

國立交通大學  
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

減速設施之效能及對乘員舒適度感受之研究

Performance of Speed Bumps and Their Effects on  
Passengers' Comfort Perception



研究生：溫家駿  
指導教授：吳宗修

中華民國 九十六 年 十 月

減速設施之效能及對乘員舒適度感受之研究  
Performance of Speed Bumps and Their Effects on  
Passengers' Comfort Perception

研究生：溫家駿

Student : Chia-Chun Wen

指導教授：吳宗修

Advisor : T. Hugh Woo

國立交通大學  
運輸科技與管理學系  
碩士論文



Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

October 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十六年 十月

# 減速設施之效能及對乘員舒適度感受之研究

學生姓名：溫家駿

指導教授：吳宗修

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

## 摘 要

行駛速率為事故發生之重要因素，在必須控制車速之地點，例如社區道路，學校附近之道路等，常設置減速設施，以達到讓駕駛人減速之目的。本研究主要分為兩個階段，第一階段測量速度、減速設施和不同座位對垂直加速度的影響，第二階段探討不同變項對於乘員感受度之影響，共有 35 位受測者(20 位男性，15 位女性)參與實驗。本研究在新竹縣竹北市高鐵五路裝設減速設施進行實驗，透過文獻回顧方法、實驗設計並蒐集數據。

實驗結果發現，垂直加速度和乘員感受度呈正向關係，速度、減速設施和不同座位三個變項，在不同實驗情境下對垂直加速度和乘員感受度有顯著的差異( $P < 0.001$ )；人因變項的研究中，發現垂直加速度對於不同性別之受測者無明顯差異，將受測者以年齡分組時，則垂直加速度會對於年齡較大者造成較不舒適的感覺。並發現特定減速設施，通過速度越快垂直加速度反而較小。最後建議通過此類減速設施之建議速度為時速 20 公里。

**關鍵字：**減速設施、乘員感受、變異數分析

# Performance of Speed Bumps and Their Effects on Passengers' Comfort Perception

Student : Chia-Chun Wen

Advisor : T. Hugh Woo

Department of Transportation Technology & Management

National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Reducing vehicle speed is an important element to improve driving safety. In order to reduce the speed, various traffic calming devices are used in places such as communities and schools. This study proceeds in two steps. First, the influence of speed, traffic calming devices and seating position on vertical acceleration was measured. Secondly, the influence of different factors on passengers' riding perception was investigated. There are 35 participants including 20 males and 15 females. ANOVA analysis was used.

It was found that vertical acceleration and passenger perception is highly correlated. Vertical acceleration and passenger perception in various speeds, traffic calming devices and seating position are significantly different ( $P < 0.001$ ). Vertical acceleration and passenger perception in gender are not found significantly different. However, they are significantly different in age cohort. The faster the speed, the smaller the vertical acceleration was discovered at specific calming device. It is therefore recommended that the most comfortable passing speed is 20 km/h.

**Keywords:** traffic calming devices, passenger perception, ANOVA analysis

## 誌謝

本論文得以順利完成，首先要感謝恩師 吳宗修教授的悉心指導，在研究所兩年的求學過程中，不僅在學業上指導論文的寫作與方向，對於為人處世方面亦多所指導，兩年之學習生涯時間雖短，但獲益良多。

論文口試期間，承蒙本所吳水威教授與中央警察大學陳高村教授之悉心審閱，並提供許多寶貴意見，使本論文更臻詳實與完備，謹此特表謝忱。

在學期間感謝學長士銘、智明生活及課業上的指導，學弟妹永祥、盈君共同輔助課業及協助實驗的完成。同窗好友春鎰、昱傑、文誠，以及系足所有成員的相伴，讓我這兩年得以順利走過。好友志豪、卡車、小白，為我這兩年添加了諸多快樂時光。

最後感謝我的家人對我的支持與鼓勵，不斷給予我精神與物質上無微不至的照顧，使得我多年的求學生涯能無後顧之憂的一路前進，謹將此成果與榮耀獻給我最愛的家人。

溫家駿 謹致

中華民國九十六年十月

於交大

# 目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	V
第一章 序論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 減速設施之種類.....	5
2.2 減速設施之法規.....	9
2.3 減速設施的效能評估.....	11
2.4 行車舒適指標.....	15
2.5 其他相關文獻.....	18
2.6 VERICOM VC3000 儀器.....	19
第三章 實驗與設計.....	21
3.1 實驗地點.....	21
3.2 實驗設備與器材.....	24
3.3 實驗設計.....	27
3.3.1 第一階段.....	28
3.3.2 第二階段.....	28
3.4 研究假設.....	30
3.5 資料記錄方式.....	31
3.6 調查工作流程.....	31
第四章 資料蒐集與分析.....	30
4.1 資料蒐集與處理.....	33
4.1.1 資料蒐集時間.....	33

4.1.2 資料處理.....	33
4.1.3 樣本統計.....	34
4.2 資料分析.....	35
4.2.1 第一階段：客觀性量測.....	35
4.2.2 第二階段：主觀性量測.....	39
4.3 小結.....	45
第五章 結論與建議.....	46
附錄一 乘員感受問卷.....	48
附錄二 初測實驗紀錄.....	49
附錄三 第一階段實驗紀錄.....	50
參考文獻.....	51



# 圖目錄

圖 1.1 減速丘.....	1
圖 1.2 減速腫.....	1
圖 1.3 減速標線.....	1
圖 1.4 研究流程圖.....	4
圖 2.1 減速腫規格圖.....	5
圖 2.2 減速腫剖面圖.....	6
圖 2.3 反光珠面設置圖.....	6
圖 2.4 減速丘之標準斷面設計規格.....	7
圖 2.5 減速丘與減速腫之相對簡圖.....	7
圖 2.6 減速鈕與減速條之簡圖.....	8
圖 2.7 減速磚簡圖.....	8
圖 2.8 減速墊簡圖.....	9
圖 2.9 減速標線設置規範圖例.....	9
圖 2.10 設置減速腫之事前事後速度比較.....	14
圖 2.11 車輛通過減速腫和行人穿越道的速度之比較圖.....	14
圖 2.12 有無設置減速腫之車輛速度比較圖.....	15
圖 2.13 不同鋪面和速度之垂直加速度.....	16
圖 2.14 垂直方向全身振動暴露最大加速度圖.....	18
圖 2.15 VC3000 核心儀器圖.....	19
圖 3.1 實驗地點路段圖.....	22
圖 3.2 實驗地點現場圖.....	22
圖 3.3 實驗場地配置圖.....	23
圖 3.4 VC 3000 操作介面圖.....	24
圖 3.5 VC 3000 實地操作圖.....	25
圖 3.6 VC 3000 連續模式測得之資料圖形.....	26
圖 3.7 垂直加速度圖.....	26
圖 3.8 實驗車輛.....	27
圖 3.9 單峰減速腫.....	27
圖 3.10 第二階段實驗流程圖.....	29
圖 3.11 量測變數關係圖.....	30

圖 3.12 資料收集程序.....	32
圖 4.1 VERICOM 紀錄之圖形.....	34
圖 4.2 不同速度通過高度 5 公分單峰減速腫前座的垂直加速度.....	35
圖 4.3 不同速度產生之最大垂直加速度.....	35
圖 4.4 不同速度下前後座產生之垂直加速度比較圖.....	37
圖 4.5 不同減速設施的垂直加速度比較圖.....	38
圖 4.6 不同速度通過高度 5 公分單峰減速腫的垂直加速度.....	38
圖 4.7 不同速度乘員感受度比較圖.....	40
圖 4.8 不同座位乘員感受度比較圖.....	41
圖 4.9 不同設施乘員感受度比較圖.....	42
圖 4.10 不同性別乘員感受度比較圖.....	43
圖 4.11 不同年齡乘員感受度比較圖.....	44
圖 4.12 成員感受度與垂直加速度關係圖.....	45



## 表 目 錄

表 2.1 Traffic Calming Program 事前與事後數據比較表.....	13
表 2.2 BS 6841 震動對於乘客感受之影響.....	16
表 2.3 VC 2000 數據資料表.....	20
表 3.1 TOYOTA Altis 1.8 規格.....	27
表 4.1 第一階段實驗變項.....	34
表 4.2 前後座垂直加速度比較.....	34
表 4.3 變異數分析表.....	36
表 4.4 速度之 Duncan 分群.....	36
表 4.5 前後座之 Duncan 分群.....	36
表 4.6 設施之 Duncan 分群.....	37
表 4.7 不同速度舒適度之變異數分析.....	39
表 4.8 速度舒適度之 Duncan 分群.....	39
表 4.9 前後座舒適度之變異數分析.....	40
表 4.10 前後座舒適度之 Duncan 分群.....	40
表 4.11 不同設施舒適度之變異數分析.....	41
表 4.12 設施舒適度之 Duncan 分群.....	41
表 4.13 性別之變異數分析.....	42
表 4.14 性別舒適度之 Duncan 分群.....	42
表 4.15 實驗情境對照表.....	43
表 4.16 年齡之變異數分析.....	44
表 4.17 年齡舒適度之 Duncan 分群.....	44

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機與背景

由於車輛行駛具有一定的速度，連帶產生相當的危險性，此危險性極可能對用路人造成危害，因此在路權產生衝突的地點，例如無號誌路口，急彎，以及必須控制車速之地點，例如社區道路，學校附近之道路等等，在交通工程上必須採用某些方法來控制甚至於減低車輛速度，以維持穩定的車流速度並使其能符合道路設計容量，保護車輛駕駛人和行人通過該地點之安全。

一般使車輛減速的方法有很多，例如標誌（速限、前有測速、慢行等）、標線（跳動標線），地上突起物（減速丘、減速腫）等等，其目的不外乎是在刺激駕駛人反應，使駕駛人主動減低車速，而前兩者之效能均無法達到一定的標準，尤其是當路口沒有執法人員時，常被駕駛者忽略，而有未減速或超速的情形發生。而在地上突起物中又以減速丘設施最為常見；在國內，由於法令對於減速丘的規格以及設置並無一定之規範，所以各式減速丘充斥於道路上，依材質有水泥，柏油，以及塑膠等材質，依設計型態可分為減速丘(Speed hump)，減速腫(Speed bump)及減速標線(Rumble Strip)等等。



