

# 目錄

	頁碼
壹、研習計畫說明.....	1.
貳、參訪及研習單位.....	2.
參、研習相關內容.....	8.
肆、研習心得.....	27.
伍、參考文獻.....	30.

## 壹、研習計畫說明

- 一、本署針對環境振動問題，於民國七十七年即起草「振動管制法」草案，七十八年底將草案陳報行政院，該草案並於七十九年三月送立法院審議，惟受諸多因素影響，該草案至八十六年仍未審議。因考量我國環境保護現況需要，並配合國際環保趨勢，於八十六年由行政院函請立法院撤回該草案，目前正重新研擬合乎時宜之「振動管制法」草案。因此，目前急需參酌工業先進國家最新振動管制法令及政策，並引進各種振動源量測分析與防制改善技術，而日本對於環境振動早已訂定一套完整的法令制度，且此種振動規範已是工業發展中國家急於追尋的目標。本計畫廣泛蒐集日本振動管制法制訂沿革及現行管制法內容之相關資料，對於未來「振動管制法」草案之研擬大有助益。
- 二、由於台灣地區人口稠密，道路面積小且狹窄，加上近年來交通流量急速成長、貨櫃車、重型卡車數量增加，高速公路、捷運系統、高速鐵路等工程陸續進行，交通工具引起之振動問題已有日漸嚴重之趨勢，另由於工商發展，工廠機器及營建施工等所引起之振動，其對生活品質之影響亦不容忽視，所以減少環境振動造成之公害是當前刻不容緩的工作，經由本次研習，與日本具有振動防制實務經驗之專家學者交換心得，有助於未來振動管制法之執行及振動防制相關業務之推動。

## 貳、參訪及研習單位

本次拜訪單位計有建設省土木研究所，日本品質保證機構(JQA)，勞動省產業醫學研究所，鐵道總合技術研究所、小

林理學研究所及 RION 株式會社，均為目前日本從事有關振動預防、技術改善及儀器檢校經驗豐富之機構，對於本次同行之工程研究、振動環境公害量測、現場噪音改善分析、及車輛噪音檢測研究等領域之人員，提供一次理論與實務經驗結合、及相關領域人員共同研討之機會，有利於未來法規及共識之推展。

各單位簡介如下：

#### 1 建設省土木研究所：

本單位位於筑波研究區，研究部門相當多，故其僅針對此次研習團員之背景，選擇幾項研究重點向我們解說，並於現場參觀其設施及目前正進行之實驗。參觀項目如下：

- ( 1 ) 三次元大型振動台：號稱全世界最大的振動台，平台面積 8 m X 8 m 水平四組三個致動器(Actuator)、垂直十二個致動器，水平最大加速度 2 G，垂直最大加速度 1 G(阪神地震加速度 0.8 G)，最大負荷三公噸，額定負荷一公噸，水泥質量由 216 個直徑 950 mm 空氣彈簧支撐，水泥質量上端與地面兼有 672 個阻尼器(Damper)，可做 1/4 模型振動模擬、全尺寸房屋振動模擬，總激振力五公噸。此研究室與台灣地震中心所做之研究類似，惟規模較大。
- ( 2 ) 殘響室/無響室：其吸音楔之規格、形狀材質對此類研發製造者，極具參考價值。
- ( 3 ) 交通環境之遮音壁：對於遮音壁形狀、高度及防制方法(主動/被動式)，皆有實品介紹。
- ( 4 ) 鋪道測試：對各種不同吸音材料鋪設於道路上，並

進行實車測試，以研究何種材質可有效減少道路噪音。

- ( 5 ) 展示間：介紹中國、韓國及台灣等東北亞主要國家最新相關建設及地震資訊。
- ( 6 ) 砂防研究室：研究土石流預警、防治工程相關事項，同時現場有模型試驗。
- ( 7 ) 基礎研究室：主要研究橋樑基礎分析，及補強工程。  
另開發無人駕駛監測船，對各橋墩進行監測，以預防橋樑崩斷。

## 2 日本品質保證機構(JQA)

- ( 1 ) 一九五七設立，本部在東京港區，資本額一六五億日圓，每年預算約一七 億日圓。主要工作為公眾安全、零件品保、EMC/EMI 檢測、CE 標誌、校正檢測、ISO9000、ISO 14001 及 QS 9000 認證等，與美國 UL、加拿大 CSA 及英國 BEAB 等合作。新興領域為環境品質保證：環境評估 (Environmental Assessments)、污染源調查及化學物質追蹤 (Investigation into Pollution Sources and Analysis of trace Chemical Substances)；太陽能研究發展。目前執行之校正/檢証/型式認證/驗証等工作，台灣 BSMI，ETC，CIT 亦在 JQA Global Network 之機制中。
- ( 2 ) 目前日本規定噪音計校正效期為五年，振動計校正效期為六年校正五個頻率，其主要考量為儀器電子設備精度與品質皆已有大幅改善，可維持長期穩定性，故延長校正效期以降低社會成本。但政府規定

