

內政部營建署建築研究所籌備小組專題研究計畫成果報告
計畫名稱：建築發展研究及資訊體系之規劃（第三階段）

召 集 人：張世典 總協同主持人：張德周

總 顧 問：蔡添璧

台灣地區建築音響研究體系之初步探析
(先期規劃)

計畫編號：19—01—78—07

執行期間：77年7月1日至 78年6月30日

計畫主持人：張 德 周

協同主持人：王 文 安

執行單位：中華民國建築學會

協同研究：建築研究所籌備小組

中華民國 七十八 年 六 月

內政部營建署建築研究所籌備小組專題研究計畫成果報告

計畫名稱：建築發展研究及資訊體系之規劃（第三階段）

台灣地區建築音響研究體系之初步探析 (先期規劃)

目 錄

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

1-1-1 研究動機.....1

1-1-2 研究目的.....1

第二節 研究範圍與內容

1-2-1 研究範圍.....1

1-2-2 研究內容.....2

第三節 研究方法與流程

1-3-1 研究方法.....3

1-3-2 研究流程.....4

第二章 建築音響基本理論與特性

第一節 音的定性理論

2-1-1 音波特性.....5

2-1-2 音波傳送.....6

第二節 噪音與振動

2-2-1 噪音特性.....7

2-2-2 振動特性.....8

第三節 吸音與遮音材料

2-3-1 吸音材料	9
------------------	---

2-3-2 遮音材料	9
------------------	---

第四節 音環境測定與評估

2-4-1 音環境測定	11
-------------------	----

2-4-2 音環境評估	12
-------------------	----

第三章 建築音環境問題探討

第一節 室內音響設計與標準

3-1-1 室內音響設計	13
--------------------	----

3-1-2 室內音響標準	14
--------------------	----

第二節 噪音源調查與防治

3-2-1 噪音源調查	16
-------------------	----

3-2-2 噪音源防治	16
-------------------	----

第三節 建築空間遮音設計

3-3-1 居住空間遮音設計	17
----------------------	----

3-3-2 辦公空間遮音設計	20
----------------------	----

3-3-3 學校空間遮音設計	21
----------------------	----

3-3-4 醫院空間遮音設計	22
----------------------	----

第四節 設備管道遮音設計

3-4-1 電氣設備	23
------------------	----

3-4-2 空調設備	23
------------------	----

3-4-3 給排水設備	25
-------------------	----

第四章 建築音環境研究現況分析

第一節 參考研究文獻

4-1-1	中文資料.....	26
4-1-2	日文資料.....	28
4-1-3	英文資料.....	29
第二節 音環境研究領域		
4-2-1	國外情形.....	31
4-2-2	國內情形.....	32
第三節 音環境研究設備		
4-3-1	音響試驗設備.....	33
4-3-2	國內音研究設備.....	35
第四節 國內相關法規		
4-4-1	建築法令.....	38
4-4-2	噪音管制法令.....	39
4-4-3	振動管制法令.....	44
4-4-4	勞工安全衛生法令.....	44

第五章 結論與建議

第一節 結論

5-1-1	建築音響基本理論與特性.....	47
5-1-2	建築音環境問題探討.....	48
5-1-3	建築音環境研究現況分析.....	48
5-1-4	建築音環境研究架構.....	50

第二節 建議

5-2-1	研究方向.....	51
5-2-2	研究課題.....	51

附錄

參考書目

圖目錄

圖 2-1	正弦音波圖.....	5
圖 2-2	基本音的種類圖.....	5
圖 2-3	人類聽覺範圍圖.....	7
圖 2-4	八度音程的區隔圖.....	7
圖 2-5	複合材料遮音處理圖.....	10
圖 3-1	集合住宅之室內噪音構成圖.....	18
圖 3-2	集合住宅之噪音傳送情形圖.....	19
圖 3-3	各居住空間內噪音傳搬情形圖.....	19

表目錄

表2-1	各種用途空間室內平均音壓適用等級表.....	10
表3-1	室內空間平均音壓級差之適用等級.....	14
表3-2	樓板衝擊音壓之適用等級.....	15
表3-3	室內噪音之適用等級.....	15
表3-4	室內噪音的適用等級.....	20
表3-5	辦公室空間噪音等級之評估.....	20
表3-6	普通教室之遮音性能標準適用等級.....	21
表3-7	醫院空間之音壓標準適用等級.....	22
表4-1	日本1976~1985年音環境研究統計表.....	31
表4-2	我國音環境研究論文分類表.....	32
表4-3	我國音環境研究報告分類表.....	33
表4-4	音環境研究試驗設備分類表.....	34
表4-5	我國音環境研究設備設置場所分類表.....	37
表4-6	營建工程噪音管制標準.....	40
表4-7	營建工程噪音管制最高容許音量.....	43
表5-1	建研究音環境研究架構表.....	50

第一章 緒論

第一節 研究動機與研究目的

1-1-1 研究動機

近年來，我國經濟發展蓬勃，帶動整體社會生活品質的逐步提昇，對於人類生存環境的探討與控制亦漸受重視。尤其是噪音問題對現今聚居都市造成了莫大的困擾，各個居住空間使用單元相互間的音干擾與建築物外部各種發生音源對建築物內部的音波傳遞均是使居住、工作、休息空間品質日益下降的因素之一。如何以主管官署或專業研究者的立場針對問題痛下針砭，對整體音環境問題有一整體性與分期性研究體系計畫，是本先期規劃研究報告初始研究動機。並定自民國七十七年九月一日起至七十八年六月三十日止進行為期十個月的資料收集與彙整規劃工作，並期做為建築研究中研擬音環境研究計畫之優先次序參考指標。

1-1-2 研究目的

為達未來建築研究所的研究、檢驗、資訊、推廣等四大功能目的，本研究即以有關音環境的理論層面、問題層面、研究層面共同探討應有的建築音環境研究架構，才能分別依研究體系與課題、檢測項目與標準、資料收集與建檔、設計改善與推廣、法令規範與防治等五個方向分別於後續研究計畫中漸次充實，建立完善而可行的音環境研究體系。

第二節 研究範圍與研究內容

1-2-1 研究範圍

由於本研究乏研究經費與人力支持，勢必無法廣徵該領域各專家學者之共同參與貢獻卓見，為期能如期獲致具體研究所需成果，本研究乃

將研究範圍訂定於音環境的理論層面、問題層面、研究層面等三方面探討現有可蒐彙整之資料內容，並綜理研究內容如次：

- 1、建築音環境之定性分析。
- 2、建築音環境問題之探討。
- 3、建築音環境研究現況分析。
- 4、建築研究所音環境研究架構研擬。

至於需更進一步深入研究之課題，諸如建築隔音材料調查與建檔、建築材料音性能檢測、噪音標準管制準則、室內音響設計準則、噪音源調查與防治、建築遮音處理設計準則、隔音處理教育與推廣....等課題，則列入後續研究計畫架構內，在本研究計畫內容中不予述及。

1-2-2 研究內容

本研究內容著重於資料收集與現況了解工作，分別從音環境定性分析、音環境問題探討、音環境研究狀況三方面分別探討，並研提本研究章節如次：

第一章 緒論

- 第一節 研究動機與目的
- 第二節 研究範圍與內容
- 第三節 研究方法與流程

第二章 建築音響基本理論與特性

- 第一節 音的定性理論
- 第二節 噪音與振動
- 第三節 吸音與遮音材料
- 第四節 音環境測定與評估

第三章 建築音環境問題探討

- 第一節 室內音響設計與標準
- 第二節 噪音源調查與防治
- 第三節 建築空間遮音設計

第四節 設備管道遮音設計

第四章 建築音環境研究現況分析

第一節 參考研究文獻

第二節 音環境研究領域

第三節 音環境研究設備

第四節 國內相關法規

第五章 結論與建議

第一節 結論

第二節 建議

第三節 研究方法與研究流程

1-3-1 研究方法

本研究採文獻回顧方式，就國內既有相關研究資料蒐集彙整比較分析各種研究方式，以試圖建立適合建築研究所之音環境研究架構。

1-0-2 研究流程

第一章

第二章

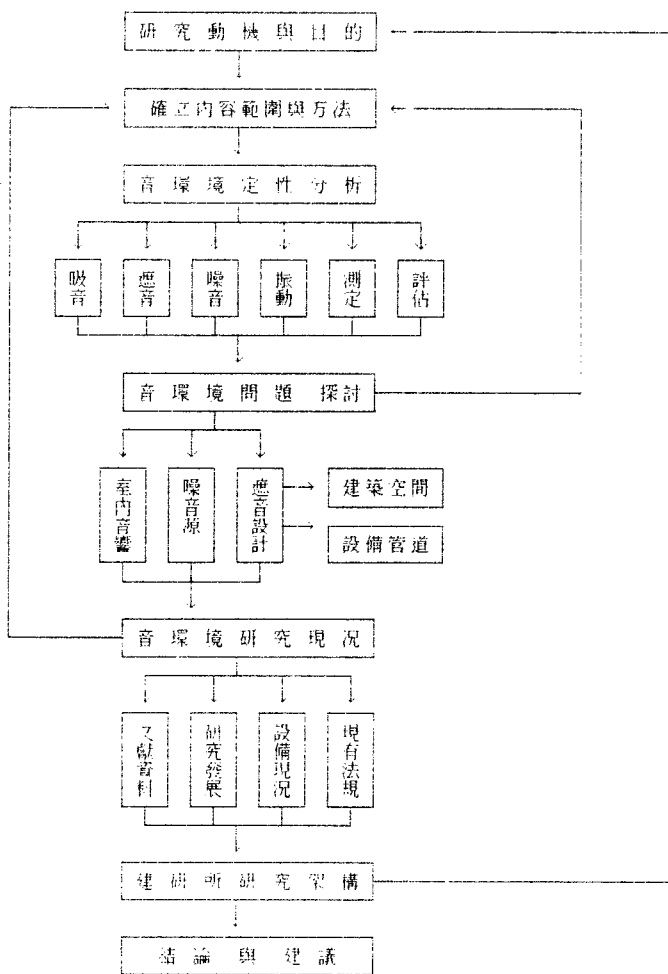
第三章

第四章

第五章

第六章

第七章



第二章 建築音響基本理論與特性

第一節 音的定性理論

2-1-1 音波特性

音的產生為物體在空氣中因振動或爆破，使空氣受壓縮或稀疏而成音，聲音由音源傳至四周時是採球形擴散波動方式進行，其速度在空氣中約為 340m/s 、水中約為 $1,500\text{m/s}$ ，並採正弦波形式波動如圖 2-1。當傳送此波之媒介質中有障礙物存在時，則依障礙物的形狀、大小而產生反射、透射、散亂現象；當氣溫變化、溫度變化、風速等物理條件發生變化時，亦會產生屈折影響音的速度，而改變原有音之波動情形。