圖 1.1 減速丘



圖 1.2 減速腫



圖 1.3 減速標線

車輛在通過減速設施時，會產生垂直方向之加速力，垂直方向之加速力越大，車輛的顛簸程度就越大，造成駕駛人及乘客之不舒服感。減速丘與減速腫的配置型態，可分為單峰及雙峰，而由於其構造的不同，使得用路人對兩種減速設施亦產生不同的反應與感知程度；目前減速丘之斷面規格尚無一定的標準，故每個減速丘對駕駛人所造成的影響不盡相同；而減速腫則有其固定之規格，且設置及拆除較為方便。本研究目的即在測量減速設施垂直方向之加速力，探討速度與垂直加速度間的關係，並將垂直方向加速力與駕駛人及乘客之感受做相關連結分析。

## 1.2 研究目的與方法

由於設置減速設施目的為使駕駛人降低車速，以達到安全之目的，但若減速設施設置不當，常會使得駕駛人與乘客覺得不舒服，基於前節所述，本研究希望藉由實地調查來進行實驗，以期達到下列目的：

1. 測量出通過減速設施的速度與垂直加速度間的關係。
2. 測量車輛藉由不同速度通過單雙峰的垂直加速度，並加以比較。
3. 將測量所得之垂直加速度與乘員舒適度之感受做相關程度之聯結，並找出通過減速設施之適合速率。

本研究首先收集國內外有關減速設施的資料，與乘員舒適度之感受等相關文獻，以了解目前國內外對於這方面的研究所運用的方法與分析結果供本研究之參考。接著本研究實地了解減速丘構造與其對駕駛人產生影響之大致過程，再擬定研究方向，著手進行實驗設計與規劃，選擇良好的實驗地點與設備，由實驗人員駕駛車輛，以不同之速度通過減速腫，紀錄行駛過程中垂直加速度，並且設計問卷來測度乘員之感受程度，然後進行統計分析。



## 1.3 研究範圍

本研究之目的，在於探討減速設施運作之成效及乘員舒適度，而一般所謂乘員，可包括機車、小型車、大貨車、大客車及聯結車之乘客，實驗區域只要是汽機車可駕駛的區域都可進行實驗。在考量樣本代表性與調查簡易性與研究時間經費的限制下，本研究將選擇合適之實驗地點，固定以小型車進行實驗，並徵求校內學生及民眾為實驗受測人員。

## 1.4 研究步驟與流程

本研究主要觀察並分析垂直加速度與乘員舒適度感受之關聯，並使用 VERICOM VC 3000 收集不同情形之垂直加速度，同時以問卷來調查乘客之感受程度，再將觀察收集的資料進行統計上的分析，最後提出結論與建議。本研究流程如圖 1.4 所示，其各項內容分述如下：

## 1、 研究背景與動機

為了維護交通安全，在一些容易發生事故或車流較大的路段，常常依其不同需要而設置適當的減速設備。因此，本研究旨在探討減速設施在車輛通過時對於駕駛人與乘客的影響。

## 2、 問題分析與界定

為確定減速設施對於駕駛人與乘員的影響，首先測量減速設施在不同設置條件下垂直方向之加速力，再將垂直方向之加速力與駕駛人與乘客之感受做相關分析。

## 3、 相關文獻回顧

收集國內外學術單位與機構對於減速設施的相關研究與調查，包括國內對於減速設施之種類、減速設施之法規、減速丘的效能評估、以及使用 VERICOM VC3000 所做的各項實驗等等，進行統整與分析。

## 4、 實驗設計

選擇實驗調查的地點，與決定所要觀察的項目。參考國內外文獻及國內實施現況，針對研究目的進行適當之實驗設計。首先由實驗人員駕駛車輛，紀錄垂直加速度、以通過減速設施的速度、單峰或雙峰的減速丘，受測人員的分類屬性等做為變數，探討這些變數對於垂直加速度與乘員感受的影響，以此探討兩者之間的關聯。

## 5、 資料蒐集與資料整理

首先選擇適合設置減速腫之路段，裝設減速腫以進行實驗，並由實驗人員駕駛同一輛車，以不同速度通過減速腫，用 VERICOM VC3000 紀錄垂直加速度，觀察速度與垂直加速度的關係。並設計問卷同步調查受測人員之感受程度，並將收集資料進行分類與整理。

## 6、 資料分析

資料回收後，再適當校正後進行統計分析，觀察各變項對垂直加速度以及乘員感受度的影響。

## 7、 結論與建議

最後將分析的結果，針對通過減速設施的速度與垂直加速度間的關係、垂直加速度與乘員舒適度之感受等議題，加以討論，並提出結論與建議。

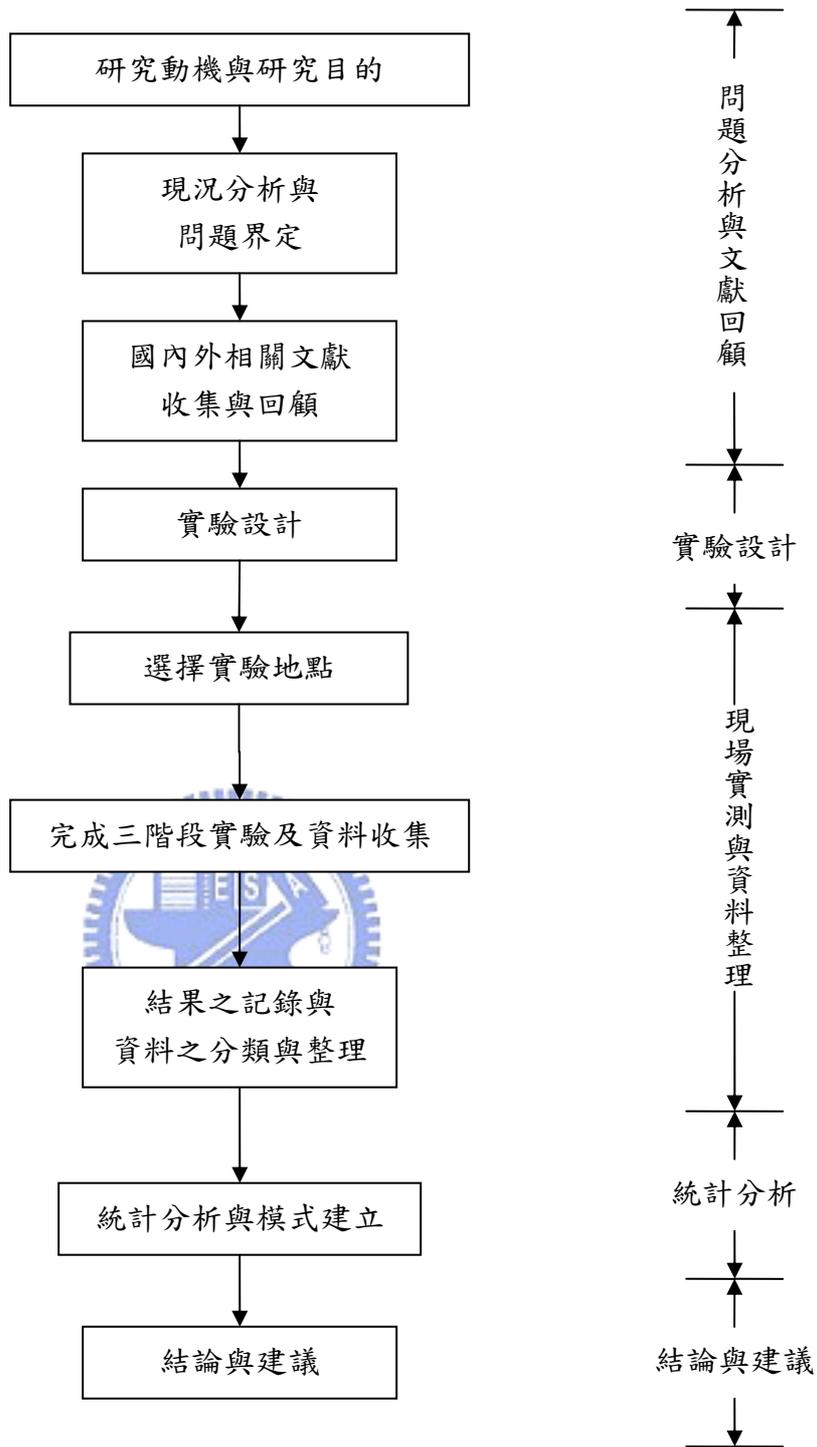


圖 1.4 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 減速設施之種類

減速設施在國外已經行之有年，對於減速設施的規格，都有其設立之標準，而國內目前僅有減速標線有規範標準，且國內所設置之減速設施，規格都不盡相同，常造成駕駛人無所適從，無法明確的減速至適當速度，造成不舒適感，甚至有刮傷汽車底盤之事情發生，如此不但無法發揮減速設施之正常功能，反而造成交通上的危險。

根據吳宗修與陳裕強[1]「減速丘效能與適應性之研究」，在交通工程上有各種的減速設備，例如：

減速腫：（Speed bump，又稱為減速檔）

大多用於停車場附近以及私人道路上，其高介於 3 英吋至 6 英吋之間，長介於 1 呎至 3 呎間。一般可減緩車速到 5 英哩/小時或更低，但是對於駕駛人所造成的不舒服感，也相對較高。圖 2.1 與 2.2 為高度 5 公分的減速腫之規格圖及剖面圖，圖 2.3 為反光珠面設置圖。

