

不同孔隙材料應用於隔音建築塗層

陳佩琪 (Pei-Qi Chen)

元智大學化學工程與材料科學學系

*謝建德 (Chien-Te Hsieh)

元智大學化學工程與材料科學學系

陳鈺夫 (Yu-Fu Chen)

元智大學化學工程與材料科學學系

韓道昀 (Tao-Yun Han)

萬能科技大學營建科技系

摘要

本研究以蛭石、活性碳及奈米碳管作為主要隔音基材，並探討不同的孔隙大小對隔音效果的影響。首先，將上述三種基材分別添加進入高分子塗料中製成隔音複合塗料，並藉由孔隙中的空氣層以阻絕聲音傳遞，由實驗結果顯示，孔隙中的空氣層能有效的隔絕聲音的傳遞，其中，又以奈米碳管為基材的樣品改善隔音效果最為顯著。最後，將三種基材共同混合至塗料中，發現於特定之頻率下可以有效提升 52% 的效果。

關鍵字：孔洞材料、隔音、奈米碳管、活性碳、蛭石

Acoustic Insulation Construction Coatings Using Different Porous Materials

Abstract

Three types of porous materials, vermiculite, activated carbon and carbon nanotubes, used as main acoustic insulation materials for construction coating has been investigated. First, the porous materials were uniformly mixed with polymer and then coated over substrates, forming a soundproof construction coating. Experimental results reveal that the soundproof performance is significantly improved after adding the porous materials. The improved soundproof performance can be attributed to the fact that the air layer, trapped in the pores and channels of porous materials, efficiently blocks the sound wave transport. Finally, the mixed coating with the porous materials delivers an enhanced sound effect by 52%.

Keywords: *Porous materials, Soundproofing, Vermiculite, Activated carbon, Carbon nanotubes*

一、 前言

由於台灣人口分布密集，一般都會生活圈都以住商混合為主，居住環境中往往存在各種音源干擾，噪音存在已對居住者造成無法避免的影響，而要如何控制及阻絕聲音的傳遞，則演變成一重要課題。因此，社會大眾對於建築的隔音性能的需求將會日益遞增，近年來台灣已將各種隔音材質廣泛應用於建築材料之中。其中，隔音塗料是台灣現今廣泛應用的隔音材料之一，具有施工快速、流程簡單以及能夠降低成本等優點，本研究以蛭石、活性碳及奈米碳管作為主要隔音基材，並探討不同的孔隙大小對隔音效果的影響。

二、 實驗基材介紹

蛭石介紹

蛭石(Vermiculite)是種天然、無毒的礦物質，是一種在高溫環境下會膨脹的礦物，屬於矽酸鹽。晶體結構為單斜晶系，從外形上它看上去像雲母，而在結構上蛭石是混合的層狀的矽酸鹽晶體，其中蛭石晶體層間含水量和相應層距離隨水汽分壓和溫度變化。隨著溫度的提高和水汽分壓的降低蛭石的基層距離會階段性地縮小。本研究中所使用之蛭石孔隙約在數個微米之間^[1,2]，Fig. 1 為本實驗中蛭石之掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)影像，可看見其形狀大小較不規則。

