

道路減速丘設施振動安全衝擊評估之研究

陳高村¹ 林清芬²

1 中央警察大學交通學系 副教授

2 中央警察大學交通管理研究所 研究生

摘要

在許多住宅區的道路上，其逐漸增加的交通量及車輛行駛速率已經造成住宅區沿線居民的嚴重關切及反對，即使交通流量還在住宅區道路可以接受的標準之內，但是行經車輛的超速行為已經威脅到住宅區居民的生命及財產安全。於是在低流量之社區街道、校園及廠區道路有了駝峰設計之減速丘(Speed Hump)的設置，而且其已經被證實是一種有效控制車輛行駛速率的設施，並減少了交通事故的發生，因為當車輛在行駛中經過高低起伏之減速丘時，會對車輛造成振動、顛簸而使乘客及駕駛人感到不舒服而達到降低行車速率的效果。

車輛通過減速丘時，乘客所承受的垂直加速度與行駛速率、減速丘高度及縱向長度等有關，減速丘的高度越高、縱向長度越短及行駛速率越高，對車輛所產生的垂直加速度愈大，駕駛人及乘客會感到愈不舒服，因此會採取減速的動作。由於國內現行規範交通工程設施之規劃、設計、施工及維護管理基本準則的「交通工程手冊」[1]及「道路交通標誌標線號誌設置規則」[2]中，並無減速丘之設計規範，故目前國內實務上減速丘之設置及其他配合設施等皆無標準可循。雖然在文獻上，國外有諸多減速丘研究與實作經驗，然而在國內卻欠缺本土化的研究與印證。因此，本研究即針對減速丘的發展規格及振動等特性進行深入回顧探討，並針對減速丘設置後所造成的車輛振動及行車舒適度等影響，進行振動實驗調查，作為研擬適合國內交通環境的減速丘設計標準，供道路交通主管部門在將減速丘設計納入「交通工程手冊」或「設置規則」之參考依據。

壹、前言

在地區性道路，可及性功能遠大於機動性功能，當交通流量低於某一標準時，交通摩擦減少，駕駛人不知不覺中會提升駕駛速度，因此對臨近區域或路段之安全將產生極大威脅，同時車輛高速行駛也將威脅住宅區寧靜、安全及生活品質。根據台大許添本教授「巷道交通安全調查比較分析」之研究[3]指出，民眾對於巷道之不安全感主要來自於汽機車高速行駛所造成之威脅，而民眾所期盼的改善工作則是「限制行車速率」(約佔 71.9%)，因此交通工程師為了維護低流量道路之行車安全與寧靜，通常會選擇在該管制區域之路段上或交叉路口臨近路

段，設置減速丘等減速設施用以管制、約束駕駛人之行車速率。尤其在低流量的地區性社區、校園或廠區道路的速率管制，一直是交通工程師與社會大眾所關心的問題，在無法做到完全人車分離(道)的設計下，基於維護低流量道路用路人之交通安全，常常會依其不同需要而設置適當的減速設施，而交通管制設施之設置除了應考慮該設施的成本與效益外，對於使用者之安全尤應特別重視。

減速設施運用在不同等級與不同特性的道路上，其功能與規格有顯著之不同，回顧先進國家相關研究文獻，大概可將駝峰型式的減速設施區分為減速檔(Speed Bump)及減速丘(Speed Hump)二類，茲分述如下：

一、減速檔

減速檔是一種較嚴厲的速率管制設施，它強迫駕駛人減速以其規範之速率(通常小於 10kph)來通過縱向長度很短且高的峰丘，如果駕駛人未依規定的速率通過減速檔很容易造成車輛底盤撞及與高度的不舒適，他們通常被使用在對車輛要求以極慢的速率或是停車再開的地點，例如停車場內部地區或出入口、私人車道或某些特定的地區，故駕駛人駕車接近減速檔時，會得到明顯的警告訊息必須謹遵速率限制行駛，否則將會有極不舒適的經驗。減速檔橫鋪於路面上，高度通常介於約 7.5~15.0 公分(約 3~6 英吋)之間，縱向長度介於 30.0~90.0 公分(約 1~3 英呎)之間 [4]，當車輛接近通過時必須減速至 10kph 或是更低，由於其縱向長度不到 1 公尺，車輛高速通過車輪驟上、驟下，具有上下、前後的搖晃效果，對駕駛人造成極高的不舒適感，車輛低速通過則僅有上下的波動效果，其裝置如圖 1 所示。

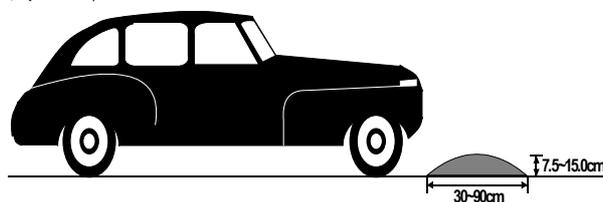


圖1 減速檔設置規格

二、減速丘

減速丘是一種讓駕駛人如以規定的速度去通過時會感到很舒服，如以快速度通過時則會引起相當不舒服感的減速設施，橫向跨越部分或整個車道，坡度較為緩和，故被稱為「起伏的鋪面(Pavement Undulation)」或「睡眠的警察(Sleep Policeman)」，相對於減速檔，減速丘使用的範圍較廣，他們通常被安裝在許多學校或社區內的道路上，以便讓行經該地區的车辆維持在一定的速率限制內通過，以保護行人、騎乘機車及腳踏車者的出入安全；或者被安裝在特定的地點來保護特定的用路人，例如設置在交叉路口或行人穿越道前，以便讓車輛依規範的速率通過；或讓車輛從一個較高速率的地區能夠平穩地轉變到一個較低速率的地區，例如設置在一個校園或社區街道的入口。

先進國家有關減速丘的研究和實作測試研究成果相當多，基本的設計參數包括高度、縱向長度、橫向寬度、設置位置和間距....等。根據英國區域暨環境運輸部(the Department of the Environment, Transport and the Regions , DETR)

