輕質量高聲阻材料之探討

金一凡[1]、余秉憲[2]、李昌崙[3]
[1]中山科學研究院副研究員
[2]中山科學研究院助理研究員
[3]中山科學研究院副研究員
機構名稱:中山科學研究院
聯絡地址:台中郵政 90008 附 11 之 12 號信箱
聯絡電話:(04)2702-3051 轉 503731
E-mail:b510962@yahoo.com.tw

摘要

吸音率、吸音係數、穿透損失及穿透損失等級皆為熟知的評斷聲屏材料之參考依據，材料之物理化學性質、機械性能及結構造型等諸多因素又都影響其單獨或組合物之聲屏表現。傳統的聲阻材料多兼顧結構的需求，也往往因此而衍生體積大及笨重等不欲見的後果，隨著材料科學的今非昔比，以聲阻效應取向的材料要兼備輕質、耐燃、難燃、防火及裝飾等現代人的生活品味，本文就蜂巢芯、複合材料板及阻尼片等符合上述標準的材料，依循市場之習用規格尺寸，做一系列的材料組合測試，期望能由其測試結果建立分析模型。

關鍵字: 蜂巢芯、複合材料、阻尼片

壹、前言

複合材料具有耐腐蝕、質量輕、高強度與勁度等優異的物理與機械性能，近幾年來已廣範應用於航空及太空領域；但目前一般使用的複合材料仍有些缺點待改良，如韌性低、耐衝擊性差、承壓強度低、複雜形狀零件成形不易等。隨著材料科技的進步，優點與性能獲得提升，缺點及困難正被逐一克服。為配合產品的功能性需求，開發新材料、新製程及降低製造成本，使複材能擴大於一般民生產業之應用，諸如聲屏性能與機械性能均是探討的重點。複材三明治結構的質量輕且阻尼值低，依質量法則[1]估算穿透損失值不佳，研究顯示[2]夾板與紙蜂巢芯組成的三明治結構，在低頻段時因材料內部的彎曲波與剪力波混合現象，造成穿透損失值與質量法則估算值不一致，若增加材料厚度、勁度與經過特別處理後可提升聲響性能。材料自然頻率(ω_n)與受聲波引起的振動頻率(ω)，分別受材料的勁度、質量、阻能等參數影響[3]，因此貼覆阻尼層及

增加整體厚度，均有助於材料聲阻性能，本文就多種材料及厚度組成之單層與雙層複材蜂巢芯三明治結構的聲阻性能進行探討。

貳、主文

2.1 實驗

2.1.1 材料

本研究所使用的隔音材料名稱如下：

類 別	品 名	纖維系統	樹脂系統
蒙皮材料	氧化鎂板、鍍鋅鐵板 複合材料板	克維拉纖維/碳纖維混編、碳纖維、克維拉纖維、玻璃纖維	環氧樹脂
蜂巢芯材料	Nomex樹脂蜂巢、紙蜂巢、鋁合金蜂巢		
阻尼材	柏油板、熱塑性彈性體		

1.蒙皮材料:

a)氧化鎂板(3.5mm)

b)鍍鋅鐵板(0.46mm)

c)複合材料板: 克維拉纖維/碳纖維混編板(DB440-CA-50-50)、碳纖維板(CYMAX DB440-C)、克維拉纖維板、玻璃纖維板(#1581)、玻璃纖維板(CYMAX DBLT1150)

2.蜂巢芯材料:

a)Nomex樹脂蜂巢芯: (5mm, cell size 3/16 in.)、(10mm, cell size 1/8 in.)、(25m, cell size 1/8 in.)

b)紙蜂巢芯(cell size 0.60 in.):中央穿孔(30mm)、上緣穿孔(30mm)、無穿孔(15mm、30mm)、防火(15mm、20mm)、

c)鋁合金蜂巢芯:cell size 1/8 in.(15mm、20mm、25mm)、cell size 3/16 in.(29mm、38mm)

3.阻尼材:

a)熱塑性彈性體: D彈性體(1mm)、衝擊吸收墊片(3mm)、Cellamp(3mm)

b)柏油板(2mm)

2.1.2 積層板及三明治結構疊序

本研究所選用之試片疊序共可分為二大類別：

1.單層蜂巢芯三明治

(a)複合材料板 + 蜂巢芯(20mm穿孔鋁合金) + 複合材料板

(b)克維拉纖維板(x4)+蜂巢芯(25mm穿孔鋁合金)+克維拉纖維板(x4)+柏油板(2mm)

