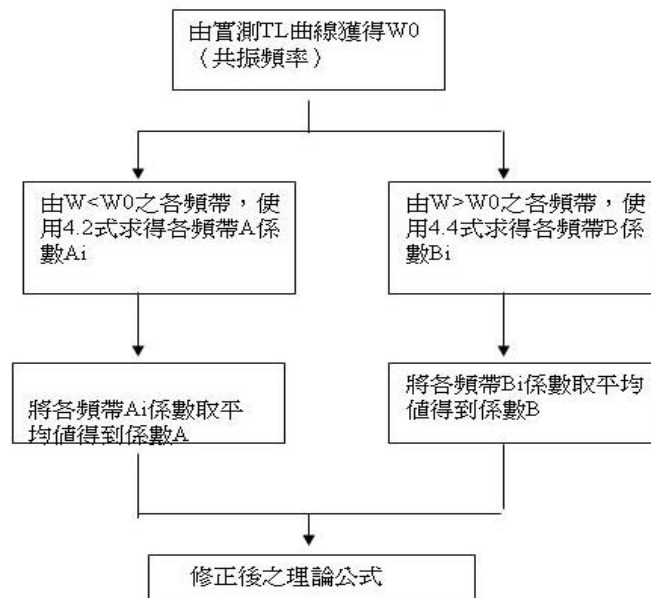


圖 4.18 牆體透過損失理論係數修正流程圖

(資料來源：本研究整理)

(二) 理論預測與實驗值比較

關於模擬之案例與前面質量率之案例相同採用表 4.1 中之實測例，首先由各例實驗所得透過損失曲線圖決定出共振頻率 w_0 ，如表 4.2 中之 W1 值所示，接下來利用 4.2 式及 4.4 式結合實測之透過損失曲線，可求得各頻帶之 A 係數及 B 係數，後將各頻代之係數值取平均後如表 4.3

表 4.4 各案例之 A 係數及 B 係數

編號	W1 (Hz)	A 係數	B 係數
21	630	68.43262	144.8141
19	100	57.63876	0
12	125	68.77122	137.7408
5	100	51.99738	0
2	100	51.59516	0
17	100	56.13655	0
9	125	63.0431	132.5408
14	100	71.16531	0
16	100	59.58445	0
13	100	57.73268	0
3	100	55.84756	0
20	125	69.27547	144.3408
6	160	78.86948	147.8099
4	125	80.72771	144.1476
8	100	59.50807	0

(資料來源：本研究整理)

