

## 具置物機能之聲學擴散板散射性能量測

### Measurement of Sound Scattering Coefficient of Acoustical Diffuser with Setting Function

林芳銘<sup>1</sup>、葉柏宏<sup>2</sup>、林玉卿<sup>3</sup>、江哲銘<sup>4</sup>、賴榮平<sup>4</sup>

#### 摘要

聲學產品是室內聲場影響因子之一，本研究開發「聲學擴散板」之衍生產品，並依 ISO 17497-1:2004 聲音散射係數量測方法於成大建築音響實驗室進行測試，獲得其散射性能數據以作為室內聲學裝修設計之參考。實驗結果顯示本研究開發具置物機能之聲學擴散 CD 架之散射係數測試在中低 (200 ~ 500 Hz) 及中高頻 (630 ~ 1.6k Hz) 平均產生高於 0.5 之散射效果，最佳散射效果為 0.88 及 0.85 分別在 400 及 500 Hz 兩個中心頻率產生。此結果顯示擴散 CD 架與聲學擴散板有類似散射效果，有助於改善聆聽室內聲壓之均勻性。

**關鍵字：**聲學擴散板、散射係數、擴散 CD 架

#### Abstract

Acoustics product was one of the influence factors of sound field. The subject for developing acoustics panel with function was studied in this research. Experiment of the scattering coefficient effect according to ISO 17497-1:2004 was carried out in NCKU. The results provided the products scattering data for acoustics design and interior decoration. Results showed the scattering coefficient of acoustics CD diffuser on low-mid frequency (200~500 Hz) and mid-high frequency (630~1.6k Hz) were over 0.5, the highest peak values were 0.88, 0.85 at 400 and 500 Hz. According to the results of simulation, CD diffuser was helpful to improve the sound quality in the indoor environment.

**Keywords:** Acoustical diffusers, Scattering coefficient, CD diffuser

---

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學木材科學與設計學系副教授

<sup>2</sup> 國立成功大學建築系博士生、國立屏東科技大學碩士

<sup>3</sup> 國立屏東科技大學木材科學與設計學系碩士生

<sup>4</sup> 國立成功大學建築系教授

## 1. 前言

擴散板材是室內聲場影響因子之一，擴散材之散射性能須經檢測才能確保其具有散射性能。本研究團隊依散射量測研究建立的材料散射性能分析基礎，對於聲學產品散射性能評估與產品化的設計流程有初步成果。本研究承續既有研究並開發「聲學擴散板」之衍生產品，並依照 ISO 17497-1 標準散射係數量測方法來進行性能測試，提供具有公信力的效能數據作為設計室內聲學產品及裝修配置之參考。

## 2. 材料與方法

### 2-1 測試環境

本研究之隨機入射聲音散射係數於成功大學建築系迴響室進行測試，試驗室為不整形六面之幾何空間，室容積  $171.6 \text{ m}^3$ 。試材、底板與轉盤之構成如圖 1 所示。參考 ISO 17497-1 規定迴響室容積與試材比率之計算，試材製作之縮小倍率 N 值為 2，亦即為 1/2 縮尺模型，底板置於自動旋轉之轉盤上。每組試材散射係數量測採用 2 個聲源位置 (A、B) 與對應之 6 個麥克風位置 (A1-3、B1-3) 進行 6 次量測，求其平均值，如圖 2 所示。