音的特徵依時間特性與周波數特性分知有不同的波形，可分為純音（正弦波）、周期性複合音、雜音、衝擊音四種，其波形如圖 2-2 所示。

純音是最基本的音，波形是正弦波，將複合音分解後即可得到幾個純音的組合。周期性複合音則是一個固定的複合音波形週期性的循環，波形可為正弦波的整數倍或為重疊波形，乃形成各種不同的音色如人的聲音、樂音皆是。雜音即為噪音，其波形無法找出週期性，振幅也是任意變化的形態。

衝擊音是自然界中短暫發生的音，周波數並不連續。

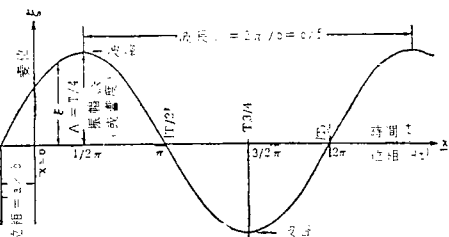


圖 2-1 音波之特性

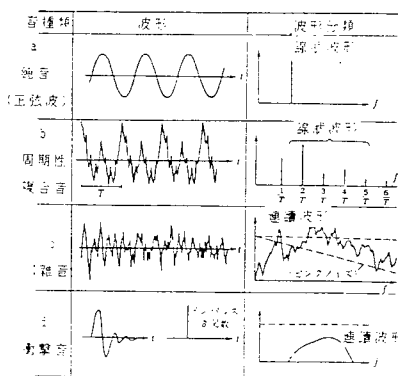


圖 2-2 基本音的種類

2-1-2 音波傳送

音波的傳送主要是藉著空氣或水中的介質慣性和彈性振動而傳達音，依傳播速度和方向的改變，音響能量的吸收或反射的不同而相異。音響能量在傳送過程中有以下兩點特性值得考慮：

一、距離減衰

聲音在傳播途中減衰的原因包括以下原因：

- 1、音源的形態使然
- 2、因媒介質的性質而致
- 3、因不同媒介質之境界溫度分布情形不同，而減衰情形不一。

其音場的音強與音源距離平方成反比而減衰，點音源如圖2-3所示，以音源為中心向四周按 $W(\text{watt})$ 功率，如球狀傳播均一的音波時，假定在空氣中無能量損失，則通過 r 之球面上每單位面積 m^2 所傳播之能量 I 表示時，以公式 $I = W / 4\pi r^2 [W/m^2]$ 表示之，音響能量密度 $E = I / C$ 。如為面音源，音響能量密度 $E = W / m^2$ 為面音源的單位面積能量

二、音波的迴折、屈折現象

(一)迴折現象：

- 1、當障礙壁面上有小於波長的開孔時，則入射於壁面的平面進行波幾乎全自壁面上反射，通過開孔的音波以開孔為中心呈球面波形而放射。
- 2、當障礙壁面上有大於波長的開孔時，則入射音波保持原狀通過開孔，在開孔的邊緣部份則產生迴折而向四方擴展。

(二)屈折現象：

當氣溫變化、溫度變化或風速改變時，音介質的物理條件徐徐變化會產生屈折現象，影響音的速度。隨溫度上昇，音速會增加，溼度增高亦然，任一地點其距地表的高度愈高則氣溫愈低，空氣量愈薄，音速亦隨之減弱，音線呈凸形曲線向上折射，當音隨風向進行時速度增加，逆風進行時則減低。

第二節 噪音與振動

2-2-1 噪音特性

噪音即為吾人所壓惡或不需要的聲音之總稱。噪音的種類可分為五類：

一、人類聽覺範圍限制以外的音

人類聽覺的音頻率範圍以20C/S 為最小可聽限，以16,000C/S 為最大可聽限，一般則界乎1,600~4,000C/S之間的頻率感度最佳，按頻率推估則約在10個 8度音程 (Octave) 左右，若音源頻率無法為人耳所正常接收即成為噪音。如圖 2-3、2-4所示。

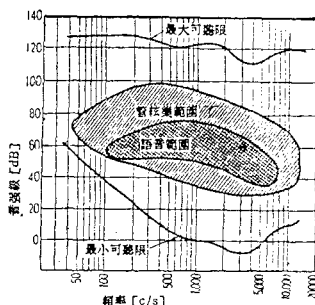


圖 2-3 人類聽覺範圍

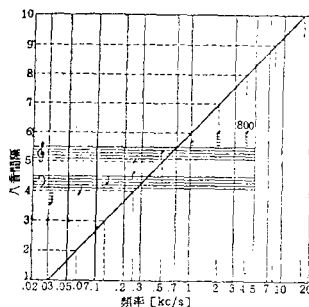


圖 2-4 八度音程的區隔

二、雜音

如前節所述，音源之波形無法找出週期性，振幅也是任意變化或變動劇烈之型態，無法合成樂音即為雜音。

三、衝擊音

為自然界中短暫發生之音，周波數並不連續，造成心理與生理短時間之衝擊承受。

四、長時間持續音

音源連續長時間沿續之鳴放，造成心理之煩躁壓惡。

五、需求外之發生音

諸如工作環境噪音和夜間發生音造成人類生活需求以外之聲音，造成因接受意願低落，間接影響生理、思考之不正常運作。

噪音對人類生理或心理的影響可歸納為以下六點：

- 一、使人體產生生理障礙。
- 二、音質使人覺得不愉快。
- 三、妨礙到正常交談。
- 四、使人情緒急躁、辦事效率低。
- 五、妨礙人的正常睡眠或休息。
- 六、妨礙思考。

2-2-2 振動特性

根據「振動管制法」草案的定義稱振動為由人為活動引起地面或建築物上下左右、前後往復移動而妨害生活環境安適之現象。振動的來源一般可分為人為的與自然的兩種，人為的振動發生源又可分為建築物內部與建築物外部兩類。建築物內部振動包括空調機器、搬運機器、配管及其他諸如送風機、運轉機器、破碎機器等設備之振動與人類移動跳躍產生之振動。建築物外部振動包括營造工程現場、交通運輸、爆炸等所引起之振動。自然的振動發生源包括風、地震、熱變化等自然現象。

振動所產生的影響包括對建築物及對人體兩類。對建築物的影響中除對構造體及傢俱之損傷外，也會因使用耐久年限之縮短使物性受害，以及影響

建築物內的精密機器設備。至於對人體的影響可分為對使用者生理、身體的影響及對使用者心理、精神產生不舒暢的影響。

第三節 吸音與遮音材料

2-3-1 吸音材料

吸音的定義為凡音響投射於任一物質表面屈折後，並繼續進行抵達物質內部，其音能之一部變為熱能而消失之現象。一部份穿透該物質傳入該物質之媒質中稱為透射音，另一部份自投射面上反射者稱為反射音。可以以吸音率表示該材料的吸音性能程度，其公式如下式所示：

$$\alpha = \frac{\text{被材料吸收而不再反射之音能}}{\text{射入材料之音能}} (\%)$$

各種材料的吸音率皆不相同，依投射音的頻率與入射角而異，吸音材料依吸音構造大約可分為五類：

- 一、多孔性材料：乃材料中含有大量的細孔、細縫或氣泡，依空氣運動所發生的摩擦而消耗聲音的能量而吸音者。
- 二、板狀材料：乃成型的板狀材料藉板的振動而吸音者。
- 三、膜狀材料：乃成型的膜狀材料亦藉板的振動而吸音者。
- 四、共鳴吸音體：乃一瓶狀物體，其出口面積小，而後部容積較大。此形態又有菱形為混凝土壁或於砌築壁前若干距離裝設有打孔的厚硬板而吸音。
- 五、成形吸音板：實際應用的吸音材料成品吸音特性有軟質纖維板、開孔吸音板、木毛水泥板、懸吊吸音體、吸音楔等種類。

2-3-2 遮音材料

遮音的定義為音響投射穿透物質材料傳達之音響能量產生折損現象。傳

透音能量 I 。與投射音能量 I_0 之比值稱為傳透係數，以 τ 表示。傳透損失則以 TL 表示，公式為：

$$TL = 10 \log_{10} \frac{1}{\tau} = 10 \log_{10} \frac{I_0}{I} [dB]$$

任一空間的構造體，如天花板、牆壁、地板、門窗等乃依各種不同的材料所構成，其傳透損失值亦不同，但各個空間依其用途之不同皆有其基本之容許室平均音壓等級，以日本為例可整理如表 2-1 所示，

建築物	空間用途	遮音等級和適用等級					
		D-55	D-50	D-45	D-40	D-35	D-30
集合住宅	居室	—	1級	2級	3級	—	—
旅館	客房	—	—	1級	2級	3級	—
辦公室	第一類（一般會議室和事務室）	—	—	—	1級	2級	3級
	第二類（有私密、保密需要之空間）	—	—	1級	2級	—	—
學校	第一類（一般教室）	—	—	—	1級	2級	3級
	第二類（特別教室）	—	—	1級	2級	3級	—

表 2-1 各種用途空間室內平均音壓適用等級

各種建築材料、裝修材料均有其不同之遮音能力必須藉由測試設備檢測後方可得知，而當其運用於各空間為隔間壁材時，為達各種空間不同之遮音等級，可採複合材料方式處理，一般可分為中空二重壁，剛性複合材、彈性複合材、多孔質複合材等四類，如圖 2-5 所示。