經由所得之 A、B 係數值配合三段式理論，即可得到修正後之各例子之理論公式，所得之結果經與原實測結果透過損失值比較如下各圖

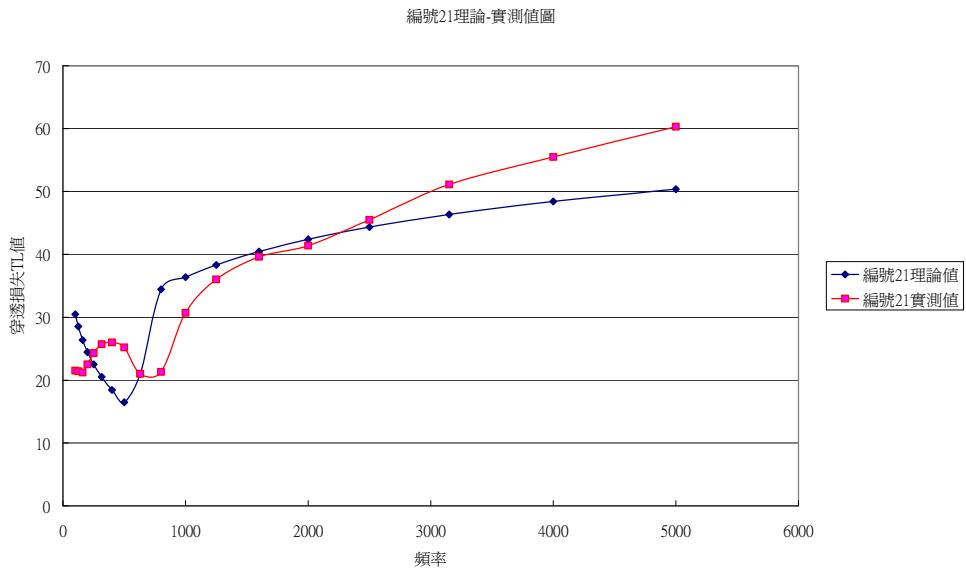


圖 4.19 編號 21 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

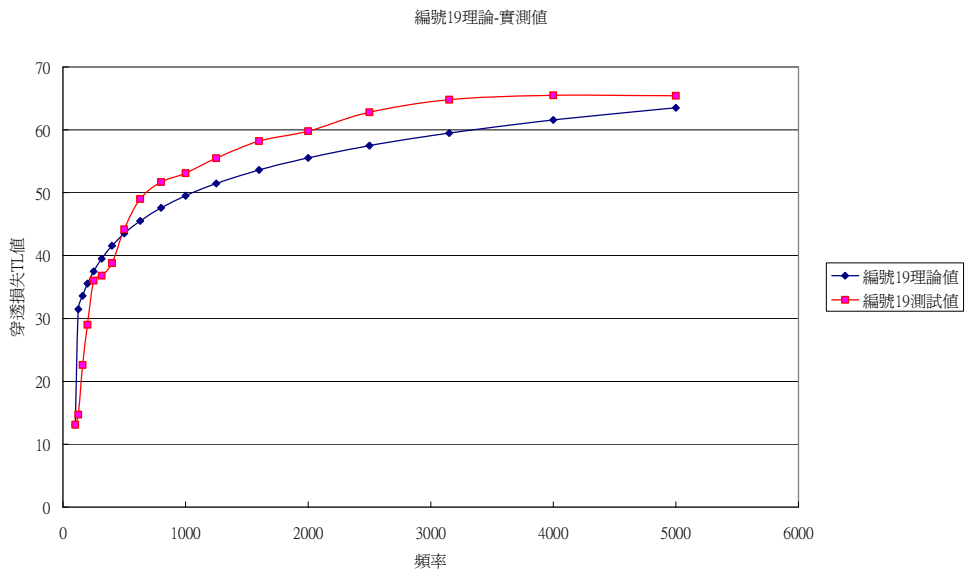


圖 4.20 編號 19 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

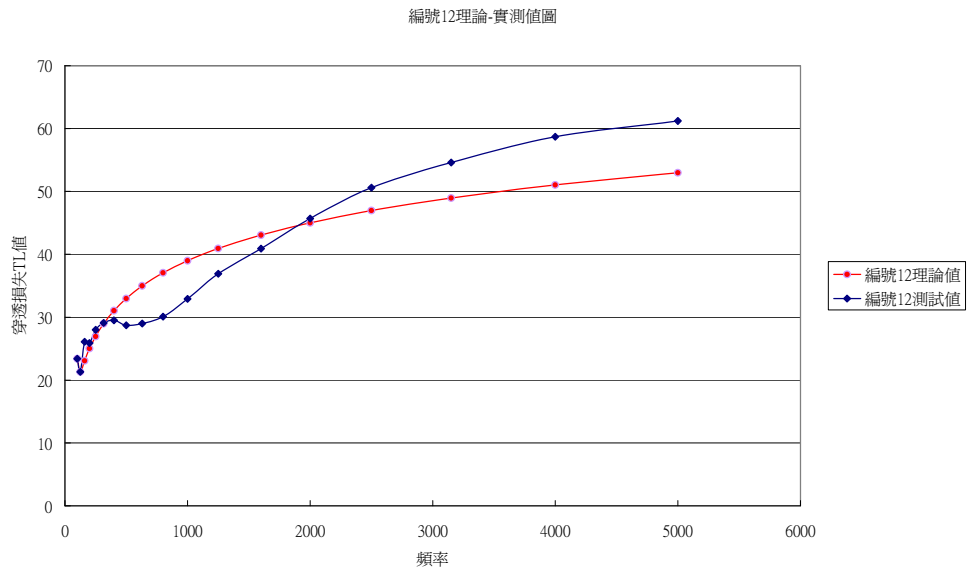


圖 4.21 編號 12 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

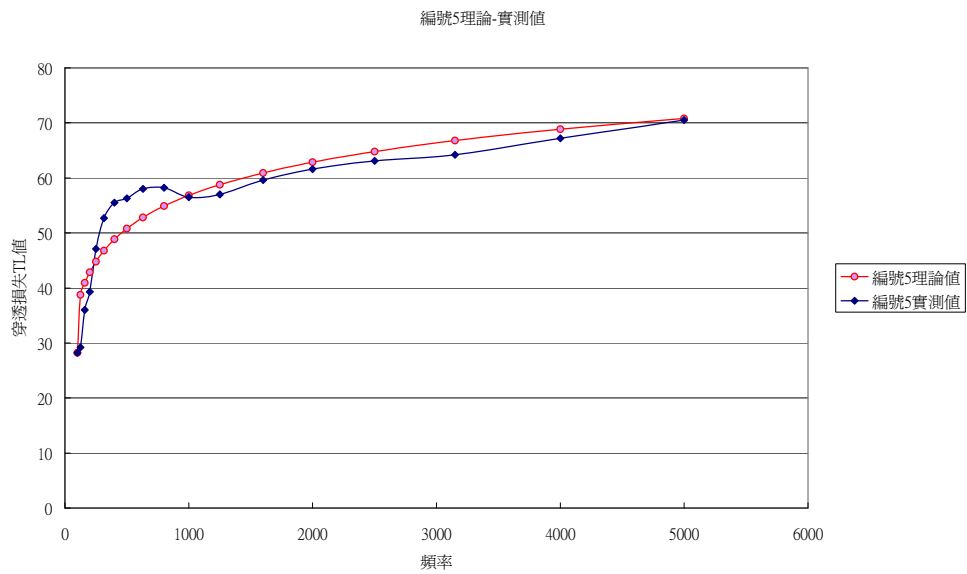


圖 4.22 編號 5 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

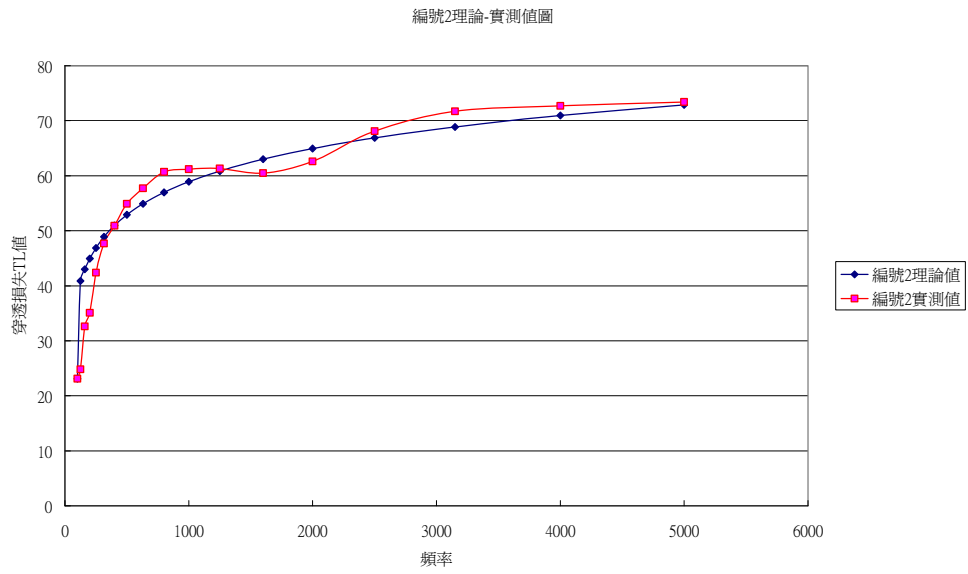