[5,6,7,8]的研究指出，標準的設計高度介於 7.5~10.0 公分之間(約 3~4 英吋)，縱向長度則為約 3.5 公尺(約 12 英呎)，約為小客車平均軸距的 1.5 倍長。車輛若以高速通過則具有上下、前後的搖晃效果但較減速檔和緩，因其縱向長度考量一般小客車軸距，故底盤不會碰觸到減速丘。駕駛人臨近減速丘設施時不易產生緊急煞車或急加速，在低速行駛或維持某一規定速率通過時較為平穩，且不會危及兩輪之機車及腳踏車之行車安全，其裝置如圖 2 所示。

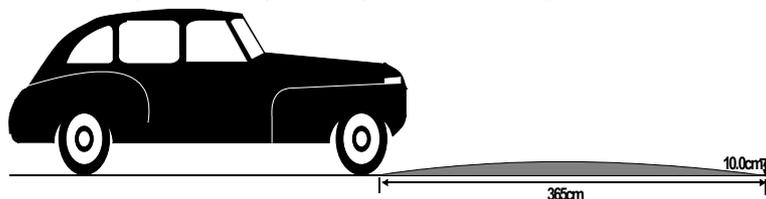


圖2 減速丘設置規格

貳、減速丘交通振動特性探討

振動(Vibration)有許多種類型，其中道路交通噪音算是一種聽覺型的振動，挖掘道路或鑽牆用的電鑽則是一種局部的振動，而本研究所要探討的減速丘交通振動則是當我們駕駛或乘坐交通工具，不論是機車或汽車時所體驗到的振動，他通常是一種低頻率(通常小於 80Hz)的全身振動。

一、振動的表示方法

振動特性的表示法有很多，通常有以振動波形、振幅、方位、頻率或強度等[9]。全身振動依據波形通常可分為正弦振動(Sinusoidal Vibration)和隨機振動(Random Vibration)兩種，正弦振動其特點是有一定的規律性，波形間具有規則的間距，此型的振動常見於實驗室的研究；而隨機振動正如其名頻率與強度均呈現不規則且不可預測的隨機變化，我們在現實世界中最常碰到的便是這種隨機振動，通常是以加速度的 g 值或均方根 rms 值來解釋。由於振動可能來自不同方位，為研究方便，通常依振動作用於人體的方位來命名，通常前後向(Forward-backward)以 $\pm G_x$ 表示，左右向(To left-to right)以 $\pm G_y$ 表示，上下向(Headward-forward)則以 $\pm G_z$ 表示。至於頻率即每秒的週期數，以 Hz 表示，如以強度表示則有數種，包括振幅(cm)、位移(cm)、速度(cm/s)、加速度(cm/s^2)或加速度變化率(cm/s^3)等。

二、我國目前的振動法規

目前我國並沒有有關振動的法規規定，自從 79 年 3 月 13 日『振動管制法』草案送至立法院審議後，為了配合國土綜合開發計畫及未來重大交通建設，並兼顧振動防制與交通運輸之需求，行政院已於 86 年 12 月 21 日同意環保署撤回草案，目前該草案仍進行研擬中[10]。

三、交通振動對人體的影響

振動研究常以「舒適度」(Comfort)作為評鑑的指標，而舒適度是一種主觀的感受，須依個人的經驗而定，研究者並無法直接知道或以觀察法來獲得個人

的舒適水準[11]。美國航空暨太空總署(NASA)為了避免語意混淆，訂定了不適程度的比率量表(Discomfort Ratio Scale)，並設定以「DISC」為衡量單位，此種尺度係以不適閾限(Discomfort Threshold)為基準，也就是說有 50%的人覺得不適時，就是 1 個 DISC，有 90%的人不適時評為 2 個 DISC，表示比 1DISC 時有二倍的不舒適，如果 100%的人均感覺不適時則評為 3DISC，顯然人們對於不適感覺的百分率，隨著每一 DISC 單位的遞增而急速上升。

國際標準組織(International Standard Organization, ISO)經過了七年的研究[12]，對全身振動的暴露依速度、頻率以及持續的時間訂出一套人體舒適度標準 ISO2631，來評估人體對振動容許的等級標準，如圖 3 所示，圖上每一條線代表各種持續時間的垂直振動之疲勞或熟練度降低邊界，即開始感到疲勞效應之前所能忍受的振動上限估計值。在 4~8Hz 之間呈現低下狀態係由於身體共振頻率的關係，ISO 在頻率範圍 1-80 赫(Hz)內共分成三個等級，其中「安全暴露極限」(Safe Exposure Limits) 是維持人體安全及健康的最上限，亦即人體若暴露於此極限以上的環境中將馬上感到不適、反應遲鈍，並會對身體產生危害，除非特殊理由，否則人體應避免處在如此環境中；「疲勞或熟練度降低邊界」(Fatigue or Decreased Proficiency Boundaries) 表示人體在此極限環境中會感到疲勞，但仍然能維持工作的效率，通常駕駛車輛的環境至少要符合這種情況；至於「舒適度降低邊界」(Reduced Comfort Boundaries) 則是維持人體避免感到不適的最下限，超過此極限，人體將會開始有感到不舒服的現象發生，通常在此環境下可以從事閱讀、寫字及進食等工作。ISO 將「安全暴露極限」定義在比「疲勞或熟練度降低邊界」高 6dB 的地方，而「舒適度降低邊界」定義在比「疲勞或熟練度降低邊界」低 10dB 的地方，因此從 ISO 的研究觀點，是可以從垂直及水平加速度的值來評估人體受振動之舒適度。