廠商每年應自行校正確認儀器狀態特性。

- ( 3 ) 具備雷射校正系統，皆有以下式隔振，阻擋外界干擾。另檢驗/校正振動公害用量測儀器之設備較精簡。

### 3 勞動省產業醫學研究所：

- ( 1 ) 本所共八十人，其中五十人為研究人員，成立至今已有四十年，係為國家級職業病預防研究機構。主要項目為振動，噪音，有害光線，及生理/心理傷害等勞工安全及職業病之研究，研究成果主要應用於建立職業病預防及預警系統，同時提供為政策執行時之參考。
- ( 2 ) 在日本職業病最多者為吸入粉塵（塵肺症），有機溶劑導致之化學中毒。由本所研究得知，職業病之預防可由內分泌及血液系統檢視健康情形，並於病發前提早進行工作環境改善及相關預防措施。
- ( 3 ) 三十年前，針對日本振動職業病而言，白指病為最大宗。患者最終以截肢為結果。故一旦得病，雖不再從事該行業工作，亦無法復原。但目前因科技之進步，大部份機具皆有防振及減振功能，故已大為減少此類疾病，惟建築業水泥破碎機尚待改進。
- ( 4 ) 有關 ISO 2631 人體感受振動特性曲線，最早係由本研究所對日本人進行實驗，受測人員在振動台上自行調整振幅由小至大，待感受到振動時即記錄該振幅值，並改變頻率與姿勢重複測試，統計所得曲線已由國際標準組織採用制定。近年國際標準組織擬重新訂定人體振動感受曲線，但統計對象為西方

人，本研究所人員建議台灣可與該研究所共同研究統計調查，以建立屬於東方人的特性曲線。

- ( 5 ) 預定於未來二、三年內將修訂振動相關法規，目前已成立委員會進行相關計畫以取樣研訂參考管制值，並蒐集最新民意。
- ( 6 ) 日本苦情(訴怨)趨勢如下：  
近年來日本噪音陳情案件數日趨下降，而振動陳情案件日漸增多，本研究所認為不必訂出無振動，無噪音之環境法規，因為此種環境對人類也未必有益，且徒增處理上之困擾，故於實際防治成本與陳情民眾可接受之改善程度間取得平衡點即可。日本振動防治成功案例之一：阪神高速道路公團將高速公路之伸縮縫進行表面鋪裝填平，並以時段、車速及行駛車道之限制達到振動管制之目的。
- ( 7 ) 車廂內(含公共汽車) 環境因屬私人空間，故未包含於振動公害管制範圍內。
- ( 8 ) 工廠內之管制無法採用與環境振動公害總合值相同之系統，因其表現之特性與環境振動公害不同。

#### 4 鐵道總合技術研究所

- ( 1 ) 參訪此機構主要係為瞭解高速鐵路產生之振動及噪音問題，對國內即將新建高鐵之振動及噪音，期藉助其現有之資訊對未來之振動公害之預防及防治有所助益。
- ( 2 ) 高速鐵路列車行駛時影響地盤振動因素有：列車速度、軸重、軸配置、軌道剛性、軌道支撐彈簧、樑柱剛性、與地盤構造等因素。日本高鐵開發振動發

生與傳遞模式測定振動模擬法，研究各參數。相關研究成果指出以軸配置變更前後，測量所得振動位準降低約 5 dB，300 km/h 時更由約 68 dB 降至約 62 dB。

- ( 3 ) 目前日本之鐵道研究均在此進行，舉凡長軌道、火車轉彎平衡、電磁控制、隧道出口音爆問題、風洞試驗等，皆是研究主題。
- ( 4 ) 目前正在進行磁浮列車之設計開發及商業運轉可行性研究，惟其真正實體測試在山梨縣，離此甚遠，故未安排前往。
- ( 5 ) 日本國鐵與電車軌距不同，現正研究改變車輪轉換系統，以期可一車到底，行駛路線相連結而不必更換列車。

#### 5 RION 株式會社

- ( 1 ) RION 公司係日本最大環境公害量測儀器製造商，許多環保相關儀器設備均是由本公司開發生產。日本 RION 公司已通過 ISO 9001 及 ISO 14001 認證。
- ( 2 ) 除振動、噪音量測儀器外，與此原理相似之醫用設備亦是生產主力。
- ( 3 ) 九二一大地震後，科學園區亦裝設三十多具 RION 公司生產之地震量測設備，以期未來發展成預警系統之用。現則作量測及監控地震級數。
- ( 4 ) RION 公司於台灣亦有代理商，目前台灣環境公害量測，大多數採用該公司產品，由度量衡國家標準實驗室之送校件統計，亦可得知目前實際情形。
- ( 5 ) 目前日本新幹線採用 RION 公司之噪音/振動/地震

計、監控各種狀況並提供必要措施(如停止列車行進)。

## 6 小林理學研究所

- ( 1 ) 小林理學研究所為 RION 公司之技術、量測儀器發展之母體，其成熟之發展技術或原型產品，經轉移後由 RION 公司生產銷售。
- ( 2 ) 該所具備與度量衡國家標準實驗室相似之振動絕對標準校正設備，該設備採計數法校正。
- ( 3 ) 設有音響展示間，將早期之錄音、噪音計、音響喇叭等相關設備及日本與噪音、聲音相關之歷史、法規沿革依年代予以條列說明。
- ( 4 ) 該研究所之研究報告均會定期出刊，目前台灣音響學會亦已訂閱。