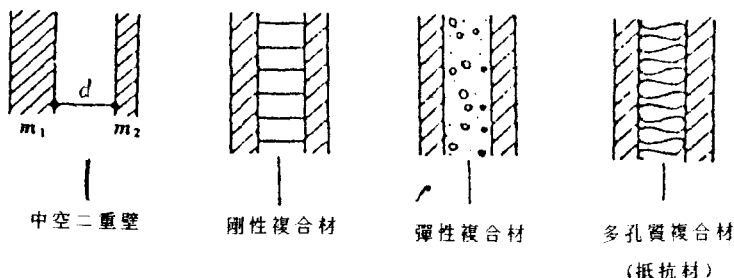


圖 2-5 複合材料遮音處理

第四節 音環境測定與評估

2-4-1 音環境測定

音環境測定工作主要是藉由試驗的過程和結果用以檢定和驗證理論與設計之成果。測定工作依測定目的之不同可分為以下四類：

一、音性能測定：

以測定音基本性能為目的，試驗種類如次：

- (一)垂直入射吸音率試驗
- (二)餘響室法吸音率試驗
- (三)隔音性試驗
- (四)樓板衝擊標準測定

二、噪音與振動測定：

測定範圍以整體環境為主，包括建築物內部的空調等設備、事務機器與人體發生源，以及建築物外部的營造、交通影響之衝擊音，試驗種類如次：

- (一)噪音、振動測定
- (二)噪音等級測定
- (三)噪音分析
- (四)振動等級測定

測定內容則包括音壓標準、噪音標準、振動加速度標準、振動標準、周波數分析、音強標準、測定標準統計、繪製NC曲線。使用的主要測定儀器包括噪音測量計、振動標準計、周波數分析器、音壓標準記錄器等：

三、室內音響特性之測定：

測定對象包括劇場、集會堂、體育館、講堂、會議室等特定使用目的之建築空間。試驗種類包括以下六種：

- (一)餘響時間測定

- (二)回音測定
- (三)清晰度、了解度測定
- (四)音壓分布與傳送特性測定
- (五)音響空間之音場解析
- (六)音響障礙排除之測定

測定內容包括音源裝置、揚聲喇叭與麥克風、錄音器材等，而使用的測定儀器包括噪音量測計、周波數分析器、音壓標準記錄器等。

四、遮音之測定：

測定之目的在了解使用者生存空間之音環境品質，由於建築物內外皆存在甚多音源，因此依測定方法分類，在試驗種類可分為以下三種：

- (一)建築物現場音壓強度差測定方法（JIS A1417）。
- (二)建築物現場樓板衝擊音標準測定方法（JIS A1418）。
- (三)建築物之音壓等級測定方法（JIS A1419）。

使用的測定儀器包括室內平均音壓標準差測定器與樓板衝擊音壓標準測定器。

2-4-2 音環境評估

音環境評估工作依不同種類音源所造成的影響有不同的評估方式，可分為噪音與振動等兩大項：

一、噪音評估法

- (一)基礎評估法
- (二)環境噪音評估法
- (三)航空飛機噪音評估法
- (四)室內噪音評估法

二、振動評估法：

- (一)運輸、工地、營造工程等公害振動的評估方法和規制。
- (二)勞動者全身振動評估法。

第三章 建築音環境問題探討

第一節 室內音響設計與標準

3-1-1 室內音響設計

室內聲學研究的目的是在於處理建築物中達成滿意的聽覺環境之佈置和計畫，良好的音響環境應該是聽眾和設計人都認為滿意的環境。室內聲學可運用於音樂廳、音響專用室、無響室及一般音響裝置組合，而影響室內音響環境的因素可歸納為以下五點：

一、餘響時間：

若音源功率充足，為使語音之清晰度增高，餘響時間宜予以縮短，若音源功率不足，可使餘響時間增長，以補強音源功率之不足。適度的餘響有助於補強音響的響度，使清晰度增高，但若餘響過大則使清晰度轉惡，故最清晰時所需的餘響時間稱為最佳餘響時間。

二、吸音材料的選用與配置：

採用吸音材料時必須加以考慮吸音特性、反光係數、組織情形、抗火力、抗蟲力、裝鑲方式、隔音性、面積密度、厚度、抗張強度和導熱率。同時亦需考慮佈置位置所產生的衰減曲線與裝飾作用影響下的觀瞻問題。

三、空間形體與大小：

空間形體採用長方形或不平行牆面所產生的反射線情形不同，各空間的長、寬、高度尺寸皆影響了空間內反射音生成的情形。

四、噪音：

音響空間由於部份音源所造成的噪音，將影響原定音響空間之測定標準。

五、音源的響度：

室內空間內任何一點的總音能密度，等於由直接音的音能密度與反射音的音能密度總和，故亦有若干其總音能出力極小，令人意外。

3-1-2 室內音響標準

室內空間音響適用指標依測試目的之不同共可分三部份觀之：

一、室內平均音壓級差相關適用標準（如表 3-1）

建築物別	空間用途	部 位	適 用 等 級			
			特級(特別要求)	1級(標準)	2級(可容許)	3級(最低限)
集合住宅	居住空間	鄰戶承重牆 鄰戶隔間樓板	D-55	D-50	D-45	D-40
旅 館	客房	鄰戶承重牆 鄰戶隔間樓板	D-50	D-45	D-40	D-35
辦 公 室	個人辦公空間	各空間隔間壁 租賃空間承重牆	D-50	D-45	D-40	D-35
學 校	普通教室	各空間隔間壁	D-45	D-40	D-35	D-30
醫 院	病房	各空間隔間壁	D-50	D-45	D-40	D-35
獨幢住宅	臥室	住宅內之隔間壁	D-45	D-40	D-35	D-30

表 3-1 室內空間平均音壓級差之適用等級

二、樓地板衝擊音壓相關適用標準（如表 3-2）

建築物別	空間用途	部 位	特級	1級	2級	3級
集合住宅	居住空間	鄰戶間樓板	L-40 L-45 *	L-45 L-50 *	L-50、55	L-60
旅 館	客房	客房間樓板	L-40 L-45 *	L-45 L-50 *	L-50 L-55 *	L-55 L-60 *
學 校	普通教室	教室間樓板	L-50	L-55	L-60	L-65
獨幢住宅	居住空間	同一住戶內的二層樓板	L-45、50	L-55、60	L-65 L-70 *	L-70 L-75 *

（註“*”記號者為重量衝擊源所適用） 表 3-2 樓板衝擊音壓之適用等級

三、室內噪音相關適用標準（如表 3-3）

建築物別	空間用途	噪 音 等 級			噪音級 dB(A)		
		特級	1級	2級	特級	1級	2級
集合住宅	居住空間	N-25	N-30	N-35	30	35	40
旅 館	客 房	N-30	N-35	N-40	35	40	45
辦 公 室	一般辦公室	N-35	N-40	N-45	40	45	50
辦 公 室	會議、接待室	N-30	N-35	N-40	35	40	45
學 校	普通教室	N-30	N-35	N-40	35	40	45
醫 院	病房	N-30	N-35	N-40	35	40	45
獨幢住宅	臥室	N-25	N-30	N-35	30	35	40
音樂廳、歌劇院		N-20	N-25	N-30	25	30	35
劇院、多目的競技場		N-25	N-30	N-35	30	35	40
錄音室、播音室		N-20	N-25	N-30	25	30	35
電視錄影棚		N-25	N-30	N-35	30	35	40

表 3-3 室內噪音之適用等級

第二節 噪音源調查與防治

3-2-1 噪音源調查

根據前衛生署環境保護局的噪音分類，將噪音音源分成九類：

1、工廠（場）2、娛樂、營業場所3、營建工程、4、擴音設施5、近鄰噪音6、交通噪音7、軍用機關8、民俗9、其他類。

以營建工程為例，營建工程噪音音源分類包括土方工程用機械、基礎工程用機械、解體工程用機械、混凝土工程用設備、附屬設備等五大類，並且具有只在施工期間產生噪音與隨工程科技進步而產生變化之特性，其他噪音源亦均有其不同之特性。由於台灣地區人口稠密，都市環境問題繁複，營建工程噪音易深入住宅區形成嚴重的環境惡化影響，如何遏止噪音源的發生、防止噪音擴散進入休息、工作空間是維持良好都市環境的重要課題，因此應先針對居住空間與辦公空間進行詳盡的噪音源調查工作，以做為進一步推動防治噪音工作與擬定禁治標準之基礎研究。

3-2-2 噪音防治處理

噪音防治處理可從四個方面著手處理：

一、音源方面：

- (一)改善機械設備裝置
- (二)設置消音器
- (三)制振、防振處理
- (四)設置防音蓋、防音罩

二、建築物方面

- (一)採用吸音材料
- (二)改善建築物壁體遮音性能
- (三)處理窗戶、出入口及開口部的透音程度

三、傳輸途徑方面

- (一)在配置位址上利用距離衰減
- (二)設置屏蔽、建物等加以阻隔遮音

四、其他方面

- (一)注意機械設備之操作使用及維護保養
- (二)改善噪音源作業方式
- (三)變更作業時間
- (四)採用防音防護工具

不同的建築空間有不同的噪音防治方法，人類生活環境中的活動中以休息、工作、學習等環境最需要擁有良好的聽覺空間，如何分隔生產環境與易產生噪音干擾音源是都市計畫與建築工作中的基本原則，但是當我國的土地使用分區管制規定不易執行，住商混合雜處情形嚴重的今天，建築物外部噪音已難純由建築專業人員所控制，因此只有從建築物內部空間控制噪音的發生與傳輸，下節即分別針對亟需遮音處理的居住空間、辦公空間、學校空間、醫院空間略述研究重點。

第三節 建築空間遮音設計

噪音問題主要是空氣傳搬音和固體傳搬音兩種噪音傳送方式所造成的，其來源又可分為室內和室外兩種不同來源，如何一方面減少室內噪音源的產生，裝置各種隔音、吸音設施，另一方面阻絕室外噪音之侵入是隔音設計的基本目標。

以下即分別依居住空間、辦公空間、學校空間、醫院空間等分別整理噪音傳送之適用等級如次：

3-3-1 居住空間遮音設計

目前國內集合住宅環境中最嚴重的生活噪音問題，依次有以下各項：發動汽機車噪音、孩童哭鬧、嘻戲噪音及人們交談爭執噪音，電視、音響、樂

器噪音，動物鳴叫噪音，家事機具、家事行為及室內裝修噪音，叫賣、收破爛噪音，放鞭炮、娛樂噪音，衛浴設備給排水及一般設備給排水噪音，樓板衝擊噪音，電話、呼叫器噪音等。