圖 4.23 編號 2 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

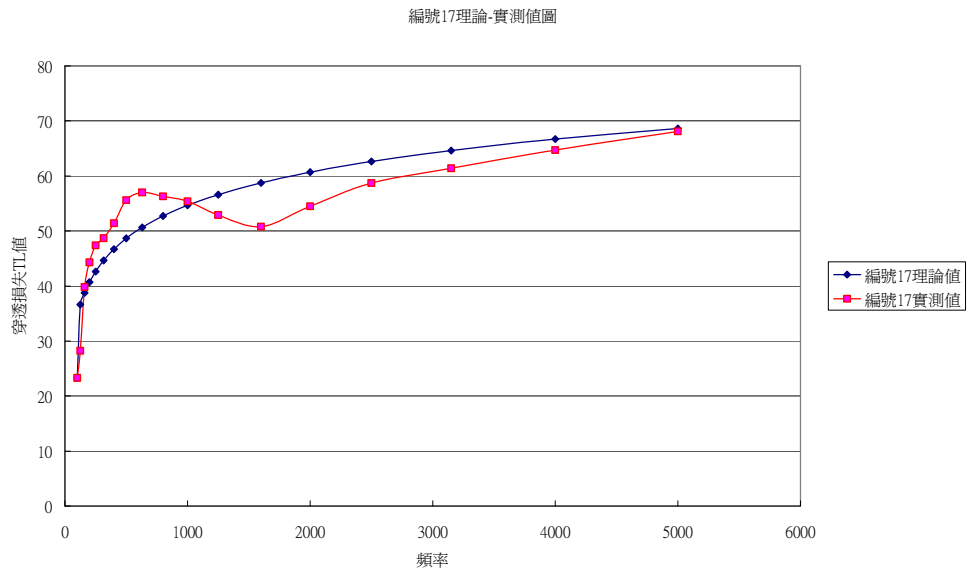


圖 4.24 編號 17 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

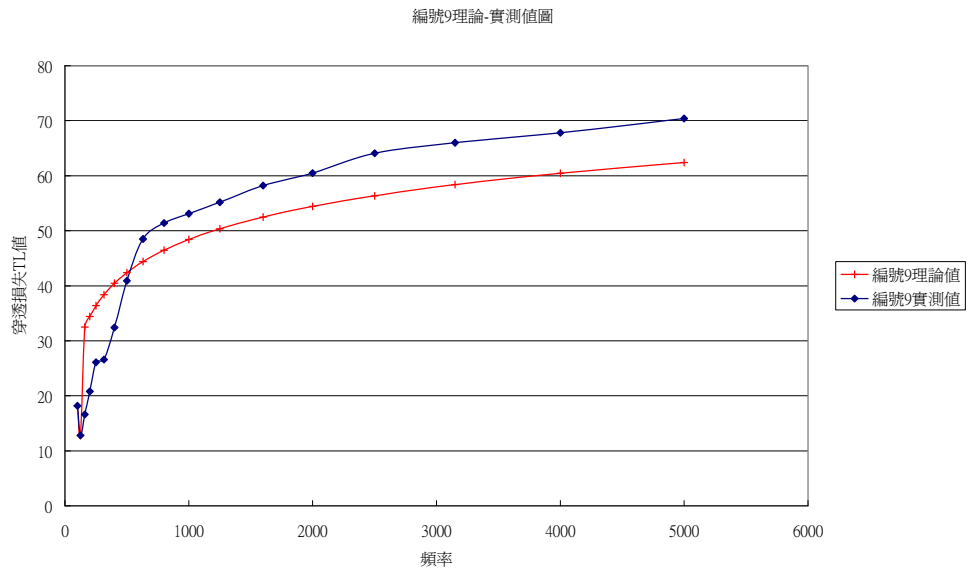


圖 4.25 編號 9 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

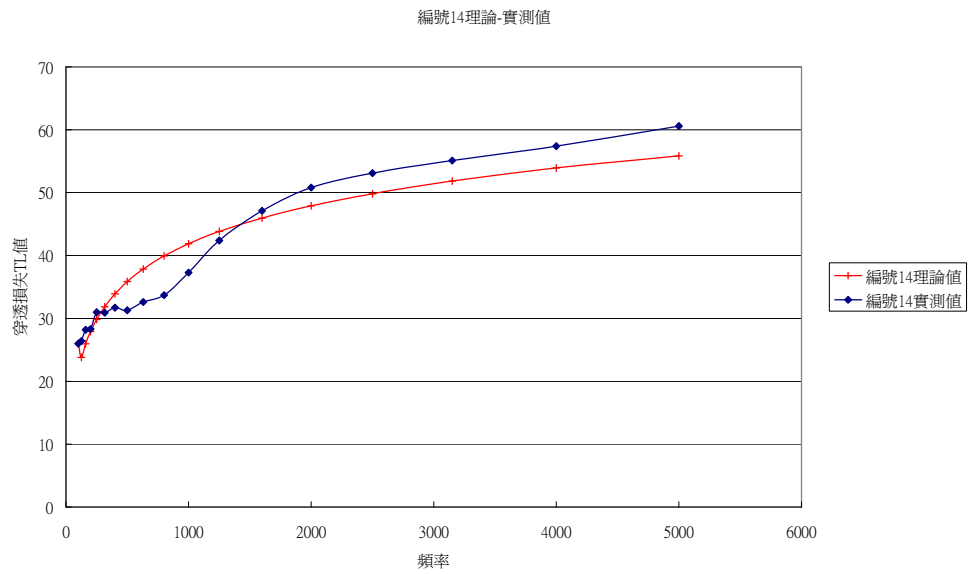


圖 4.26 編號 14 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

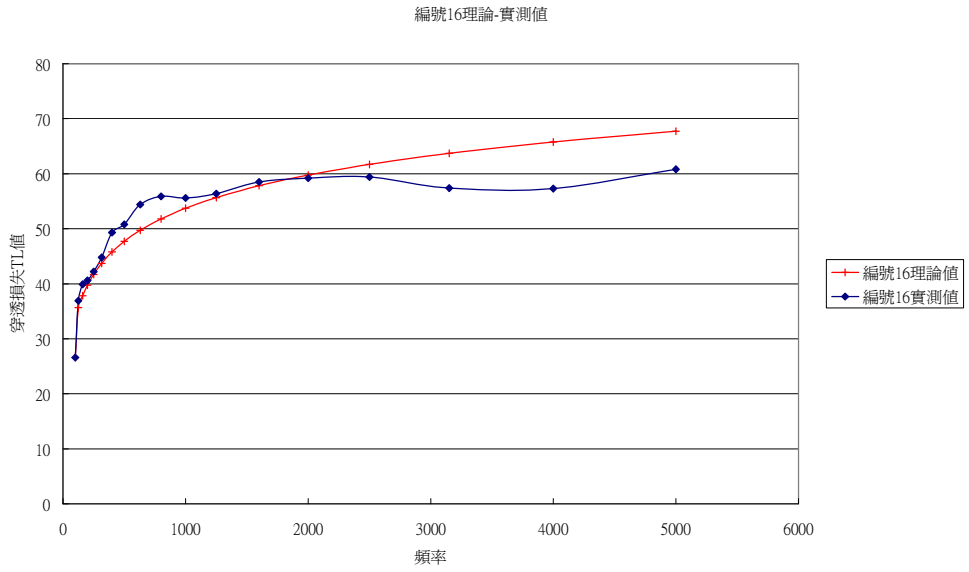


圖 4.27 編號 16 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

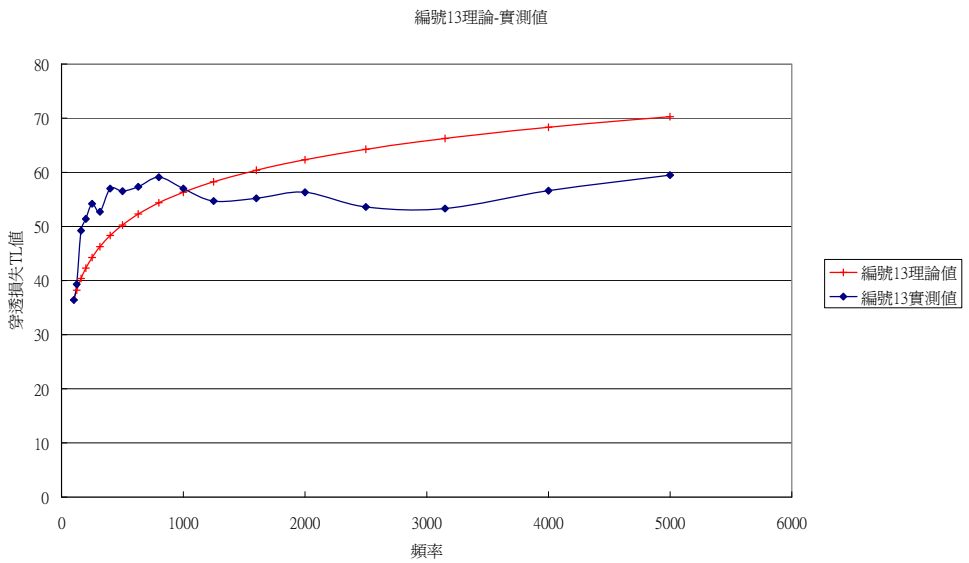


圖 4.28 編號 13 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