## 參、研習相關內容

### 一、JIS ( Japanese Industry Standard ) 管制標準

日本為維護生活環境及國民健康，在一九七六年十二月一日實施環境振動規制法，對特定工廠及各作業場所的活動和建設工程所發生相當範圍之振動，進行必要的管制，並規定有關道路交通振動防治的要求措施。

在實施環境振動規制法的同時，為確立振動的適當量測與評估方法，並採相同規格的量測儀器，已陸續於一九七六年訂定 JIS C 1510 「振動位準計」、一九八一年訂定 JIS Z 8735 「振動位準量測方法」，正式統一環境振動的量測方法與評價方式。

#### ( 一 ) 環境振動的評價量

對於不同種類的振動有不同的評價方式，現就常用



的幾種評價量說明如下：

### 1 振動加速度位準 $L_{va}$

未加上垂直或水平振動感覺補正特性值（為配合人類對振動感覺所作之修正值）之振動加速度  $a$  與參考基準加速度  $a_0$  ( $10^{-5}m/s^2$ ) 比值的平方再取對數值並乘上十倍即為  $L_{va}$  值。

$$L_{va}=10\log_{10} ( a / a_0 ) ^2$$

### 2 振動位準

加上垂直或水平振動感覺補正特性值  $c$  後之振動加速度  $a_c$  與參考基準加速度  $a_0$  ( $10^{-5}m/s^2$ ) 比值的平方再取對數值並乘上十倍即為  $L_v$  值。

$$L_v=10\log_{10} ( a_c / a_0 ) ^2$$

### 3 時間率振動位準 $L_x$

振動位準在某位準以上的時間佔量測時間的  $x\%$ ，該位準稱為  $x$  百分比時間振動位準  $L_x$  (dB)，50%時間振動級  $L_{50}$  稱為中央值，10%時間振動位準  $L_{10}$  稱為 80%範圍的上端值，90%時間振動位準  $L_{90}$  稱為 80%範圍的下端值。

## (二) 振動位準量測方法 (JIS Z 8735)

1 適用範圍：本規格係規定使用 JIS C 1510 所訂的振動位準計，量測有關公害的地面振動位準的方法。

### 2 量測條件：

a 外界條件：關於溫度及溼度，應注意量測所用的振動計的可使用之溫度範圍及溼度範圍。依振動拾取器型式，有時會遭風、電廠、磁場等

影響，此時得考慮適當的遮蔽或變更量測點等。

b 背景振動：量測某振動源對象之振動位準時，當發生振動和無發生振動之振動位準計指示值差值最好大於 10dB 以上，惟背景振動為經常性的振動時，儘管其與振動源振動位準差值小於 10dB，仍可進行背景振動指示值修正。

3 量測點的選擇：視量測目的，選擇量測點的位置及數目。

4 量測器的選擇方法：

a 振動拾取器的設置方法：原則上振動拾取器是放置於平坦又堅固的地面（例如：踏硬的土、混凝土、瀝青等）。如不得不選擇砂地、田園等柔軟的場所時，得附註說明，另振動拾取器放置平面最好為水平。

b 量測方向：以量測時振動感測器之振動方向為準，將垂直方向定為 Z 軸，水平方向分別定為 X 軸、Y 軸。量測時，可方便標示出 X、Y、Z 軸的相關位置。

c 振動感覺修正電路的使用方法：在 Z 方向是使用垂直振動特性，而 X、Y 方向是使用水平振動特性來進行振動位準的量測。

d 量測位準的選擇方法：有關衝擊性（Impulse）振動，適當的選擇量測位準以免造成振動位準計有超載狀態。

e 紀錄器的選擇：使用紀錄儀器量測振動位準

時，其特性大致選擇符合 JIS C 1510 的各種規定。

#### 5 指示值的讀法、整理方法及表示方法：

在 JIS Z 8735 中對於處理如何讀取垂直（Z）水平（X、Y）等方向的振動值，以及如何處理振動量測值的規定和表示方法，乃是對應於指示時間的變化而有下列三大原則：

- a 對於指示值不變或變動極小幾乎是一定值之振動指示，則直接讀取其指示值作為振動位準；或讀取多次再加以平均。
- b 對於指示值為週期性或間歇性變動時，則讀取足夠多次的變動最大指示值，再取平均值為振動位準，必要時得在紀錄上附記變動的方式（如週期、次數等）。
- c 對於指示值不規則且變動幅度較大時，可從某任意時刻開始，每隔一段時間讀取指示值，如此讀取足夠的數目，再從所讀取的值依適當的方法求取  $L_x$ （可自累積度數分布求取或由自動數據處理機求得等方法），並以此值表示。此時，原則上雖自全部讀出值中求出  $L_x$ ，但亦可視量測目的去除量測對象沒有振動時特定時間的讀出值後再加以處理。