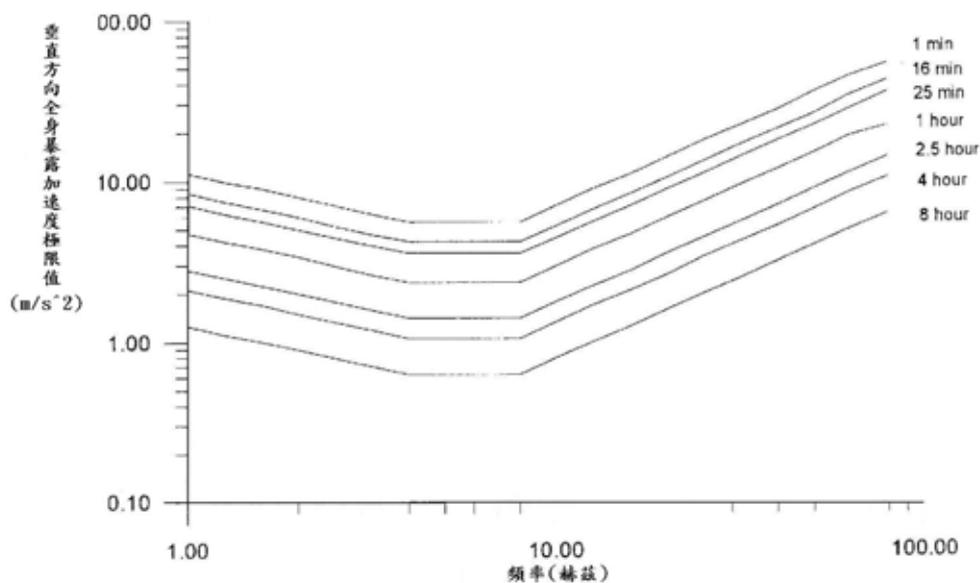


圖3 垂直方向全身振動暴露最大加速度圖

參、減速丘振動實驗設計與調查結果分析

中央警察大學過去為了維護校園安全與寧靜，降低校園車輛行駛速率，曾在校園道路設有減速丘之設施三座，因無正式交通工程規範以為設置依循，故於設置後因常撞擊到車輛底盤而將峰丘予以削平或重鋪，因此失去減速丘設置之效果，本研究為瞭解減速丘對行駛車輛所造成之振動情形，又新設一組減速丘，並利用加速度規及頻譜分析儀針對這三不同規格之減速丘，實際量測與比較分析實驗車輛以 10~50kph 等不同速率通過減速丘時，前後座所承受交通振動的瞬間垂直加速度值，藉以了解乘客所感受的不舒適程度，本研究以 TOYOTA COROLLA1.6 作為實驗車，將加速度規固定於駕駛座旁之排擋鎖上以測量前座之瞬間垂直加速度值，後座部分則將加速度規固定於後座中央扶手上，以測量後座之瞬間垂直加速度值，並以 Speed Ace 及 LPRO Laser 雷射測速器配合車速之控制。調查資料是使用信號博士頻譜分析儀進行分析，它是一套整合了現代化數位信號處理軟體及實際振動噪音分析經驗而成的多功能振動噪音分析器[13]，資料格式可快速並直接的與其他軟體做資料相互轉換，並可立即在現場完成振動量測分析，此套設備可以從量測、分析、改善、到成果報告，直接地利用個人電腦在現場立即完成。

一、本校環校南側道路停車場前減速丘之振動調查與分析

本處減速檔係一高度 5 公分，縱向長度 1 公尺的梯形減速丘，其原始設計為縱向長度 1 公尺，高度 12 公分之減速檔，因設置後常造成車輛底盤撞擊之缺失，故將其削平成平頂之減速丘，本研究稱之 A 減速丘。

(一)不同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1.不同車速下前座瞬間垂直加速度值之比較

圖4為10~40kph不同車速下，實驗車輛通過A減速丘時前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速40kph時之瞬間垂直加速度最大振幅19.44>車速30kph時之15.44>車速20kph時之11.76>車速10kph時之10.62；而車速40kph時之變異係數80>車速30kph時之72>車速20kph時之34.44>車速10kph時之12.38，亦即前座瞬間垂直加速度之最大振幅隨車速越高而加大，10kph之變異係數12.38最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

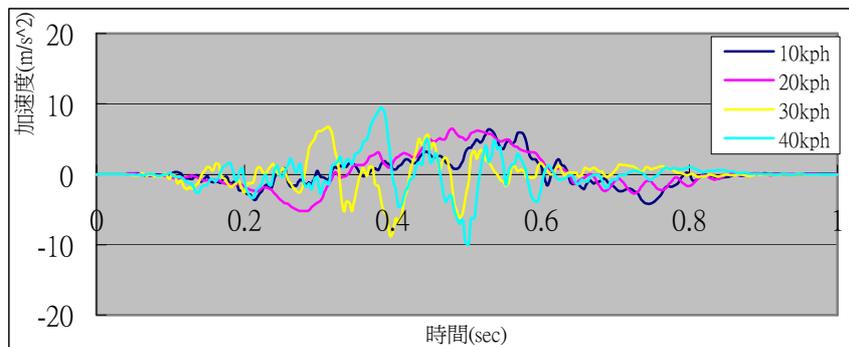


圖4 不同車速下通過減速丘前座瞬間垂直加速度變化

2.不同車速下後座瞬間垂直加速度值之比較

圖5為10~40kph不同車速下，實驗車輛通過A減速丘時後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速40kph時之瞬間垂直加速度最大振幅27.03>車速30kph時之26.36>車速20kph時之14.89>車速10kph時之13.05；而車速40kph時之變異係數27.36>車速30kph時之24.4>車速20kph時之12.38>車速10kph時之7.31，即後座瞬間垂直加速度之最大振幅隨車速越高而加大，10kph之變異係數7.31最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

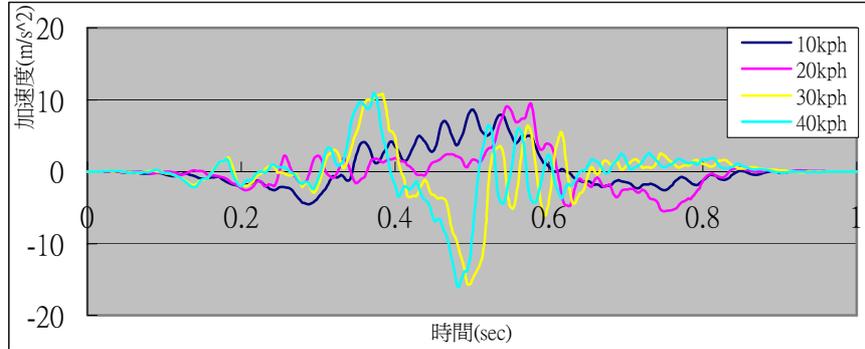


圖5 不同車速下通過減速丘後座瞬間垂直加速度變化

(二)相同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1.時速 20kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖6為同樣20kph車速下，實驗車輛通過A減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為11.76標準差2.01，後座分別為14.89及2.69，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