2.雙層蜂巢芯三明治

(a)氧化鎂板(3.5mm)+蜂巢芯(15mm防火紙)+氧化鎂板(3.5mm)+蜂巢芯(15mm防火紙)+氧化鎂板(3.5mm)

(a1) (a) + 阻尼材(1mm D彈性體；2mm柏油板)

(b)鍍鋅鐵板(0.46mm) + (a) + 鍍鋅鐵板(0.46mm)

(b1) (b) + 阻尼材(1mm D彈性體；2mm柏油板)

(c)複合材料板+蜂巢芯(200mm防火紙)+複合材料板+蜂巢芯(20mm防火紙)+複合材料板

(d)玻璃纖維板(#1581x4)+蜂巢芯(10mm Nomex)+玻璃纖維板(#1581x4)+蜂巢芯(10mm Nomex)+玻璃纖維板(#1581x4)

(e)混編纖維板(DB440-CA-50-50x2)+蜂巢芯(20mm防火紙)+混編纖維板(DB440-CA-50-50x1)+蜂巢芯(20mm防火紙)+混編纖維板(DB440-CA-50-50x2)+柏油板(2mm)

2.1.3 試片製作

本研究中所採用的熱固性複合材料，無需冷凍保存，在疊層室中按所需之尺寸切割、疊層及包裝後，抽真空依成化條件，樹脂硬化而製得所需之積層板，再與蜂巢芯及阻尼材組合而成複材蜂巢芯三明治結構。穿透損失(TL)測試係依據試驗規範[4~6]間接測得，試片尺寸為:1)厚度＜3.5cm :直徑47~48mm及129~130mm各一件，2)厚度＞3.5cm :直徑39~40mm及119~120mm各一件；穿透損失等級(STC)測試係依據試驗規範[7]測得，試片尺寸定為:高(1.17m) x 寬(1.14m) x 厚(＜10cm)一件。

2.2 結果與討論

依據複合材料力學理論，複材積層若具相同比例的纖維排列方向，則其平面勁度相同，但彎曲勁度則隨厚度之增加而增強。本實驗選定之氧化鎂板及複合材料板之厚度差異性甚微，與蜂巢芯組合而成之複材蜂巢芯三明治結構之總厚度及材質會影響試片彎曲勁度；試驗數據經整理後分別繪製成下列三種穿透損失值關係圖：(1)相同的蜂巢芯組成等厚度試片受面板材質之影響(圖一、二)，(2)等材質等厚度三明治結構貼覆阻尼片之影響(圖三、四)及(3)非正向入射波之三明治結構穿透損失比較(圖五)；其關係分述成以下幾點：

(1)鋁蜂巢芯三明治結構之穿透損失值與複合材料面板材質之勁度成正比，在1000~4000Hz頻率範圍尤為顯著，低頻區域則反是，

(2)鍍鋅鐵板在頻率範圍800~2600Hz效應顯著，穿透損失值最大增幅可達10dB，

(3)阻尼材對穿透損失值有提升的效果，D彈性體較柏油板之質量輕又薄但效果佳，柏油板貼覆之三明治結構顯現不出鍍鋅鐵板的作用，

(4)非正向入射波顯現出與正向入射波相同的穿透損失趨勢。

由上述現象觀察，可比較出複材蜂巢芯三明治結構間之差異；依據複合材料力學理論，碳纖維板之彎曲勁度較大，彎曲勁度關係到材料本身之機械性能，勁度大則聲波接觸的抗力亦愈大；但隨著加入蜂巢芯、貼覆鍍鋅鐵板及阻尼材，勁度的變化不一定是正面的，還有阻尼材本身所提供之材料抑制效果等都會影響組合後的表現。

三、結論

綜整複材面板與蜂巢芯組成之複材蜂巢芯三明治結構穿透損失值之測試結果，可歸納成幾點結論如下：

(1)利用蜂巢結構改善材料的聲阻特性，除了輕量化外，穿透損失值也會隨著頻率的增加而增加，

(2)面板與蜂巢芯勁度匹配的程度與穿透損失值成正比，相對於彎曲勁度，厚度對穿透損失值的影響薄弱，

(3)貼覆鍍鋅鐵板後勁度增加，阻尼片可提高中高頻的穿透損失值，阻尼片的材質是關鍵因素。

利用蜂巢結構改善材料的聲阻特性，除了使材料輕量化外，穿透損失值也會隨著頻率的增加而增加，另外貼覆表面阻尼片後有助於穿透損失值的提升。為預測結果並降低試驗的成本，開發數值分析模式並建立電腦模擬軟體，分析複材蜂巢芯三明治結構等多層材料組合於空氣中的隔音特性，再經由實際量測驗證模擬軟體的可信性。除材質外，其他如製作品質及接著劑等也是影響聲響性能的因素，所以應就個別材料發展單獨的模擬軟體模組，最後將各個軟體模組組合成一套完整的軟體，以模組化方式開發成的模擬軟體方便爾後的擴充。