#### 6 應附註於量測結果的事項：視需要對於量測結果得附註下列事項

- a 量測日期、時間及氣象狀況。
- b 量測場所及草圖。

- c 振動源的種類及型式。
- d 量測器的種類、型式製造業者名稱。
- e 振動感測器的安置方法。
- f 量測值的整理方法。
- g 其他必要的事項。

### (三) 振動感測器選用原則 (JIS C 1510)

日本工業規格 JIS C 1510：振動位準計，所定符合量測所須之儀器規格及特性綜合整理如下：

- 1 振動位準計為了使用容易，其構造應以不受溫度、溼度、風、噪音、電氣及磁力影響為主。
- 2 振動感測器，其構造應可設置於地面。
- 3 振動感覺（加權）修正電路：振動位準計應具備對垂直或水平振動、或兩者皆有的振動感覺修正電路，另外振動位準計可視需要而具備量測振動加速度位準（無振動感覺或未經加權）的電路。
- 4 指示儀表及衰減器：指示儀器具備平方特性，其有效刻度範圍規定在 15dB 以上，以每 1dB 為一刻度單位。指示儀表的有效刻度範圍未滿 30dB 時，衰減器規定以每 10dB 為位準間隔。
- 5 振動位準計最好具備交流輸出端子。

## 二、日本特定建設作業振動管制情形

- (一) 於指定地域內特定建設作業依不同振動源實施之振動管制措施及標準如表一。該管制標準為在特定建設工程用地邊界上，對人的垂直方向評價，但是遇到災害或其他緊急事故而必須進行之緊急特定建設作業，不適用該項管制規定。

表一、特定建設作業振動管制措施及標準

管制標準	區 域	夜 間 禁 止 作 業	作 業 時 間 限 制	作 業 期 間 限 制	星 期 假 日 作 業
不可超過 75dB	指定地域中，下示之一區域為都道府縣指定的區域： 1 為保全良好的居住環境，需特別保持安靜的區域。 2 為供居住用，需保持安靜的區域。 3 兼供居住用，供商業、工業等用的區域，且住宅達相當數量而須防止發生振動的區域。 4 學校、托兒所、醫院、圖書館、養老院等用地周圍約八十公尺的區域。	下午七時 至翌日上午 七時	一日的作 業時間不 得超過十 小時	連續作業 日期不得 超過六日	禁止
	指定地域中，上示區域以外的區域。	下午十時 至翌日上 午六時。	一日的作 業時間不 得超過十 四小時。		

(二) 特定建設作業振動位準量測及評定方法

- 1 量測地點在特定建設作業施工周界上。
- 2 發生振動超過 75dB 時，除勸導改善外，並要求每日作業時間減少為四個小時。
- 3 振動值位準的評定方法：針對不同振動源種類，其振動位準的評定方法詳如表二。
  - a 當量測器指示值無任何變動或變動極小時，即為該指示值。

- b 若量測器指示值產生週期性或間歇性變動時，以每次變動之指示值的十次最大值平均之。
- c 若量測器的指示值產生不規則的大幅變動時，以五秒為間隔，取一百個指示值或類似的方式，取其 80% 範圍的上端數值，即  $L_{10}$ 。

表二、特定建設作業振動管制對象及振動位準評定方法

振 動 源 種 類	振動位準的決定方法
1 用打樁機（壓入式打樁機除外）拔樁機（油壓式拔樁機除外）或打樁拔樁（壓入式打樁、拔樁機除外）的作業。	a 或 b
2 用鋼球破壞建築物及其他工作物的作業。	b
3 用鋪裝板破壞機的作業（作業地點連續移動且一天內作業的二地點間最大距離不可超過五十公尺）。	b
4 用切破機（手持式除外）的作業（作業地點連續移動且一天內作業的二地點間最大距離不可超過五十公尺）。	b

### （三）建設機械振動測定方法

建設機械振動測定方法，依照日本建設省建設局建設機械課規定之要領，其適用範圍針對各機種，所使用之量測器須符合 JIS C 1510 規定的公害振動位準計，使用振動感覺修正電路時，振動的量測方

向以垂直方向（Z 軸）為原則，其測定方法規定如下：

#### 1 測量地點

a 停止狀態下作業的機械：應在作業機械的前後左右方向，距離機械中心或作業中心的七公尺處以及每一直線的十五、三十公尺處進行測量。

b 行駛狀態下作業的機械：設置直線距離二十公尺的作業區間，從其中央至作業中心線的直角左右七公尺處及直線的十五、三十公尺處進行測量。

2 測量條件：測量時的機械狀態，針對各種機種另行規定。

#### 3 評定方法：

a 若量測器的指示值無任何變動或變動很少時，為該指示值。

b 若量測器的指示值為週期性或間歇性變動時，但指示值的最大值大致一定時，則以十個最大值之平均值為代表值。但指示值的最大值不一定時，則以其 80% 範圍的上端數值，即  $L_{10}$  為代表值。