可歸類構成集合住宅內居住空間之室內噪音的架構如圖 3-1所示，而各樓層空間之間的傳送噪音情形如圖 3-2所示，至於各居住空間內傳送噪音情形則如圖 3-3所示。

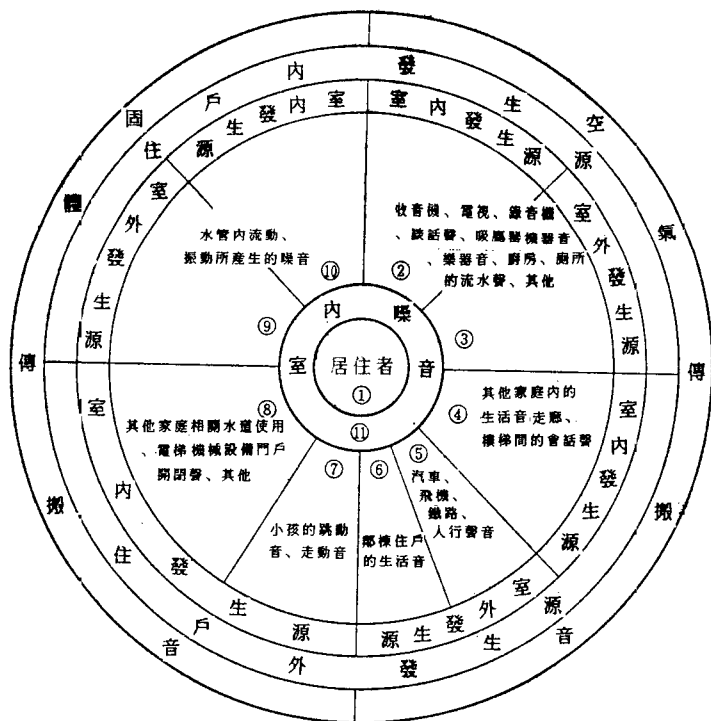


圖3-1 集合住宅之室內噪音構成圖

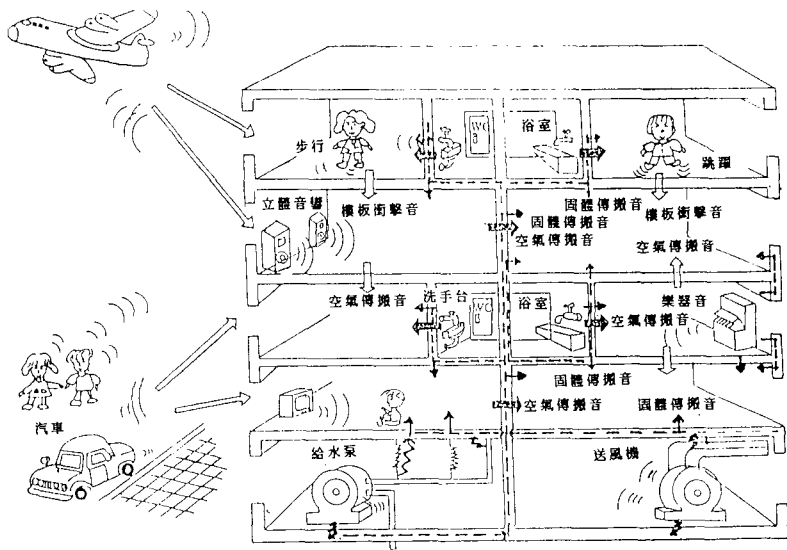


圖 3-2 集合住宅之噪音傳送情形圖

——→ 空氣傳聲音
- - - - - 固體傳聲音

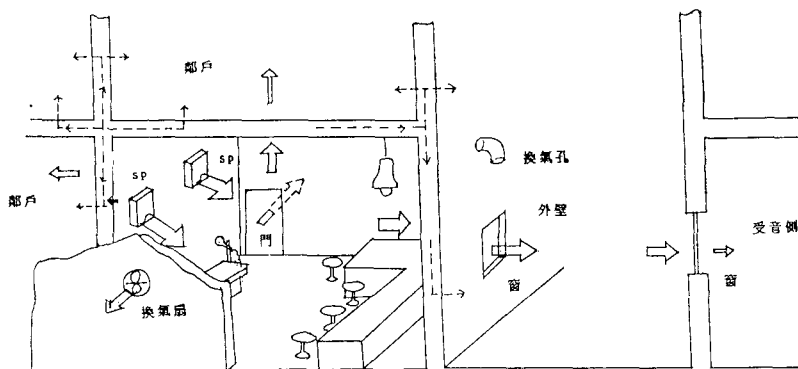


圖 3-3 各居住空間內噪音傳聲情形圖

← - - - - 固體傳聲音
← 空氣傳聲音

3-3-2 辦公空間遮音設計

隨著工商社會的日益繁榮，工作空間品質亦漸受使用者的重視，隨著不同辦公空間之使用性質、規劃型態的不同，各空間的噪音影響狀況亦不同，其噪音等級及標準亦不相同。以空間用途區分，可分為一般辦公室及會議會客室兩種，其噪音適用等級如表 3-4 所示。若以噪音等級區分，則可了解不同空間應有不同的音量標準，其狀況如表 3-5 所示。

空間用途	噪 音 等 級			噪 音 標 準		
	特 級	1 級	2 級	特 級	1 級	2 級
一般辦公室	N-35	N-40	N-45	40	45	50
會議、會客室	N-30	N-35	N-40	35	40	45

表 3-4 室內噪音的適用等級

NC 值	噪 音 狀 況	適 用 空 間	噪音等級
NC-20~30	．非常安靜 ．可為大會議室 ．不影響打電話	主管辦公室、大會議室	NC-25~35
NC-30~35	．安靜 ．可為4.5公尺距離的會議室 ．普通音量會話距離3~9公尺	獨立空間、接待室 小會議室	NC-35~40
NC-35~40	．可為2至2.5公尺距離的會議室 ．不影響打電話 ．普通音量會話距離2~4公尺	中級主管辦公室 工地事務所	NC-40~45
NC-40~50	．接聽電話困難 ．普通音量傳播距離1~2公尺 ．稍微大聲音量會話距離可為2~4公尺	主要技師辦公室 製圖室	NC-45~55
NC-50~55	．不可能舉行2~3人以上之會議 ．接聽電話稍微困難 ．普通音量傳播距離0.3~0.6公尺 ．稍微大聲音量會話距離可為1~2公尺	打字室 計算機室 影印室	NC-55~60
NC-55以上	．非常吵 ．不適合做為辦公室 ．使用電話困難	不適用	NC-60以上

表 3-5 辦公室空間噪音等級之評估

3-3-3 學校空間遮音設計

學校空間依都市計畫需要而散佈在都市內各地點，人口密度愈高地區其學校與週遭環境的使用強度亦會隨之增高，噪音干擾亦隨之增多，由於學校空間是學習新知的場所，是不允許過度吵雜的，如何杜絕環境噪音、運動場噪音、鄰近教室特殊課程噪音（如音樂、工藝等）是值得深入加以研究的，其音壓標準等級可如表3-6所示。

性能基準 性能項目、部位		適用等級			
		特級	1級	2級	3級
室內外音壓等級差		D-45	D-40	D-35	D-30
室內外音壓標準差牆壁、窗	S-50	D-20	D-15	D-15	D-15
	S-55	D-25	D-20	D-15	D-15
	S-60	D-30''	D-25	D-20	D-15
	S-65	D-30'	D-30''	D-25	D-20
	S-70	D-35	D-30	D-30''	D-25
樓板衝擊音壓 教室間樓板		L-50	L-55	L-60	L-65
室內噪音等級 室內機器		N-30	N-35	N-40	N-45

表3-6 普通教室之遮音性能標準適用等級

3-3-4 醫院空間遮音設計

醫院空間是休養生息者亟需安寧的地方，噪音問題尤需予以妥善解決，不僅杜絕外部噪音源之傳入，也禁絕室內噪音源之擴散，其音壓標準可如表 3-7 所示。

受 噪 音 影 響 的 空 間							
產 生 噪 音 的 空 間	空間名稱	音源種類 \ 室名	個別 病房	大 病房	醫務室	護士站	備 註
	個別病房	談話聲、電視、收音機	D-40	—	—	—	門診與健診等短期住院者參考旅館病房的標準
	大病房	談話聲、電視、收音機	D-40	D-40	—	—	會客病房的噪音等級會上昇，尤其要注意小孩的噪音
	重病病房	患者的呻吟聲	D-45	D-45	D-40	D-40	在計畫階段注意重病患者室與一般病房不要鄰接
	醫務室	電話、談話聲	D-45	D-40	—	D-40	
	護士站	電話、談話聲	D-45	D-40	—	—	
	機械室	空調機械、醫療機械	D-55	D-55	D-55	D-55	在計畫階段注意機械室和病房、醫務室等醫院的主要空間不要鄰接
	走廊	腳步聲、談話聲 配膳車聲	D-40	D-40	D-40	D-40	走廊噪音與病房內噪音等級沒有很大差別

表 3-7 醫院空間之音壓標準適用等級

第四節 設備管道遮音設計

近年來環保意識的提高，對於建築物內各種機器設備所產生的噪音與振動問題漸受重視，各種設備系統若採用套裝化的隔音設施則可減低噪音或振動問題對居住使用者的困擾。

依建築設備種類區分，各種設備管道容易產生噪音與振動的原因與防治原則分述如后：

3-4-1 電氣設備：

一、汽電共生系統：由於我國都市地區繁榮進步，夏季尖峰用電量常較離峰用電量增加甚多，電力需求量亦因事務機器、家庭電化設備購買能力的增強而大幅成長，然而相對的在電廠電力機組的開發工作與變電站擴建工程上迭遭逐漸升高的環保意識阻礙，在供需條件日益難達平衡下，電力不足以致分區輪流停電現象將成為亟需24小時用電建築物之困擾，例如醫院、旅館飯店、辦公大樓皆然。汽電共生系統是利用燃料或處理廢棄物同時產生有效熱能與電能的系統，建築物採用此系統時，於停電時可因並聯裝置將電力來源直接切換，不必再啟動緊急發電機，真正達到不斷電的設備需求，對於需要連續電力的開刀房（I.C.U）及電腦設備等幫助最大。然而汽電共生設備若置於建築物內將造成的噪音與振動問題卻尚乏防治解決之道。