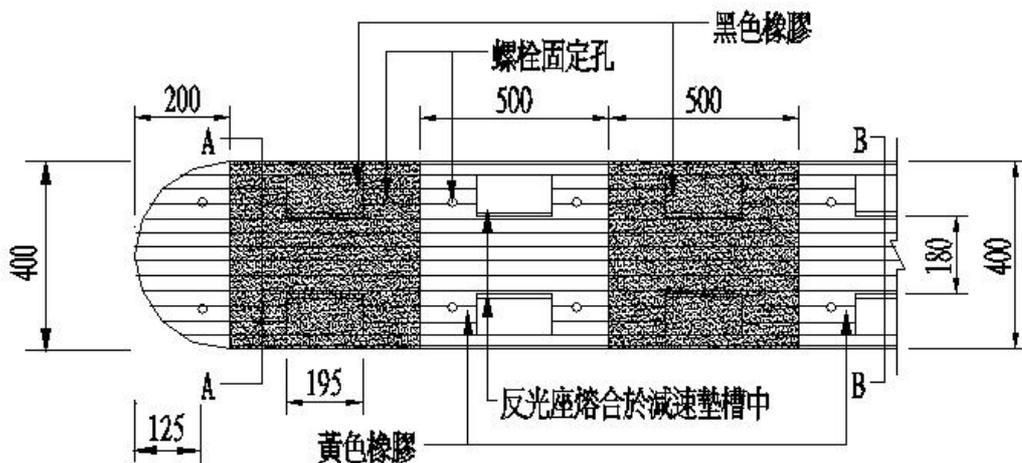


圖 2.1 減速腫規格圖(單位：mm)

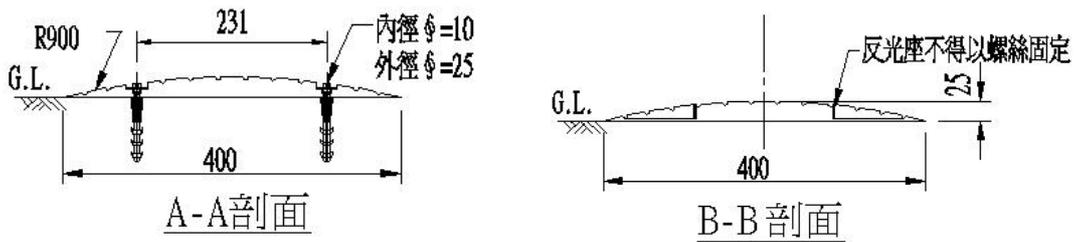


圖 2.2 減速壟剖面圖(單位：mm)

反光珠面：面對行車方向為白底白珠，反方向為紅底紅珠（長 170mm 寬 7mm），反光座熔合於減速墊槽中，不得以螺絲固定，避免二次事故。

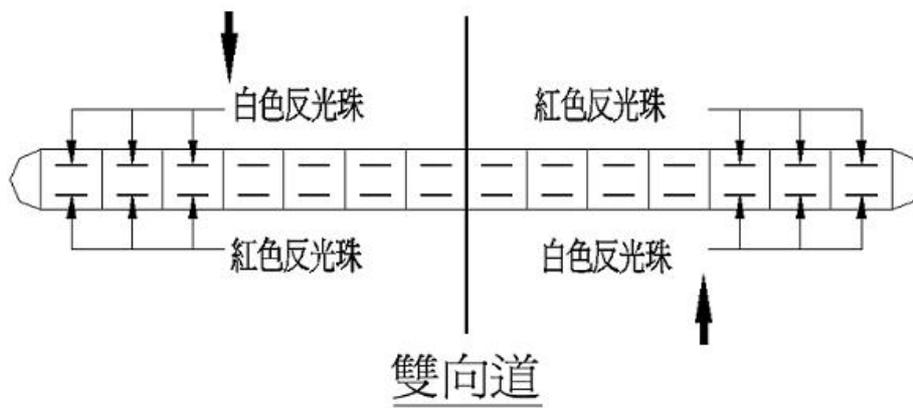


圖 2.3 反光珠面設置圖

減速丘：（Speed hump，又稱為駝峰路面）

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，但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)」，減速丘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。平均可減緩車速到 15 英哩/小時，若在一系統之適當地點，設置連續之減速丘，則平均可將整條路段的車速減緩至 20 英哩/小時與 25 英哩/小時之間。

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(Department of the Environment, Transport and the

Regions, DETR)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,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,國外標準化的側面設計,以及減速丘與減速腫之大小關係如圖2.4和2.5所示。

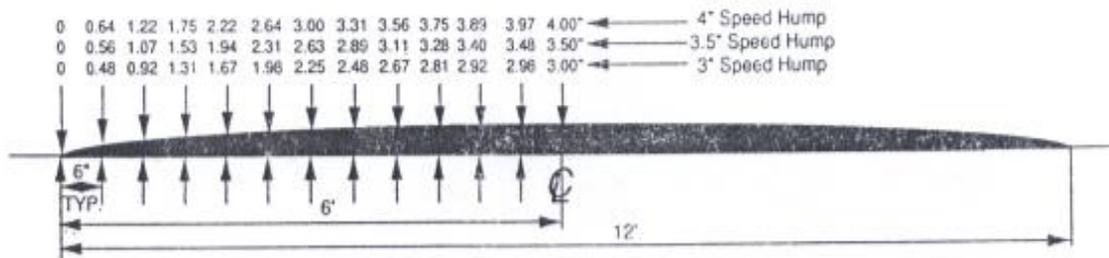


圖 2.4 減速丘之標準斷面設計規格

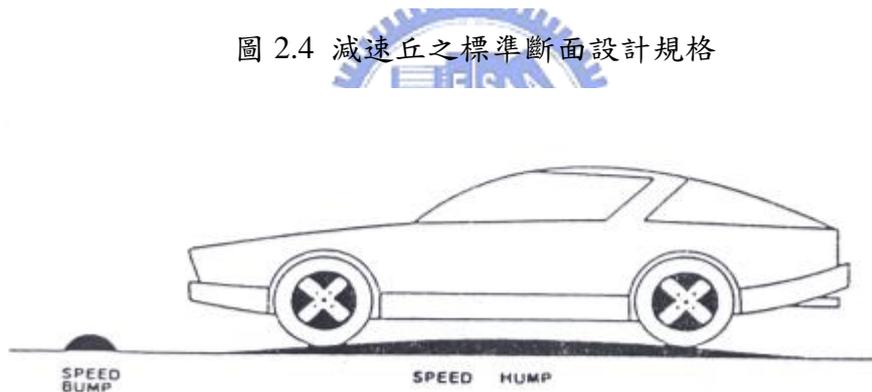


圖 2.5 減速丘與減速腫之相對簡圖

#### 輾輾條：(Rumble Strip)

分為點狀以及條狀的減速裝置,車輛經過時會出現隆隆聲響,點狀的減速鈕所使用的材料大多為陶製或玻璃製的;而條狀的減速條則多為塑膠製品。分述如下:

##### a.減速鈕：(White Ceramic Buttons)

為鈕狀,常具有反光的特性,直徑為4英吋,高為3/4英吋,同一行的兩點相距兩英呎;相鄰兩行間相距1英呎。設置地點隨道路的設計水準而有所不同。(見下圖2.6)

### b.減速條 (Rumble Bars)

為長條狀，材質大多為塑膠，長為 24 英吋，寬為 3.5 吋，高為 0.5 吋。條與條之間的距離隨著道路速限而定；若速限為 40 英哩/小時，則距離為 4 呎；若速限為 30 英哩/小時，則距離為 3 呎。（見下圖 2.6）

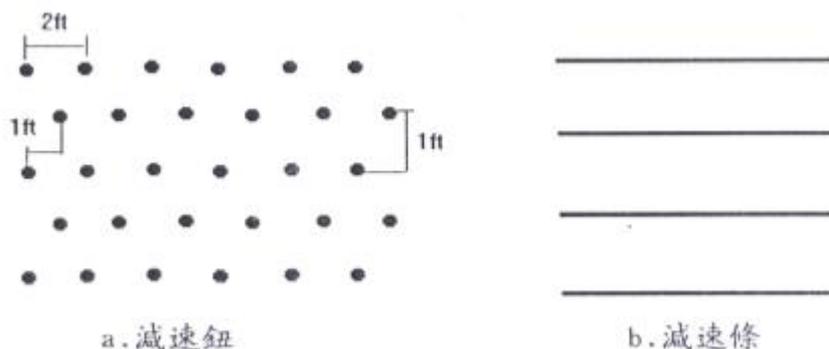


圖 2.6 減速鈕與減速條之簡圖

### c.減速磚 (Rumble Squares)

為方形突起狀，常具有反光特性，較常設置於機車專用道，設置地點隨道路的設計水準而有所不同。（見下圖 2.7）

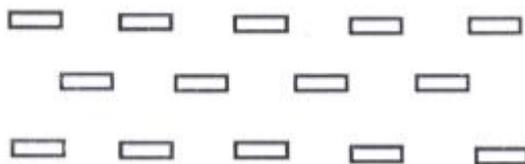


圖 2.7 減速磚簡圖

國內所使用之減速丘，嚴格而言，應多屬於減速腫 (Speed bump)。其差異不只在斷面之不同，減速功能與舒適度也大不相同。

### 減速墊：(Speed Cushions)

Massimiliano 和 Silvano[10]提到，在義大利的減速設施，分為減速丘、減速腫和減速墊（如圖 2.8）三類，其中減速丘和減速腫對車輛造成較多的衝擊，對於懸吊系統損害較大；對腳踏車、機車或緊急車輛等造成不便。並發現駕駛人較偏愛大型的減速丘，因為在通過時比較舒適。而減速墊的寬度比路寬小，不會對大型卡車、巴士或緊急車輛造成影響，但是小型車通過時必有一方輪胎會通過減速墊，達到減速的效果。