（四）特定建設作業施工、運輸車輛振動管制標準：營建施工、運輸車輛行駛所產生振動，仍須符合道路交通振動管制標準。

### 三、日本對特定工廠振動管制情形

（一）在指定地域的特定工廠等，針對特定設施所發生之

振動進行管制，依不同區域及時段之管制標準如表三，該管制標準為在特定工廠用地邊界上，對人垂直方向進行評價。

(二) 對白天、夜間的時間區分可由各地方政府依表內的規定範圍內決定之。對於學校、托兒所、醫院、圖書館、養老院等用地周圍約五十公尺區域內的標準，可由各地方政府決定將表內的管制值減少 5dB 以內。

(三) 特定機械設施振動位準的評定方法：依不同振動源種類，振動位準的評定方法詳如表四。

1 對於指示值不變或變動極小幾乎是一定值之振動指示，則直接讀取其指示值作為振動位準；或讀取多次再加以平均。

2 對於指示值為週期性或間歇性變動時，則讀取足夠多次的變動最大指示值，再取平均值為振動位準，必要時得在紀錄上附記變動的方式（如週期、次數等）。

3 對於指示值不規則且變動幅度較大時，可從某任意時刻開始，每隔五秒讀取指示值，如此讀取一百次為止，再從所讀取的值求取 80% 範圍的上端值即  $L_{10}$ 。



表三、特定工廠等所發生振動管制標準

區域區分	時間區分	
	白天 (指上午五、六、七、八時到下午七、八、九、十時)	夜間 (指下午七、八、九、十時到翌日上午五、六、七、八時)
(第一種區域) 為保全良好的居住環境，特別需要安靜的區域及為供居住而需要安靜的區域。	60dB 以上 65dB 以下	55dB 以上 60dB 以下
(第二種區域) 兼供居住用的商業、工業用區域，為保全該區域內住民的生活環境，有必要防止發生振動的區域；及主供工業等使用的區域，為不使區域內住民的生活環境惡化，有必要防止發生顯著振動的區域。	65dB 以上 70dB 以下	60dB 以上 65dB 以下

表四、特定機械設施振動位準的評定方法

振 動 源 種 類	振動位準的 決定方法
1 金屬加工機械 a 液壓沖床（矯正機除外） b 機械沖床 c 剪床（限原動機額定輸出一仟瓦以上者） d 鍛造機 e 線成型機（限原動機額定輸出三七．五仟瓦以上者）	1 1 或 2 2 2 2
2 壓縮機（限原動機額定輸出七．五仟瓦以上者）	1 或 2
3 土石用或礦物用破碎機、磨碎機及分級機（限原動機額定輸出七．五仟瓦以上者）	1 或 2
4 織機（限原動機者）	1
5 混凝土成塊機（限原動機額定輸出合計二．九五仟瓦以上者）及混凝土管製造機械及混凝土柱製造機械（限原動機額定輸出合計十仟瓦以上者）	1 或 2
6 木材加工機 a 鼓筒剝皮機 b 切屑機（限原動機額定輸出二．二仟瓦以上者）	2 2
7 印刷機械（限原動機額定輸出二．二仟瓦以上者）	1 或 2
8 橡膠或合成樹脂輥練機（軋光機以外者，限原動機額定輸出三十仟瓦以上者）	1
9 合成樹脂用射出成型機	2
10 鑄模造型機（限動式）	2

#### 四、日本道路交通振動管制情形

- (一) 在指定地域內的道路交通振動超過總理府令規定的限度，被認為顯著損及道路週邊的生活環境時，人民可向道路管理者（市鄉鎮、道都府縣、中央）請求執行鋪裝、維修措施。表五為道路交通振動限度。該振動限度標準為在道路邊界上對人垂直方向評價。
- (二) 對白天、夜間的時間區隔可由各地方政府依表五的規定範圍內決定之。
- (三) 道路交通振動位準的評定方法：
  - 1 針對某一道路為對象之道路交通振動量測，應在被認定足以代表該道路交通振動狀況的某一天，於白天和夜間分別進行量測，其次數為每小時內作一次以上的量測，共進行四小時上。
  - 2 振動位準值決定於每隔五秒讀取指示值，一直讀到一百次為止，再從所取的值求取 80% 範圍的上端值，即  $L_{10}$ 。惟白天和夜間得分別量測，測定場所為道路用地的邊界線。

表五、道路交通振動限度

區域區分	時間區分	
	白天 (指上午五、六、七、八時到下午七、八、九、十時)	夜間 (指下午七、八、九、十時到翌日上午五、六、七、八時)
(第一種區域) 為保全良好的居住環境，特別需要安靜的區域及為供居住而需要安靜的區域。	65dB	60dB
(第二種區域) 兼供居住用的商業、工業用區域，為保全該區域內住民的生活環境，有必要防止發生振動的區域；及主供工業等使用的區域，為不使區域內住民的生活環境惡化，有必要防止發生顯著振動的區域。	70dB	65dB

