

THE RESEARCH AND DEVELOPMENT ON PERFORATED ABSORBING STRUCTURES

蔡岡廷¹、賴榮平²、吳明翰³

¹ 國立中興大學農村規劃研究所 助理教授

² 國立成功大學建築研究所 教授

³ 國立成功大學建築研究所 碩士

國立中興大學農村規劃研究所
台中市南區國光路 250 號
電話：04-22850403 傳真：04-22859818
E-mail：kttsai@nchu.edu.tw

摘要

由於台灣經濟之成長發展，大型之公共空間及場所陸續建設，如大型體育館、大型商場、巨蛋棒球場、航空站及車站等，但由於未考慮大空間之吸音，導致這些空間之音環境產生不良於溝通與聽取之情形。為因應已加入之國際貿易組織 WTO 所可能面臨之挑戰，此類吸音構造產品之進口可能因台灣之高濕高熱而產生不適用之情形，故發展此一類產品便相形重要。

本研究以金屬穿孔板為主要探討之試體，探討金屬穿孔板不同組合及變因，包括板材厚度、穿孔率、穿孔徑、背後貼附吸音材及背後空氣層厚度，以檢討穿孔吸音構造之吸音特性。

Abstract

Because of rapid economics development in Taiwan, vast scale space and structures are built up, such as gigantic gymnasium, grand shopping mall, airport and station. However, the concept of noise absorption has not taken into account, which makes people have difficulty in communicating and listening in these vast scale buildings. The development of efficient noise-absorption materials is an important issue at this moment. This research is to explore various combinations of perforated metal panel. The discussed factors including thickness, perforation, backing material, and air space.

KEYWORDS: Perforated steel panel, Sound Absorption Coefficients

一、前言

有關穿孔板構造之吸音特性研究，主要可回溯至 1947 年 Bolt[1]之論文，近五十年來具有相當的發展[1]-[10]，早期為發展穿孔吸音特性與預測理論，如 Ingard and Bolt[2]討論薄多孔質材料之背後空氣層的音響阻抗對穿孔板吸音結構之影響，Callaway & Ramer[4]由實驗證明了增加背貼材料密度的重要性，Ingard[5]發現穿孔板面的黏阻影響吸音非常的小，Davern[6]以實驗設計的方式試驗了六種變因與吸音率的變化關係，至 1997 年，Zhong and Liu[10]討論了鋁合金穿孔板在其後覆設吸聲材料時的吸聲特性，本研究則以金屬天花板中之鋼板的吸音特性為主要探討對象。

二、研究方法及實驗室條件

本研究採 CNS A 3156 餘響室法吸音率測定法 (Method for Measurement of Sound Absorption Coefficients in a Reverberation Room) 進行量測, CNS 餘響室法吸音率測定法係由日本 JIS A 1409-1998 而來，其計算公式為： $\alpha = 55.3V / CS (1/T1 - 1/T2)$

在上式中， α ：餘響室法吸音率、 $T1$ ：放入試樣時之餘響時間 (sec) $T2$ ：未放入試樣時之餘響時間 (sec) V ：餘響室容積 (m³)、 S ：試體面積 (m²) C ：空氣中之音速 (m/s)。

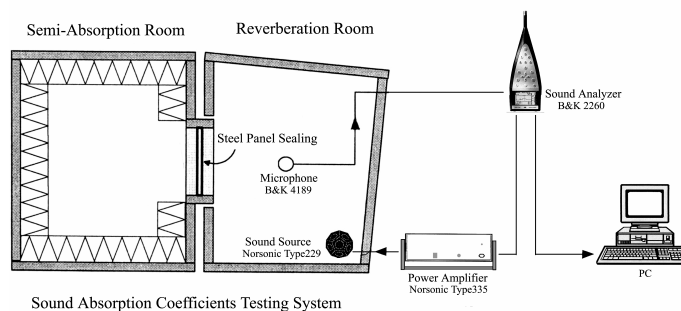


圖 1 餘響室內餘響時間量測系統圖

本研究主要係利用成功大學建築系音響實驗室之餘響室 (Reverberation Room) 作為測試

場所 (如圖所示)，其面積為 32.8m²，體積為 171.6m³，試體面積 8.64m²，本研究量測之儀器設備係利用實時分析儀 Real Time Analyser (B & K 2260) 用來量測餘響室內聲音的衰減特性，即餘響時間。儀器一端連接音源 (Norsonic Type 229)，用以控制喇叭的發聲；另一端連接麥克風 (B & K 4189)，用以接收聲音之衰減訊號，其量測流程如圖 1 所示。