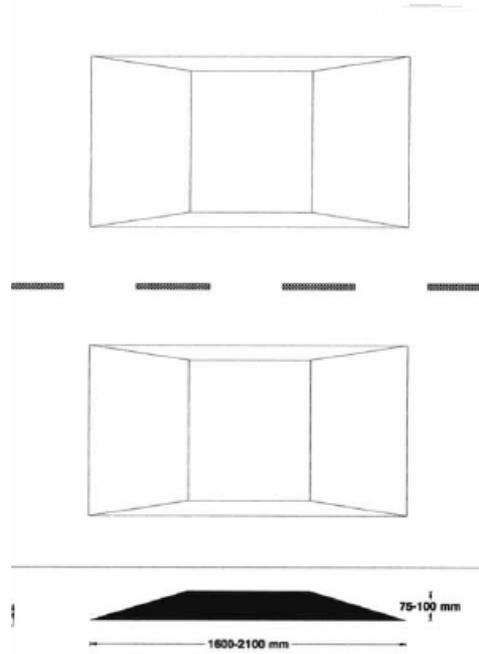


圖 2.8 減速墊簡圖

## 2.2 減速設施之法規

國內法規對減速丘（腫）並無實質上的規範，在「道路交通標誌標線號誌設置規則」[2]中，只對減速標線的設置有著明確的規範，而並未提及減速丘的設計規範，其規則第一百五十九條提及「減速標線，用以警告車輛駕駛人前方路況特殊，車輛應減速慢行，視需要設置於收費站漸變段起點附近或易超速，易肇事路段起點附近。本標線為白色，厚度以不超過 0.6 公分為原則，寬度為 10 公分，間隔為 20 公分，以六條為一組。視需要每隔 30 至 50 公尺設置一組，依遵行方向之路面寬度劃設。本標線得配合設置路面顛簸標誌。」減速標線的設計規範圖例如下：

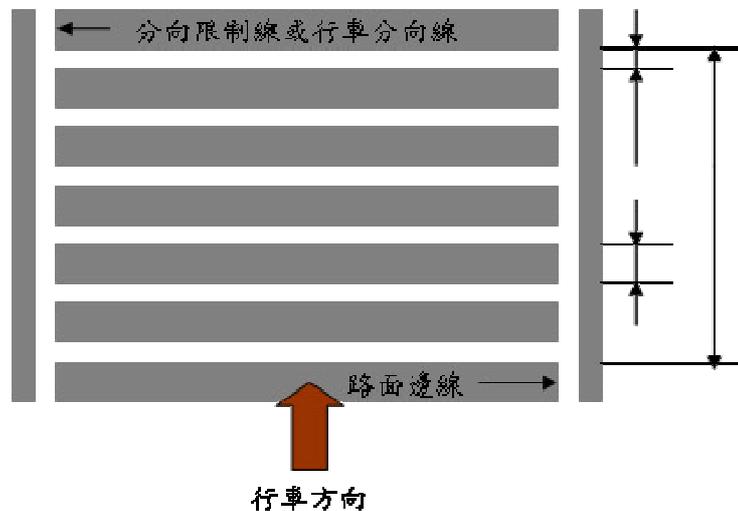


圖 2.9 減速標線設置規範圖例（單位：公分）

與國內減速設施相關法規相較之下，國外的法規就相對的多，美國聯邦公路總署於 2003 年所出版的的美國交通控制設備手冊 Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)[11]中，對減速丘的設置便有著一般性的規範，但此規範可依據各州的法律及需求之不同而進行調整；在美國各州的法律中大致上對減速丘設置的程序大致上是如此的，第一步必須取得該減速丘影響範圍內民眾的同意與專家的意見，通過後開始施工，施工準則則參考美國運輸工程師協會(ITE, Institute of Transportation Engineers) [12]，及美國公路官員運輸學會(AASHTO, American Association of State Highways and Transportation Officials)等跨聯邦運輸單位之規範；而在施工完成後尚必須保持六個月以上之監控，通過監控後方得永久使用。

美國運輸工程師協會[12]提出設置減速丘之優缺點及應注意事項：

- 在一地區設置適當且連續的減速丘，可減緩車速。
- 單獨的減速丘僅能控制點的速度，若要控制部份路段的車速，則有必要設置連續的減速丘。
- 設置減速丘將會把車流導入其它可選擇的道路系統中。
- 由於減速丘的設置，隨時間會使得車速及流量趨於穩定。
- 設置減速丘可能可以降低肇事率，但並非絕對。
- 設置減速丘或許無法降低噪音，既使有，也僅是少量。經由車流量減少，使得噪音減少，但車輛經過減速丘所造成的加減速，卻也會增加噪音。得失相抵，將不會有顯著噪音減少。
- 在有減速丘之路段，必須設置適當的號誌或標線，用以警告駕駛者。
- 車輛通過減速丘會使速度不順暢，將造成能源的浪費與空氣污染。
- 設置減速丘之路段應避免大貨車，公車，以及緊急車輛的通過。以免造成貨物掉落，旅客不適或時間的耽擱。
- 設置減速丘將會使得原本設計的道路服務水準降低。
- 大型車輛通過減速丘之加減速，造成噪音污染。
- 減速丘會對道路的維護保養造成困擾；例如掃街及鏟雪。
- 減速丘只可設置在地區性之兩車道的住宅區，每日車流量須少於 3000 輛，平均車速須小於 30 mph 之路段。
- 減速丘之設置應盡量與道路之幾何設計與坡度相配合。
- 減速丘不可設在有緊急車輛，長輪軸車輛，與軌道車輛通過的地方。
- 設置減速丘應廣納當地居民的意見。

## 2.3 減速設施的效能評估

Ogden[13]將減速丘歸類為垂直性減速設施，其對於車輛減速具有相當的功效，且將減速丘分為兩種主要的型式；一為 Watt profile hump，此種減速丘較類似於目前國內常見之減速丘，高約為 5~12 公分，寬約為 3~4 公尺，而另一種則為 plateau road hump，此種減速丘較前一種來得寬大，其寬約為 2~7 公尺，而高寬比則為 1:10~1:15，此種減速丘在國內較為少見。

Watts[14]針對十五種垂直式減速設施(以減速腫與減速丘為主)的尺寸分析對行車速率的影響大小。在較小的尺寸(長 51mm×高 13mm、長 102mm×高 13mm、長 152mm×高 19mm)，其因高度較小，所以，對於降低的行車速率較無影響。在尺寸為長 3.66m×高 0.10m 時，以車速 32 km/h 穿越，將造成極大的不舒適感，在最後研究發現，尺寸長 3.7m×高 0.10m 有效降低行車速率為 22.9 km/h 或更低，造成駕駛者與乘客的不舒適感也較小。之後以長 3.70m×高 0.10~0.13m 的減速丘分析其設置間距對速率的變化情形，如間距為 75m~100m(250 ft~330 ft)之間，穿越的行車平均速率為 24 km/h~32 km/h；間距為 27m(90 ft)時，行車速率約為 18 km/h~26 km/h 之間；如將間距增長至 183m(600 ft)，則行車速率達 34 km/h~39 km/h 之間。

Stephens[15]指出，當兩個減速設施距離愈遠，車輛在兩個減速設施之間的速度就愈快，並建立以下公式： $H_s = 0.50 * [2.59 * (V_{85})^2 - 656]$ ， $H_s$  為兩減速設施間最適當之距離(ft)， $V_{85}$  為設計欲達到之百分之八十五分位速度(mph)，此公式建議在  $V_{85}$  大於 22.5mph 時適用。並觀察了 3 英吋和 4 英吋兩個減速丘的車輛通過速率，發現較低的減速丘，其車輛通過速率較大。

陳高村與林清芬[3]於 2000 年所提出之「道路減速丘設施振動安全衝擊評估之研究」指出，減速丘在國內的法規上，並無明確的設計規範，且減速丘由於設計型式的不同，有可能對駕駛人產生不同的垂直加速度衝擊與不舒適感，使駕駛人在發現前方有減速丘時，會事先採取減速之行動。同一類型的減速丘對前座及後座的瞬間垂直加速度最大震幅隨著車速提高而增大，亦即上下振動變化越劇烈，前座及後座皆感覺越不舒服；而在相同車速下實驗車輛通過減速丘時，後座之瞬間垂直加速度最大震幅比前座大，代表相同車速通過減速丘時後座的乘客感覺較不舒服；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，車輛通過減速丘的過程裡，會跳動兩次再回到正常位置，而後座跳動的瞬間與車輛方向相反，也就是說後座向上時車輛向下而感到不舒服的振動。

吳宗修與陳裕強[1]於 1997 年所提出的「減速丘效能與適應性之研究」中，已進行了減速丘效能之評估以及減速丘高度差別之效能差異實驗，而得到了減速丘事實上的確可使車輛減緩車速之效果，斷面越高的減速丘，通過時速度的減緩比例越大；減速丘除了在設置點之車速可減緩外，其上、下游十公尺之範圍亦對車速有明顯減緩效果。且在經過長期對減速丘的觀測後，發現駕駛人長期雖已對減速丘漸漸適應而增加車速，但增加幅度有限且不致大於一開始減速丘對駕駛人所造成的速度減少值。

Massimiliano 和 Silvano[10]提到，有些駕駛人在通過減速設施時並不減速，反而增加速度，以減少垂直方向的加速力和對車輛的震動。而減速腫在保護行人穿越道方面較沒有明顯的效果。另外駕駛人的速度受到地形方面的影響，比受到減速腫的影響大。

Raj V. Ponnaluri 和 Paul W. Groce[16]研究指出，減速丘可以減少直接穿越的車流、降低百分之八十五分位的速度、使速度集中、減少直接穿越的車輛，並降低超速的比例。在安全方面，減速丘設為 3.5 吋高和 12 呎長，1000 呎內，不需設置兩個以上的減速丘。訪問附近的居民，有 73% 的人認為設置減速丘較佳，27% 的人傾向永久封閉道路。

Sahin Aslan 等人[17]研究了數個因為減速腫而受傷的案例。土耳其當局採取了幾項減少城市內事故之措施，例如在城市中的特定地點設置減速腫，以防止超速的情形發生。如此設計是為了減少行人的死亡事故，特別是在人潮較多但車輛又容易超速的地方，但是不當的使用卻會使人受傷。

案例一：兩位 50 和 57 歲的人由於脊椎疼痛而送醫，指出是因為公車在通過減速腫時超速，使得公車跳動太大讓乘客撞到椅背而受傷，此處減速腫為 15 公分高，已經超過標準的尺寸，並有目擊者指出公車在通過時並沒有減速。