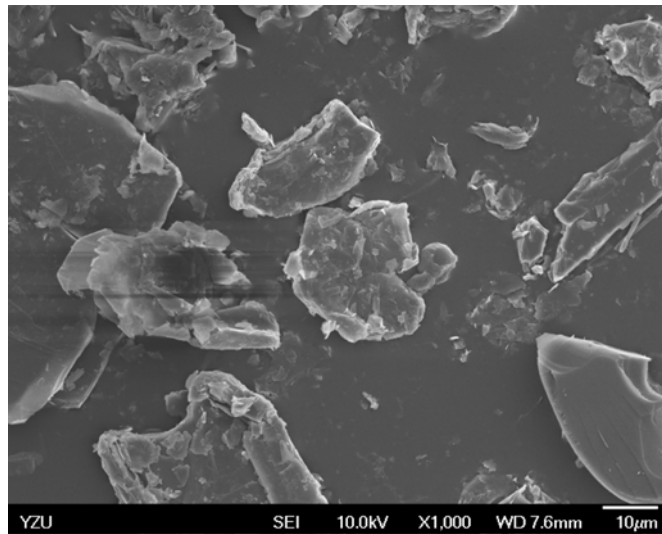


Fig. 1 蛭石 SEM 電子顯微影像

活性碳介紹

活性炭(Activated carbon)是呈黑色粉末狀或者顆粒狀的無定形碳。活性炭在結構上由於微晶碳是不規則排列，且在交叉連接間會有細孔，故在活化時會產生碳組織的缺陷，因此它是種多孔碳，堆積密度低，比表面積大。而活性炭的孔隙大小又可分為^[3,4]：大孔：孔隙大小 $> 50 \text{ nm}$ ；介孔：孔隙大小 $2\sim 50 \text{ nm}$ ；微孔：孔隙大小 $< 2 \text{ nm}$ 。Fig. 2 為本實驗中活性碳之SEM影像，其大小約在 $30\sim 50 \mu\text{m}$ 。

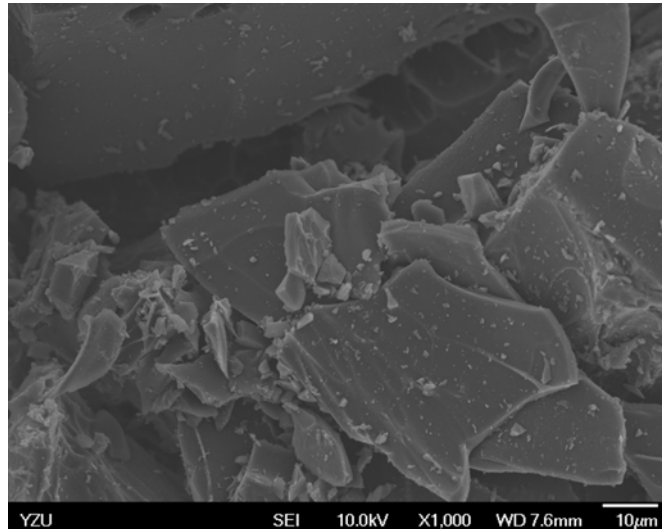


Fig. 2 活性碳 SEM 電子顯微影像

奈米碳管介紹

奈米碳管(Carbon Nanotube)是一呈管狀的碳分子，管上每個碳原子採取 sp^2 雜化，原子相互以碳-碳 σ 鍵結合，形成由六邊形組成的蜂窩狀結構，並作為奈米碳管的骨架，且管子的半徑方向非常細，只有奈米尺度，但在軸向則可長達數十到數百微米^[5,6]。Fig. 3 為本實驗中奈米碳管之SEM影像，其管徑約為 30~50 nm。