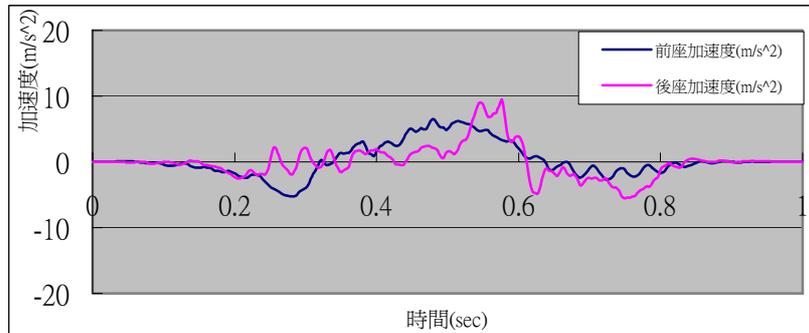


圖6 時速20kph前後座瞬間垂直加速度值比較

2.時速 30kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖7為同樣30kph車速下，實驗車輛通過A減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為15.44標準差2.22，後座分別為26.36及3.66，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

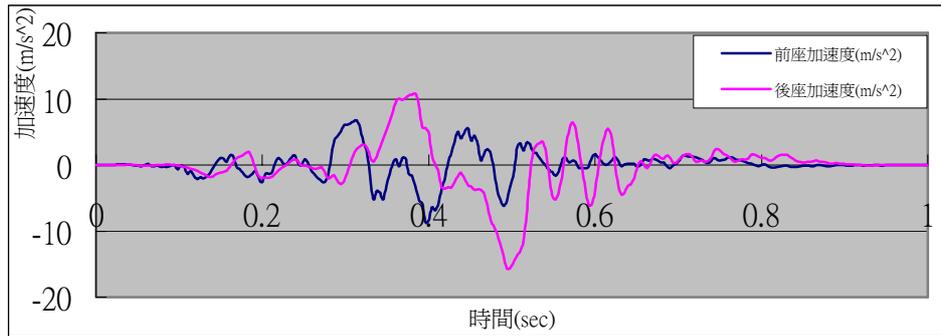


圖7 時速30kph前後座瞬間垂直加速度值比較

3.時速 40kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖8為同樣40kph車速下，實驗車輛通過A減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為19.44標準差2.4，後座分別為27.03及3.83，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

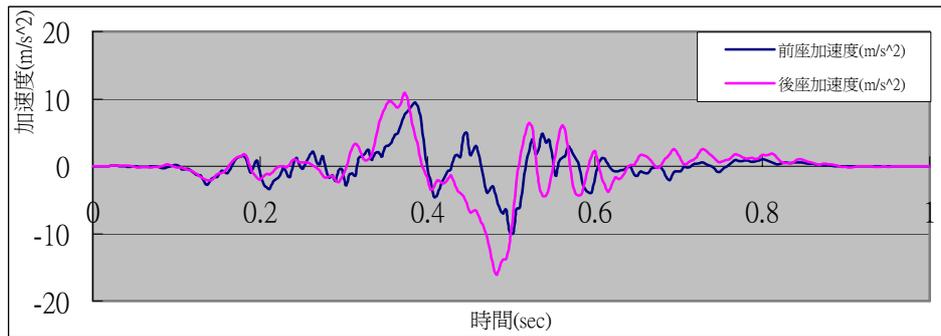


圖8 時速40kph前後座瞬間垂直加速度值比較

二、本校環校北側道路籃球場旁減速丘之振動調查與分析

本處減速丘是高度 5 公分，縱向長度 1 公尺的圓形減速檔，其原始設計為縱向長度 1 公尺高度 12 公分之減速檔，因設置後常造成車輛底盤之撞擊，故於路面重鋪時降低其高度為 5 公分之圓形減速丘，本研究稱之 B 減速丘。

(一)不同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1. 不同車速下前座瞬間垂直加速度值之比較

圖9為20~40kph不同車速下，實驗車輛通過B減速丘時前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速40kph時之瞬間垂直加速度最大振幅9.13>車速30kph時之7.9>車速20kph時之5.1；而車速40kph時之變異係數19.31>車速30kph時之18.4>車速20kph時之10.25，亦即前座瞬間垂直加速度之最大振幅隨車速越高而加大，20kph之變異係數10.25最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

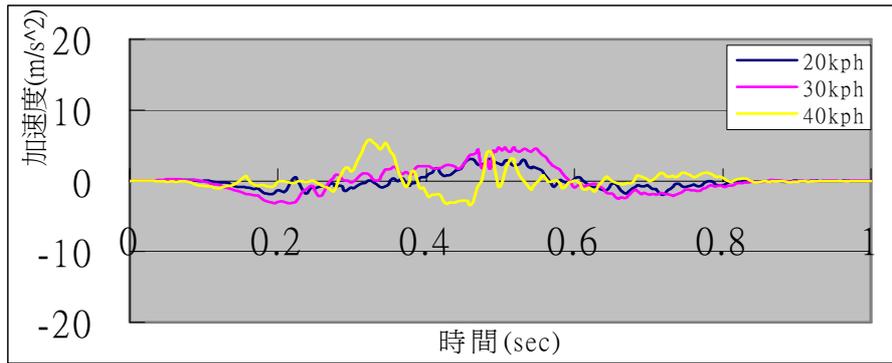


圖9 不同車速下通過減速丘前座瞬間垂直加速度變化

2.不同車速下後座瞬間垂直加速度值之比較

圖10為20~40kph不同車速下，實驗車輛通過B減速丘時後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速40kph時之瞬間垂直加速度最大振幅 $18.35 >$ 車速30kph時之 $10.88 >$ 車速20kph時之 6.74 ；而車速40kph時之變異係數 $31.74 >$ 車速30kph時之 $22.92 >$ 車速20kph時之 15.25 ，亦即後座瞬間垂直加速度之最大振幅隨車速越高而加大，20kph之變異係數 15.25 最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