案例二：兩位 48 和 43 歲的婦女也由於脊椎疼痛而送醫，並有嚴重的背痛，原因同樣為公車在通過減速腫時沒有減速而造成過大的震動。值得注意的是，以上兩個案例同樣都沒有繫安全帶。

案例三：一位 28 歲的婦女由於頸部疼痛而送醫，他指出在搭乘公車時，公車雖然以平常的速度通過減速腫，但是突如其來的衝擊造成他的頸部受傷。

最後提出了幾項建議，在公車路線上，減速腫應為 7.5 至 10 公分高，並在 10 公尺前需設立警告標誌。減速腫只有在駕駛人遵守規則的時候有效，若是減速腫設置時沒有依照標準，或是駕駛人不遵守規則，如此可能會造成很大的傷害，並且駕駛人在通過減速腫時必須保持警戒，需能了解超速的危險性。最後減速設施須有固定的標準，最好在設置前應由政府統一決定規格。

Wayne D. Cottrell 等人[18]在鹽湖城實施了 Traffic Calming Program，開始於 1997 年，其目標在於增進生活品質，並促進步行和健康的生活型態。為了達到目標，進行了三個主要的計畫：

1. 降低行駛於住宅區車輛的速度。
2. 讓非當地的通勤者去使用通勤者習慣的街道。
3. 藉由影響駕駛行為來增加行人和腳踏車騎士的安全和旅遊經驗。

主要目標為計算 speed hump 和 table 之效能，並對照到第一和第三個計畫，到了 2002 年，鹽湖城一共設置了 64 個 speed hump 或 table，以及其他數項減速設施。鹽湖城使用之 speed hump 高度為 8.9 公分，寬度為 4.3 公尺，和美國其他州相同。Table 和 speed hump 同高，但是更寬(6.7 公尺)，在頂點處有平坦部分可供行人通行，鹽湖城將此設施設置在穿越道上，此兩種設施皆設有標誌及標線來警告。

速度資料於 12 條街上收集，所有的道路皆為雙線道，速限為 40km/h，大部分的街道都允許路邊停車，兩項減速設施間的距離範圍在 55 至 372 公尺。事前資料於 1998 至 2002 年收集，事後資料在設置後一個月至兩年後收集。收集方式使用空氣管，如此不會影響到駕駛人行為，但是無法分辨出車輛的種類和其他行為，結果如表 2.1。

表 2.1 Traffic Calming Program 事前與事後數據比較表

Table 5  
Before-after speeds along calmed streets

Neighborhood	Street	Route	Sample size		Mean speed		85 <sup>th</sup> % speed	
			Before	After	Before	After	Before	After
Bonneville Golf	Wasatch Dr	North	1,319	1,510	32.0	25.2	37.9	30.2
			1,185	1,238	32.0	29.4	37.7	35.4
East Bench	Skyline Dr	South	1,576	1,423	31.4	30.5	36.9	36.8
			881	807	22.7	23.4	27.1	28.2
		East	828	820	27.0	27.6	32.3	32.2
			356	335	28.3	23.2	35.6	29.4
	Wasatch Dr	North	1,039	1,191	29.7	23.5	35.4	28.2
		South	1,019	941	28.7	23.4	34.1	28.9
Glendale	Glendale Dr	North	590	441	26.6	22.9	35.0	27.8
		South	484	109	25.1	23.0	32.1	29.3
Harvard-Yale	1500 East	North	2,363	2,097	30.6	22.9	36.3	27.7
		South	1,997	1,179	25.2	22.9	29.3	27.0
St. Mary's	Kennedy Dr	East	1,014	981	28.3	29.6	34.5	35.7
		West	1,213	1,141	30.0	31.8	36.6	38.7
		North	607	512	24.1	22.8	28.8	27.3
Upper Avenues	Northmont Dr	East	254	296	27.6	21.6	33.7	27.2
		West	206	218	28.4	26.5	35.3	34.5

NOTE: Speeds are in mph. Divide mph by 0.6214 to obtain km/h.

圖 2.10 為同一地點裝設減速腫之事前事後速度比較，可明顯看出在裝設減速腫之後，不僅平均速度有明顯下降，速度也變得較集中。

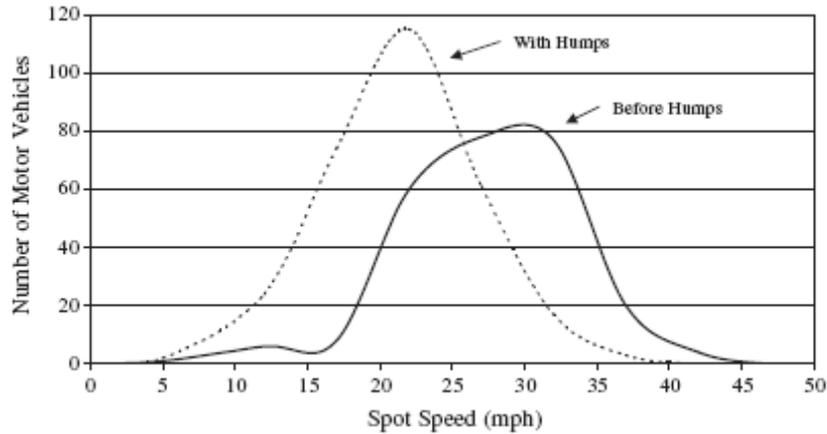


圖 2.10 設置減速腫之事前事後速度比較

後續發放問卷對週遭居民進行調查，共發放了 436 份問卷，回收 184 份 (42.2%)，皆在設置 speed hump 後數個月至兩年間作調查。其中 112 份問卷有寫上意見，33 份為正面意見，28 份為負面意見。其中一項值得注意的意見為裝設減速設施後，Edge driving 的情形有所增加，如此會造成行人和腳踏車騎士之危險。

Massimiliano 和 Silvano[10]也在意大利研究了減速設施之效能，圖 2.11 為車輛通過減速腫和行人穿越道的速度之比較，可看出減速腫相較於行人穿越道，使車輛減速的效果較佳。

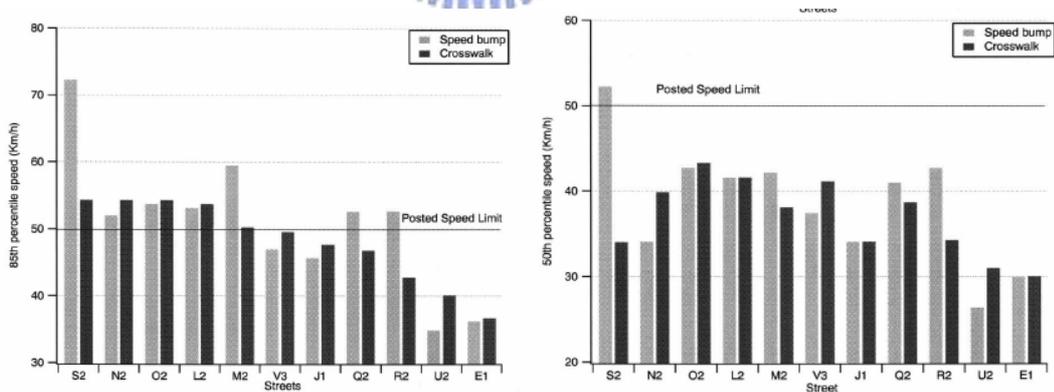


圖 2.11 車輛通過減速腫和行人穿越道的速度之比較圖

圖 2.12 為有無設置減速腫的車輛速度比較，也可明顯看出大部分之路段，有設置減速腫的情形可以有效的降低車輛的速度。

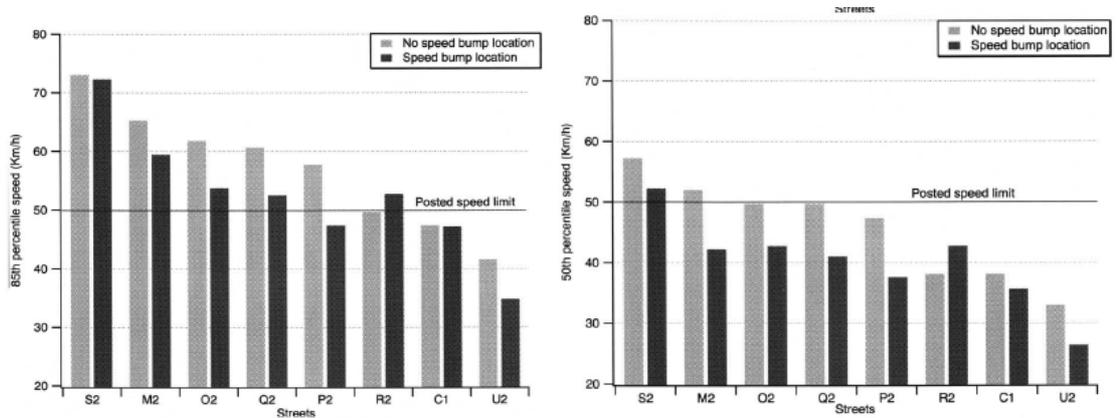


圖 2.12 有無設置減速腫之車輛速度比較圖

## 2.4 行車舒適指標

劉怡焜[4]在研究中指出，對一般客運車輛來說，車體左右搖晃及加減速控制不當造成之前後俯仰，為最易造成乘客不適的因素；此外，速率時快時慢，使乘客身體需要經常適應不同慣性，也是造成乘車不適的原因之一。彭新勝[5]以數值的方法來探討懸吊系統避震器阻尼對於車輛模組動態反應之影響，再以車體垂直加速度為目標函數、車輪動態負荷比與車體俯仰角位移為限制函數，進行整體車輛模組構件之最佳化分析，以求得可使車輛最具舒適性與操控性，且確保行車安全之懸吊系統避震器阻尼參數值。

Uys 等人[19]研究了震動對人體的影響，以不同速率通過各種不同的鋪面，觀察垂直方向加速力之變化，結果如圖 2.13 所示，之後再藉由車輛的各種設定 (dumper、spring)，來降低乘客的不舒適感，找出各種不同鋪面建議行駛的速度。並介紹一些國際標準對此有詳細規範，舉例其中三項 ISO 2631-1、BS 6841[20]、VDI 2057，其中 BS 6841 之規範如表 2.2。

Driver plus passenger weighted RMS vertical acceleration for optimized suspension at different speeds over different road profiles.