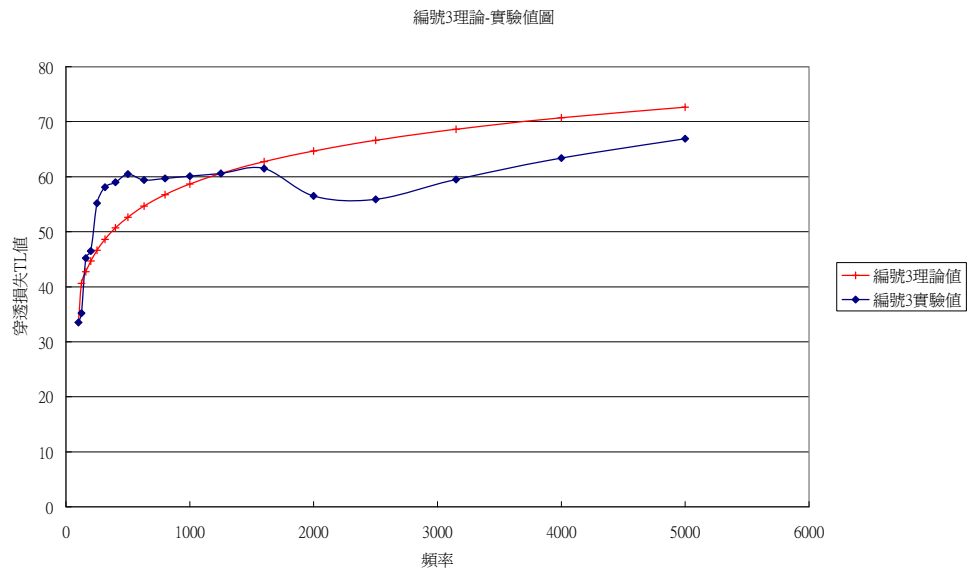


圖 4.29 編號 3 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

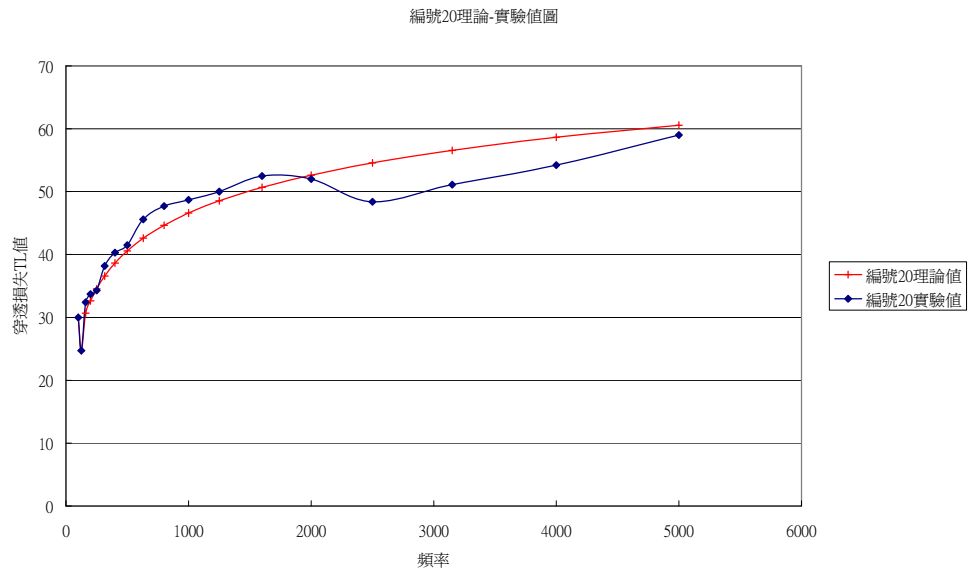


圖 4.30 編號 20 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

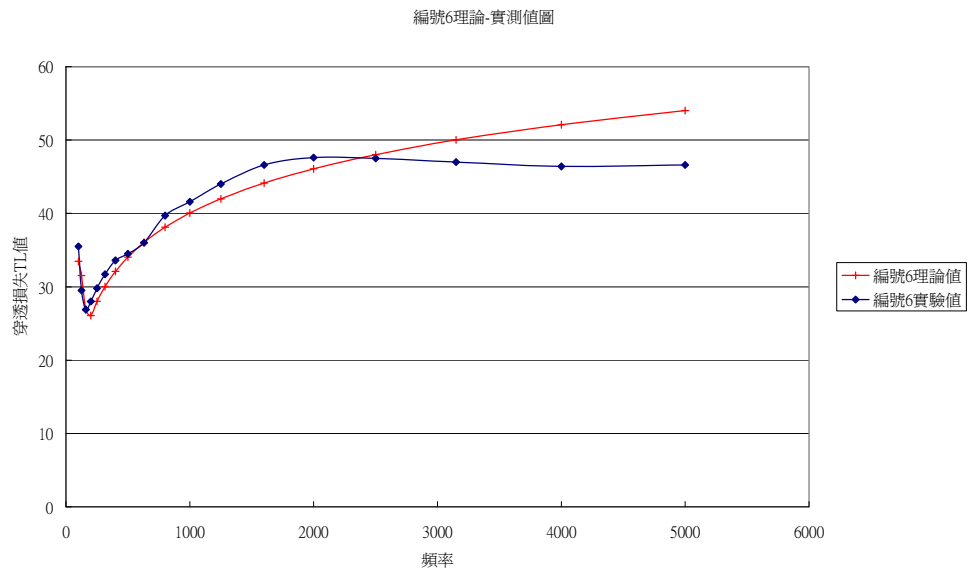


圖 4.31 編號 6 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

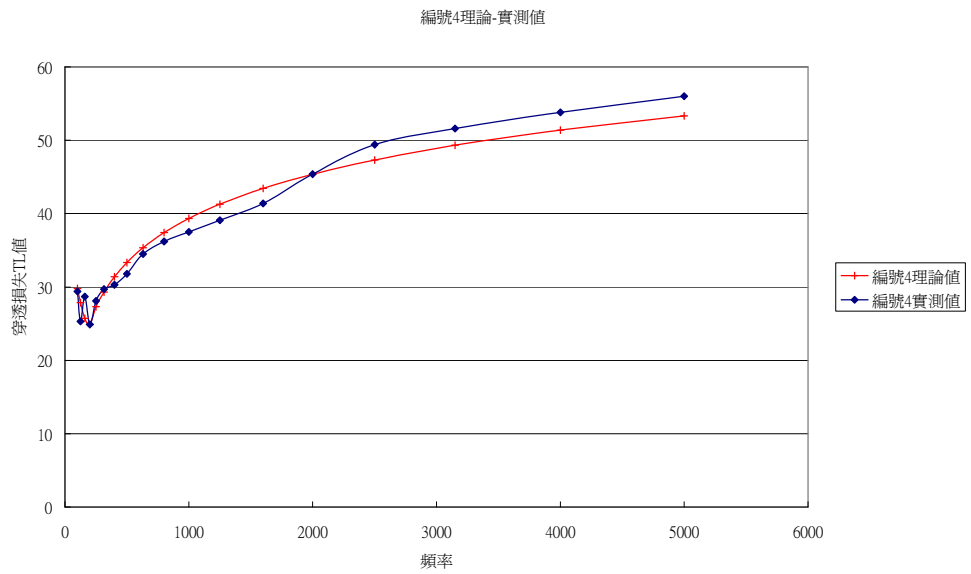


圖 4.32 編號 4 試件修正理論-實測值比較圖
(資料來源：本研究整理)

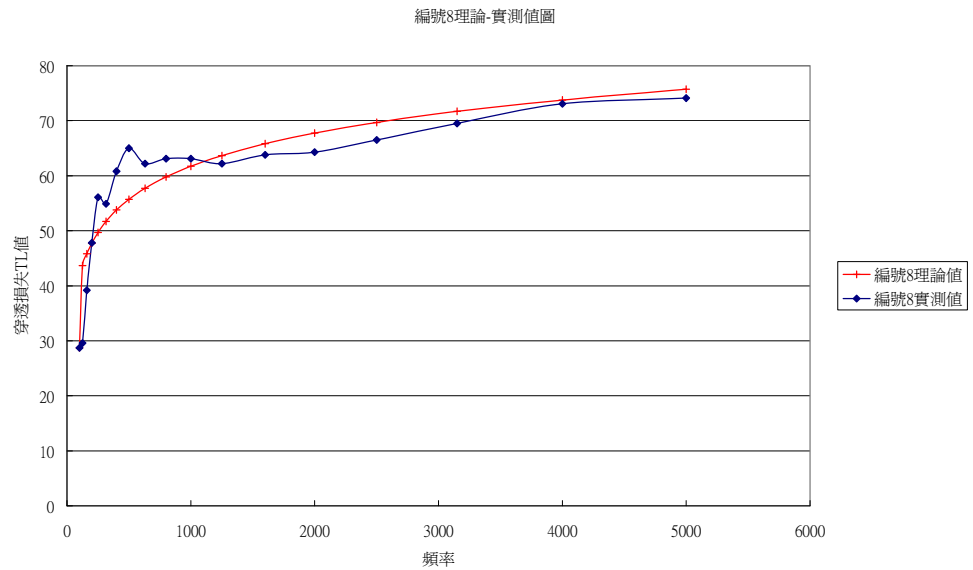


圖 4.33 編號 8 試件修正理論-實測值比較圖

(資料來源：本研究整理)