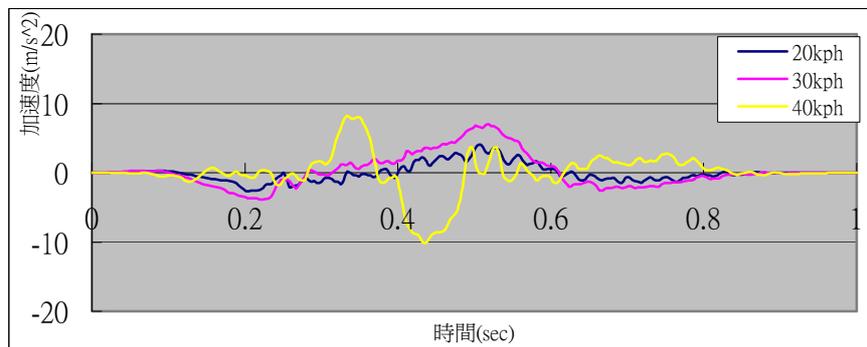


圖10 不同車速下後座時間與瞬間垂直加速度變化

(二)相同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1.時速 20kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖11為同樣20kph車速下，實驗車輛通過B減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為 5.1 標準差 1.01 ，後座分別為 6.74 及 1.29 ，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

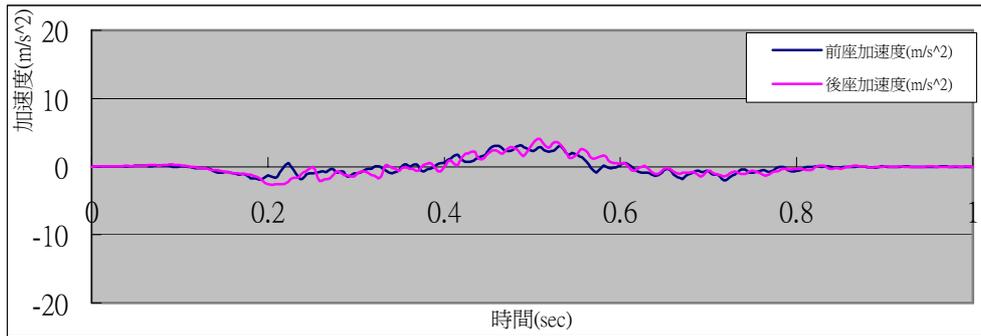


圖11 時速20kph前後座瞬間垂直加速度值比較

2.時速 30kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖12為同樣30kph車速下，實驗車輛通過B減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為7.9標準差1.84，後座分別為10.88及2.39，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

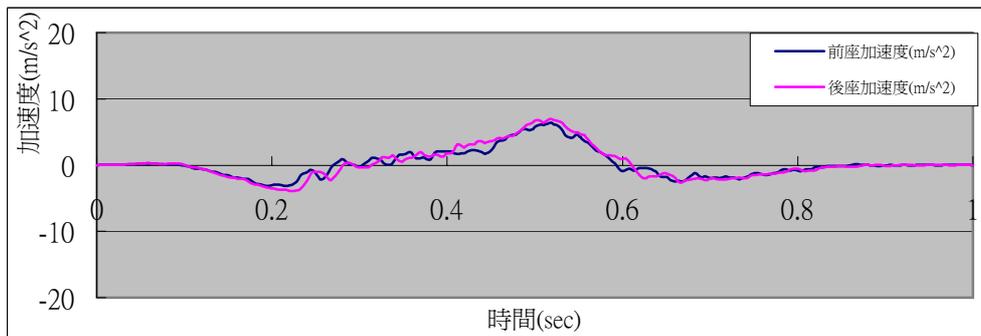


圖12 時速30kph前後座瞬間垂直加速度值比較

3.時速 40kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖13為同樣40kph車速下，實驗車輛通過B減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座駕駛人之瞬間垂直加速度最大振幅為9.13標準差2.51，後座分別為18.35及2.95，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

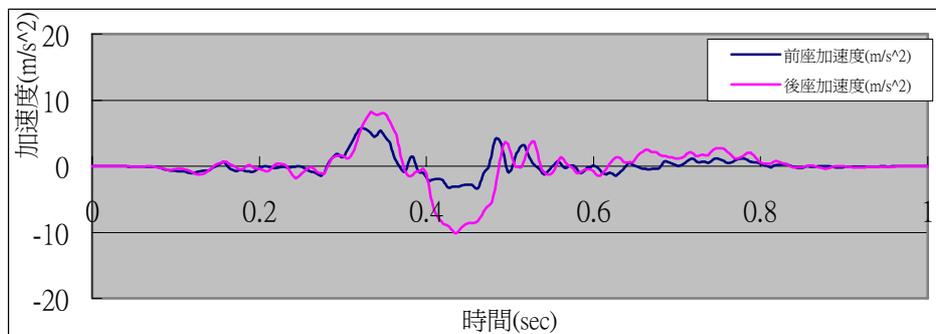


圖13 時速40kph前後座瞬間垂直加速度值比較

三、本校環校西側道路世界警察博物館前減速丘之振動調查與分析

本處減速丘係一高度 10 公分，縱向長度 4 公尺的拋物線形減速丘，本研究稱之 C 減速丘。

(一)不同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1.不同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

圖 14 為 20~50kph 不同車速下，實驗車輛通過 C 減速丘時前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速 50kph 時之瞬間垂直加速度最大振幅 20.7 > 車速 40kph 時之 12.24 > 車速 30kph 時之 8.6 > 車速 20kph 時之 6.46；而車速 50kph 時之變異係數 10.17 > 車速 40kph 時之 5.81 > 車速 30kph 時之 4.84 > 車速 20kph 時之 3.21，亦即前座瞬間垂直加速度之最大振幅隨車速越高而加大，20kph 之變異係數 3.21 最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

