

小型樓層陽台的降噪計算與分析

徐進將 馬幼俠

國立中正大學應用地球物理研究所

聯絡地址：彰化縣二林鎮二溪路六段六二六號

聯絡電話：04-8682978 轉 400

E-mail：wh0045@mail.whjh.chc.edu.tw

摘要

一般交通噪音控制中，建立聲屏障（sound barrier）是常被採用的手段，而對不同類型屏障的降噪（noise reduction）作用已有頗為深入的研究，其結果也用於許多交通工程中。例如香港環境保護署會於新道路的規劃階段與其他部門攜手制訂各種措施，其中包括：規定道路與建築物之間設置緩衝距（buffer distance），設立路邊聲屏障等隔音設施，及鋪設低噪音路面以舒緩噪音問題。但是建立和維護這些措施每年所須經費相當的高，就台灣地區而言，如今許多縣市的經費匱乏，在交通頻繁的道路旁設置聲屏障的確相當困難，還不論在景觀上所造成的影響。

所以，隨著城市建設的發展，在考慮經濟和環境面的同時，如何降低交通噪音對居家生活和工作條件其影響的是建築設計及噪音控制所面臨的問題，如果能利用建築結構本身，如門、窗或陽台等來降低噪音，在實際面上應該是不錯的辦法。

台灣大部分地區住宅中，以透天式和低樓層的公寓居多，而陽台多少都具有降噪之功能。本研究根據噪音傳播的理論模型，計算不同尺寸之陽台對交通噪音插入損失之大小，來分析陽台的降噪能力，作為設計陽台時的一個參考依據。

關鍵字：聲屏障、住宅陽台、聲傳播、交通噪音

The noise-reduction analysis and calculation for balconies of low-floor buildings

Sound barriers are considered to be a common structure to reduce traffic noise. The noise reduction technique using various sound barriers has been proved to be very effective in many highway construction projects. For example, in the planning phase of new road constructions, The Environmental Protection Department (EPD) of Hong Kong would work with other departments using different methods, including the buffer distance between the buildings and roads, sound barriers, and low-noise road surfaces, to improve the noise problems. However, the high cost of establishing and maintaining those setups makes the work tough for many counties in Taiwan, for they have very tight budget. Besides the budget, setting up sound barriers in crowded places is not feasible. In addition, the barriers may change drastically the appearance of a town or a city.

With the increasing economical and business activities in a city, the increasing traffic noise has therefore become a crucial issue in the daily working and living environment. Most residential apartments in southern Taiwan are low-floor buildings, and their balconies are more or less functional in traffic noise reduction. Based on the theoretical model of noise transmission, this study analyzes the noise reduction patterns for different type balconies and also calculates the associated acoustic levels for the purpose of future balcony design.

Key words: sound barrier, balcony, sound transmission, traffic noise

前言

一般交通噪音控制中，建立聲屏障 (sound barrier) 是常被採用的手段，而對不同類型屏障的降噪 (noise reduction) 作用已有頗為深入的研究，其結果也用於許多交通工程中。例如香港環境保護署 [1] 會於新道路的規劃階段與其他部門攜手制訂各種措施，其中包括：規定道路與建築物之間設置緩衝距 (buffer distance)，設立路邊聲屏障等隔音設施，及鋪設低噪音路面已舒緩噪音問題。但是建立和維護這些措施每年所須經費相當的高，就台灣地區而言，如今許多縣市的經費匱乏，在交通頻繁的道路旁設置屏障的確相當困難，還不論在景觀上所造成的影響。

所以，隨著城市建設的發展，在考慮經濟和環境面的同時，如何降低交通噪音對居家生活和工作條件的影響是建築設計及噪音控制所面臨的問題，如果能利用建築結構本身，如門、窗或陽台等來降低噪音，在實際面上應該是不錯的辦法。

台灣地區住宅中以連棟透天式和低樓層的公寓居多 [2]，而且陽台多少具有降噪之功能。本研究根據噪音傳播的理論模型，計算不同型式及尺寸之陽台對交通噪音插入損失之大小，來分析陽台降噪的能力，作為設計降噪陽台時的參考依據。