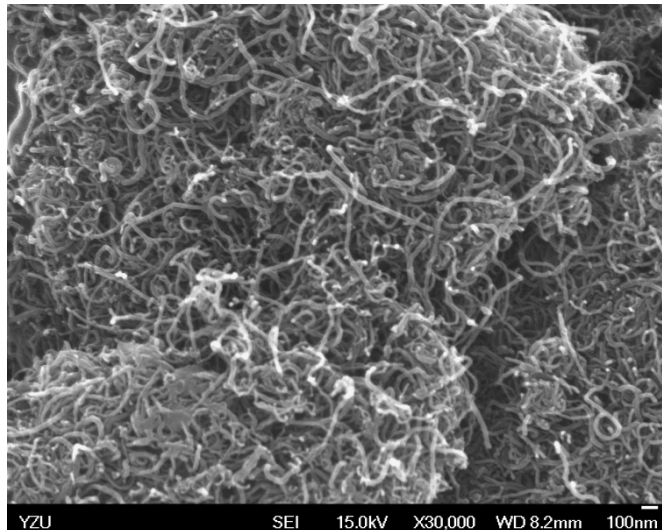


Fig. 3 奈米碳管 SEM 電子顯微影像

三、 實驗步驟

待測物試片製作

本研究將透過隔音性能測試探討三種不同孔隙半徑材料添加於塗料後的隔音性能，其中三種樣品分別為：蛭石、活性碳及奈米碳管，首先取四罐 28.5 克之 PVA，並分別加入 1.5 克樣品，以及同時添加三種樣品，放入 3D 球磨機中均勻混合於塗料中，混合完畢將塗料使用刮刀固定膜厚均勻塗布在基板上，塗布完於室