四、參考文獻

[1]Lawrence E. Kinsler et al, Fundamental of Acoustics, John Wiley & Sons, p307-p308, ISBN 0-471-02933-5(1982)

[2]Huang Wen-chao et al, Sound Insulation Improvement using Honeycomb Sandwich Panels, Applied Acoustics Vol. 53, No.1-3, pp163-177(1998)

[3]余秉憲、金一凡、丁明仁、李昌崙，「聲學屏蔽材料特性及其影響因素」，強塑複材廣用新知季刊，第九十七期，第 56-64 頁(2003)

[4]ASTM Standard E1050-98, Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and A digital Frequency Analysis System.(1998)

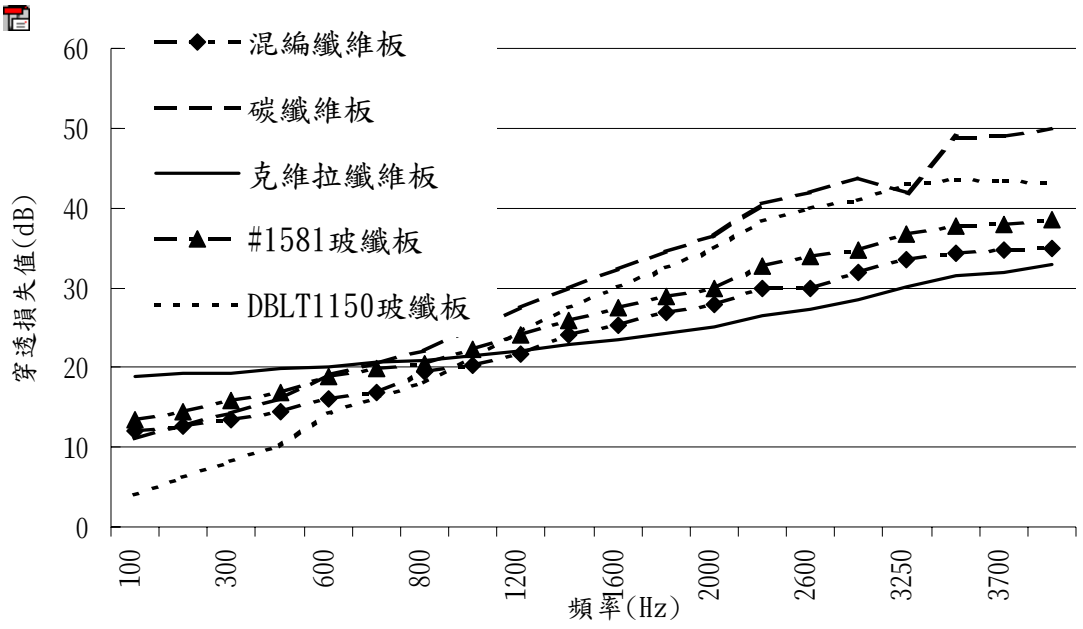
[5]ASTM Standard C423-99a, Standard Test Method for Sound Absorption and Sound

Absorption Coefficient by the Reverberation Room Method.(1999)