二、電梯設備：隨著建築物的高層化趨向，既往的交通管道由平面轉成垂直方向，啟動電梯之機器設備噪音透過電梯管道間為中心向各層使用空間擴散，雖然電梯間結構核的壁體寬度甚厚，然而電梯間周遭仍乏適當防治之道。

3-4-2 空調設備：

一、冷卻塔：主要是將冷凍機由室內搬運出來的熱量轉交予大氣，其產生噪音的來源有以下五種：

(一)送風機之噪音：空氣通過送風機時，由於亂流作用而產生噪音，噪音頻率較低，為冷卻塔主要噪音源。

(二)驅動送風機用馬達噪音。

(三)振動引起之噪音：因送風機或驅動用馬達等部分發生振動而產生之噪音。

(四)塔內散佈水時產生之噪音。

(五)水滴落下之噪音。

其中(一)～(三)項噪音頻率既低而噪音量又大，消音方面較為困難，而(四)～(五)兩項噪音因頻率較高，且噪音量較小，因此對於冷卻塔之噪音防止，應以前三項考慮為重點。

對於冷卻塔之噪音防止，一般常見的方式有以下幾種：

(一)令噪音自然衰減

(二)選用性能優良的送風機及加裝消音器

(三)於振動部分設置防止振動之防振橡膠，以減少振動噪音

(四)於冷卻塔附近設置防音壁

二、風管：是載送冷風、熱風之管道，因與空氣摩擦而產生噪音，風管之消音裝置依其作用一般可分成吸音型、共鳴型及反射型三種類。吸音型為在風管內張貼吸音材料以吸收噪音，其效果頗佳，唯對高頻率噪音吸收效率較低；其型式一般有風管或充氣室內貼吸音材、室內型消音器及板片型消音器等。

共鳴型為設置共鳴器以吸收共鳴頻率之噪音，此種型式之消音裝置對於任何頻率噪音均能依設計而獲致良好消音效果，且產生的空氣阻力較小。Muffler 型消音器即屬此型。

反射型為利用音波之反射及干涉來消除噪音，有吹出口消音箱、直角彎頭、空筒型消音器等，無需任何特殊裝置，即可消除較低頻率的噪音。

三、送風機：是一種藉著馬達旋轉葉片以壓送氣流的設備，其馬達、風管、振動均會產生噪音，其防音及防振方法如下：

- (一)盡可能採用高效率，少噪音、振動之機種。
- (二)遠離須寧靜的場所加以設置，例如設置在機械室或送風機室。
- (三)使用消音裝置等，以消除風管噪音。
- (四)使用帆布接頭等裝置，防止送風機之機械振動傳予風管。
- (五)基礎加以防振處理。
- (六)送風機吊裝在天花板上時，吊裝五金應使用防振裝置。

傳統式噪音控制是利用吸收音波或反射音波，不能有效控制低頻率噪音，乃引進數位控制噪音系統增加反振幅能源，利用微電腦硬體設備和信號處理軟體設備產生之逆音波有利控制低頻率噪音。

3-4-3 給排水設備

- 一、給水泵浦：由於建築物的高層化所致，各層給水供應系統必須藉由泵浦馬達壓送供給，然而泵浦所產生的噪音與振動必須加以防治。
- 二、水管：是載送冷水、熱水之管道，由於水壓影響及衛浴設備存水彎之壓力差所產生之噪音，必須加以防治。

第四章 建築音環境研究現況分析

第一節 參考研究文獻

4-1-1 中文資料

- 1、建築應用物理學／王錦堂著／台隆書局／1968
- 2、建築物理及環境設計實務／楊龍士編／昭勝／1980
- 3、建築聲學／程澤勤著／天同出版社／1971
- 4、建築物理環境基本教材之編訂先期計畫報告／中華民國建築學會
／營建署建築研究所籌備小組／1988
- 5、建築過程污染源現況分析與管理制度之研究—建築過程污染公害問題之分析／中華民國建築學會／營建署建築研究所籌備小組／1988
- 6、營建工程噪音陳情案件之統計與分析／文化大學建築暨都市設計系
／行政院環境保護署／1988
- 7、台北市噪音管制民意測驗報告／中華民國民意測驗學會／
- 8、噪音管制手冊／行政院環境保護署
- 9、噪音與振動／許文三編／中華民國工業安全衛生協會／
- 10、噪音與振動之專用名詞／林伯信譯／建築徵信84期／1979.8／P.35
～P.45
- 11、室內聲學／Karlhans Weisse 著／馮忠譯／天同出版社／1972
- 12、建築環境聲學／L.L 多勒著／葉恆健譯／明文書局／1987
- 13、高雄市土地使用管制規則—噪音環境品質影響評估／吳英璋／台大
土木研究所／1984
- 14、高雄市勞工育樂中心大禮堂音響特性測定結果報告／賴榮平、林森
／成大建研所／1983
- 15、淺談都市噪音／林永禧／建築師雜誌2卷6期／1976.6／P.24～P.26
- 16、道路交通噪音對建築物室內環境影響之研究／成大都計系／1985.2

- 17、應用建築聲學／陳繹勤／首都出版社
- 18、應用建築聲學／陳孚／正言出版社／1965
- 19、聲音在封閉空間中的行為／J.E Moore 著／胡宏述譯／建築雙月刊第七期／1963.4／P.41～P.45
- 20、臨街居民對道路交通噪音反應之探討／施鴻志／台大土研所都計室學報第一卷第一期／台大土研所／1981.9／P.19～P.30
- 21、本省居住環境噪音問題之現況與對策之探討／廖施仁／建築學刊第二期／1979.7／P.57～P.63
- 22、吸音材料及吸音構造之研究／高煥庚／南一書局／1974
- 23、建材應用範例－隔音設計／王鈺／建築徵信166期／1983.1／P.18～P.19
- 24、建築音響工程及其放大系統之設計與測定／林仁紅／交通部電信研究所／1975
- 25、音響廳音響性能之評估研究／賴榮平／文山書局／1987
- 26、國父紀念館的舞音響照明問題／陳安蓉／房屋市場月刊第15期／1974.1／P.79～P.81
- 27、都市噪音測定及分析之研究／施鴻志／成大建築系／1984
- 28、噪音控制／林美東譯／徐氏基金會／1979
- 29、噪音控制／之原理及實務／張柏成譯／徐氏基金會／1985
- 30、噪音與振動控制／勃藍納克／徐萬椿譯／協志工業出版社／1975
- 31、噪音與環境覺醒／三民主義研究所／1985.6
- 32、優良的音響設計／J.E. Moore／胡宏述譯／建築雙月刊第8期／1963.6／P.40～P.45
- 33、音樂廳設計中之音響考慮及其計算／傅立理／成大建研所碩論／1977
- 34、本省居住環境噪音問題之現況與對策之探討／廖施仁／成大建研所碩論／1979
- 35、學校講堂音響性質分析之研究／吳宏碩／成大建研所碩論／1982
- 36、多目的禮堂音響性能分析之研究／林慶元／成大建研所碩論／1982
- 37、音樂廳空調噪音之評估與對策／林森／成大建研所碩論／1984
- 38、住宅噪音控制之研究——鋁窗之隔音性能與室內噪音力對噪音控制能力之探討／趙以諾／成大建研所碩論／1985

- 39、台北市中小學校園噪音問題之研究／林聰德／淡江建研所碩論／1985
- 40、高架道路交通噪音傳送特性之研究／池體漢／淡江建研所碩論／1985
- 41、音樂廳音響性能主觀測試之研究／鄭政利／成大建研所碩論／1986
- 42、台北市營建工程噪音管制問題之研究／李華松／淡江建研所碩論
／1987
- 43、應用脈衝響應評估室內音響性能之研究／吳泰昌／成大建研所碩論
／1987
- 44、應用虛像法模擬室內音響性能之研究／林俊伯／成大建研所碩論／
1988
- 45、樓板衝擊音測試評估之研究—以鋼筋混凝土集合住宅為例／
陳奎宏／中原建研所碩論／1988
- 46、集合住宅室內生活噪音現況及測試評估研究／謝明忠／中原建研所
碩論／1989
- 47、樓板衝擊音防止對策之研究—以小試體多種表面材之實驗檢討／
陳冠州／成大建研所碩論／1989
- 48、機場噪音對校園環境影響之評估研究／喻台生／文化實研所博論／
1986

1-1-2 日文資料

- 1、建築環境工學原論／幸田彰著／彰國社／1971／P.157～P216
- 2、新建築學大系(10)／橘秀樹著／彰國社／1981／P.229～P312
- 3、建築用語、環境工學、設備編／石福昭、木村建一編／丸善株式會
社／1986
- 4、建築の音環境設計／日本建築學會編／彰國社／1969
- 5、建築物の遮音性能基準と設計指針／日本建築學會編／扶報堂／1979
- 6、遮音材料／久我新一執筆／日本音響材料協會編／扶報堂／1978
- 7、吸音材料／子安勝執筆／日本音響材料協會編／扶報堂／1976
- 8、實務的騒音對策指針／日本建築學會編／扶報堂／1975
- 9、電氣音響設備／中島平太郎執筆／日本音響材料協會編／扶報堂／

1976

- 10、建築環境工学實驗用教材(I)環境測定演習編／日本建築學會／1982
- 11、建築環境工学實驗用教材(II)建築設備計測演習編／日本建築學會／1982
- 12、振動、騒音の基礎知識／建築技術NO.324
堀島濤平／1978.8／P.135～P.142
- 13、騒音、振動、粉塵防止対策／原田實、横田依早彌著
- 14、建築環境工学／櫻井美政等著／オーム社／1978／P.95～P.137
- 15、騒音、振動の現状と対策／宮本俊二
- 16、騒音、振動の法規制／山田隆二
- 17、騒音、振動の測定技術／時田保夫
- 18、基礎工事における騒音、振動対策／築瀬久知