溫陰乾，待樣品完全乾燥後即可進行隔音性能測試，如 Fig. 4 所示。

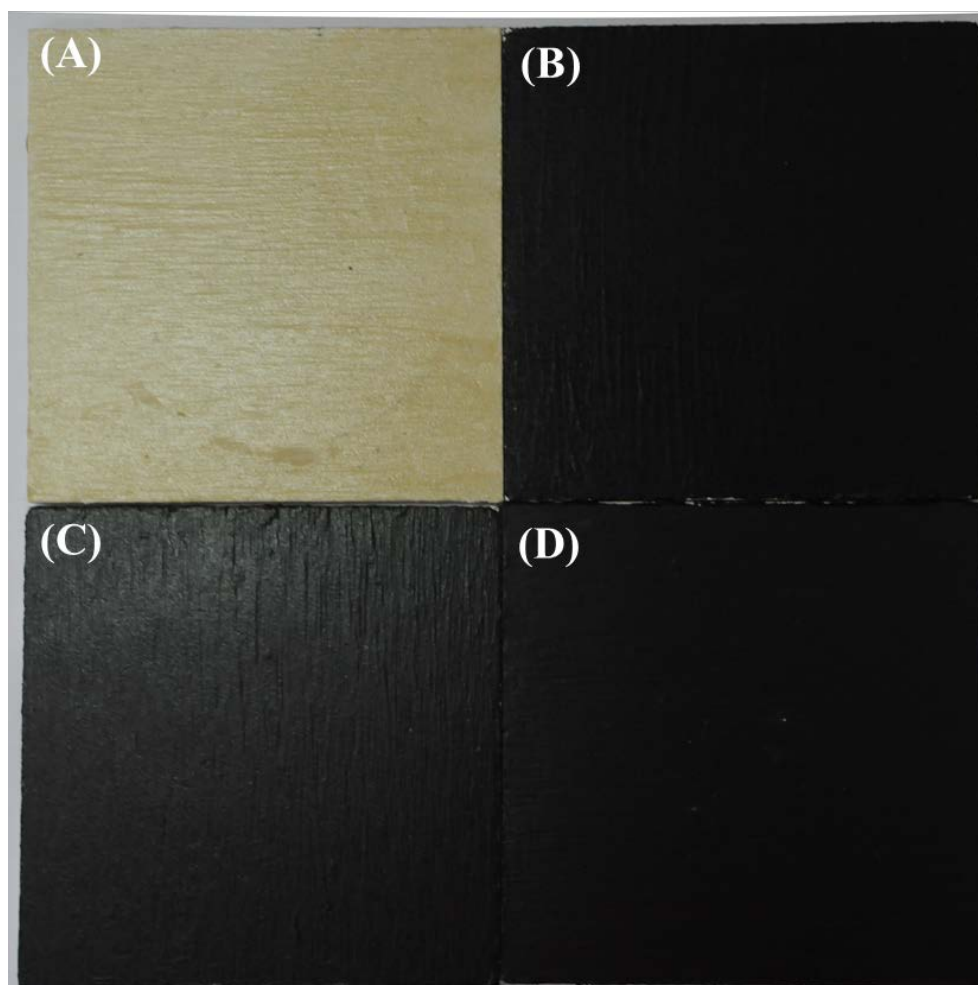


Fig. 4 待測物試片實體照：(A)蛭石、(B)活性炭、(C)奈米碳管、(D)蛭石/活性炭/奈米碳管

隔音性能測試

就隔音塗層而言，要減少聲音能量傳遞的方法，是利用聲音穿過塗層時所產生的聲音傳遞損失值影響，而聲音傳遞損失值愈大則表示隔音性能愈佳。本研究主要探討不同孔隙半徑大小的三種材料與三種基材混合而成的試片的隔音效能比較，隔音性能試驗為利用阻抗管試驗儀為各試體進行隔音試驗。試驗規劃說明如下：

試驗儀器之隔音試驗：利用試驗儀為各試體進行隔音試驗，綜合所得的試驗數據總結關鍵影響參數，以探討本研究所使用不同孔隙半徑大小的三種材料與三種基材混合而成的試片的隔音效能比較。

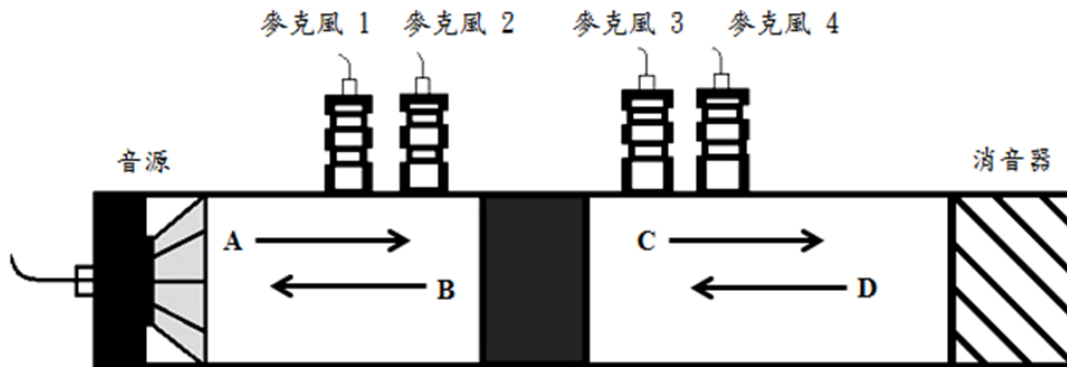


Fig. 5 隔音性能測試裝置示意圖

四、 結果與討論

本研究係將全部試體皆在同地點、同時間及相同環境因素下連續進行隔音試驗四次量測，並取其平均值。聲音傳遞損失(Transmission Loss, TL)經由Eq. (1) 計算，即可得Table. 1，公式如下^[7-9]：

$$TL = 10 \log_{10} \left(\left| \frac{A}{C} \right|^2 \right) \quad (1)$$

經由 Fig. 6 可比較出奈米碳管在本研究中隔音效較為出色，而在混合材-蛭石/活性炭/奈米碳管中也呈現出相較蛭石及活性炭較好之隔音效能。而在聲音傳遞反射值(Sound Reflection, SR)則使用 Eq. (2)計算，公式如下：

$$SR = 10 \log_{10} \left(\left| \frac{A}{B} \right|^2 \right) \quad (2)$$

即可在 Fig. 7 中可得到奈米碳管在聲音傳遞反射中呈現良好的降低聲音傳遞反射量，讓聲音在空間傳遞時具有降低回音以及減少穿透音的效果，而在混合材-蛭石/活性炭/奈米碳管中也呈現較低的聲音傳遞反射數值。

Table. 1 聲音傳遞損失表

頻率 (Hz)	蛭石 (dB)	活性碳(dB)	奈米碳管(dB)	混合材(dB)
600	30.41	31.58	30.78	16.81
900	29.02	19.08	29.87	32.30
1200	44.39	42.72	30.92	38.21
1500	26.74	31.58	36.37	35.70
1800	22.21	20.36	16.76	14.76
2100	22.13	31.11	34.97	37.73
2400	30.60	30.08	33.21	31.87
2700	17.94	22.78	22.66	10.63
3000	22.80	16.82	15.14	22.70
3300	19.19	4.42	20.94	18.35