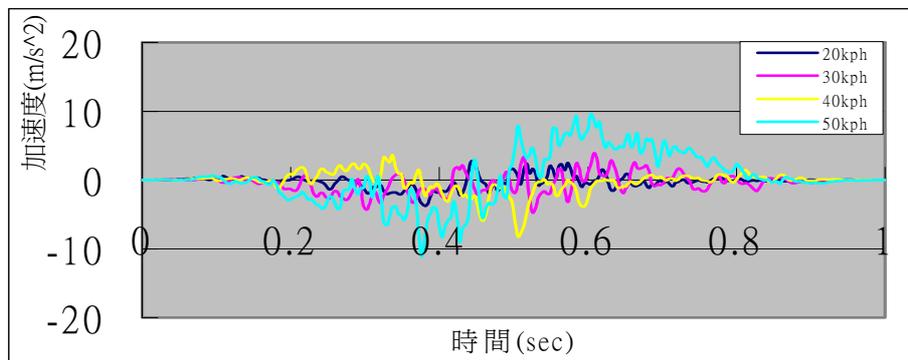


圖 14 不同車速下前座時間與瞬間垂直加速度變化

2.不同車速下後座瞬間垂直加速度值之比較

圖 15 為 20~50kph 不同車速下，實驗車輛通過 C 減速丘時後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，車速 50kph 時之瞬間垂直加速度最大振幅 28.53 > 車速 40kph 時之 15.32 > 車速 30kph 時之 12.58 > 車速 20kph 時之 7.96；而車速 50kph 時之變異係數 41.82 > 車速 40kph 時之 18.79 > 車速 30kph 時之 10.6 > 車速 20kph 時之 6.79，亦即後座瞬間垂直加速度最大振幅隨車速越高而加大，20kph 之變異係數 6.79 最小，表示瞬間垂直加速度值差異越小。

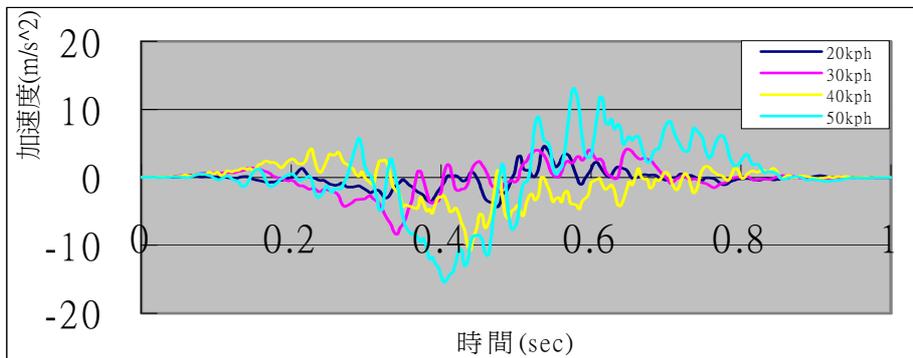


圖 15 不同車速下後座時間與瞬間垂直加速度變化

(二)相同車速下前後座瞬間垂直加速度值之比較

1.時速 20kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖 16 為同樣 20kph 車速下，實驗車輛通過 C 減速丘時前後座瞬間垂直加

速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座前座之瞬間垂直加速度最大振幅為6.46標準差0.92，後座分別為7.96及1.25，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

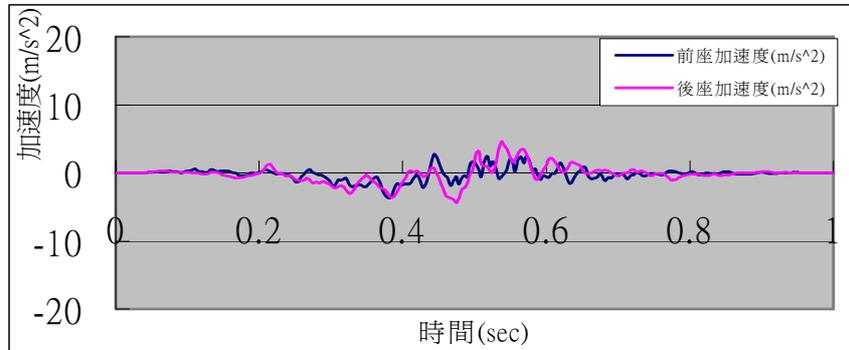


圖16 時速20kph前後座瞬間垂直加速度值比較

2.時速 30kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖17為同樣30kph車速下，實驗車輛通過C減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座前座之瞬間垂直加速度最大振幅為8.6標準差1.35，後座分別為12.58及2.12，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

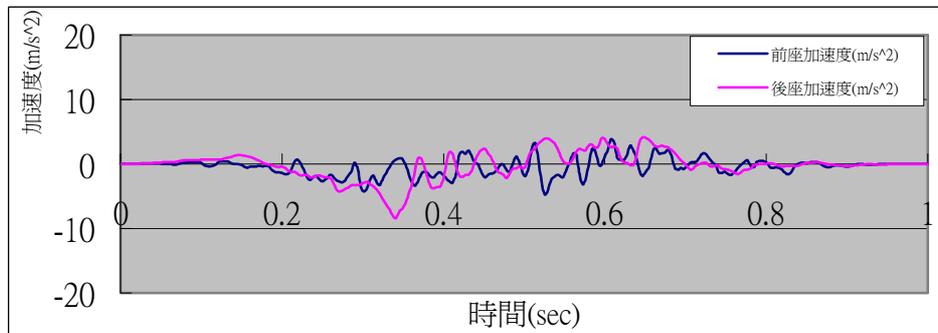


圖17 時速30kph前後座瞬間垂直加速度值比較

3.時速 40kph 前後座瞬間垂直加速度值比較

圖18為同樣40kph車速下，實驗車輛通過C減速丘時前後座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座前座之瞬間垂直加速度最大振幅為12.24標準差1.57，後座分別為15.32及2.54，亦即後座之瞬間垂直加速度最大振幅較大，而後座標準差較大表示瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大。