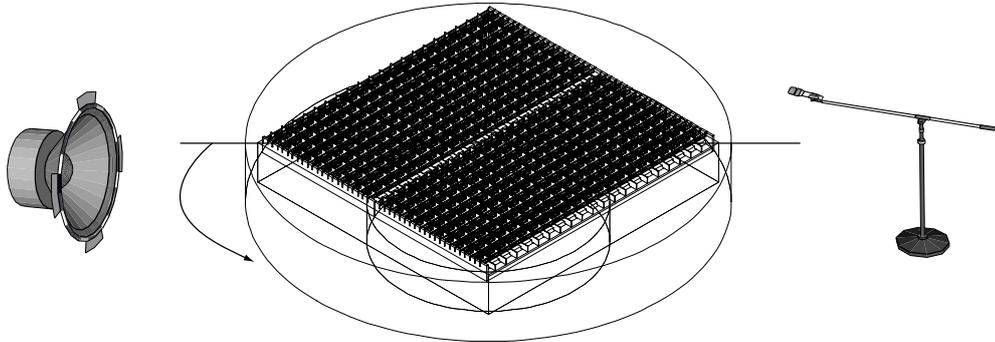
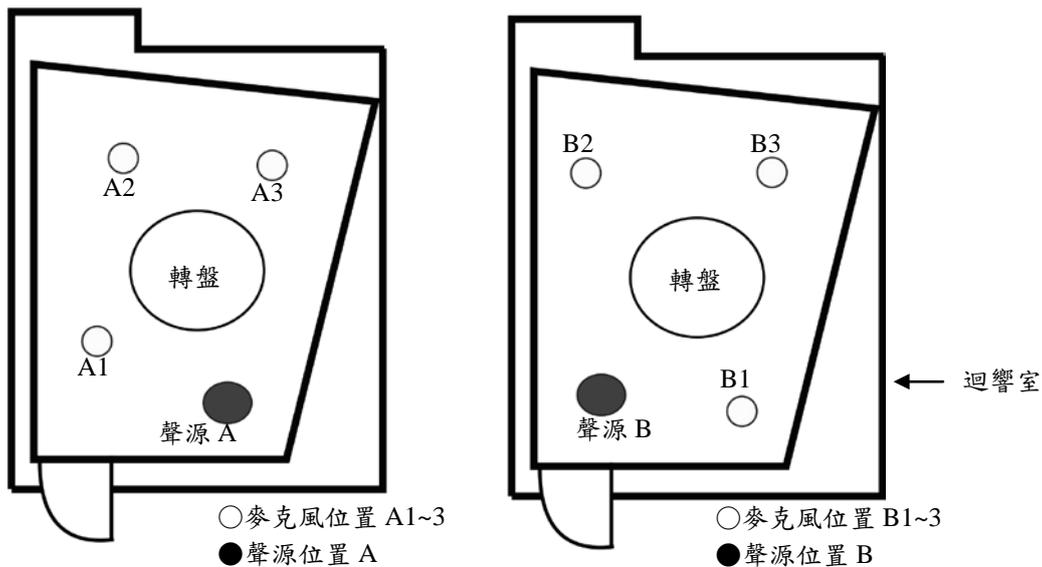


圖 1 試材、底板與轉盤



本研究散射係數量測之迴響室內之試材、聲源與麥克風位置示意圖，接收聲音

訊號之麥克風以及雙頻道分析儀等設備。

表1 實驗儀器

名稱	型號
雙頻道分析儀Real Time Analyzer	01dB Symphonie
麥克風Microphone	01dB MCE212
校正器Calibrator	01dB CAL21S
功率放大器Amplifier	B&K PRE 21A
聲學12面體喇叭Sound source	B&K OS002

## 2-2 散射係數之量測

依據ISO17497-1散射係數之量測，以無測試樣品及有測試樣品分別進行測試，以得出 $T_1$ 及 $T_2$ 迴響時間。使用2個聲源位置和3個麥克風位置，藉此產生總共6次量測。將個別位置得到之各個迴響時間作算數平均數，即可求得迴響時間。以連續方式轉動轉盤及底板(但不含測試樣品)，所得的量測結果為迴響時間 $T_3$ 。如果含有測試樣品，其量測結果為迴響時間 $T_4$ 。經由 $T_1$ 及 $T_2$ 之條件可計算隨機入射吸音係數，由 $T_3$ 及 $T_4$ 可得知隨機鏡面吸音係數，最後帶入公式(1)中可得到隨機入射散射係數 $s$ 。

$$s = 1 - \frac{1 - \alpha_{spec}}{1 - \alpha_s} = \frac{\alpha_{spec} - \alpha_s}{1 - \alpha_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $s$ 為隨機入射散射係數

$\alpha_s$  為隨機入射吸音係數

$\alpha_{spec}$  為隨機鏡面吸音係數

## 2-3 邊緣效應之防止

為有效防止邊緣效應之產生影響測試數據的正確性，所以必須採用嵌入式的方式避免因試材邊緣角度與聲源之散射作用產生大於1的散射係數，本研究利用壓克力為鏡面反射外框，藉由封閉試材邊緣以穩定測試環境。

## 2-4 測試模型與變因

本實驗乃承續前人對於擴散材之散射係數測量，差異處在於本研究是以CD置入程度、排列序列為主要探討方向，而不在於擴散板構造與材質上的變化差異。本次實驗所選取的測試樣式是多格數的CD架縮尺模型，其具體實驗規格與探討範圍如表2，序列變化配置如圖3，試材則如圖4所示。

表2 實驗項目

編號	實驗探討項目
1	CD置入率 (CD架在置滿、未置滿以及各種不同置入率之散射情形)
2	CD配置序列變化 (探討分散配置對於散射效果之影響)
3	高低差之CD配置方式是否對於散射效果有影響