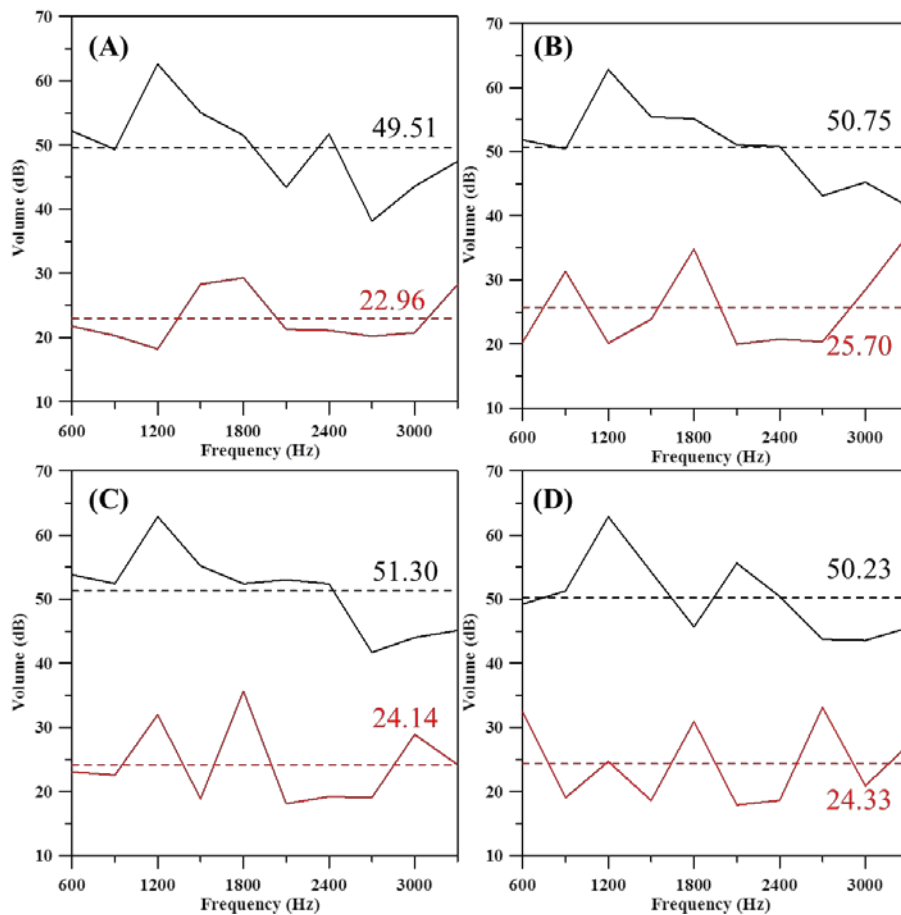


Fig. 6 聲音傳遞損失值 (黑色為 A；紅線為 C)：(A)蛭石、(B)活性碳、(C)奈米碳管及(D)蛭石/活性碳/奈米碳管

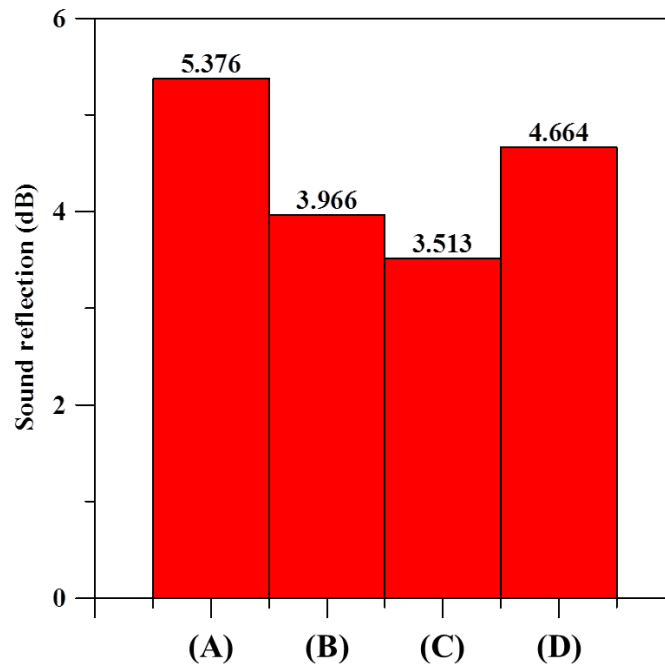


Fig. 7 聲音傳遞反射值：(A)蛭石、(B)活性碳、(C)奈米碳管及(D)蛭石/活性碳/奈米碳管

五、 結論

本研究分別以三種不同孔隙半徑材料作為主要隔音基材，利用材料中的孔隙形成空氣隔音層，並在聲音傳遞空間中降低聲音傳遞反射量。而在實驗結果中可看到奈米碳管有最佳的聲音傳遞損失量以及較低的聲音傳遞反射量，其平均減少49%的聲音傳遞能量，且混合材-蛭石/活性碳/奈米碳管平均減少52%的聲音傳遞能量，具有優異的聲音傳遞損失量並擁有碳材所具有較低的聲音傳遞反射量之優點。

六、 參考文獻

- [1] Mukherjee B. The structure of vermiculite and some interstratifications. Clay Miner.1963;5:194-202.
- [2] Shirozu H, Bailey SW. Crystal structure of a two-layer Mg-vermiculite. Am. Mineral., 1966;51:1124-1143.
- [3] Marsh H, Rodríguez-Reinoso F. Characterization of Activated Carbon. Activated Carbon, Elsevier Science, Oxford, 2006:143-242
- [4] Marsh H, Reinoso FR. Activated Carbon. Int. J. Mech. Sci., 2006:1-554.
- [5] Ajayan PM, Zhou OZ. Applications of Carbon Nanotubes. Top. Appl. Phys. 2001;80:391-425