4-1-3 英文資料

- 1、"Airborne, Impact and Structure-borne Noise", U.S.
Department of Housing (U.S. Government Printing Office, 1967)
- 2、Lawrence, A., "Architectural Acoustics", Elsevier,
Amsterdam, 1970
- 3、Kriter, K.D., "Effects of Noise on Man", Academic Press,
New York, 1970
- 4、Ford R.D., "Introduction to Acoustics", Elsevier,
Amsterdam, 1970
- 5、Verges, L.F., "Sound, Noise and Vibration Control",
Reinhold, New York, 1970
- 6、Smith, T., ed. et al., "Building Acoustics", Oriel,
Stockfield, 1971
- 7、Humphreys, H.R. and Mellowish, D.J., "sound Insulation
in Buildings", H.M.S.O., 1971
- 8、doelle, L.L., "Environmental Acoustics", McGraw-Hill,
New York, 1972

- 9、Burn, W., "Noise and Man", John Murray, London, 1973
- 10、Shaudinischky, L.H., "Sound, Man and Building", Applied Science, Barking, 1976
- 11、Crocker, M.J., and Price, A.J., "Noise and Noise control, 2vols", CRC, cleveland, Ohio, 1975
- 12、croome, D.J., "Noise, Buildings and People", Pergamon, Oxford, 1977
- 13、Moore, J.E., "Design for Good Acoustics and Noise Control", The Macmillan Press Ltd., 1978

第二節 音環境研究領域

4-2-1 國外研究發展情形

根據日本建築學會1988年出之「建築雜誌、論文報告集、大會學術講演梗概集、支部研究報告總目錄（1976～1985）」中所列「音、振動」領域之研究報告目錄，可以了解日本於1976年至1985年間有關音與振動主要偏重噪音一項，共計371篇，佔總數998篇的37.17%；其次是振動，共計219篇，佔總數的21.94%詳目如表4-1所列

分類	分類項目	研究論文篇數	總計	比例
一般		13	13	1.30%
音場	一般	8	183	18.34%
	室內音場解析	107		
	劇場	30		
	音響設計例	38		
遮音	一般	4	94	9.42%
	遮音特性解析	23		
	遮音性能	67		
吸音	一般	1	22	2.20%
	吸音特性解析	11		
	吸音率測定法	6		
	吸音材料構造	4		
聽覺、音響心理	一般	14	96	9.62%
	音場評價	36		
	音聲聽取	46		
噪音	一般	7	371	37.17%
	噪音傳送	47		
	環境噪音	159		
	設備噪音	43		
	噪音評估	115		
振動	環境振動	82	319	31.94%
	固體音	137		
合計			998	100.00%

表4-1 日本1976～1985年音環境研究統計表

若依研究性質區分，可分為基礎理論研究、材料性能研究、環境應用研究三類；基礎理論研究共 292 篇，材料性能研究共 116 篇，環境應用研究共 590 篇。由此可知，環境應用研究佔整體研究數量中之大部份，顯示攸關生活環境問題是目前日本音環境研究中最受重視的一部份。

4-2-2 國內研究發展情形

目前已蒐集國內有關建築音環境研究文獻資料，主要研究內容可分學位論文與研究報告兩部份：

一、學位論文：

研究性質	研究分項	研究方向	出版者	年次
基礎理論研究	室內音場解析	學校講堂	成大碩論	1982
		多目的禮堂	成大碩論	1982
		應用脈衝響應評估	成大碩論	1987
		應用模型實驗與模擬	成大碩論	1988
	音響設計	音樂廳設計及計算	成大碩論	1977
		音樂廳性能測試	成大碩論	1986
材料性能研究	遮音性能	住宅噪音控制—鋁窗	成大碩論	1985
環境應用研究	環境噪音	中小學校園噪音	淡江碩論	1985
		高速道路交通噪音	淡江碩論	1985
		機場噪音	文化博論	1986
		營建工程噪音	淡江碩論	1987
	設備噪音	音樂廳空調噪音	成大碩論	1984
	一般	居住環境噪音	成大碩論	1979
		樓板衝擊音測試	中原碩論	1988
		居住環境生活噪音測試	中原碩論	1989
		樓板衝擊音防止對策研擬	成大碩論	1989

表4-2 我國音環境研究論文分類表

二、研究報告：

研究性質	研究分項	研 究 方 向	出 版 者	年 次
基礎理論研究	室內音場解析	大禮堂音響特性	成大建研所	1983
	音響設計	音響工程與放大系統設計	電信研究所	1975
環境應用研究	環境噪音	道路交通噪音對室內影響	成大都市系	1985
		建築過程污染源	營建署建研所	1988
	噪音評估	噪音環境品質影響評估	台大土研所	1984
		營建工程噪音陳情案件	行政院環保署	1988
		噪音管制民意測驗	民意測驗學會	
		噪音管制手冊	行政院環保署	

表 4-3 我國音環境研究報告分類表

根據上述二表分析可得，我國近年來有關音環境之研究頗為缺乏，約及日本近十年間研究量的五分之一，研究性質與研究分項侷限於部份項目，研究方向趨於廣面，並未就某一主題進行延續性、有系統的整體研究，顯係因音環境研究未獲致應有的重視，缺乏足夠的常設研究單位、研究經費、研究人員所致，音環境問題已漸成為提升居住空間品質的變因，如何全面性提升音環境研究的廣度與深度是值得吾人關切的。

第三節 音環境研究設備

4-3-1 音響試驗設備

音環境試驗依特性區分可分為音性能試驗、噪音與振動試驗、室內音響特性測定、基地現場測定等四類，其試驗項目與檢驗儀器如表 4-4 所示：

試 驗 分 類	試 驗 項 目	檢 驗 儀 器
音性能試驗	垂直入射吸音率試驗	定在波管、speaker、放大器、低頻發振器、濾波器、指示計器
	餘響室法吸音率試驗	雜音發生器、震音發生器、出入放大器、speaker、餘響室、微音器、濾波器、記錄器
	隔音性試驗	音源及受音（餘響）室、驗音計、分析器、濾波器、指示計、雜音或震音發生器
	樓板衝擊等級測定	音源及受音室、樓板衝擊發生器（輕量或重量衝擊）、微音器、噪音計、分析器
噪音振動試驗	噪音等級測定	普通噪音計或精密噪音計及錄音機、指示器
	噪音分析	八度音程分析器、1/1八度音程、1/3八度音程分析器、CR同分析器或 Heterodyne 分析器
	振動等級測定	振動 lever 計、指示計
室內音響特性測定	餘響時間測定	噪音發生器、帶域濾波器、卡式記錄器、電力放大器、音源擴音器、無指向性微音器、前置放大器、1/3八度音程帶域濾波器、高速指示計
	回音測定	pulse 信號發生器、電力放大器、無指向性音源擴音器、無指向性微音器、卡式記錄前置放大器、1/3八度音程帶域濾波器、演算器、Oscilloscope
	清晰度測定	試驗用音源表、再生裝置
	音壓分布與傳送特性	噪音發生器、帶域濾波器、電力放大器、音源擴音器、測定用微音器、噪音計、前置放大器、1/3八度音程帶域濾波器、指示計
基地現場測定	噪音測定	指示噪音計、簡易噪音計或精密噪音計
	振動測定	公害用振動測定計

表4-4 音環境研究試驗設備分類表

4-3-2 國內研究設備情況

根據民國74年11月，本署委託中華民國建築學會進行「我國建築技術研究及性能評鑑之人力與設備調查」研究報告結果顯示，國內目前主要研究機構中有關音環境之研究設備情形，如表4-5所示：

研究分類	研究項目	檢驗儀器	設備設置場所
音性能試驗	垂直入射吸音率試驗	頻譜分析儀	台大造船所
		超音波探傷器	台北工專
		建築音響分析儀	成大建研所
	餘響室法吸音率試驗	頻譜分析儀	台大造船所
		1/3-1/6音帶真時分析器	台大造船所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
	隔音性試驗	頻譜分析儀	台大造船所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
	樓板衝擊Level測定	頻譜分析儀	台大造船所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
	噪音等級測定	頻譜分析儀	台大造船所
		1/3-1/6音帶真時分析器	台大造船所
		磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所

噪音振動測定	噪音分析	頻譜分析儀	台大造船所
		1/3--八音帶真時分析器	台大造船所
		磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
	振動等級測定	頻譜分析儀	台大造船所
		示波器	台大造船所
		結構激振器	台大造船所
		振動測析系統	台大二研所
		磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
室內音響測定	餘響時間測定	1/3--八音帶真時分析器	台大造船所
		磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		實時數字式頻率分析儀	成大建研所
	回音測定	磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		示波器	成大建研所
	清晰度測定	磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所

	音壓分佈與傳送特性	1/3--八音帶真時分析器	台大造船所
		磁帶記錄器	成大建研所
		窄帶雙頻道FFT分析儀	成大建研所
		建築音響分析儀	成大建研所
		真時數字式頻率分析儀	成大建研所
基地現場測定	噪音測定	1/3--八音帶真時分析器	台大造船所
	振動測定	結構微振測錄實驗系統	技術學院營建系
		振動測析系統	台大土研所
		振譜分析儀	中央土研所
		自動資料集錄系統	中央土研所
		振動測量系統	中央土研所
	地盤常時微動調查	結構微振測錄實驗系統	技術學院營建系
		振動測析系統	台大土研所
		自動資料集錄系統	中央土研所
		振動測量系統	中央土研所

表4-5 我國音環境研究設備設置場所分佈表

目前國內之音研究設備多屬於基礎理論研究領域，部份屬於環境應用研究，而材料性能研究領域可用之設備甚少，如何在供應面上提供各研究領域適用的研究設備，供檢驗機構、研究單位、學術機關使用，是尚待值得研究的課題。

第四節 國內相關法規

目前國內有關音環境之法規規範管制共有建築法令、噪音管制法令、振動管制法令、勞工安全衛生法令等四類，然而這些法令仍不能確保工作、休息、居住空間的寧謐與舒適，如何研擬在土地使用分區管制規則中劃分，主要噪音源於一專用區，保障居住空間、工作空間、學校空間和醫院空間基本

的音環境品質，減少建築設備成為建築空間主要的噪音源，其有關法令規範的部份如何擬訂仍有待爾後研擬研究課題繼續研究。

4-4-1 建築法令

一、建築法

於第五章「施工管理」第六十七條中提及主管建築機關對於建築工程施工方法或施工設備，發生激烈震動或噪音及灰塵散播，有妨礙附近之安全或安寧者，得令其作必要之措施或限制其作業時間。