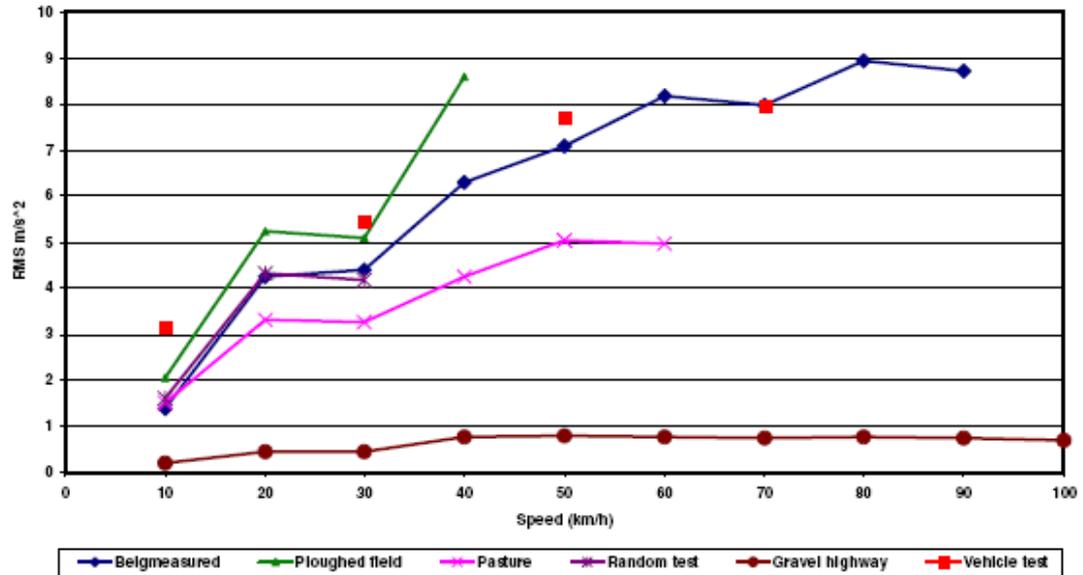


圖 2.13 不同鋪面和速度之垂直加速度

表 2.2 BS 6841 震動對於乘客感受之影響

Levels of acceptability of ride quality	
Range: BS weighted RMS of Vertical acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Acceptability
<0.315	Not Uncomfortable (不會不舒服)
0.315~0.63	A little Uncomfortable (略微不舒服)
0.5~1	Fairly Uncomfortable (有點不舒服)
0.8~1.6	Uncomfortable (一般不舒服)
1.25~2.5	Very Uncomfortable (非常不舒服)
>2	Extremely Uncomfortable (極端不舒服)

Watts[14]於英國地區(British locations)選擇九條路段測試減速丘對車輛的減速效果，實驗研究結果得在減速丘路段的總平均行車速度為35.7 km/h，並提出較理想的減速丘特性，亦針對不同車速說明乘客的舒適程度，提出理想的減速丘行車速率在19 km/h，研究中也說明減速丘的設計高度在3英吋，駕駛者與乘客通過時有較佳的舒適度，如果高度增加到4英吋，舒適度不佳且亦造成車輛的損害，危害駕駛者與乘客的安全。

吳德和、徐正宗[6]利用實驗分析與車輛電腦模擬模式量測車輛行經不同型態之減速丘的震動特性及舒適度。分析後得知，固定減速丘高度(0.1m)，當車速愈快，對車體所造成的加速度就愈大，駕駛者與乘客的舒適度就愈不好；減速丘

長度愈長，對車體所造成的加速度就愈小，駕駛者與乘客的舒適度就愈好；減速高度愈高，對車體所造成的加速度就愈大，駕駛者與乘客的舒適度就愈不好。

許勝雄[7]，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。美國航空暨太空總署(NASA)為了避免語意混淆，訂定了不舒適程度的比率量表(Discomfort Ratio Scale)，並設定以「DISC」為衡量單位，此種尺度係以不舒適閾限(Discomfort Threshold)為基準，也就是說有50%的人覺得不舒適時，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3個DISC，顯然人們對於不舒適感覺的百分率，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[21]，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2.14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。

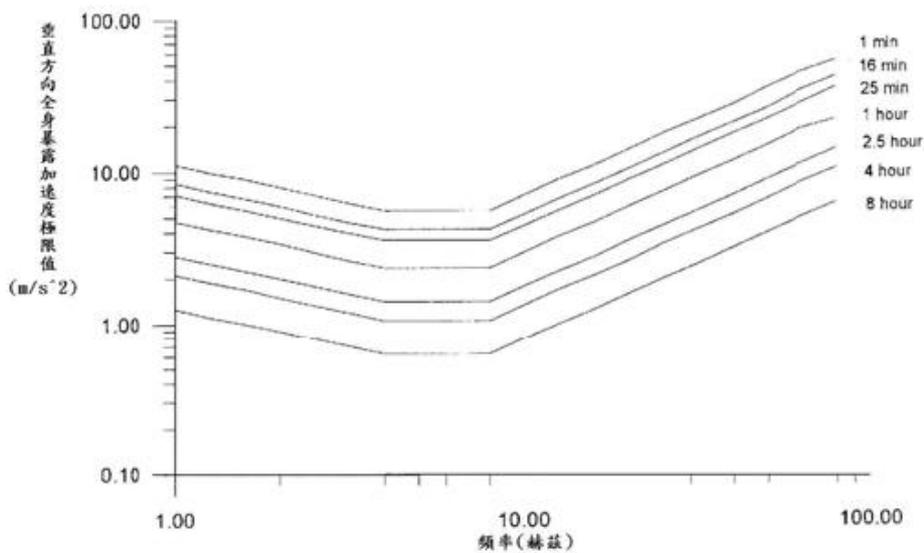


圖 2.14 垂直方向全身振動暴露最大加速度圖

## 2.5 其他相關文獻

曹壽民、鄭俊明與張佑華[8]文中指出，公車限速四十公里之措施能大幅改善行車安全，而台北市的實施成果如下：(1)公車肇事率降低 40%，(2)公車肇事死亡人數減少 50%，(3)公車肇事受傷人數減少 60%，(4)有關公車之民眾申訴案件減少 51%，(5)公車肇事賠償費用減少 75%。

許添本[9]「巷道交通安全調查比較分析」之研究指出，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%)。

Aljanahi 等人[22]在英國與巴林研究自由車流和行車速率與道路交通事故之間的關係，以及速限對行車速率的影響，結果顯示在巴林平均車速與道路交通事故率有顯著相關性，在英國道路交通事故率與車速的變異數有強烈相關，若速限減少一公里/小時會使平均速率降低四分之一公里/小時。Engel & Thomson[23]在丹麥的研究指出在速限五十公里建築物多的地區，受傷事故下降 9%，傷亡人數下降 24%。Garber & Graham[24]評估有將州際公路的速限從 55 英哩提升至 65 英哩各州的影響，發現各州的結果並不一致，然而若從總體來看，速限的提升確實造成較多的死亡。Nillson[25]的研究是針對 1989 年將速限從 110 km/h 減少至 90km/h，估計受傷事故下降 27%，死亡或受傷的人數下降 21%，其方式是與速限 70 公里做相對性之比較，但由於當時比較路段的速率也下降，所以結果較為保守。Wagenaar、Streff & Schultz[26]評估密西根州在 1988 年將州際公路從速限

55 英哩提升到 65 英哩之影響，其使用時間序列分析的結果發現，死亡人數增加 48.4%，嚴重受傷人數增加 31.8%，中度受傷的人數增加 30.3%，輕微受傷沒有改變，只有財損的事故增加 27.3%。Nillson[27]在瑞典研究從 1960 年代開始降低速限的效果，並推論速限下降導致行車速率的下降及事故與傷亡率的下降。Cowley[28]回顧其他北歐與丹麥的研究也同樣證實這項結果。

## 2.6 VERICOM VC3000 儀器

VERICOM VC3000 主要是用來測量車輛三軸加速性能的儀器，其內附的測量儀可測量車輛的加減速度(G)，搭配精確的石英鐘，可讓 VC3000 每秒測量 100 次加減速度，也就是每一百分之一秒測量一次，之後藉由速度(V)=加速度(G)\*時間(t)的公式推算出行駛速度，再由距離(D)=速度(V)\*時間(t)推算距離，由此便可得到三大數據---車輛加減速、速度、行駛距離。

VC3000 測量加減速度的原理，是在 VC3000 中有裝置了一個核心儀器，如圖 2.15：

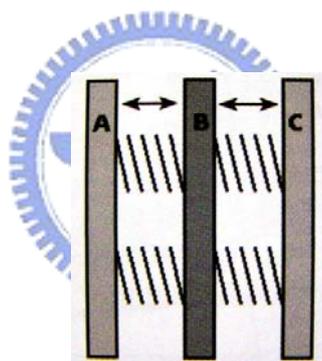


圖 2.15 VC3000 核心儀器圖

B 板與 A 板及 C 板中間有金屬彈簧連結，B 板為固定的，A 板與 C 板則是浮動狀態，自 B 板導入電流，流至 A 板與 C 板構成迴圈；在無任何加減速度的時候，往 A 板的迴圈與往 C 板的迴圈電壓是一樣的，但是當加速度產生時，我們先假定車輛處於往右（往 C）加速當中，則 C 板與 B 板的相對位置減少，A 板與 B 板的相對位置增大，金屬彈簧的長度也就不一樣，其所產生之電阻亦不相同，由電壓(V) = 電流(I)\*電阻(R)之公式可知，在電流固定的狀況下，一但電阻有變化，電壓亦會產生變化，因此 VC3000 只需去測量每百分之一秒中電壓的變化，代入其內建的換算公式，即可推知加減速度的變化。