- [6] Thess A, Lee R, Nikolaev P, Dai H, Petit P, Robert J, Xu C, Lee YH, Kim SG, Rinzler AG, Colbert DT, Scuseria GE, Tomanek D, Fischer JE, Smalley RE. Crystalline Ropes of Metallic Carbon Nanotubes. Science, 1996;273:483-487
- [7] Jung SS, Kim YT, Lee YB, Cho SI, Lee JK. Measurement of sound transmission

loss by using impedance tubes. J. Korean Phys. Soc., 2008;53:596-600

[8] Pispola G, Horoshenkov KV, Asdrubali F. Transmission loss measurement of consolidated granular media (L) J. Acoust. Soc. Am., 2005;117:2716-2719

[9] Jung SS, Kim YT, Lee YB, Cho SI, Lee JK. Measurement of sound transmission loss by using impedance tubes. J. Korean Phys. Soc., 2008;53:596-600

作者聯絡資料(字體 8，論文發表人請於其姓名前註記*)

姓名	服務單位	職稱	地址	電話	E-mail	是否出席?
*謝建德	元智大學化學工程與材料科學學系	教授兼系主任	32003 桃園市中壢區遠東路 135 號	0930-752560	cthsieh@saturn.yzu.edu.tw	是
陳佩琪	元智大學化學工程與材料科學學系	大學生	32003 桃園市中壢區遠東路 135 號	0919-461981	s1011038@mail.yzu.edu.tw	是
陳鈺夫	元智大學化學工程與材料科學學系	博士生	32003 桃園市中壢區遠東路 135 號	0963-091260	s1028802@mail.yzu.edu.tw	是
韓道昀	萬能科技大學營建科技系	助理教授	32061 桃園市中壢區萬能路 1 號	0932-082215	daniel.han215@gmail.com	是