二、臺灣省建築物施工中妨礙交通及公共安全改善方案

於第十八點有關噪音、震動作業時限部份規定建築物施工場所易產生噪音或震動灰塵散播之工程，其作業時間，應依下列規定辦理：

噪音作業場所：打設擋土樁、挖土機操作時應遵守噪音管制有關規定，且不得大於65分貝音量，其作業時間限於上午7時至下午10時間實施。超過65分貝音量之地下室工程作業應改採無音響、無震動之施工工法，以維護公共安寧。

三、台北市建築物施工中妨礙交通及公共安全改善方案

原與上列臺灣省之規定相同。惟「噪音管制法」公布後，該方案已予修訂，規定於第十八點有關噪音作業規定：“建築工程進行時應依噪音管制法令有關規定管制噪音，對違反噪音管制情形嚴重者，主管建築機關即知會環境保護局衛生稽查大隊加強巡查取締。本項噪音之標準，測量、評定、告發、取締依本府環境保護局規定辦理。”

四、高雄市建築施工須知

於第八點中規定建築施工場所，易產生噪音、震動或灰塵散播之工程，影響鄰居安寧時，應改為無噪音、無振動之施工工法，其作業時間應考慮不影響鄰居之安寧為原則。

1-4-2 噪音管制法令

一、噪音管制法

於第五條中規定：在噪音管制區內，左列場所及設施，所發聲音不得超過噪音管制標準：

- (一)工廠(場)
- (二)娛樂場所
- (三)營業場所
- (四)營建工程
- (五)擴音設備
- (六)其他經主管機關公告之場所及設施

二、噪音管制法施行細則

於第七條中規定：該法第四條所定噪音管制區分如下：

- (一)第一類管制區：指環境亟需安寧之地區
- (二)第二類管制區：指供住宅使用為主而需安寧之地區
- (三)第三類管制區：指供工業、商業及住宅使用而需維護其住宅安寧之地區
- (四)第四類管制區：指供工業使用為主而需防止嚴重噪音影響附近住宅安寧之地區

前項第二款至第四款管制區內，主管機關認有特別需要安寧之場所，得將該場所之周界外五十公尺範圍內，劃為該類管制區之特定管制區，其噪音管制準最高容許音量降低五分貝。

二區以上管制區交界處之音量不得超過其中任何一區之噪音管制標準。

三、噪音管制標準其中之營建工程噪音管制標準規定如下，其最高容許音量規定如表4-7所示。

音量 管制區	機械名	打 樁 機	空 氣 壓 縮 機	破 碎 機 鑿 岩 機	推土機 壓路機 挖土機 其 他
均能音量 (Leq)	一 第、類 二	① 83 (50)	① 80 (50)	① 75 (50)	① 70
		② 75	② 70	② 70	② 70
	三 第、類 四	① 86 (65)	① 83 (65)	① 80 (65)	① 75
		② 80	② 75	② 75	② 70
最大音量 (Lmax)	第 一～四 類	100	85	85	80

表 4-6 營建工程噪音管制標準

說明：1.時段區分

括弧內音量適用時段，在第一、二類管制區為晚上七時至翌日上午七時，在第三、四類管制區為晚上十時至翌日上午六時。

未加括弧者為其他時間適用，表中 1 自公布日生效 2 自民國七十九年七月一日生效。

2.管制區分類

依據噪音管制法施行細則第七條之分類規定。

3.音量單位

分貝(dB(A))括號中A指在噪音計上A權位置之測定值。

4.測量儀器

使用我國國家標準 CNS NO.7127-7129 規定之噪音計、記錄器、分析器、處理器等。

5.測定高度

聲音感應器，應置於離地面或樓板一、二～一、五公尺之間，接近人耳之高度為宜。

6.動特性

噪音計上動特性之選擇，原則上用快(fast)特性，但音源發出之聲音變動不大時，例如馬達聲等，可使用慢(slow)特性

7. 背景音量的修正

- (1) 除欲測定音源以外的聲音之音量，均稱為背景音量。
- (2) 測定場所之背景音量，最好與欲測定音源之音量相差10dB(A)以上，如不得已相差在10dB(A)以下，則依下表修正之。
- (3) 背景音量之修正

$L - L_b$	3	4	5	6	7	8	9
修正值	-3	-2				-1	

- (4) 各場所與設施負責人應配合進行背景音量之測定，並應修正背景音量之影響；若負責人配合進行背景音量之測定，即不須修正背景音量，並加以註明。

8. 測定時間

選擇發生噪音最具代表之時刻，或陳情人指定之時刻測定。

9. 測量地點

以工程周界外15公尺位置測定之。

※周界：有明顯圍牆等實體分隔時，以之為界；無實體分隔時，以其財產範圍或公眾不常接近之範圍為界。

10. 評定方法

依下述音源發聲特性，計算均能音量(L_{eq})或最大音量(L_{max})，其結果不得超過表中數值。

- (1) 噪音計指針呈週期性或間歇性的規則變動，而最大值大致一定時，則以連續五次變動之最大值(L_{max})平均之。如圖(3)所示，為規則性變動的聲音，其變動週期一定。又如圖(4)所示，為間歇性的規則變動聲音，其最大值大致一定，以讀取每次最大值，共五次平均之。
- (2) 其他情形則以均能音量(L_{eq})表示。其取樣時間須連續八分鐘以上，取樣時距不得多於二秒。如圖(3)所示，在噪音計指針示一定時，或指針變化僅僅一~2dB之變動情形，以 L_{eq} 表示。又如圖(4)所示，聲音的大小及發生的間隔不一定之情形，亦以 L_{eq} 表示之。



圖 (1)

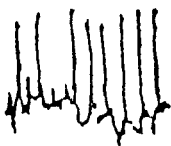


圖 (2)



圖 (3)



圖 (4)

管制區	機械種類	打 樁 機		空氣壓縮機		破 碎 機 鑿 岩 機		堆土機、壓路機 挖土機及其他機械	
類 別	時段區分	Leq	Lmax	Leq	Lmax	Leq	Lmax	Leq	Lmax
第一類	日 7~19時	83	100	80	85	75	85	70	80
	夜19~ 7時	50	100	50	85	50	85	70	80
第二類	日 7~19時	83	100	80	85	75	85	70	80
	夜19~ 7時	50	100	50	85	50	85	70	80
第三類	日 6~22時	86	100	83	85	80	85	75	80
	夜22~ 6時	65	100	65	85	65	85	75	80
第四類	日 6~22時	86	100	83	85	80	85	75	80
	夜22~ 6時	65	100	65	85	65	85	75	80

表4-7 營建工程噪音管制最高容許音量 單位: dB(A)

四、台北市公告轄境噪音管制區範圍、分類。(七十四年五月十日北市環一字第八三〇六號)

(一)本市轄境全區為噪音管制區：

(二)噪音管制區分類如左：

- 1、第一類管制區：本市都市計畫第一、二種住宅區。
- 2、第一類管制區：本市都市計畫第三種住宅區、文教區行區政、農業區、風景區、保護區、特定專用區及國家公園。
- 3、第三類管制區：本市都市計畫第四種住宅區，第一、二、三、四種商業區。
- 4、第四類管制區：本市都市計畫第一、二、三種工業區、行政區、機場用地。
- 5、特設管制區：位於第三、四類管制區之醫療用地、學校用地、機場用地（限公告機關），為各該類之特定管制區。

前項各類管制區範圍如附圖。

在本公告圖中，各區邊界有所爭議時，依本市都市計畫公告之計畫圖為準。

(三)本公告（含附圖）張貼於本府，本為公告圖：

五、噪音陳情案件處理要點

於第三項中規定主管關於接獲陳情案件後，應派員實地測定，如有違反噪音管制標準，屬勿需增置或改變設置，可立即改善而未改善者，應依噪音管制法，及施行細則第十條規定之時距進行連續測定與告發，及依該法第十條規定處罰而不另予改善期限。屬需增置或改變設備方得改善者，經第一次告發並限期改善，而在規定時間截止時，由主管機關再行派員第二次測定，如仍違反噪音管制標準，應行第二次告發，再限期改善，當第二次限期改善屆滿，主管機關再行派員第三次測定，如仍違反噪音管制標準，則為第三次之告發，並依該法第十條規定處罰，並再限期改善，逾期末改善，則加倍罰鍰並予停工、停業之處分。

4-4-3 振動管制法令

於振動管制法草案第五條中規定：在振動管制區內，左列場所、工程及設施所產生之振動不得超過管制標準：

- 一、工廠（場）。
- 二、營業、娛樂場所。
- 三、營建工程。
- 四、其他經主管機關公告之場所、工程及設施。

前項振動管制標準、類別及其測量方法，由中央主管機關會商有關機關訂定並公告之。

4-4-4 勞工安全衛生法令

一、勞工安全衛生法

- 於第五條中之第（七）項規定，雇主對下列事項應有必要之安全衛生設施，防止超音波、噪音、振動、異常氣壓等引起之危害。

八、勞工安全衛生設施規則

於第十三章第一節中規定以下內容：

第三百三十九條：

防止作業場所有害光線、超音波、噪音、振動或生物病原體等之污染所引起之職業災害，雇主應儘可能使用代用物品，或採用改善作業方法或設備等必要措施。

第三百四十一條：

雇主對於工作場所發生噪音之防止，應依下列規定：

(一)勞工工作場所因機械設備所發生之音響，不得超過九十分貝，超過時應使勞工用防音防護具，但經雇主經作業環境測定結果勞工曝露量未超過下列曝露容許時間者不在此限。

1、勞工曝露於連續性或間歇性噪音之噪音音壓及其對應之工作日曝露容許時間如下表：

工作日曝露容許時間(時)	噪音音壓級dB(A)
八	九十
六	九十二
四	九十五
三	九十七
二	一百
一	一百零五
二分之一	一百一十
四分之一	一百一十五

2、勞工工作日曝露於二種以上之連續性或間歇性音壓級時，其計算方法為：

$$\frac{\text{第一種噪音音壓級之曝露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許時間}} + \frac{\text{第二種噪音音壓級之曝露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許時間}} + \dots \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} 1$$