- 4 散射係數與隨機入射鏡面吸音係數在各種不同配置情形下之變化  
 5 原始未置入CD時之產品性能

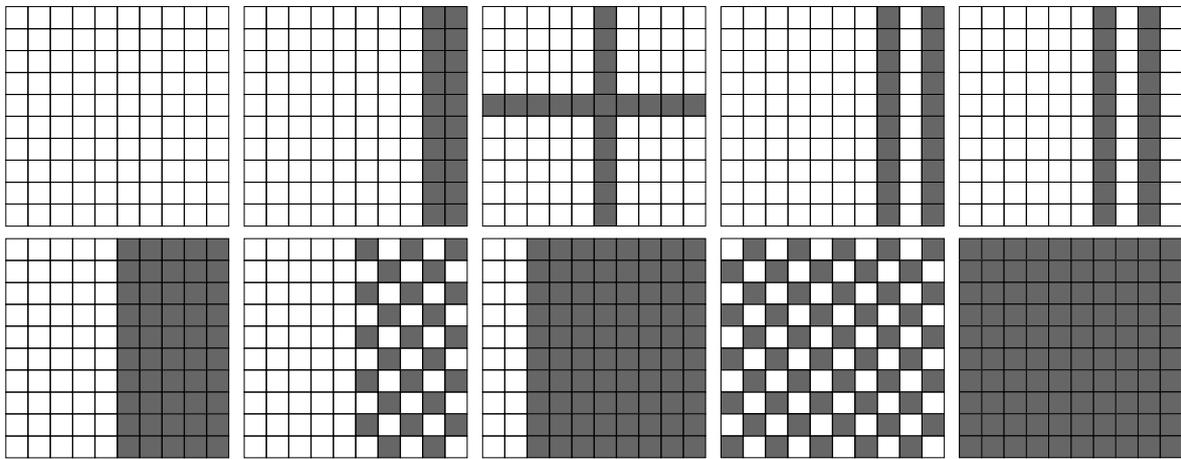


圖3 不同配置情形之結構變化

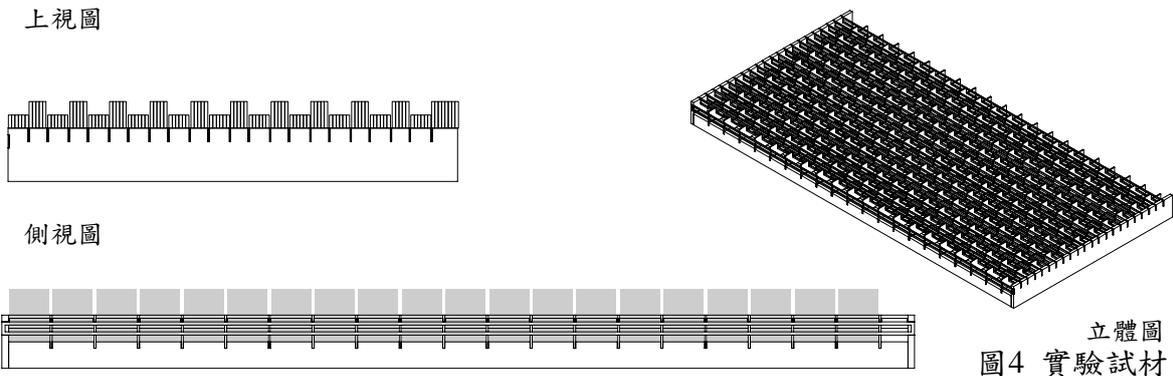


圖4 實驗試材

### 3. 結果與討論

#### 3-1 CD 置入率 100 %、80 %、50 %、20 %、0 % 散射係數之比較

不同百分比的 CD 片置入的散射係數差異可以由圖 5 中看到置入的 CD 片越少對於 200k 至 1k Hz 頻帶範圍的影響越小，僅在 2k Hz 之後有低散射係數反應。若要取得頻帶範圍較廣的散射係數就必須在 CD 置入量上增加，50 %、80 % 至 100 % 間的散射係數變化可以看到於 200 至 1k Hz 頻帶範圍的落差，當 CD 片在 CD 架上配置的位置越均勻能夠影響的頻帶也就越高、越多；跟分散配置的效果比較起來，百分比依序置入的方式較接近傳統擴散板的散射效果。

#### 3-2 分散配置與集中配置散射係數之比較

當同樣的置入面積來比較分散配置與百分比集中配置的散射效果會因為配置排列的不同會有不同的變化，以 20 % 的排列變化為例（圖 6），同樣的置入量 20 % Cross 在散射效果上會比 20 % 來得高（圖 7）。但同樣置入面積，不同置入量在散射效果上則是相反地降低。以 50 % 與 50 % Dispersion 配置來看（圖 7），整體的散射效果利用集中配置的方式置入 CD 會比分散配置來得顯著。