經由實驗資料回饋後修正理論預測所得之透過損失曲線，與前面質量率之結果比較已有顯著改善而接近實測結果，且因於共振頻率以上之質量控制區域其透過損失線型較為平滑，故修正理論值與其比較趨勢差異不大，其中編號 5、2、4、8 則其理論與實測結果吻合度接近，而於共振頻率 w_0 以下之勁度控制區域因曲線變化較為劇烈且有部份實測資料共振頻率不明顯，故於第一階段初始決定共振頻率時較無法準確得到其值，但部份案例如編號 19、20、6、4 等於此低頻區域理論與實測結果較為接近。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究整理音響實驗室關於隔音牆之檢測資料，共包含隔音牆 44 件，並將各種形式之構件基本資料及構造簡圖整理列出，包含各構件由實驗室採用標準之 ISO140-3、ASTM E90 等標準規範之實測結果，後續並簡易比較 ISO 與 ASTM 測試規範之差異處，同時藉由歷年檢測資料整理結果可提供目前國內實際使用之建築構件性能資料，由於各件之構造物皆為國內實際檢測之案例，相關各種構造隔音性能資料可供實務上設計參考。

本研究嘗試依各種隔音構件之性能實測結果，依照其影響之因子進行直線迴歸統計分析，以探討各影響因子與最後之性能結果是否有關聯性，經由分析後發現於牆體部分隔音性能與牆體厚度、單位面積重及內填充層厚度均呈現正比之關係，且三者間關係呈現類似之性質，其中又以牆體厚度關係較為明顯。