三、影響穿孔板吸音係數因子之探討

本研究之預備測試中，以金屬穿孔板素材 (無任何背貼材)，其吸音模式與理論一致，屬板振動吸音，其材質變化對吸音並無影響。

由上述研究中對於影響穿孔板吸音構造吸音係數之因素，可整理為板厚、孔徑、孔距、穿孔率、背後空氣層厚度、背貼材質之種類、背貼材質之位置等，本研究將探討 (1)

穿孔率 (2) 背後空氣層厚度 (3) 背貼材質之種類等三項因素對穿孔鋼板吸音係數之影響。本研究以餘響室法吸音率測定法來量測實驗試體之吸音係數，在考慮之三種因素中，穿孔率、背後空氣層、背貼材質之設定如表.1.所示。

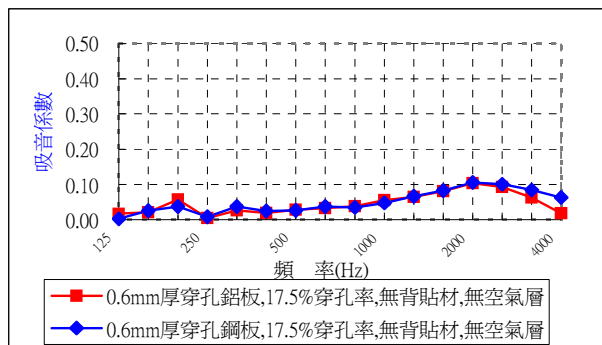


圖 2 同樣穿孔率、無背貼材質、無空氣層，穿孔板材質改變之吸音係數圖

四、量測結果

由餘響室法吸音率測定法測出之 24 組數據，依選擇之三項因素依序討論：

(1) 改變穿孔率 (固定背後空氣層厚度、背貼材質種類之因素)

固定背後空氣層厚度 (空氣層 5 cm) 背貼材質種類 (0.2 mm 不織布) 僅改變穿孔率，分為 8.7% 與 17.5% 兩種，其分頻及全頻之吸音特性如下 (如圖 3 所示)：

穿孔率加倍其共振頻率向高頻移動，於 2000、4000Hz 時，吸音係數隨穿孔率加倍而加大。穿孔率 8.7% 與 17.5%，其 NRC 值分別為 0.50、0.50。

(2) 改變背後空氣層厚度 (固定穿孔率、背貼材質種類之因素)

固定穿孔率 (17.5% 穿孔率) 背貼材質種類 (50mm 玻璃棉) 之穿孔鋼板，改變背後空氣層厚度為 5 cm、10 cm、20 cm 以及 50 cm，其分頻及全頻之吸音特性如下 (結果如圖 4)：

表 1 影響穿孔板吸音係數因素之設定表

因素 (factors)		備註
穿孔率	8.75%	
	17.5%	
背後空氣層	5 cm	
	10 cm	
	20 cm	
	50 cm	
背貼材質	0.2 mm 不織布	
	50 mm 玻璃棉	GW32K50
	0.2 mm 不織布+50 mm 玻璃棉	GW32K50