#### 3-3 散射係數與隨機入射吸音係數之差異

以擴散板的設計規範來說應是要以整塊板材的散射效果皆大於散射係數 0.5，但 CD 架乃實際使用之生活產品，其使用配置的方式不同就會在結構上產生變化。散射與隨機入射吸音係數之差異變化，也代表了 CD 架在不同配置狀況時對於室內聲場的控制上有著不同的效果。圖 8 中可以看到 CD 架在 0% 的置入狀態中的散射係數是低於 0.5 的效能，但是在隨機入射吸音係數方面卻呈現另一種趨勢，恰好在 250k~1.5k Hz 頻帶範圍內出現了 0.5 的隨機入射吸音係數。100 % 置入率配置情況的散射與隨機入射吸音係數在圖 9 的散射係數效果上則與 0 % 時相反，散射係數在個頻帶都明顯提昇，而隨機入射吸音係數在 100 % 的置入配置狀態下則皆低於 0.3。

### 3-4 聲學 CD 擴散架中低、中高、高頻之平均散射效果

為比較 CD 架與傳統擴散板擴板構造變因的散射係數差異，本研究以有翼板 QRD 的散射係數量測結果作比較(林芳銘、葉柏宏等，2008)，以其低、中高、高頻平均散射與聲學 CD 架置入率 100 % 做整體的差異比較如圖 10 所示。有翼板 QRD 擴散板的散射效果與 CD 架置入率 100 % 之散射效果在散射係數的趨勢上是呈反向走勢，CD 架在中低、中高頻帶範圍內有較佳的散射效果，但在高頻帶範圍內則呈衰減；有翼板 QRD 的散射係數則是由低頻至高頻逐漸提升其散射係數。

整體的散射效果經 T 檢定，QRD 擴散板與 CD 架的散射效果的 P 值為  $0.50 > 0.05$ ；由 T 檢定可證明除了在高、低頻帶作用範圍不同之外，CD 架之散射性能與 QRD 擴散板在實際聲學設計應用上有差異性不顯著的效果。QRD 與 CD 架最大的差異在於構造的變化(圖 11)。QRD 擴散板之設計時便是針對區段頻帶的散射性能改善效果所做的構造變化，本研究開發之聲學擴散 CD 架則是結合置物功能在構造上可以隨使用需求而變化，所以使用上較具彈性。