其和大於一時，即謂超出曝露時間。

- 、工作場所之傳動馬達、球磨、空氣鑽、及一切易發聲之機械應予以隔離，不可與一般工作混雜。
- 、發生強大振動及噪音之機械應加消音設施，或利用緩衝材料或將機械加以包覆（加罩）以減低噪音之發生。

第五章 結論與建議

第一節 結論

5-1-1 建築音響基本理論與特性

音產生的特徵是物體在空氣中因振動或爆破，使空氣受壓縮或稀疏而產生，其依時間特性與周波數特性分類而有不同的波形，可分為純音、周期性複合音、雜音和衝擊音四種。音波的傳送主要是藉著空氣或水中的介質慣性和彈性振動而傳達，依傳遞速度和方向的改變，音響能量的吸收或反射的不同而相異；音響能量在傳送過程中有距離減衰與迴折及屈折現象產生之特性發生；因此一些雜音（噪音）即能利用此原理儘量減少對人類生活空間之干擾。

噪音即是人類所厭惡或不需聲音的總稱，依種類可分為五種：

1. 人類聽覺範圍限制以外的音
2. 雜音
3. 衝擊音
4. 長時間持續音
5. 需求外之發生音

噪音對人類生理或心理會產生不愉快、急躁、無法思考等影響。振動則為由人為活動引起地面或建築物上下左右、前後往復移動而妨害生活環境安適之現象，振動源可分為人為與自然兩部份，人為振動源又可分為建築物內部與建築物外部兩種，其對人類的影響有建築物與人體兩種不良反應，值得加以研究發生源的防治之道。

建築物內部或外部所鋪貼的建築材料可分吸音材料和遮音材料兩種，吸音為音響投射於任一物體表面屈折後，並繼續進行抵達物質內部，音能之一部份變為熱能而消失之現象，遮音則為音響投射穿透物質材料傳達的音響能量產生折阻現象，吸音材料可分為多孔性材料、板狀材料、膜狀材料、共鳴吸音體、成腔吸音板等五種，遮音材料則分為中空三重壁、剛性複合材、彈性複合材、多孔複合材等四種。

音環境的測定工作是藉由試驗的過程和結果檢測前述音環境理論之驗證工作，噪音與振動程度之測試、吸音與遮音材料性能與設計空間之隔音性能評估。測定工作依目的之不同可分為音性能測定、噪音與振動測定、室內音響特性之測定、遮音之測定等四類；音環境評估工作則依不同種類音源所造成之影響而可分為噪音與振動兩種評估方法。

5-1-2 建築音環境問題探討

室內聲學研究的目的是在於處理建築物中達成滿意的聽覺環境之佈置與計畫，影響的因素包括餘響時間、吸音材料的選用與配置、空間的形體與大小噪音、音源的響度等五點。室內空間音響的適用標準依測試目的的不同，可分為室內平均音壓級差、樓地板衝擊音壓、室內噪音適用標準三種。

由於台灣地區人口稠密、都市環境問題繁複，噪音問題逐漸成為都市生活品質的一大問題，噪音源約可區分為九類：工廠、娛樂營業場所、營建工程、擴音設施、近鄰噪音、交通噪音、軍用機關、民俗及其他類，而防治處理方式可分音源、建築物、傳輸途徑與其他類著手設計或採用隔阻材料，不同種類空間之本身噪音源是不相同的，亟需遮音處理的建築空間包括居住空間、辦公空間、學校空間、醫院空間等，皆需分別考量室內與室外音源所造成之影響與防治之道。建築物內部的設備管道亦是造成室內噪音源的主要項目，可分別以電氣設備、空調設備、給排水設備等不同方向探討。

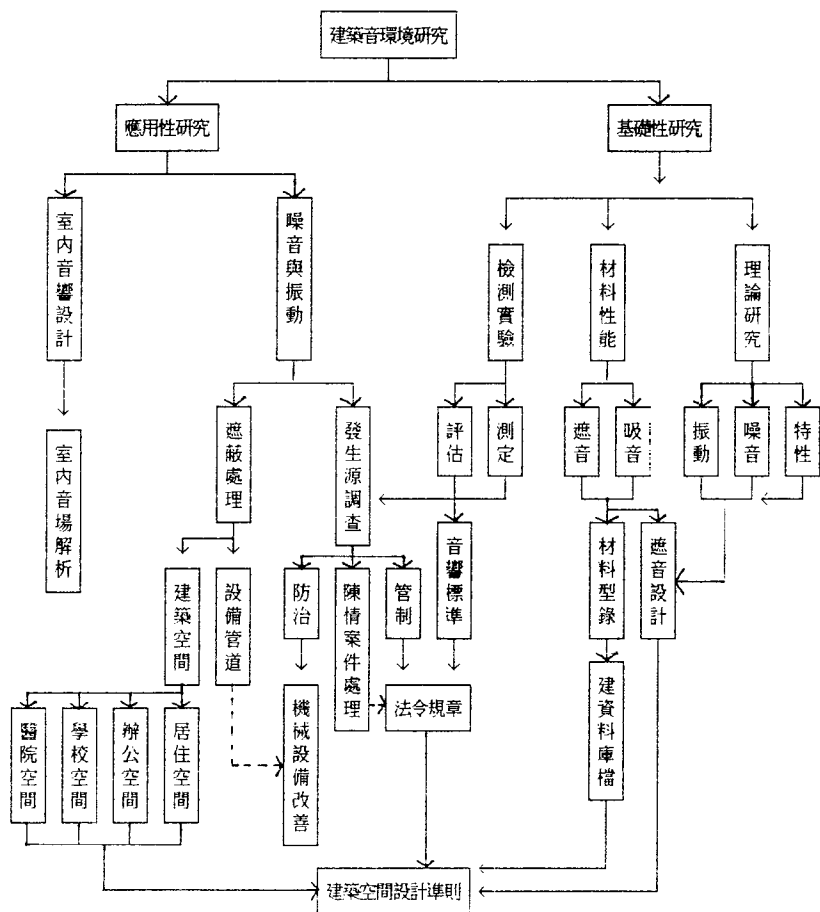
5-1-3 建築音環境研究現況分析

目前已蒐集國內有關音環境研究文獻資料中，中文資料計48冊、日文資料計18冊，英文資料計13冊，合計79冊。以日本為例，日本於1976年至1985年間有關音與振動之研究共有998篇，其中以環境應用研究的590篇最多，其中又以噪音為其研究之中的最多項。反觀國內之研究情形顯示，綜合學位論文與研究報告之數量總數僅達日本的五十分之一，其原因在於國內缺乏常設研究機構及足夠之研究經費、研究人員，以致研究內容無法在廣度與深度上與國外等量齊觀。目前國內音研究設備多偏向基礎理論研究領域，如何均衡提供各種研究性質領域所需之研究設備是值得重視之問題。

目前國內有關音環境之法規管制包括建築法令、噪音管制法令、振動管制法令、勞工安全衛生法令等四類，但並不足以確保我們的生活環境免受噪音干擾，如何在既有的法規體系中訂定必要的法規予以規範，是值得繼續研究的課題。

5-1-4 建築音環境研究架構

本建築音環境研究根據前述內容必須從音環境定性分析，音環境問題探討，音環境研究現況三方面分別著手探討分析，可綜合推判出適合建研所之研究架構如下：



第二節 建議

5-2-1 研究方向

建築研究所可從基礎性與應用性研究兩方面提出研究計畫與研究課題，分別朝向建立建築材料音性能資料庫、修改現有法令規章、建立建築空間設計準則等三方向，使整體研究計畫在目標導向下有計畫，有系統地編列經費自行研究或委託各研究機構、學術團體進行體系研究計畫，以促使國人重視音環境研究問題，加速提升國人生活環境之品質。

5-2-2 研究課題

本研究建議音環境研究之課題應依其不同之研究目的，採目標導向方式推導產生，主要研究課題包括：

- 1、噪音與振動發生源之調查工作。
- 2、建築材料吸音與遮音性能之檢測工作。
- 3、建立建築材料遮音性能等級資料庫。
- 4、建築物之設備產生噪音與振動的改善工作。
- 5、各種建築空間（居住空間、辦公空間、學校空間、醫院空間）之遮音處理設計準則之擬定。
- 6、建立音環境研究與檢測設備實驗室之相關工作。
- 7、翻譯國外有關音環境研究報告。
- 8、編訂音環境教材並加強推廣教育工作。

附錄、參考書目

- 1、建築應用物理學／王錦堂著／台隆書局／1968
- 2、建築聲學／程澤勤著／天同出版社／1971
- 3、建築物理環境基本教材之編訂先期計畫報告／中華民國建築學會／營建署建築研究所籌備小組／1988
- 4、建築過程污染源現況分析與管理制度之研究——建築過程污染公害問題之分析／中華民國建築學會／營建署建築研究所籌備小組／1988
- 5、營建工程噪音陳情案件之統計與分析／文化大學建築暨都市設計系／行政院環境保護署／1988
- 6、噪音與振動／許文三編／中華民國工業安全衛生協會
- 7、台北市營建工程噪音管制問題之研究／李華松／淡江建研所碩論／1987
- 8、建築環境工學厚論／幸田彰著／彰國社／1971／P.157～P.216
- 9、建築の音環境設計／日本建築學會編／彰國社／1969
- 10、建築物の遮音性能基準と設計指針／日本建築學會編／扶報堂／1979
- 11、遮音材料／久我新一執筆／日本音響材料協會編／扶報堂／1976
- 12、吸音材料／子安勝執筆／日本音響材料協會編／扶報堂／1976
- 13、實務的騒音対策指針／日本建築學會編／扶報堂／1975
- 14、建築環境工學實驗用教材(Ⅰ)環境測定演習編／日本建築學會／1982
- 15、建築環境工學實驗用教材(Ⅱ)建築設備計測演習編／日本建築學會
1982
- 16、我國建築技術研究及性能評鑑之人力與設備調查／內政部營建署／中華民國建築學會／1985.11
- 17、建築法規
- 18、建築技術規則
- 19、改善都市營建技術／內政部營建署／台灣營建中心／1988.11
- 20、建築雜誌、論文報告集、大會學術演講梗概集、支部研究報告總目錄(1976～1985)／日本建築學會／1988
- 21、集合住宅室內生活噪音現況及測試評估研究——以無自宅發生音下五層非電梯式公寓為例／謝明忠／中原建研所碩論／1989