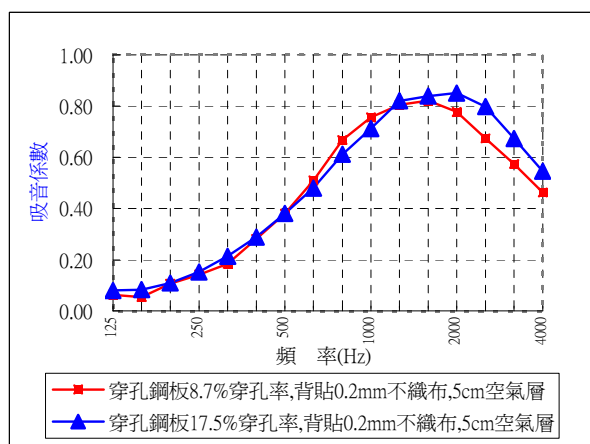


圖 3 固定背後空氣層厚度、背貼材質種類之因素下改變穿孔率之吸音係數圖

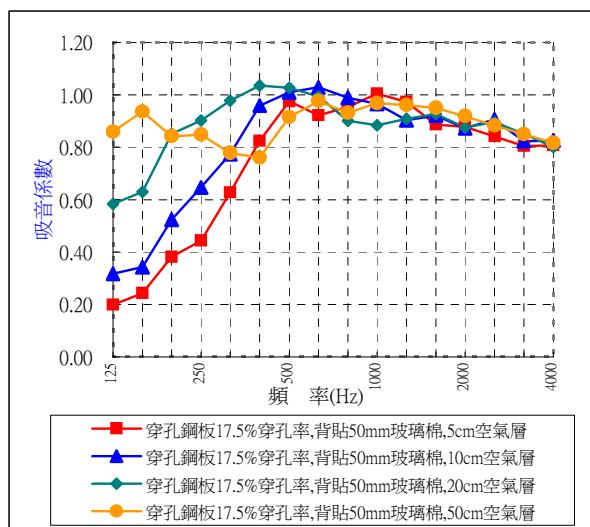


圖 4 同樣條件下四種空氣層變化之吸音係數圖

1. 於 125Hz 時，空氣層厚度為 5 cm、10 cm、20 cm 以及 50 cm 時，吸音係數亦逐漸上升，依序為 0.20、0.32、0.58、0.86，顯示於 125Hz 時吸音係數隨空氣層增大而增加。

2. 於 250Hz 時，空氣層厚度由 5 cm、10 cm、變至 20 cm，其吸音係數分別為 0.44、0.65、0.90，但當空氣層為 50 cm 時，250Hz 之吸音係數不升反降，降至 0.85。增加空氣層厚度 5 cm、10 cm、20 cm 及 50 cm，其共振頻率往低頻移動，低頻吸音增加；其 NRC 值分別為 0.85、0.85、0.90、0.90。

於同樣條件下，考量空氣層厚度對吸音性之影響，其平均吸音係數隨空氣層厚度增加而增大（如圖 5 所示）在背貼吸音材料部分，背貼 3 種吸音材質均較無背貼材質時為佳，顯示金屬穿孔板配合吸音材質之組合結構較單獨穿孔板結構之吸音性能要佳。

背貼 0.2 mm 不織布於各空氣層之吸音係數較背貼 50 mm 玻璃棉、0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉為差，而背貼 50 mm 玻璃棉、0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉之比較，尚需進一步探討複合背貼材對吸音係數之影響。

(3) 改變背貼材質種類（固定穿孔率、固定背後空氣層厚度）

固定穿孔率（17.5% 穿孔率）固定背後空氣層厚度（5 cm 空氣層）之穿孔鋼板，改變背貼材質種類，分別為 0.2 mm 不織布、背貼 50 mm 玻璃棉、0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉三種，其分頻及全頻吸音特性如下（如圖 6 所示）：

於全頻（125~4000Hz）時，背貼材質 0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉具有較佳之吸音係數

而背貼 0.2 mm 不織布主要於中高頻（1000~4000Hz）有較佳之吸音係數。

背貼材質種類分別為 0.2 mm 不織布、背貼 50 mm 玻璃棉、0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉，其 NRC 值為 0.50、0.85、0.90。