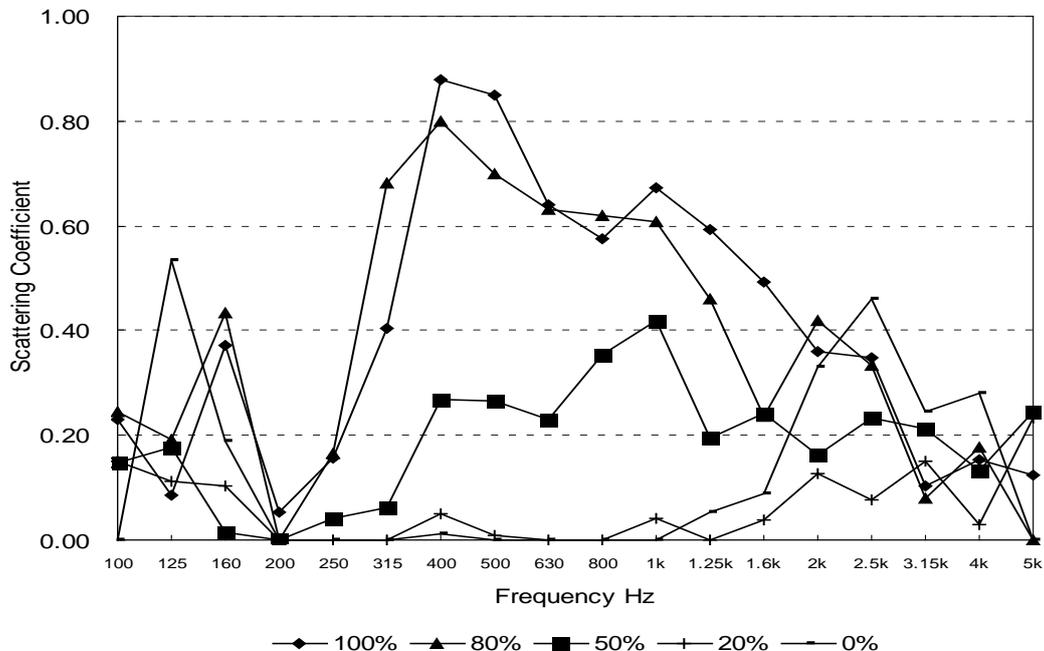


圖 5 CD 置入率 100 %、80 %、50 %、20 %、0 % 散射係數比較

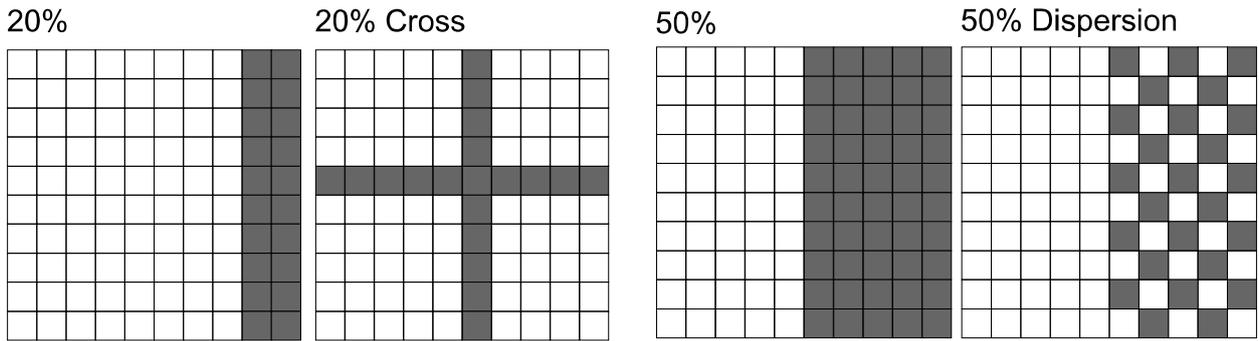
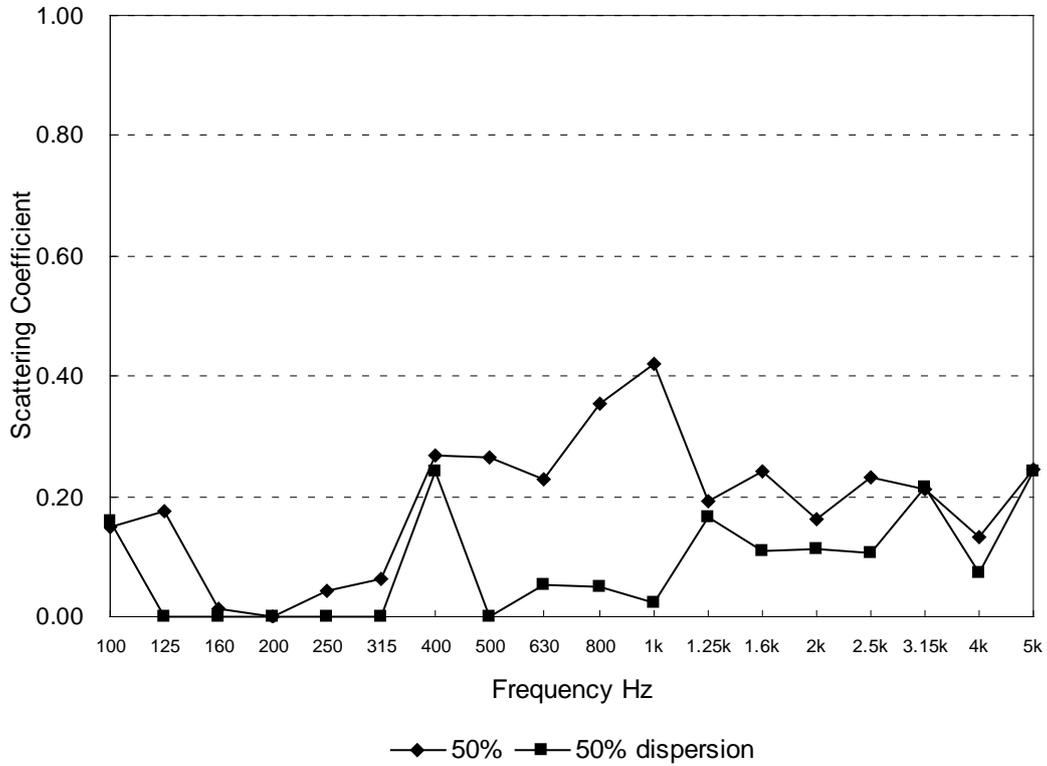