一、理論模型

本研究中所考慮的陽台是指矩形體三面封閉一面開放的挑出式陽台，陽台的上部敞開，其剖面見圖 1，其中 h 為陽台擋板高度， w 為陽台挑出長度 (因剖面圖的關係以下稱之為陽台寬度)， S 為聲源到建築物底部的距離 (簡稱聲源距)。在這裡所考慮的陽台型式在台灣非常普遍，一般住宅均以透天式或低樓層的公寓。接收點位於陽台內的

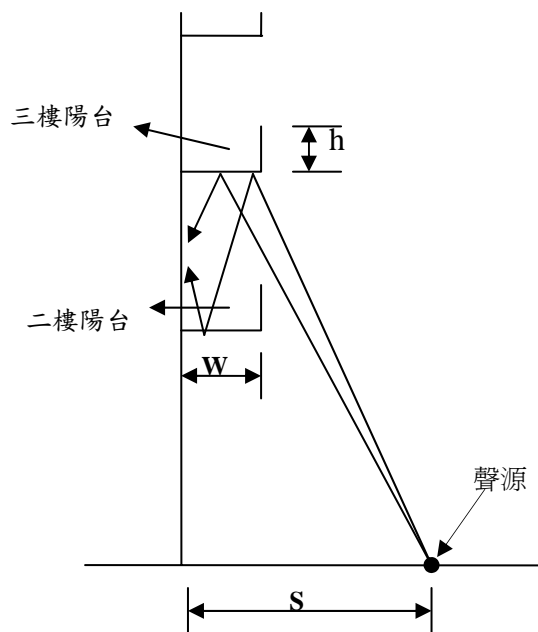


圖 1 挑出式陽台之剖面圖。

建築外牆面上。幾何作圖分析可以知道，陽台擋板可以阻擋直接來自道路的交通噪音，即起了聲屏障的作用，對降低陽台內的噪聲是有利的。同時陽台各側面，地面以及上層陽台的底面對於噪音具有反射作用，這是不利的因素。所以為計算入射到陽台內外牆面上的噪音能量，需分別決定反射聲及繞射聲的能量，而兩者與直達聲能的比值分別為反射因子 RF 及繞射因子 DF。對此，我們假設把整個接收面分成 4 個面積單元，各單元由其面積之中心點表示。到達接收點面上的聲能為各接收點 (面積單元中心點) 聲能之和。由此得到整個接收面上的平均反射因子、繞射因子及陽

台的插入損失 IL 。我們假設到達各接收點上的交通噪音是不相干的而且陽台擋板的透射聲可以忽略。在以下分析中，噪音來自建築物旁道路上之點聲源，而我們所要探討的是陽台之設計對隔離交通噪音的影響。

加權插入損失

當無陽台時，接收面上平均 A 加權聲壓級為 $L(A)$ ，有陽台時的平均聲壓級為 $L'(A)$ ，陽台的 A 加權插入損失 $IL(A)$ 成為：〔3〕

$$IL(A) = L(A) - L'(A)$$

$$= 10 \log \frac{\sum_{j=1}^J 10^{(L_j + a_j)/10}}{\sum_{i=1}^J (DF_j + RF_j) \times 10^{(L_j + a_j)/10}}$$

其中， a_j 為第 j 個頻帶的 A 加權因子， L_j 為 j 頻帶的聲壓級， J 為所考慮頻帶的總數， DF_j 為平均繞射因子，平均反射因子為 RF_j 。在本研究中我們考慮到的交通噪聲之頻率為 100 Hz 到 4 kHz，當以三分之一倍頻程來處理頻帶時可得 $J=16$ 。實測的交通噪聲頻率特性如圖 2 所示，各頻帶內的聲壓級為 L_j 。本研究中將不考慮 A 加權的換算，核算出來的結果並不會影響整個的分析。