VC3000 的精確度，在加減速度方面為 0.001%，在距離方面為 1%(1320 英呎內)，而在速度方面則為 1%(100mph 內)；另外 VC3000 在測量之初需呈水平狀

態，測量時便可一併將坡度因素計算出來，因此在實驗時，必須確定該點道路是呈水平的。

Crash Data Retrieval System Validation Testing[29]論文中，使用了三台不同的車輛，加速至一定速度後，通過一定點時急踩煞車，並用 VC 2000 測量速度、煞車距離、煞車時間以及平均減速係數，並同時用雷達測速槍來測得通過定點時之速度，之後用電腦計算出減速係數，並比較在一般路面、砂石地以及草地上的不同，VC 2000 所測得之資料如表 2.3。

表 2.3 VC 2000 數據資料表

Radar	VC2000 Indicated Distance	VC2000 Indicated Time	VC2000 Indicated Speed	VC2000 Indicated Average G
N/R	102 feet	2.79 sec	50.2 mph	.820

由以上之文獻回顧，可得知以下幾點結論：

- (一) 在許多研究中，採用路段中的百分之八十五分位速度衡量設置減速設施之後的行車速度，由研究結果發現，減速腫、減速丘、及減速墊設置後的最高行車速度均可有效降低，因此，減速設施是一種有效控制行車速率的方法。
- (二) 減速設施雖然有降低行車速率的功用，卻也造成了乘客的不舒適感（Uncomfortable），所以，減速設施的設計是直接影響行車速率與乘員舒適度上極重要的關鍵。
- (三) 不論是何種變項所產生的加速度，當加速度愈大時，乘員的不舒適度也愈大，顯示兩者間為正相關。

### 第三章 實驗與設計

經由前一章對於減速腫之規格和效能以及相關研究回顧之後，本研究欲了解車輛通過減速腫所造成之垂直加速度對於乘員感受之影響，故使用 VERICOM VC3000 紀錄通過減速腫之垂直加速度，並將資料傳送至電腦。文獻中提到有許多駕駛人在通過減速腫時沒有減速，反而加速通過，如此可以減少垂直方向的震動。於是本次實驗將選擇適合設置減速腫之路段，裝設減速腫以進行實驗，並由實驗人員駕駛同一輛車，以不同速度通過減速腫，之後觀察速度與垂直加速度的關係。

後續設計問卷調查受測人員之感受程度，並將收集資料進行分類與整理，依不同速度、不同減速設施斷面、受測者不同以及乘員的不同位置的屬性等相異變項分類整理，最後再進行統計的分析與檢定。

#### 3.1 實驗地點

為了將其他因素干擾排除到最小，因此必須慎選研究地點，以確保所測度出來的垂直加速度，是由所設置之減速腫所造成，避免對乘員造成感受上的誤差，並依據文獻中提到之設置準則，本研究在新竹縣竹北市高鐵五路設置減速腫來實驗，本路段位於高鐵高架橋下方，相關位置圖如圖 3.1，現場圖如圖 3.2，實驗地點示意圖如圖 3.3 所示。

此路段之優點如下：

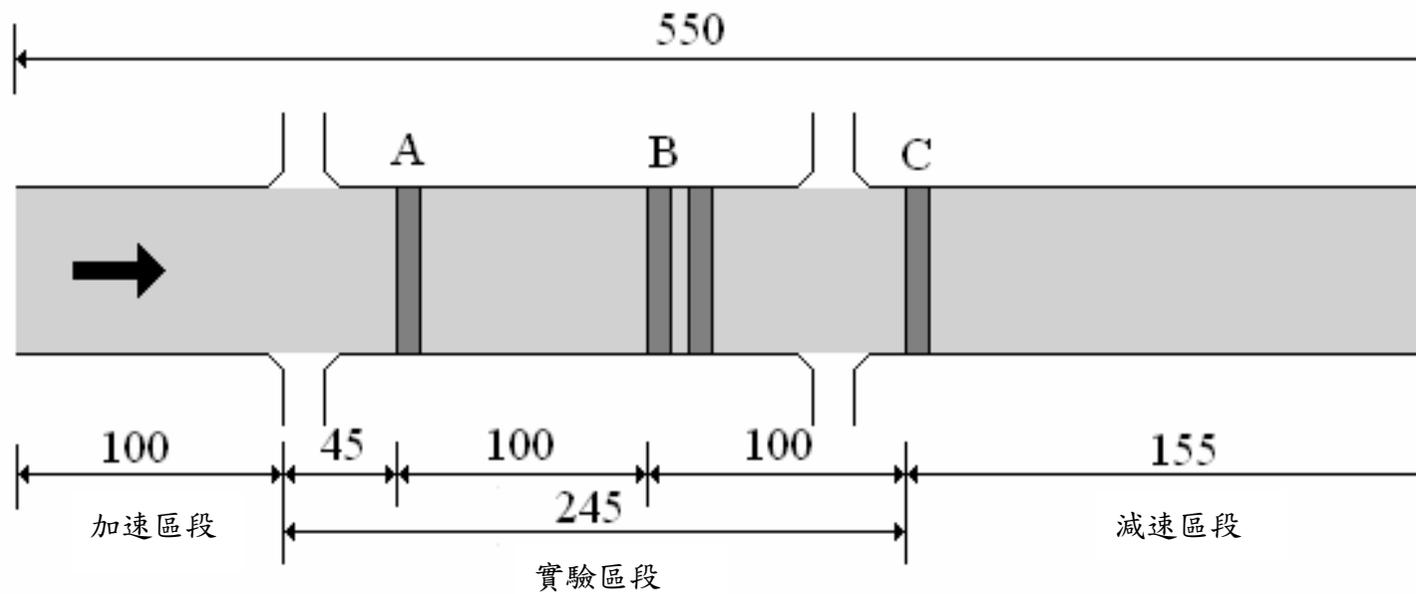
1. 路段長度足夠：圖 3.3 之實驗路段總長約 550 公尺，其中有兩個交叉路口，每段道路約為 150 公尺，第一段道路可供車輛加速使用，足夠讓車輛加速到實驗之最高速度(60 km/h)並維持定速，之後在第二段及第三段裝設減速腫以進行不同變數之實測研究。
2. 路面狀況良好：本路段為高鐵站聯外所新闢道路，啟用時間很短，未有修補的痕跡，也無車輛行駛造成的損害，行駛中不會有額外的振動情形對實驗結果造成干擾。
3. 岔路少、車流少、地點隱密：實驗路段只包含兩個叉路，無其他匯入之車流，故只須在此兩處交叉路口安排指揮人員即可。此路段平時甚少有車輛及行人通過，且外側另有一條與實驗路段平行之道路，一般車輛大多行駛於外側之道路，故選擇此處來測量車輛通過減速腫時垂直加速度與乘客感受之關聯。



圖 3.1 實驗地點路段圖



圖 3.2 實驗地點現場圖



- A: 5 公分單峰減速腫
- B: 5 公分雙峰減速腫 (峰頂間距：3 公尺)
- C: 2.5 公分單峰減速腫

圖 3.3 實驗場地配置圖 (單位：公尺)

## 3.2 實驗設備與器材

本實驗使用 VC3000 來記錄車輛之垂直加速度，其設計原理如文獻所述，實際的操作介面，如圖 3.4：

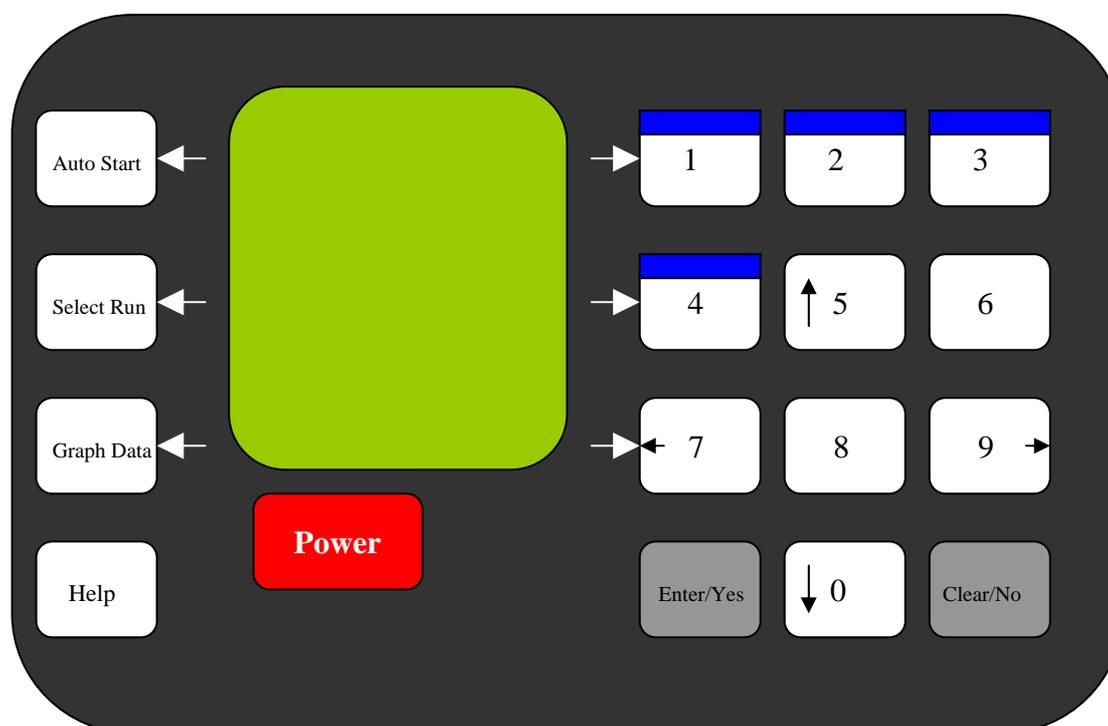


圖 3.4 VC 3000 操作介面圖

本機有三大測量模式，分別為 Acceleration Mode，Braking Mode，以及 Continuous Mode，分別簡述如下：

1. 加速度測量模式(Acceleration Mode)：主要功能在於測量車輛在一個階段的時間內，其加減速度變化，速度變化，以及累積距離。
2. 煞車測量模式(Braking Mode)：其有兩大主要測量功能，一為測量道路的摩擦係數，二為測定車輛的煞車性能。
3. 連續模式(Continuous Mode)：其一次可測量許多種類的數據，諸如轉速等，且測量時間可較長。