理論值與實測值比較分析部份，首先利用歷年實測結果中有之單位面積重部份之資料，代入單層板之質量率理論公式與實測結果進行分析比較，經比較後發現單層板之質量率理論公式所預測之隔音性能結果較為高估，尤以較低頻率部份為甚，為改善此情形後續部份改採用勁度—共振—質量控制三段分析理論，並由實驗所得之透過損失曲線先決定出共振頻率值，並由實驗資料回饋結合理論公式求得修正之 A、B 係數後，得到各案例之三段式修正理論公式，經比較修正後理論式之預測值與實測結果，發現理論與實驗值之透過損失曲線趨勢及各頻帶透過損失值接近，於各頻帶區域皆較原本質量率理論之預測值準確。於應用上由各案例得到之修正理論式，即可簡單的預測各案例之牆體個頻帶透過損失性能值，若需進行性能改善亦可由所得之修正理論式進行改善後之先期性能預測，預先估計改良後之牆體隔音性能。

第二節 建議

建議一

立即可行建議：統計分析中之案例數量目前為44件，未來可持續增加案件之實測資料庫。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

由於隔音牆體之構造物大部分皆為複層式構造，且其中組合多種複雜之硬、軟質材料，造成各種因子諸如牆體骨架勁度、表面材之類型、單位面積質量及聲場與構造物互制等多種因素皆為影響隔音牆之性能因子，目前本研究之統計分析結果，共取用實際隔音牆體檢測案件44件進行分析，且具有其採用ISO及ASTM規範之實測之性能資料與構造簡圖，且各案例皆為國內實際使用之隔音建材資料，建議未來可持續擴充相關檢測資料庫，累積更多實測資料以供實務應用。

建議二

中長期建議：複層隔音牆理論與實測值比較上，可綜合實測結果進行更進一步之理論探討，以增進理論值之精確度。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

目前採用之勁度—共振—質量控制三段分析理論，檢視分析結果與實測結果比較後，發現於較低頻之勁度控制部份尚有偏差值，由於該區域頻率牽涉到共振效應曲線震盪較大，故透過損失曲線較為複雜，另高頻之質量控制區域目前理論模式未考量巧合（Coincidence）共振效應，建議未來可考量此效應之影響量以增加高頻區域之準確度。

附錄一

自行研究計畫期中審查會議紀錄

一、時間：99年8月20日(星期五)上午9時30分正

二、地點：本所簡報室

三、主席：鄭組長元良

記錄：林招焯等

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究計畫簡報：(略)

八、出(列)席人員發言要點：

(一)「牆面立體綠化技術現況調查之研究(1/3)」案

李組長中原：

1. 第二章之立體綠化概述建議濃縮為一節，原第三節可另置於第三章，並由立體綠化進一步深入探討牆面綠化的功能、意義、形式、種類及其植物品質與架構等問題。
2. 國外牆面綠化之解析可否增加政策(規定、獎勵、稅制等)及國外相關網站推動牆面立體綠化的作法。
3. 提供錫瑠基金會去年辦理節能減碳綠工法—綠屋頂及綠牆交流討論及推廣展示活動資料一份，內有王銘琪組長所撰「立面綠化植生綠牆之發展淺介」一文供參。

周教授鼎金：

建議後續能搜集牆面綠化對於室內降溫效果之實測等相關研究數據、圖表，以供參考。

陳教授炯堯：

1. 報告書內有關立體綠化建構工法之資料收集較為缺乏，建議適當修正研究內容。
2. 建議從基本資料中整理數據，如綠化允許面積、溫度調整量、保水計算等在水平面與垂直面上的比較，尤其應著重

成本與效益評估模式之建立。

3. 論文引用請於文中註明。

鄭教授明仁：

1. P.8「有研究顯示實施立體綠化的建築物的室溫比無立體綠化建築物的室溫要低2—3°C」建議加註相關研究之來源出處。
2. 國外案例採格式化方式表達，立意甚佳；建議未來國內案例亦採格式化方式呈現，且格式內容可再酌增基本資料(如：地點、建案名稱、植栽種類特性等)。
3. 文中P.10坡面、台地綠化，有較佳的案例(如水里玉管處旁的堤防綠化)相片會更好。

蕭教授江碧：

1. 本報告列出立體綠化的十二種形式，牆面綠化是十二種之一，本題目既然是牆面綠化技術，就無需花太多內容提到其他類型的綠化。
2. 國內之案例有台北科技大學、台南遠東集團之宏遠興業股份有限公司之綠化可做參考。

本所一

鄭組長元良：

建議就國外牆面立體綠化案例之澆灌水源、支撐架構之安全性及排水方式進行瞭解。

執行單位回應要點：(高嘉隆副研究員)

1. 有關引用論文部分，將於期末報告中加入出處。
2. 未來國內案例將比照國外案例，採格式化方式呈現，並依委員意見增加基本資料(如：地點、建案名稱、植栽種類特性等)。
3. 本研究後續將參考審查委員意見，蒐集彙整國內立體綠化案例之現況訪查資料，以提出牆面立體綠化技術調查之結果。

(二)「生態城市綠建築深耕策略之研究」案

周教授鼎金：

1. 本研究初步結論指出生態城市綠建築推動方案等計畫之執行，必須聚焦才能展現成果，此項觀點值得後續推動之思

考。

2. 不論後續政府政策是否繼續推動本方案，經過分析研究，提出有關策略，均能提供綠建築與永續發展相關研發之參考，期望能朝有參考價值之成果去完成。

陳教授炯堯：

1. 城市之綠化是否應考慮配合本國對坡地開發限建之相關議題，以工法為主之策略似乎是本研究探討主題，但都市計畫與建築法方面也可進行比較。
2. 神戶市之都市構成特色應加強檢討。

鄭教授明仁：

1. 生態城市與低碳城市有相互關連性，但生態城市的意涵確實比低碳城市重要，值得深入研究與優先推廣。
2. 在政策策略方面，個人認為都市計畫最重要也應優先改造推動，舊思維的都市計畫早已無法適應當前及未來的生態城市內涵與永續思維。
3. 台灣的公園綠廊連結值得列為策略之一。
4. 綠建築設計獎勵亦應列入策略之一。

蕭教授江碧：

1. 目前低碳社區正由環保署進行研究，將來每一縣市有一示範計畫，亦希望利用不同資源加以補助執行示範計畫，低碳社區內容包括綠建築、生態環境、低碳生活、交通等，已包括所謂之生態社區內容，上開部分未來行政院資源應會朝環保署挹注。
2. 建研所（或內政部）宜著重於生態都市之大範圍研究及執行，都市大範圍之公共設施部分可先進行，再進行既有建築物之改善，這樣可向行政院提出後續之方案。
3. 生態城市可包括都市計畫之修改，都市更新、公共設施之建設及獎勵民間綠建築之改善及都市森林等，範圍廣泛，宜由行政院成立方案執行之。