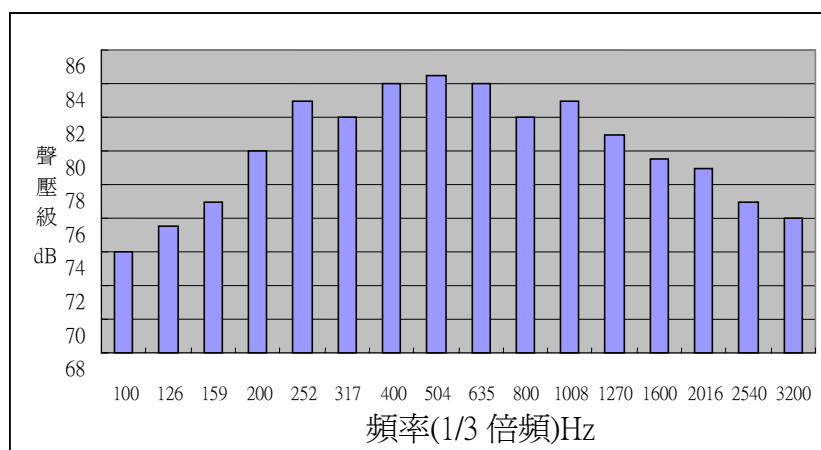


圖 2 一般的交通噪音頻譜圖〔3〕。

二、計算與分析

建築物在設計時有一定的法規規範著，陽台的設計也是如此，如何在這法規之下能兼顧到美觀與實用性呢？陽台挑出寬度太長會影響結構安全且又不符法規，太短又沒有利用的空間，而陽台的擋板高度太高則採光與通風又不良，太低則容易造成危險。我們將如何取決一個適當的比例大小對降噪量的控制能得到一個最佳的設計將是我們所要探討的方向。

陽台寬度對插入損失之影響

圖 3 中，聲源距為 10 m，擋板高度為 1 m 時，其陽台寬度愈大插入損失愈大，且隨樓層增高而增加。也就是陽台的降噪能力愈好，這是因為陽台寬度愈大時，反射因子與繞射因子變小原故，所以相對的插入損失變大。也就是說，陽台寬度愈寬其降噪能力愈好。

陽台擋板高度對插入損失之影響

圖 4 是陽台寬度為 1 m 時，對陽台擋板高度為 1 m 及 1.5 m 時的插入損失變化圖。在圖中我們依然可明顯看出陽台擋板高度為 1.5 m 時的插入損失比較大。

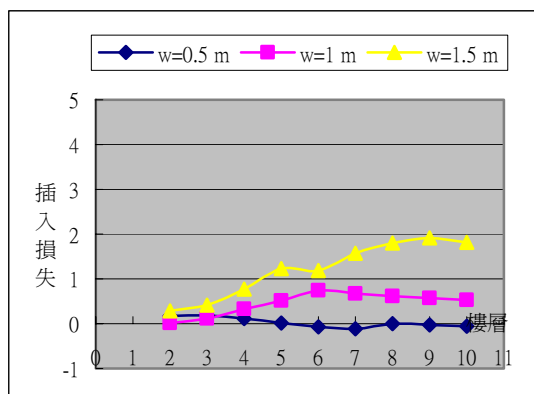


圖 3 在聲源距為 10 m 時，不同樓層之插入損失對於陽台寬度變化的關係圖。

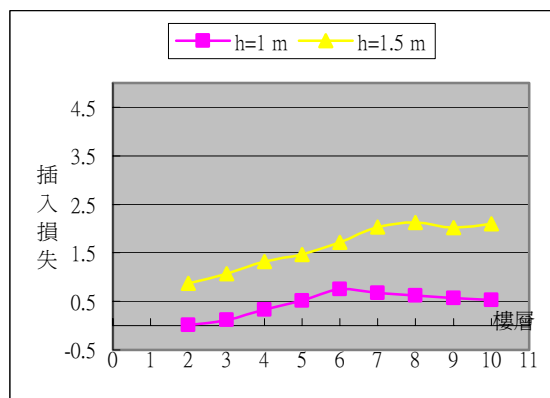


圖 4 在聲源距為 10 m 時，不同樓層之插入損失對於陽台擋板高度變化的關係圖。

最佳化陽台設計

若先不考慮改變陽台上一層底部及陽台上的各反射面的反射吸聲係數對陽台降噪能力的影響，就陽台結構假設來論，當陽台擋板高度 (h) 愈高其反射因子及繞射因子愈小，則插入損失愈大；而陽台寬度 (w) 愈寬，其插入損失也愈大。也就是說，陽台寬度愈寬愈好，陽台擋板高度愈高也愈好。但我們知道，有礙於建築法規的限制、成本、採光、通風、安全及美觀等因素，一般陽台設計擋板高度很少高於 1.5 m，而陽台寬度在“建築技術規則”第一條裡規定不可以大於 1.5 m (民國九十二年修訂為 2 m) [4]。所以將採用 $h = 1.5 \text{ m}$ ， $w = 1.5 \text{ m}$ ，再來做其他變數的分析。