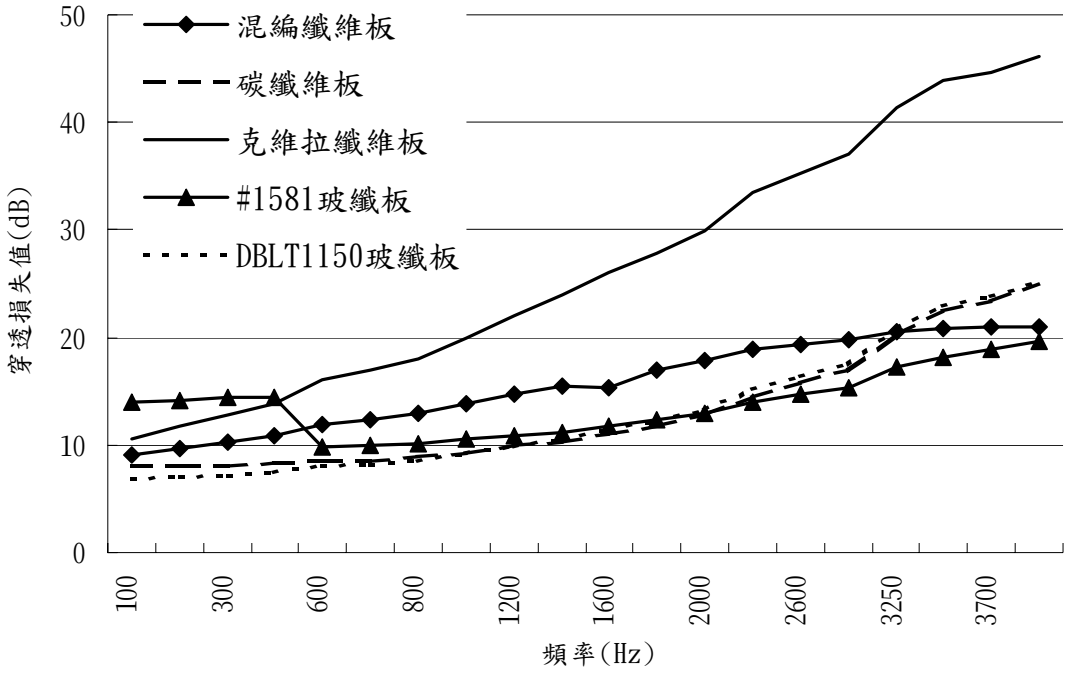
[6]ASTM Standard C522-87, Standard Test Method for Airflow Resistance of Acoustical Materials.(1987)

[7]ASTM Standard E90-99, Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partition and Elements.(1999)