## 五、新幹線鐵道振動管制情形

(一) 新幹線鐵道自昭和三十九年開始營運以來，雖可快速、安全輸運旅客，達到高速鐵道建設之目的，但鐵道所造成之振動問題一直未能完善解決，至今仍然有居民受高鐵振動干擾而陳情之情況發生。目前日本仍採用昭和五十一年環境廳之勸告值 70dB (一九七六年三月十二日環大特第三十二號公告)，對

於新幹線鐵路振動的補正加速度位準超過 70dB 的區域，則須對沿線住宅進行防振工事或搬遷補償。

(二) 測量方法：

1 測定單位為補正加速度位準(單位 dB)：

所謂補正加速度位準，係假設垂直振動的頻率為  $f$  (單位 Hz)，以及加速度實效值為  $a$  (單位  $m/s^2$ )，以  $a$  為基準值  $a_0$  (單位  $m/s^2$ ) 比值的常用對數之二十倍，亦即  $20\log(a/a_0)$  (單位 dB) 來表示。

$a_0$  值訂定如下：

$$1 \leq f < 4 \text{ 時, } a_0 = 2 \times 10^{-5} \times f^{-1/2}$$

$$4 \leq f < 8 \text{ 時, } a_0 = 10^{-5}$$

$$8 \leq f < 90 \text{ 時, } a_0 = 0.125 \times 10^{-5} \times f$$

2 測定條件

a 振動量測器的設置處所，須為無緩衝物處且為十分踏實的堅固場所。

b 振動量測器的設置處所，須為無傾斜且無凹凸之處，可確保完全水平的場所。

c 振動量測器必須設置於絕不受外在條件影響之處。

d 指示器的動特性係為緩慢(slow)者。

3 測定的方式原則是合計上下行列車，以連續通過二十班列車為對象，每當該列車通過時讀取其振動的最大值。測定時段須避免選定行車速度比正常慢的時段。

4 振動的評定是將前項所記錄下的振動最大值，取半數較高之量測值，求取其算數平均值。

一般而言，新幹線振動量測之位置，依以前之慣例，乃以距離高速鐵路最外軌中心線 12.5m 為準，其最大值之持續時間，以 200Km/hr 速度行駛時通過十六個車廂、持續時間約七秒鐘，或以 240Km/hr 速度行駛時通過十二個車廂、持續時間約五 四秒鐘。

### (三) 振動源防制技術分析：

高速鐵路列車行駛之減振對策主要可依振源及其傳播途徑而可區分為：1 車輛軌道系統減振；2 橋樑結構系統減振；及 3 波傳路徑減振三類。其相關資料整理如下：

#### 1 車輛軌道系統之減振對策：

在車輛軌道系統部分影響高速鐵路行車振動之主要因素有行車速率、車輛軸重、軌道重量與剛性、彈性車輪與軌道工程等，各項影響因素分述如下：

##### a 行車速率：

吉岡修 (1999) 整理日本新幹線於東海道、山陽、東北及上越等路線，於高鐵列車行駛時所測得之振動量，可知當車速由 180 280km/hr 間變化時，於遠距離處地盤所量得之振動量差異不大，大約在 5dB 以下。

##### b 車輛軸重：

吉野達夫 (1999) 指出，日本新幹線列車採用 300 系列輕量化之車輛 (軸重 11.3 噸)，所引致之行車振動較過去使用之列車(軸重 16

噸) 減少約 3-4dB 左右。Kurzweil (1979) 之研究亦指出, 當列車軸重增加一倍時, 其所引致之振動量亦將增加 2-4dB 左右。

吉岡修 (1999) 整理山陽新幹線 系、一系及三 系列車之行車振動量測值, 車體輕量化之後的三 系列車所引致之地盤振動量明顯較 系及一 系列車略低, 當車身軸重自 16 噸減至 11 噸時, 對於 5-16Hz 間之低頻振動有 2-3dB 之減振效果, 但對於 20-80Hz 間之高頻振動的減振效果較不明顯。

#### c 彈性車輪及軌道：

此部份之影響包含彈性車輪及彈性軌道墊(扣件)、彈性枕木及道碴墊等, 一般而言, 降低軌道扣件的勁度並增加軌道重量, 可以降低軌道系統的自然頻率, 有助於減少行車引致之振動量。須永陽一 (1988) 指出軌道支承勁度的降低, 對於行車振動減振的有效範圍是在 30-40Hz 以上, 另由新幹線採用彈性道碴墊、彈性枕木墊及彈性軌道墊(扣件) 時之減振效果之量測資料值顯示, 此部份減振措施的有效減振範圍均在 50Hz 以上的高頻範圍。

#### d 軌道重量及剛性

須永陽一 (1988) 指出, 軌道重量及剛性的增加, 有助於鐵路行車振動、噪音量的降低, 另須長誠及關跟悅夫 (1989) 亦指出, 當

軌道重量由 50kg/m 增至 60kg/m，而行車時速在 50 120km/hr 之間時，地盤振動量約可降低 30%。

吉岡修（1999）整理新幹線將部分路線之軌道由單位重 50kg/m 更換為 60kg/m 時之振動實測值，可知列車時速在 70 120km/hr 時，約有 3 5dB 之減振效果，另鋼軌剛性增加時，其減振效果亦增加。