在圖 5 中，當 $h = 1.5 \text{ m}$ ， $w = 1.5 \text{ m}$ 時，插入損失對其聲源距離變化的關係圖。在圖中我們可看出，當聲源到住宅距離 (S) 增加時，插入損失變小，尤其是對於在

較低樓層的陽台時，插入損失的變化較大。而隨著樓層高度的提高，反射聲起決定性的作用，所以插入損失差異變大。這也就是說，不同樓層的陽台其插入損失會隨聲源到住宅距離的變化有所不同。

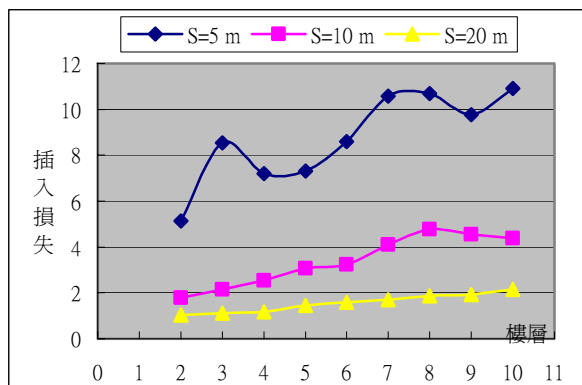


圖 5 不同樓層之插入損失對於聲源距離變化的關係圖。

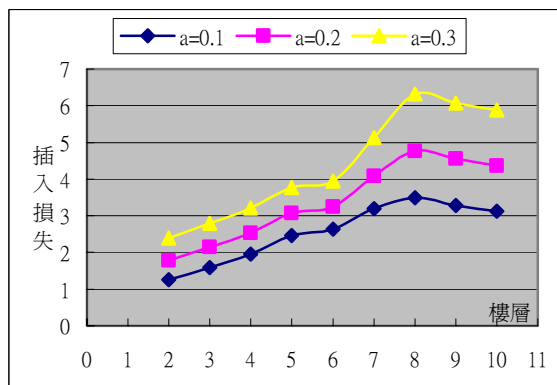


圖 2-4 在聲源距為 10 m 時，不同樓層之插入損失對於吸音係數變化的關係圖。

改變吸音係數之影響

圖 6 中，是陽台 $h = 1.5 \text{ m}$ ， $w = 1.5 \text{ m}$ 時，改變吸音係數時，差入損失隨樓高的變化關係圖。圖中可明顯看出，吸音係數愈大，其插入損失也愈大，也就是降噪效果愈好。尤其是在高樓層的部份更為明顯，

三、一般陽台之優缺點

台灣地小人稠，建築物開始向上發展，尤其是在都市更為明顯。住宅的設計裡，室內的空間設計，講求要寬大；在有限的土地面積裡，室內空間的加大就會影響到陽台的設計。因此，往往會忽略到陽台有它的功能存在，而它的功能就是在都市裡最令人厭煩的「噪音」。依本研究的第二章的理論模型分析，當陽台擋板高度 (h) 愈高其反射因子及繞射因子愈小，則插入損失愈大；而陽台寬度 (w) 愈寬，其插入損失也愈大，也就是降噪能力愈好。本章的照片來自彰化市區，我們依據第二章的理論分析來進行分析這幾張一般常見的陽台照片。