圖 6 置入率 20 %、20 % Cross 及置入率 50 %、50 % dispersion 排列變化



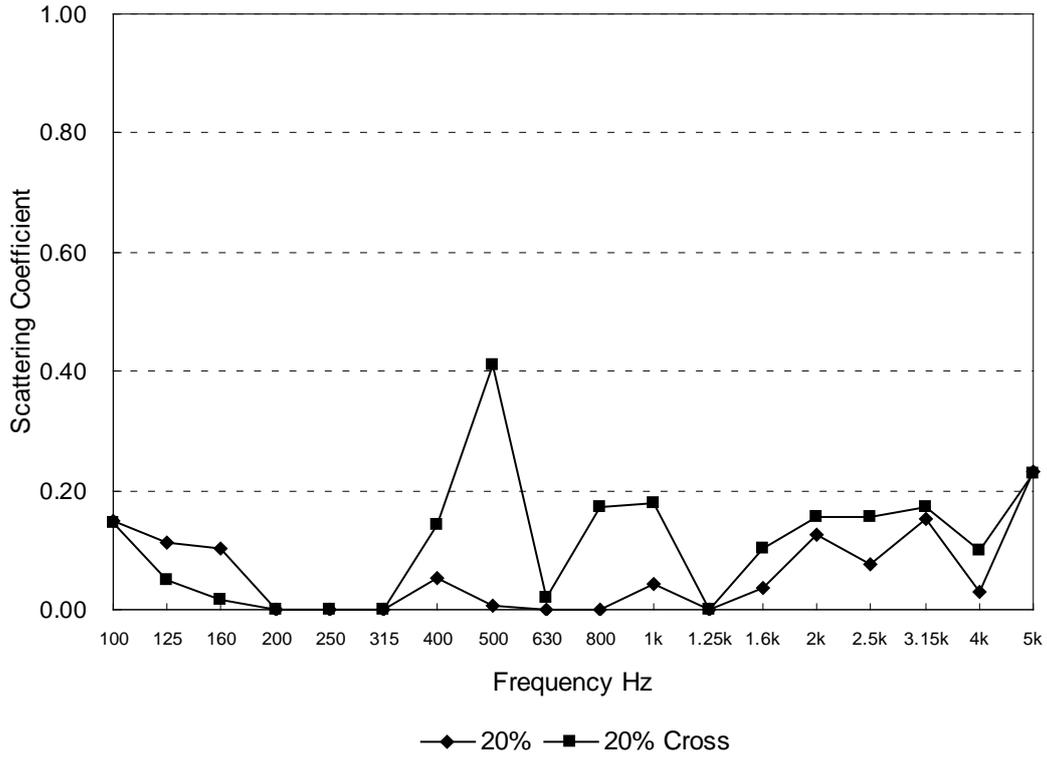


圖 7 CD 分散配置與集中配置散射係數比較

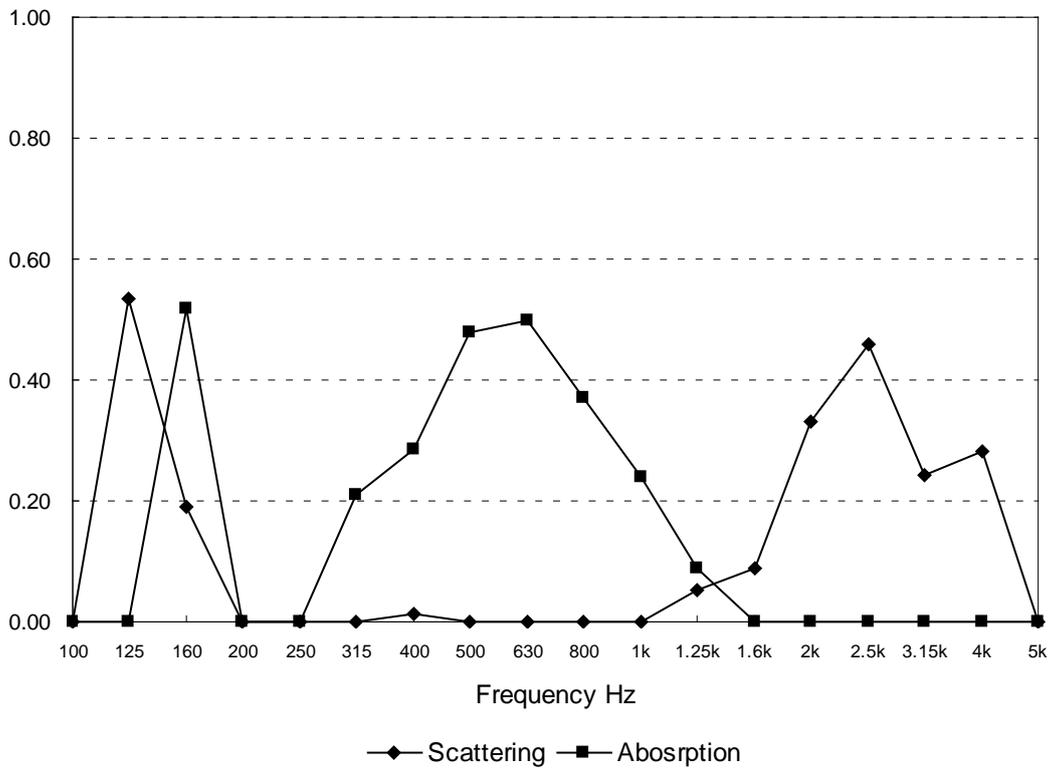


圖 8 CD 置入率 0 % 時散射與隨機入射吸音係數之差異

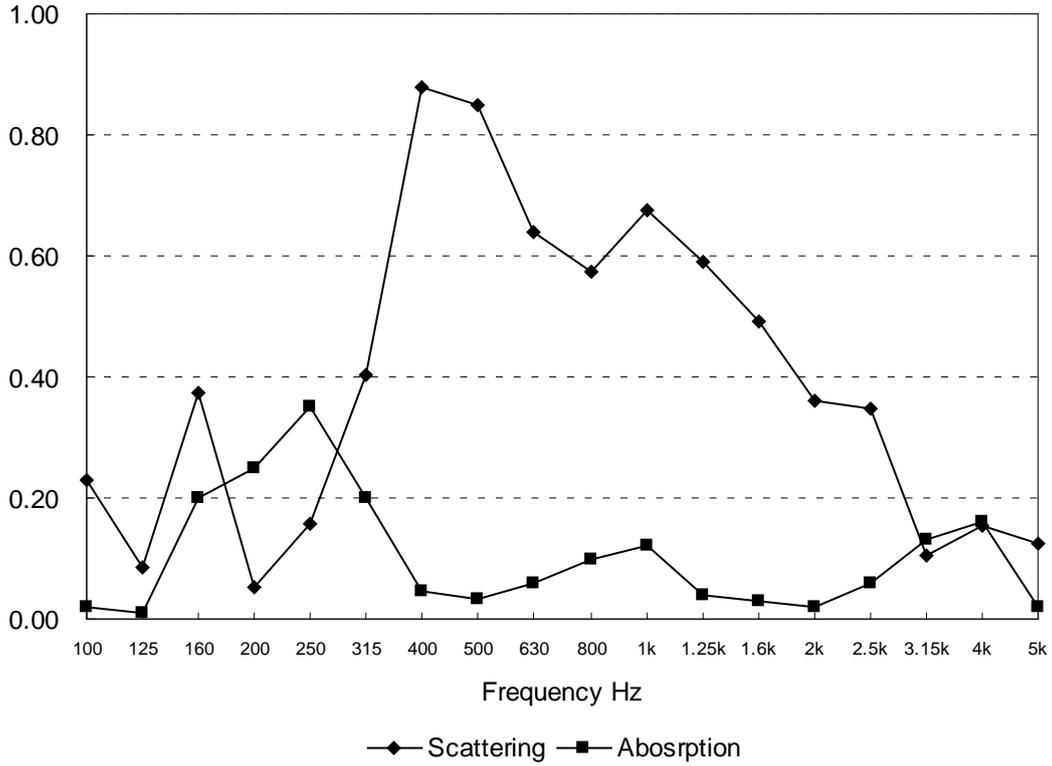


圖 9 CD 置入率 100% 時散射與隨機入射吸音係數之差異

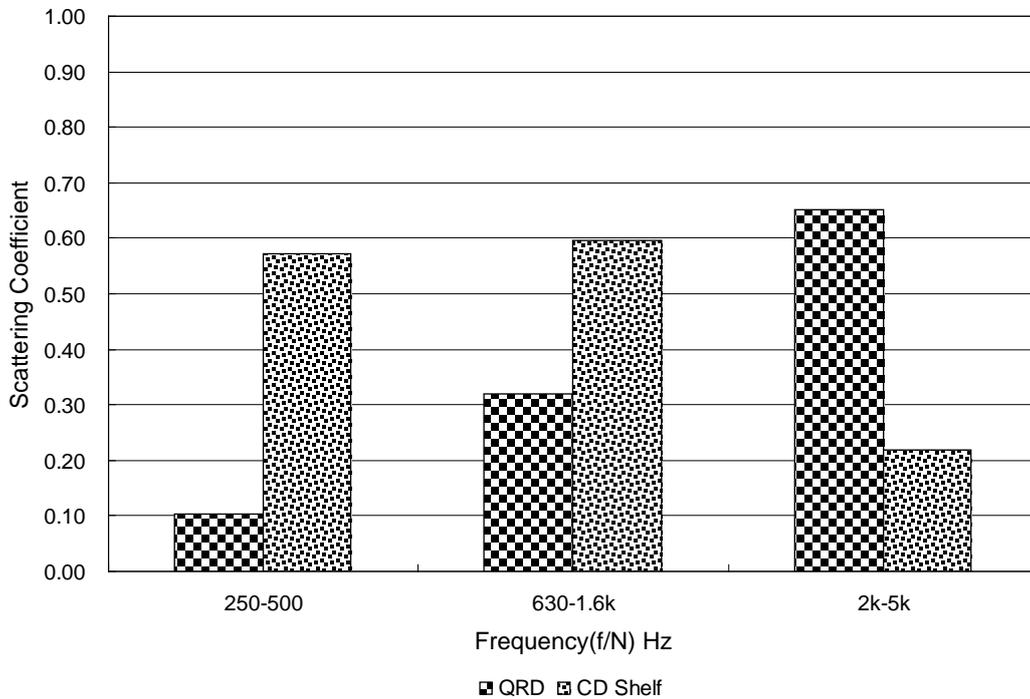


圖 10 有翼板 QRD 與 CD 架整體散射係數之比較

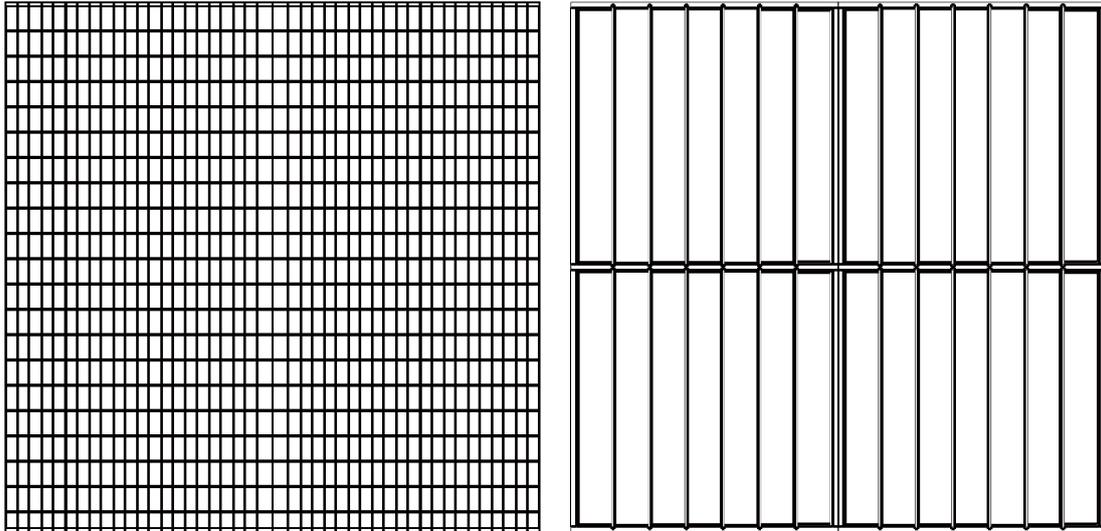


圖 11 QRD 與 CD 架構造差異

#### 4. 結論

本研究探討結合擴散板散射效果與置物機能之開發研究，其具體結論如下：

1. 全面積置入 CD 的效果在頻帶 400~1.25k Hz 頻帶範圍有超過散射係數 0.6 顯著變化，其中以 400 與 500 Hz 兩點呈現散射係數 0.88、0.85 為最高；而 CD 置入率之不同在隨機入射吸音係數方面則會產生與散射係數相對之變化，CD 置入率越高散射效果越明顯，但隨機入射吸音係數則降。
2. QRD 擴散板與 CD 架的散射效果的 P 值為  $0.50 > 0.05$ ；由 T 檢定可證明除了在高、低頻帶作用範圍不同之外，CD 架之散射性能與 QRD 擴散板在實際聲學設計應用上有類似的效果。聲學擴散 CD 架結合置物功能在構造上可以隨使用需求而變化，所以使用上較 QRD 更具實用性。未來在設計上可依室型與容積率來進行電腦音環境模擬求得最佳的配置。