## 2 橋樑結構系統之減振對策：

針對橋樑結構系統中，基礎帽樁以上部分稱之為上部結構，基礎帽樁（含）以下部分稱之為下部結構。在上部結構中，可能影響高鐵行車振動之因素包括：橋樑結構型式、樑柱之剛性、結構體之重量及隔減振設施之影響等，而下部結構中之影響因素包括基礎之重量、基樁之深度與數量等。

### a 上部結構：

吉岡修（1999）整理日本東海道及山陽新幹線沿線高架段之振動量測資料，並將之與橋樑結構之相關性予以分門別類。其中由高架段橋柱軸向勁度與地表振動實測之關係，可知東海道及山陽（岡山以東）新幹線所引致之地盤振動量均有隨橋柱之勁度增加而略為遞減之趨勢，惟山陽新幹線（岡山以西）則呈相反之趨勢。另由大樑（girder）彎曲勁度與地表振動之關係，可知隨著大樑彎曲勁度之增加，行



車所引致之地盤振動有略為遞減之趨勢。而由上部結構之混凝土量與高鐵行車振動量之關係，可知當混凝土量越大時，地表所引致之振動量隨之略減。

吉岡修（1999）整理日本山陽新幹線（岡山以東）之行車振動量測資料，並比較剛性框架（rigid frame）構造與傳統樑式構造兩種不同型式之橋樑對於高速列車行駛時地盤振動量之影響，結果得知前者在 10Hz 以下低頻振動量，略低於傳統樑式構造。

b 下部結構：

吉岡修（1999）根據日本東海道及山陽新幹線之實測資料，建立行車振動量與樁身表面積參數（=每跨之樁身表面積總和/）之關係，得知樁的數量與深度增加時，對於減振成效並不明顯。另整理新幹線下部結構混凝土量與行車振動量之關係，得知因東海道新幹線之混凝土用量大都較少於山陽（岡山以西）線，二者之地盤振動量實測值則是前者平均高於後者。但在不同路線中，其所使用之混凝土量與所量測之振動值間並無一定之增減關係。

3 波傳路徑之減振對策：

高鐵列車行經高架橋時所引致之振動，將透過橋墩傳遞至地盤中，再藉由地盤傳遞至受振體，因此波傳路徑之地盤特性將對高鐵所引致之振動量大小及振動量之衰減有相當之影響，故各種不

同之波傳路徑減振對策即在於探討地盤勁度、柏松比之改變，以及在波傳路徑設置隔振溝、隔振壁、阻波塊等隔振對策之有效性。

a 隔振溝：

隔振槽溝的使用一般可分為空槽溝以及填充槽溝兩類，就其隔振效果而言，以空槽溝為佳，惟由於其壁體不易穩定，長期維持不易，故深度有限；而填充槽溝之減振效果則與內部填充材料之特性有關。

b 隔振壁：

吉岡修（1999）整理東海道新幹線高架段使用80cm厚剛性連續壁之減振效果，得知在剛性隔振壁後方約30m~70m不等之距離內，仍可達約5dB左右之減振效果。

c 振動吸收孔：

安藤裕及野津光夫（1995）利用振動吸收孔來隔絕現場SCP工法施工所引致之振動量，由量測結果顯示，振動吸收孔的設置對於近距離處之振動量確實有明顯之減振效果。

（四）振動防治對策：

目前新幹線之振動的對策工程，大致可分為實施於車輛、軌道及構造物的「發生源對策」以及進行沿線建築物防振工程的「受振部對策」，說明如下：

1 針對發生源之防制對策：

a 車輛對策：車輛輕量化（一系→二系→三系→四系→五系→六系→七系）

b 軌道對策：防振版、Ballast Mat ( 平衡墊 ) 軌道削正、彈性枕木。

c 構造物對策：遮斷工程等。

2 針對受振部防制對策：沿線建築物的防振工程。

#### 肆、研習心得

1 日本目前對振動公害防治已採取之相關政策：

( 1 ) 獎勵措施：

振動公害之防治實效端賴事業機構確實遵守相關管制法規規定來達成，而日本將事業機構為進行振動防治所須費用視為事業成本，政府對於振動管制法所規範之對象（經調查百分之九十以上為中小企業）提供必要的技術性援助、及金融面與稅制面的之獎勵措施，包括由政府金融機關（中小企業事業團、環境事業團）提供長期低利融資，及振動防治設備投資扣抵相關稅賦。

( 2 ) 貫徹土地使用的適當化：

以目前振動所產生之環境影響分析，長期性振動公害之防治對策基本原則係將工廠與住宅區分離，使土地利用適當化，並加強新設工廠與住宅區之調整與管理。另嚴格執行依都市計畫法所進行之土地使用分區管制，及「建築基準法」規定於不同管制區內禁止使用之機械設備，以減輕環境振動並避免未來產生不必要之紛爭。