執行單位回應要點：（陳伯勳簡任研究員）

1. 神戶市之都市構成特色部分後續將蒐集相關資料，並加強探討。
2. 生態城市對於都市計畫及都市設計法令研修方面，目前營

建署已在進行，後續研究將增加討論說明。

3. 因本研究人力時間有限，後續將參考審查委員意見，蒐集與生態城市執行層面較相關之資料進行探討，以提出方案策略建議。

(三)「各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究」案

中華民國音響學會：

1. 目前之案例實測成果資料，建議能蒐集國內外相關實驗室之檢測資料，進行資料間比對。
2. 報告書中各試體圖說之玻璃厚度、填縫形式等標示方式可依業界常用方式標註，另圖面資料建議可有平面、剖面及立面等各向圖面較為清楚。
3. 建議文中引用之測試標準加註年份，另構造骨架形式亦會影響隔音性能，建議進行分類。

周教授鼎金：

有關報告書圖示中之縱軸隔音量應標明單位。

陳教授炯堯：

1. 為了使應用者能清楚快速檢索各類型隔音牆之性能值，若資料之歸納能依照隔音能力進行分類為更佳。
2. 報告中牆體隔音性能資料主要分為 ISO 規範測得之 R_w 值，與 ASTM 規範測得之 STC 值，兩者間之差異性可否補充說明？
3. 目前迴歸分析中如面密度、牆體厚等各項影響因子，其樣本數量建議增加，以增進分析結果合理性與精確度。

鄭教授明仁：

1. 本研究雖為以隔音牆為主之研究，若能加入牆體隔熱之性能部分，則研究成果對使用者來說將更具參考價值。
2. 建物外牆與內牆之性能要求不盡相同，目前之案例範圍是否對外牆及內牆進行區分？

蕭教授江碧：

1. 本案期中結論中比較單層板理論值與實測值兩者間差距，發現理論值所得結果較為高估需進行相關修正，此部份之修正方式未來是否將列入報告書中？
2. 目前比較分析案例中除隔音牆外另有窗及門之案例，建議

本案題目可將窗與門包含在內。

3. 除了目前之實驗室實測資料外，可加入其他實驗室之測試結果來分析比較。

本所一

鄭組長元良：

1. 關於隔音牆之性能影響因素部分，建議加強文獻蒐集，以釐清主要之性能影響因子。
2. 目前分析結果中包含窗戶與門之結果，此部分資料是否能與研究主題切合？

執行單位回應要點：(林招焯副研究員)

1. 關於實測資料案例部分，將蒐集國內外相關實驗資料文獻並納入後續比較分析中，以增加合理性與精確度。
2. 文中之圖面及圖形座標軸標示等將依意見修正，所用之規範將補充年份資料。
3. 實測資料之分類將改以隔音性能等級進行分類，以利未來成果應用性，另本研究以隔音牆性能分析為主題，關於隔熱性能及窗戶與門部分，非屬本次研究範圍故暫不納入。

九、會議結論：

- (一) 與會專家學者及出席代表意見請研究單位參採，於期末報告回應，並如期如質完成研究計畫。
- (二) 本次會議3案期中報告，經審查結果原則通過，請計畫主持人持續管控研究時程與執行進度。

十、散會(中午 12 時 20 分正)

附錄二

自行研究計畫期末審查會議紀錄

一、時間：99年12月10日(星期五)上午9時30分正

二、地點：本所簡報室

三、主席：鄭組長元良

記錄：林招焯等

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究計畫簡報：(略)

八、出(列)席人員發言要點：

(一)「牆面立體綠化技術現況調查之研究(1/3)」案

中華民國全國建築師公會代表：

1. 本年度研究內容建議增加各案例方位及費用之蒐集，俾供更具實際參考價值。
2. 第二年計畫建議整併第三年計畫，第二年(100年)計畫內容含：
 - (1) 工地圍籬之分析—使用水源、取代鐵圍籬之可行性、廢棄物之產生與處理方式、提高綠化遮蔽率及降低設施物之視覺效果與分析有遮蓋及無遮蓋區域之植栽手法。
 - (2) 工法效益應扣除設施物所產生之CO₂排放量。
 - (3) 各立體綠化工法之設置成本、維護管理之分析。
 - (4) 依都會地區與鄉村地區，提出不同工法之效益分析。
3. 第三年(101年)研究內容建議為國內各案例綠化生長狀況之追蹤評估，並提出建議事項。

林教授芳銘：

1. 本研究立體綠化資料蒐集豐富完整，並已進行適用性比較分析，具有實際應用之參考價值。

2. 建議後續研究繼續進行各項具體效益(例如節能、景觀)之比較分析。

周教授鼎金：

1. 已完成國內外案例蒐集與分析，研究成果具有參考價值。
2. 後續建議進行維護管理相關課題之研究，供相關單位應用參考。

陳教授炯堯：

本案雖已訂定目標為提供修正綠建築解說與評估手冊綠化指標之參考，但整體論述內容缺乏與現行綠建築評估指標之連結，如基地保水或綠化量等指標之計算內容。

梁教授漢溪：

1. 工地圍籬綠化乃屬臨時性綠化，與永久性牆面綠化應有區別。
2. 本研究係屬延續性計畫，未來宜先界定主軸，即考量研究方向為維護管理與效益成本分析，或穩定性與安全性之探討等。
3. 建議提供營建署法令修正之方向，如綠建築基準專章或建築外殼耗能檢討。

蕭教授江碧：

1. 研究成果稱立體綠化分 12 種應用形式，惟本研究名稱為牆面綠化，與上述 12 種有何關聯。
2. 所舉牆面綠化 6 種形態，應否包括離牆面有足夠通風功能之花架式綠化。
3. 不同案例是否可再加強牆面綠化之功能。
4. 本計畫為三年期之研究計畫，本年度應屬第一年，請說明本年達到之成果及三年計畫中每年成果為何。

本所一

鄭組長元良：

1. 建議蒐集各案例之通風及採光情形，以分析各牆面綠化植栽對建築通風及採光之影響。

2. 本研究第 2 年部分，除進行牆面立體綠化工法之分析外，同時應提出適宜栽種之植物以供參考。

執行單位回應要點：(高嘉隆副研究員)

4. 立體綠化包括牆面綠化、屋頂綠化、籬笆與欄杆綠化等 12 種常見的形式，而立體綠化又可分為直接攀援型、支架攀援型、盆栽框架型等 6 種型態。
5. 明年度將進行牆面立體綠化工法之分析，屆時會考量各工法單位面積之成本、通風與採光之情形及提出適宜栽種之植物，以供參考。
6. 至於各種工法之效益比較分析與後續維護管理問題，將於第三年度的研究內容中分析討論。