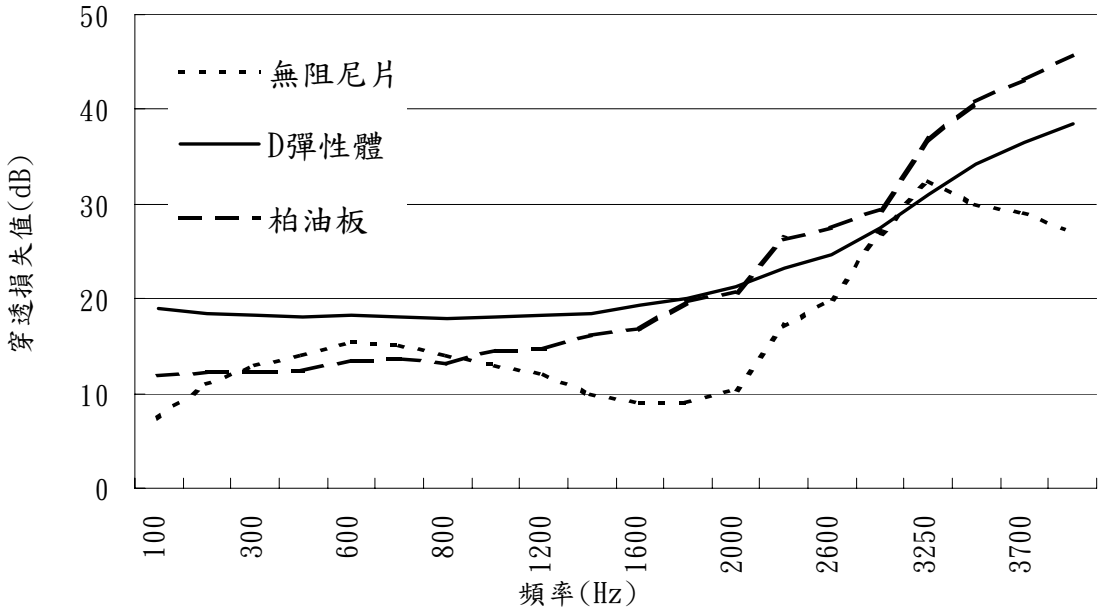
圖一、複合材料面板之 20mm 穿孔鋁蜂巢芯單層三明治結構穿透損失比較



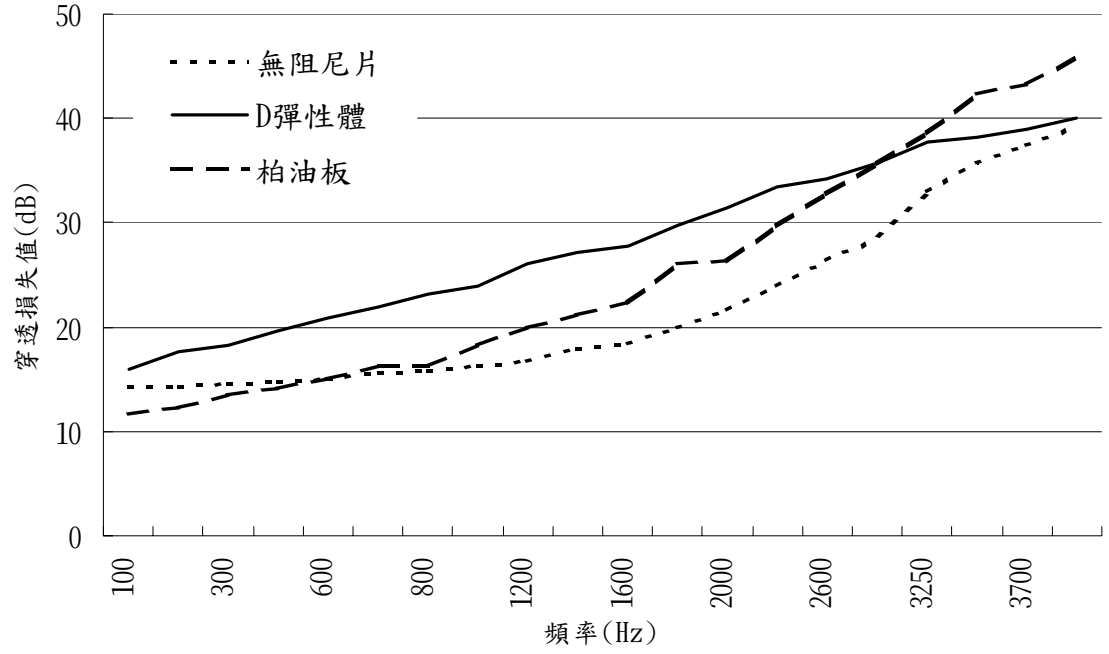
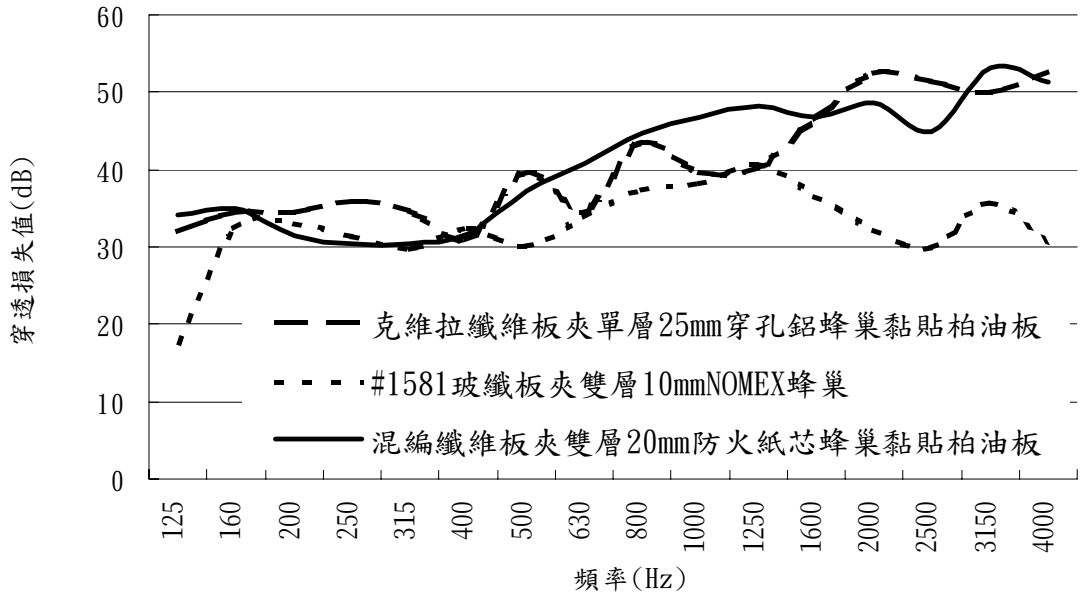
圖二、複合材料面板之 20mm 防火紙蜂巢芯雙層三明治結構穿透損失比較



圖三、氧化鎂面板之 15mm 防火紙蜂巢芯雙層三明治結構穿透損失比較



圖四、氧化鎂包覆鍍鋅鐵板之 15mm 防火紙蜂巢芯雙層三明治結構穿透損失比較



圖五、複合材料面板之蜂巢芯三明治結構非正向入射波之穿透損失比較