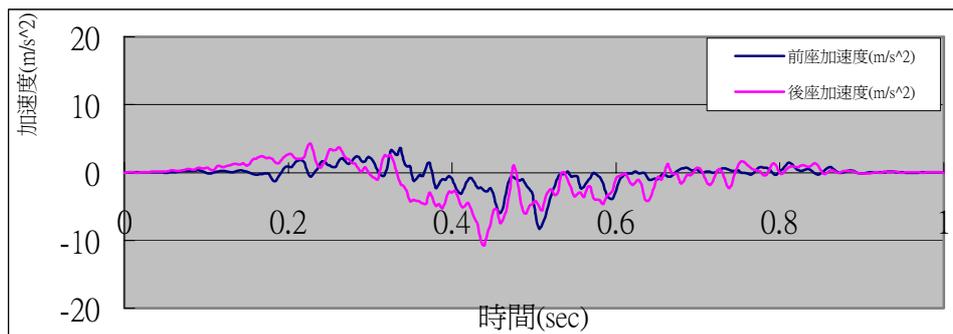


圖18 時速40kph前後座瞬間垂直加速度值比較

肆、不同類型減速丘振動實驗結果比較分析

為了解不同類型的減速丘對實驗車輛所產生之交通振動變化，本研究針對三種不同類型的減速丘，讓測試車輛以 20~40kph 不同車速來通過，以量測前座之瞬間垂直加速度變化值。三種不同類型減速丘之規格如前節所述，分別名為 A 減速丘(交通系旁)、B 減速丘(籃球場旁)及 C 減速丘(博物館前)。

一、時速 20kph 不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

圖 19 為同樣 20kph 車速下，實驗車輛通過 A,B,C 減速丘時，前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座之瞬間垂直加速度最大振幅在 A 減速丘為 11.76 標準差 2.01，B 減速丘為 5.1 標準差 1.01，C 減速丘為 6.46 標準差 0.92，亦即通過 A 減速丘時前座之瞬間垂直加速度最大振幅最大，其次為 C 及 B 減速丘，而 C 減速丘之標準差較小表示瞬間垂直加速度值的差異較不懸殊，分散程度較小，即實驗車輛通過 C 減速丘時的振動較和緩。

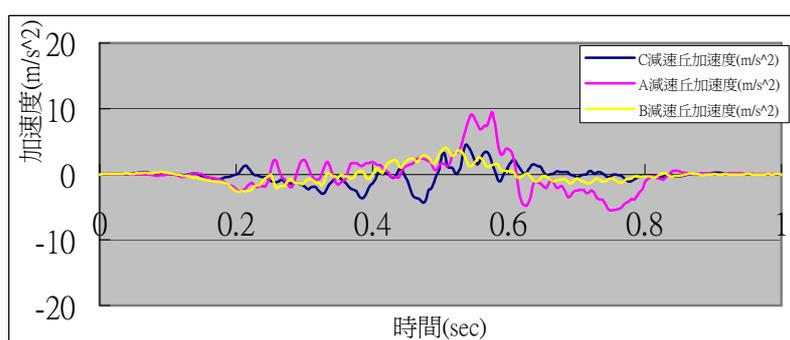


圖19 時速20kph不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

二、時速 30kph 不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

圖 20 為同樣 30kph 車速下，實驗車輛通過 A,B,C 減速丘時，前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座之瞬間垂直加速度最大振幅

在 A 減速丘為 15.44 標準差 2.22，B 減速丘為 7.9 標準差 1.84，C 減速丘為 8.6 標準差 1.35，亦即通過 A 減速丘時前座之瞬間垂直加速度最大振幅最大，其次為 C 及 B 減速丘，而 C 減速丘之標準差較小表示瞬間垂直加速度值的差異較不懸殊，分散程度較小，即實驗車輛通過 C 減速丘時的振動較和緩。

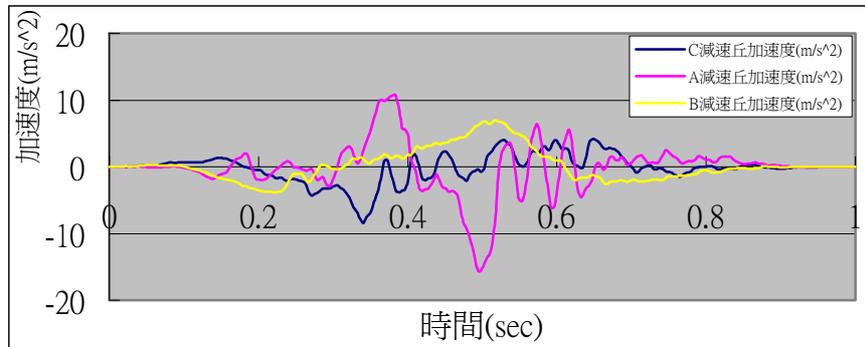


圖20 時速30kph不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

三、時速 40kph 不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

圖 21 為同樣 40kph 車速下實驗車輛通過 A,B,C 減速丘時，前座瞬間垂直加速度變化之實測情形，從實驗數據顯示，前座之瞬間垂直加速度最大振幅在 A 減速丘為 19.44 標準差 2.4，B 減速丘為 9.13 標準差 2.51，C 減速丘為 12.24 標準差 1.57，亦即通過 A 減速丘時前座之瞬間垂直加速度最大振幅最大，其次為 C 及 B 減速丘，而 C 減速丘之標準差較小表示瞬間垂直加速度值的差異較不懸殊，分散程度較小，即實驗車輛通過 C 減速丘時的振動較和緩。