不良的陽台設計

我們知道，陽台寬度愈寬愈好，擋板高度愈高也愈好。所以，圖 7 和圖 8，在降噪音的功能上都是屬於不良的陽台。說明如圖下方的註解。



圖 7 新式陽台只求室內空間加大，使陽台變窄
(約 0.3 m)，降低降噪之功能。



圖 8 新式陽台只求室內空間加大，使陽台變窄
(約 0.5 m)，降低降噪之功能。

良好的陽台設計

良好的陽台設計必須兼顧到美觀與空間要寬大而且陽台的擋板高度要高；陽台寬度要寬（指挑出的長度要長），使得反射與繞射因子降低，插入損失增加，以達到降噪之功能。



圖 9 陽台寬度夠深，補足擋板高度的不足。



圖 10 擋板高度夠高，補足寬度的不足。

四、 結論和建議

台灣工商業發展迅速，在經濟成長之成就已獲得世界各國肯定，然而，由於追求高經濟之成長而忽略了環境保護之重要性，這些污染已嚴重的影響到人們的生活品質。然而近年來環保意識抬頭，政府也公佈環境保護之措施，使得環境保護有了些許的成績。根據調查〔5〕，在這些污染中，最讓人們感到困擾的污染問題，其中以噪音污染最讓人們受不了。所以新一代的家庭在選購住宅時，對於居住的品質要求非常講究，除了要寬大美觀外，對於建築物的結構安全、採光、及通風更是嚴格篩選，由其住宅附近的環境條件更是選購時的一個重要參考依據。

在選購住宅時，當要遠離噪音及空氣污染，則必須要遠離市區；但這對於要每天上下班及孩童上下課的家庭來說只會造成交通之不便。所以交通要便利的地區就離不開噪音的困擾。在這之下，一般人的處理模式就是加裝氣密窗，若要阻隔噪音而加裝陽台的氣密窗，則會有裝氣密窗的最大缺點就是無法讓室內的空氣與室外的空氣流通，這也是造成室內空氣比室外的空氣差的主要原因之一。因此通風與降噪就無法兩全了。

然而，我們可將聲屏障設立在自己家的陽台上（如圖 9 和圖 10）。也就是說，若運用設計建築物本身來阻擋一些噪音或許是一個比較直接的方法。所以，若自己家裡的陽台除了美觀實用之外還有著降噪音的功能，這何嘗不是一種多功能的好陽台呢？

本研究的計算分析結果，對於陽台的插入損失分析，說明了住宅樓層的陽台插入損失是由反射因子與繞射因子所決定，其中與陽台擋板高度（ h ）、陽台寬度（ w ）及住宅底部到聲源的距離（聲源距 S ）等因素有關。當較低樓層的陽台時，陽台擋板高度的影響較明顯，而較高樓層的陽台，其陽台挑出長度（ w ）影響較明顯，而且陽台的降噪作用隨道路到住宅的距離（聲源距）增加而降低，但是因為較高樓層的反射因子起了主要作用，插入損失主要受來自上一層陽台底部的反射影響，所以可以在各反射面上進行吸音處理，來提高陽台降噪音效果。若陽台挑出長度（ w ）較窄時，其陽台的插入損失較小，隨樓層增加變化性也小，此時可改變各反射面的反射吸音係數，來達到降噪音的目的。

所以，以上也就是提供在設計陽台時的一個參考依據，如此既能達到美觀與安全之外又能兼顧到提昇降噪音的功效。

參考文獻

1. 香港特別行政區政府環境保護署，香港舒緩交通噪音的屏障及建築設計，香港特別行政區，2001。（Web Site: <http://www.epd.gov.hk/>）
2. 台灣省行政院主計處，七十八年度台灣地區住宅狀況調查報告，台北，1990。
3. 蔣國榮、王季卿、劉少瑜，高層住宅陽台降噪量的計算分析，應用聲學，19 卷，5 期，第 20-24 頁，上海，2000。
4. 台灣省內政部營建署，建築技術規則建築設計施工編部分條文，第 13-16 頁，台北，2004。
5. 王偉輝、許榮均、劉德源、吳孝三、潘正豪，捷運淡水線噪音振動調查與改進分析，捷運技術，第 105-118 頁，22 期，台北，2000。

誌 謝

感謝鄭志鈞教授和連振岳建築師，提供了不少相關的資料和寶貴的意見，使得本文得以順利完成。