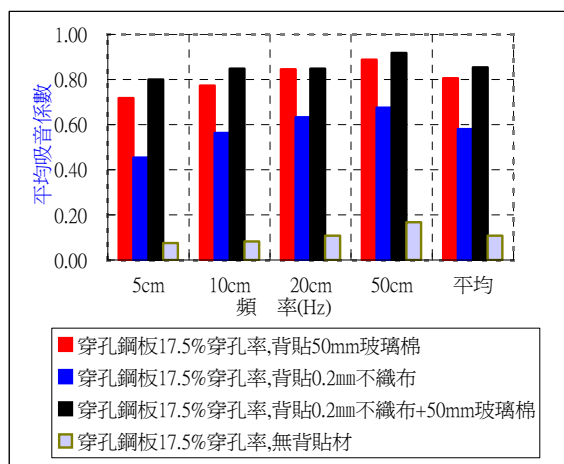


圖 5 穿孔板背貼不同材質之平均吸音係數圖

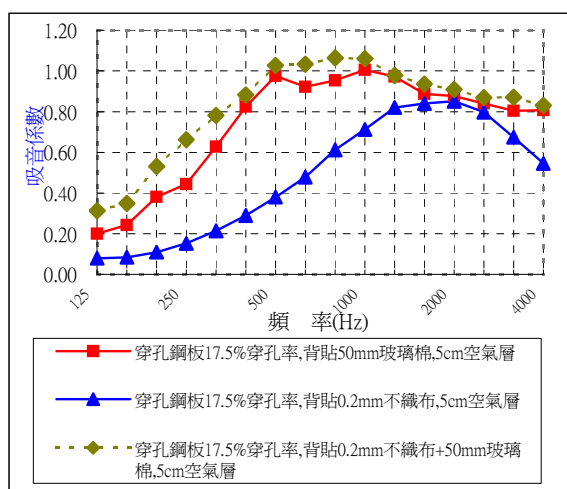


圖 6. 固定穿孔率、固定背後空氣層厚度下三種背貼材質變化之吸音係數圖

結 論

本研究中討論了穿孔率、背後空氣層、背貼材質三種影響金屬穿孔板吸音係數之因素，可以獲得以下結論：

1.增加背後空氣層厚度，低頻吸音增加，平均吸音係數亦加大。

2.於 2000、4000Hz 時，固定背後空氣層厚度、背貼材質種類之因素，吸音係數隨穿孔率加倍而增大。

3.背貼材質 0.2 mm 不織布可作為中高頻吸音使用，背貼 50 mm 玻璃棉及 0.2 mm 不織布 +50 mm 玻璃棉可應用於全頻率吸音使用。

4.以背貼 0.2 mm 不織布 +50 mm 玻璃棉之組合 (NRC 值 0.90~0.95) 其次為 50 mm 玻璃棉吸音性能較佳 (NRC 值 0.85~0.90) 最差者為背貼 0.2 mm 不織布 (NRC 值 0.50~0.70)。

由於複合背貼材料 (0.2 mm 不織布 + 50 mm 玻璃棉) 與單一背貼材 50 mm 玻璃棉之平均吸音係數差異不大，因此本研究尚無法獲得單一背貼材 (0.2 mm 不織布、50 mm 玻璃棉) 對吸音係數之個別影響程度，須再進一步討論。

文 獻

1. R.H.Bolt, "On the design of perforated facings for acoustic materials," *J. Acoust. Soc. Am.*, **19**, 917-921, (1947).
2. K.U.Ingard and R.H.Bolt, "Absorption characteristics of acoustic material with perforated facings," *J. Acoust. Soc. Am.*, **23**, 533-540, (1951).
3. L.L.Beraneck, *Acoustical Measurements* (Publisher for the Acoustical Society of American by American Instit, 1949).
4. D.B.Callaway and L.G.Ramer, "The use of perforated facings in designing low frequency resonant absorbers," *J. Acoust. Soc. Am.*, **24**, 309-312, (1952).
5. K.U.Ingard, "Perforated facing and sound absorption," *J. Acoust. Soc. Am.*, **26**, 151-154, (1954).
6. W.A.Davern, "Perforated facings backwd with porous materials as sound absorbers—an experimental study," *Applied Acoustics*, **10**, 85-112, (1977).
7. H.Kuttruff, *Room Acoustics third edition*, (Elsevier applied science London and new york, 1991).
8. L.L.Beraneck and V.Istvan,L., *Noise and Vibration Control Engineering*, (principles and application johnwiley & sons,inc.,1992)
9. D.Takahashi, "A new method for predicting the sound absorption of perforated absorber systems," *Applied Acoustic*, **51**, 71-84, (1997).
10. X.Z.Zhong and J.K.Liu, "Absorption properties of perforate decorative aluminum ceiling strips," *Technical acoustics*, **16**, 69-75, (1997).