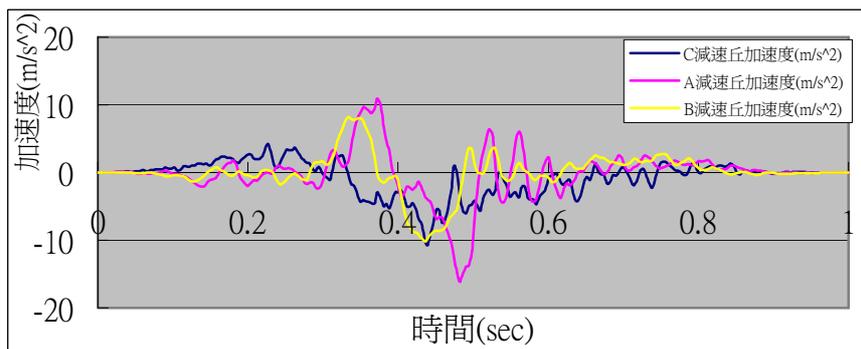


圖21 時速40kph不同類型減速丘對前座瞬間垂直加速度值比較

伍、結論與建議

本研究經過減速丘特性探討與減速丘振動安全衝擊之實驗比較分析，對於國內「設之有年」卻「法無明文」的減速丘有了更深入的了解，目前減速丘的設置雖無規範可循，其建造之縱向長度、橫向寬度及高度等規格是否恰當也仍有探討

與研究之處，但總體而言，由於減速丘的設置，使得原本是「易超速」之路段或地點，皆能因此而減低行車速率與交通量卻是不爭的事實，本研究根據減速丘文獻回顧、振動特性探討及實驗結果比較分析，茲提出以下幾點結論與建議作為未來相關研究及決策之參考依據。

一、結論

- (一)同一類型減速丘對前座及後座的瞬間垂直加速度最大振幅隨著車速越高而加大，亦即上下振動變化越劇烈；而變異係數值亦隨著車速越高而加大，瞬間垂直加速度值越不整齊，亦即對前座及後座的交通振動變化越大，前座及後座皆感覺越不舒服。
- (二)相同車速下實驗車輛通過 A,B,C 減速丘時，後座之瞬間垂直加速度最大振幅比前座大，且後座標準差亦較大，亦即後座瞬間垂直加速度值的差異較懸殊，分散程度較大，換句話說相同車速通過減速丘時後座的乘客感覺較不舒服。
- (三)相同車速下，雖然 A,B 減速丘的高度(皆 5 公分)遠小於 C 減速丘(10 公分高)，但坡度平緩的 C 減速丘卻比 A,B 減速丘提供行駛實驗車輛一個較小的振動幅度，亦即前座及後座會感覺較為舒服，而以 A 減速丘之瞬間垂直加速度最大振幅為最大，同時 C 減速丘之標準差最小亦表示瞬間垂直加速度值的分散程度較小，差異較不懸殊，振動較為和緩。
- (四)車輛通過減速丘所產生之瞬間垂直加速度是隨著時間不規則性變化的振動，由時間與瞬間垂直加速度之變化可知，車輛通過減速丘的過程共跳動兩次再回到正常位置，在瞬間後座跳動的方向與車輛相反，也就是說後座向上時車輛向下而感到不舒服的振動。

二、建議

- (一)因量測之困難及場地受限，無法量測車輛載重程度及各型車種行經減速丘所產生交通振動之影響，大型車輛因車胎輪徑和軸距都較小行車的尺寸來得大，大型車在通過減速丘時會有不同的動態衝擊反應，而其影響在一定的管制速率下，並不會像小型車顯著，不過仍有待進一步的研究分析。
- (二)應用減速丘作為道路減速設施已是未來發展的必然趨勢，其適法性應值得注意，因此國內交通主管部門應重視減速丘設施的發展，參酌國情、民意需求、國外實施狀況及國外「公路減速丘設置規則」或「減速丘設計應用指南」等規範，立即著手有關減速丘及相關配合管制設施法令之修正與立法，以使設置單位能「因地制宜」選擇適當之減速丘應用於各設置地點。

(三)本研究雖已針對減速丘之各種特性加以分析及探討，並以實驗分析其對交通振動的衝擊影響，然而由於此種設施仍處於發展的階段，為有效掌握更詳實的資訊，建議有關單位繼續進行相關的研究。

參考文獻

- 1.交通部，「交通工程手冊」，民國八十五年十月。
- 2.交通部，「道路交通標誌標線號誌設置規則」，民國八十四年一月。
- 3.許添本、鍾智林，「巷道交通安全調查比較分析」，中華民國第四屆運輸安全研討會論文集，民國八十六年十一月。
- 4.Douglas W. Wiersig, Chair, “Guidelines for the Design and Application of Speed Humps”, Institute of Transportation Engineers Traffic Engineering Council Speed Humps Task Force TENC-5TF-01, U.S.A., 1997.
- 5.Department of the Environment, Transport and the Regions, U.K., Traffic Advisory Leaflet 3/91– Speed Control Humps Scotland, England and Wales.
- 6.Department of the Environment, Transport and the Regions, U.K., Traffic Advisory Leaflet 6/97– Highways (Road Humps) Regulations 1996.
- 7.Department of the Environment, Transport and the Regions, U.K., Traffic Advisory Leaflet 2/96– 75mm High Road Hump.
- 8.D.Zaidel,A.S.Hakkert, and A.H. Pistiner, The Use of Road Humps for Moderating Speeds on Urban Streets, Accident Analysis and Prevention, Vol24, No.1, pp.45-56, 1992.
- 9.張錦松、韓光榮，「噪音振動控制」，高立圖書有限公司，民國八十七年三版五刷。
- 10.行政院環境保護署全球資訊網網頁(網址：<http://www.epa.gov.tw>)
- 11.許勝雄、彭游、吳水丕，「人因工程學」，楊智文化事業股份有限公司，民國八十年八月初版一刷。
- 12.徐淵靜，道路交通環境工程，民國八十一年九月。
- 13.信號博士頻譜分析系統使用手冊，譜威科技顧問有限公司。
- 14.吳宗修、陳裕強，「減速丘效能與使用適應性之研究」，八十六年道路交通安全研討會論文集，中央警察大學，民國八十六年六月。
- 15.吳宗修、陳裕強，「減速丘效能之研究」，八十五年運輸安全研討會論文集，國立成功大學，民國八十五年十一月。
- 16.吳健生、王進輝，「校園路面高裝置對行車速率影響之研究」，第四屆運輸安全研討會論文集，國立成功大學，民國八十六年十一月。
- 17.徐正宗，「車輛行徑凸起路障之動態研究」，國立屏東科技大學機械工程研究所碩士論文，民國八十六年六月。