#### 5. 謝誌

感謝國科會補助研究經費，計畫編號 NSC 98-2221-E-020-031-。

#### 6. 參考文獻

1. 林芳銘、葉柏宏、洪培瑜、江哲銘、賴榮平 (2008) 木質擴散板構造及形狀變化對聲音散射特性之影響。中華民國音響學刊 (13): 25-32。
2. 林芳銘、江哲銘、賴榮平、沈美惠、馮俊豪(2007) 木質室內裝修材料之音響散射性能研究。中華民國建築學會第十九屆第一次建築研究成果發表會 19(G111):g94-g99。
3. Fujiwara, K., K. Nakaib, and H. Toriharaa (2000), Visualization of the sound field around a Schroeder diffuser. Applied Acoustics, 60:225-235
4. Haan, C. H., and F. R. Fricke (1993), Surface diffusivity as a measure of the acoustic quality of concert halls. Proceedings of Conference of the Australia and New Zealand Architectural Science Association, Sydney. p.81-90.
5. Lin, Fang Ming, Jun-Hao Fong, Che-Ming Chiang(2007), Investigation of the influences of wood based materials scattering

- properties on the interior sound environment. International conference in sustainable building, A12.
6. Lin, Fang Ming, Mei-Huei Shen and Jun-Hao Fong (2007), Investigation on sound-scattering performance of the wooden interior decoration materials. IUFRO all division 5 conference, p.223.
  7. Schroeder, M. R. (1986), Number Theory in Science and Communications, J. Acoust. Soc. Am. 65:958-963.
  8. Tristan, J., J. Hargreaves, T. J. Cox., and Y. W. Lam (2000), Surface diffusion coefficients for room acoustics:Free-field measures, J. Acoust. Soc. Am. 108 (4):1710-1720.
  9. Vorlander, M., and E. Mommertz (2000), Definition and measurement of random-incidence scattering coefficient. Applied Acouarica, 60(2):187-199.