(二)「生態城市綠建築深耕策略之研究」案

中華民國全國建築師公會代表：

建議整併「生態城市」、「低碳城市」、「生態社區」、「低碳社區」之實施內容於同一個表格，並定義四個名詞之內涵，區分異同，以提供各主辦單位分工、協調之參考，並避免浪費有限之資源。

林教授芳銘：

本研究相關文獻資料蒐集完整，並已完成生態城市綠建築執行成果彙整分析及現況訪查，符合預期成果，結論與建議具參考價值。

周教授鼎金：

1. 資料蒐集完整，也進行深入分析，研究成果具參考價值。
2. 生態城市與生活品質兩者之相關性，以及生態城市發展對生活品質之影響，值得後續繼續探討。
3. 第 89 頁智慧綠建築推動方案已經通過，內文所述仍未通過建議修正。

陳教授炯堯：

1. 文獻回顧章節建議移至第 2 章，生態城市與低碳城市定義建議改列前面章節。
2. 國外經驗資料是否可歸納國內最易執行之項目。
3. 建議將本研究成果提供國內建築相關科系教育單位參考。

梁教授漢溪：

1. 生態城市綠建築推動方案 100 年結束，目前宜先就整合成果研提相關法令配套建議，以利後續推動。
2. 更有效率的生態城市或綠建築亦可考量為未來研究方向。
3. 生態城市綠建築仍應有示範區或示範街道之規劃，以強化研究成果。

蕭教授江碧：

1. 生態城市綠建築宜著重於都市公共設施之綠建築化，及鼓勵民間社區加強綠化及公共設施之綠化。
2. 都市公共設施(公園、道路、學校、綠地、風景區)是政府可控制之綠建築化，包括雨水再利用(兼具滯洪效果)、綠化、生物多樣性及森林公園、具透水效果之雨水下水道、人行道等。
3. 台灣大部分都市地區都有都市計劃，其通盤檢討之空間有限，政府公有地又不願提供出來，應將綠建築列入都市設計規範最為重要。
4. 智慧綠建築推動方案雖無公共工程需申請標章之規定，但可要求行政院以行政命令方式辦理。

本所一

鄭組長元良：

本研究應將推動策略增列 1 章或 1 節說明，而非列於結論與建議。

執行單位回應要點：(陳伯勳簡任研究員)

1. 本研究章節將依委員建議進行調整。
2. 另將依委員建議之可辦理項目，增列於後續推動策略內容。
3. 目前各界對生態城市、低碳城市及低碳社區並無統一之定義，將於適當章節說明。
4. 其他委員建議部分將於報告中回應。

(三)「各類型隔音牆隔音性能實測結果之比較分析研究」案

林教授芳銘：

1. 目前已彙整隔音牆性能測試資料具實務設計參考價值，有助國內隔音法規之制定。

2. 文中 TL 值文字請統一為透過損失，另 STC 為等級值無單位請修正。
3. 構造圖說內之填充綿 K 值及建議增列細部剖面圖，以使讀者清楚明瞭。
4. 建議可補充目前國內仍使用之砌磚牆部分實測資料以供參考。

周教授鼎金：

1. 本案已完成預期內容，研究成果具參考價值。
2. 目錄第 1 章序論應修正為續論，另參考文獻內容應納入第 5 章不需獨立。
3. 第 79 頁表 4.3 應為表 4.4。
4. 關於質量率之探討是否需為同一種構造，請補充說明。

陳教授炯堯：

1. 文中使用之專有名詞，請參考標準檢驗局頒定之名詞。
2. 第 2 章建議增列數學公式符號索引表，以利閱讀。
3. 第 71 頁圖 4-7 除 ISO 測試結果外仍列出 ASTM 部分資料，由於研究內容已有 ASTM 與 ISO 結果轉換，建議全部採用 ISO 測試結果即可。
4. 三段式理論分析中隔音牆共振頻率須由實測成果得到，是否於測試前預作分析取得此值。

梁教授漢溪：

1. 目前實測分析成果為採單一變數，建議宜先排除其他變因，或考量採多變數迴歸分析以增加準確性。
2. 建議補充說明 ASTM 與 ISO 測試結果之間轉換與差異分析之用意，以使讀者完整瞭解。
3. 三段式理論與實測結果比較成果精確度已較質量率改善，建議未來可加強低頻部份之精確度分析，將更具價值。

蕭教授江碧：

本案內容除實測結果外亦採用相關理論分析，建議可於研究目的中說明。

執行單位回應要點：(林招焯副研究員)

1. 專有名詞將參考國家標準名詞修正，另牆體細部圖及填充材料參數將依委員意見補充。
2. 關於隔音牆不同測試規範之實測結果轉換與比較之目的，

將於報告補充說明，另部分圖表編號及參考文獻將再做調整與修正。

3. 研究採用之隔音牆體共振頻率需由實測結果得到，未來將朝分析前可簡易預測牆體共振頻率值方向研究。

九、會議結論：

- (三) 本次會議 3 案期末報告成果大致符合預期，經審查結果原則通過。
- (四) 請詳實記錄與會專家學者及出席代表意見，並請計畫主持人參採修正及確實依部頒研究計畫格式完成成果報告。

十、散會(中午 12 時 20 分正)

參考書目

1. 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學會學術研討會, 中華民國九十四年十一月。
2. 林招焯、楊閔隆、林信宏、林霧霆、蔡介峰、郭清香, 音壓法隔音材隔音量測標準書, 98年10月6日。
3. 白明憲, 工程聲學(修訂版), 全華圖書股份有限公司, 2008
4. DAVID S. MOORE, 實用統計學第二版, 科大文化事業股份有限公司, 91年4月
5. CNS15160-3, 聲學—建築物及建築構件之隔音量量測—建築構件空氣音隔音之實驗室量測, 97年1月修訂
6. Frank Fahy, Paolo Gardonio, Sound and structural vibration, Amsterdam ; London : Elsevier/Academic, 2007
7. ALBERT LONDON, "Transmission of Reverberant Sound through Double Walls", J.Acoustic.soc.Am.Vol.22 ,pp270-279
8. Lawrence E kinsler, Fundamentals of Acoustics ,4thEdition, John Wiley & Sons,Inc
9. 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
10. ISO 717-1, Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation, 1996
11. ASTM E-90-99, Standard test method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of buildings partitions and elements.
12. ASTM E-413-04 , Classification for Rating Sound Insulation.