( 3 ) 量測方法標準化：

振動公害影響程度因個人的感知情形不同而產生主觀性評斷，為將振動量數量化及量測方法標準化，目

前已制定「環境振動量測標準規範」( JIS Z 8735 )  
「環境振動量測儀器標準規範」( JIS C 1510 )，並已  
完成「特定計量器檢定檢查規則」訂定(平成五年通  
商產業省令第七十號)，對於振動公害之量測、評  
估已建立標準規則。

- 2 日本環境公害振動法規，以不影響週遭人的生活品質為主，並採不告不理之原則。對振動而言，通常如有陳情且量測結果証實確實超出目前之管制值，皆鼓勵或協助陳情者搬家，進行改善工程之機率較少(噪音則可藉由防音/隔音裝置阻絕)。目前日本噪音公害陳情已大幅減少，振動公害陳情則逐漸上升。對我國而言，應找出適合本地民情之解決方案，以避免此類問題處理不善而成為另一個公害糾紛。
- 3 就振動管制而言，日本各單位間連繫上較為頻繁，重複投資之情形較少，相關研究及執行單位之意見整合較為完全，同一問題各單位答覆具一致性，所引用資料亦相同。我國應整合各單位資源且加強聯繫，如與大眾權利義務相關之技術開發，應匯集各方之意見，採用可行(非最佳)之方案，而非採用決策層次過高難以執行或業界技術無法達成改善目標之政策。
- 4 目前日本對環境振動公害之防制法規，訂有各管制區及其相對應之標準值管制、量測方式及量測地點，而量測儀器檢校亦有法規條文規範，另對於道路交通振動管制方法除限制重型車輛車速及行駛道路內線外，其它措施則以日本各地不同民情而定。故我國在處理此類事務上，考量本國民情是一項重要指標，做法上除參考日本管制辦法、加寬

鐵路道路兩旁綠帶緩衝區外，土地使用分區重劃應是治本之法。

- 5 依日本管制法規執行道路交通振動公害量測時，其量測數值雖小，但於評估此振動量影響鄰近住宅之程度時，則另有許多因素需要考量，如土質、屋齡、房屋建材及結構等，分析之變數甚多，且無標準預估模式，僅由環保單位規劃執行任務已屬繁重，故為釐清改善權責與簡化判定程序，未來我國執行振動管制相關法規時，仍以參採日本現行法規較為明確可行，然基於法規中罰則與防治措施之執行需因地制宜，我國可依民情予以定義。
- 6 我國法定儀器之檢定或校正程序，應儘速定案並加強宣導，讓業者尤其是大眾能瞭解其自身之權利義務，避免業者卸責及人民無理抗爭。
- 7 有關高速鐵路部分：
  - (1) 目前台灣高鐵與日本新幹線已簽約，故未來高鐵沿線有關振動之環境影響評估作業相關規範宜儘早規劃，以使大眾有所依循。
  - (2) 日本目前新幹線振動標準仍以昭和 51 年環境廳勸告之 70dB 為標準，至於量測之位置，依以前之慣例，乃以距離高速鐵路最外軌中心線 12.5m 為準，但此規定僅係以前之慣例並無規範規定，而今在振動量小於 70dB 之情況下，仍然有居民受高鐵振動干擾而陳情之情況發生，未來台灣若採用日本 700 型列車，因車重較輕，振動標準是否應採較嚴格之標準，值得深入探討。
  - (3) 由於日本是高速鐵路興建完成後，才發現有高鐵振

動問題，受限於已興建完成之土木、軌道結構物及舊型之列車，於是只能採較寬鬆之振動標準，居民亦能諒解其難處。而我國正值高鐵設計規劃之際，更應及早針對此問題做審慎之評估，以及對於易造成振動環境問題之振動敏感點，尋求因應解決之道。

- 8 有關 ISO 2631 人體感受振動特性曲線，勞動省產業醫學研究所認為東方、西方人種構造不同，應採用不同曲線。雖目前 ISO 規範所採用之曲線係由該研究所提出，但該所建議我國可考量與其共同進行測試，並提出 ISO 規範修訂案，將東方、西方人種之加權曲線予以區隔，以符實際情形。

#### 伍、參考文獻

- 1 環境六法(平成十二年版)。
- 2 公害防止技術法規編輯委員會，”公害防止技術法規(振動編)”，社團法人產業環境管理協會，1996 年。
- 3 JIS C 1510：振動位準計。
- 4 JIS Z 8735：振動位準量測方法。
- 5 吉岡修(1997)，”鐵道沿線之地盤振動”，鐵道總研報告，Vol.11, No1, p.17-26.
- 6 吉岡修(1999)，”新幹線鐵路振動的實際狀況和防止措施”，第二次現代軌道事業技術研討會。
- 7 安藤裕、野津光夫(1995)，”地盤改良工事及振動對策之調查測定事例”，基礎工，Vol.23, No2, p.66-71.
- 8 安藤勝敏、吉岡修(1995)，”軌道構造與減振”，鐵道總研概要，1995.9., p.14-17.
- 9 須永陽一(1988)，”防振軌道之開發”，鐵道總研概要，

1988.12., p.13-18.

10 須長誠、關跟悅夫(1989), ”軟弱地盤與軌道重量振動研究”, 鐵道總研概要, 1989.11., p.9-14