VC3000 是非接觸式的測量儀器，此儀器附有兩個大吸盤，可吸附在擋風玻璃上，或是駕駛座旁和後座之玻璃上，可測得車輛不同位置之數據。接下來進行兩項主要調整，分別是水平調整以及速度調整。水平調整要確保 VC3000 與起動時的路面保持水平，如此一來其內建的程式便可在測量過程中直接進行坡度的紀錄以及修正，所以在起點進行水平調整時，也必須確保道路路面為水平，如此一

來，才能利用 VC3000 兩旁的水準氣泡進行水平調整。另外一項速度的調整是必須要使車輛在起點的速度歸零，絕對不可產生速度，否則對後來的實驗數據會產生影響。最後則是用車上電源線連結儀器，使 VC3000 有足夠的電源以供實驗之用。

前兩種模式只能測量單一的加速和減速行為，以煞車測量模式為例，此模式在車輛開始產生減速行為時啟動，當車輛停止減速行為時即停止紀錄。本實驗需要同時通過數個減速腫，故使用連續模式來測量，此模式可紀錄一段時間內車輛的各種數據，包含速度、水平加速力和垂直加速度，並可精確至百分之一秒的單位來記錄。裝置於車輛內測量時如圖 3.5：



圖 3.5 VC 3000 實地操作圖

連續模式實際測得之數值，圖型化之後如圖 3.6，Acceleration 曲線為車輛前後方向之加速力(單位為 G)，由圖形可看出啟動後之加速度為正值，代表車輛有往前方之加速度，之後漸漸維持定速而加速度減小，通過減速腫之後就立刻減速，故圖形上轉變為負的加速度，和 Speed 曲線對照後，即可清楚的了解車輛的行進方式。V Accel 為垂直方向之加速度，為主要研究部分，可看出在 10 至 11 秒間有劇烈的起伏，是由於通過減速腫所造成，可透過 Excel 軟體將通過減速腫前後之圖形加以放大(圖 3.7 為圖 3.6 中取 9 至 12 秒部份放大而成)，之後再對振幅(瞬間加速度)加以分析研究。

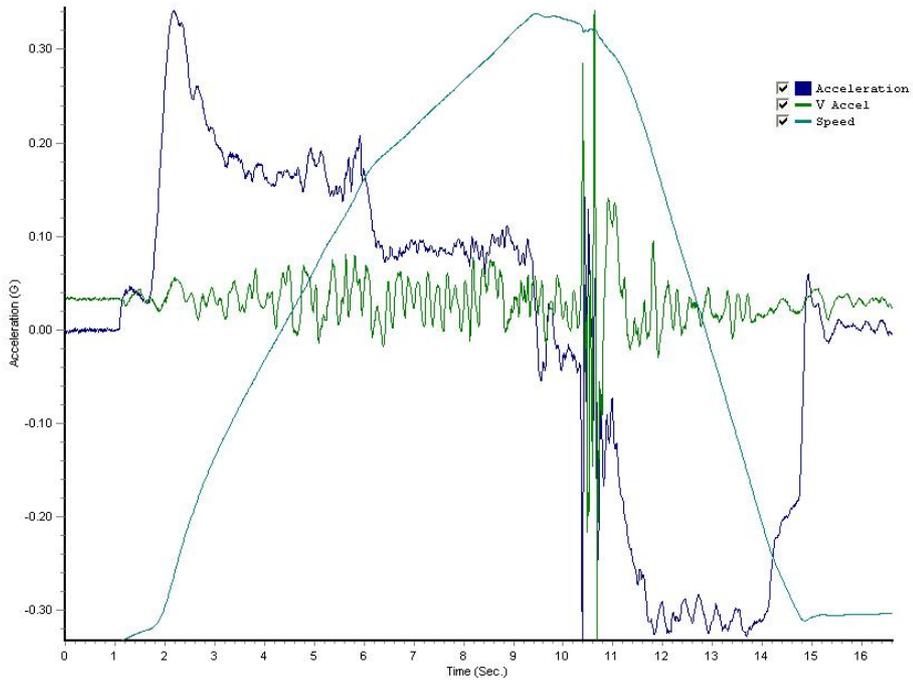


圖 3.6 VC3000 連續模式測得之資料圖形

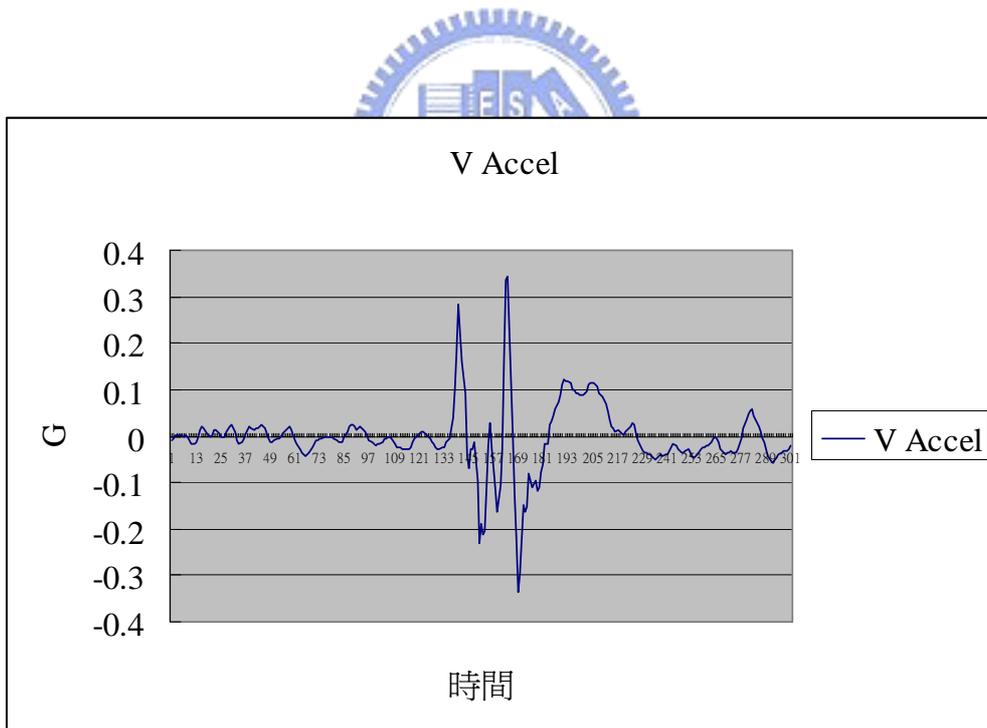


圖 3.7 垂直加速度圖

實驗中儀器紀錄的數值是以 G 為單位，但是文獻中有關垂直加速度之圖形，單位均以公尺/秒平方表示，故在後續的圖形及統計分析上，均統一以公尺/秒平方為單位。

實驗車輛之選擇，則參考台灣地區過去一年來國產小型車之銷售統計，發現 TOYOTA Altis 1.8 車型之排行較前，考慮市場佔有率以及租用車輛之方便性，最後選擇租用此車型作為實驗車輛，之後所有的實驗均固定租用圖 3.8 之同一車輛。實驗所使用之減速腫，詳細規格如圖 2.1 及 2.1，有高度 2.5 公分及 5 公分兩種不同斷面高度，雙峰減速腫之峰頂間距為 3 公尺，實際裝置如圖 3.2，單峰減速腫裝置圖如下圖 3.9，在裝設時每項減速設施間距離 100 公尺，在通過減速設施後速度會有些許的改變，可在此段緩衝距離中調整回固定的實驗速度。

表 3.1 TOYOTA Altis 1.8 規格

車身尺寸 (長×寬×高×軸距) (mm)	4530×1705×1480×2600
引擎形式	DOHC 雙凸輪軸
最大馬力 (hp/rpm)	136/6000
最大扭力 (kgm/rpm)	17.4/4200
車重 (kg)	1165



圖 3.8 實驗車輛



圖 3.9 單峰減速腫

### 3.3 實驗設計

本研究之目的為測量通過減速腫之垂直加速度與通過速度的關係，以及使用問卷調查垂直加速度和乘員感受之關聯。故研究將分成兩個階段進行，第一階段主要為紀錄各種不同因素所造成之垂直加速度，並觀察各種因素之間的相關性及圖形分析，並挑選出數個有顯著差異之因子來進行第二階段的實驗，第二階段為測度乘員對於不同的垂直加速度的感受程度，並以問卷型式記錄，藉由資料分析找出通過減速設施之適合速率，使達到大部分乘員不致有不舒適感。

#### 3.3.1 第一階段

在選定的實驗路段上設置減速腫，由固定的實驗人員駕駛同一車輛，分別以 10、20、30、40、50、60 km/h 之固定速率通過減速腫，並以 VERICOM VC3000 用連續模式紀錄垂直加速力，每個速度進行 4 次實驗，總共進行 144 次實驗。之後進行不同變數之實驗，此階段的變項包括：

a. 不同減速腫之規格：分別為高度 2.5 公分及 5 公分不同斷面高度。比較不同斷面高度之減速腫對垂直加速度之影響。

b. 單峰及雙峰減速腫：比較單峰及雙峰減速腫對垂直加速度之影響。

最後將收集到的資料，轉換成統計軟體可用之資料，並進行其相關性之分析。

本階段實驗可以驗證文獻提到通過減速腫時沒有減速，反而加速通過，可以減少垂直方向的震動的現象是否屬實，並可用回歸分析速度與垂直加速度之關聯，再選取數個垂直加速度有明顯差異之速度，進行第二階段的實驗。

#### 3.3.2 第二階段

探討有關垂直加速度與乘客之感受，同前節所選擇之實驗地點裝設減速腫以進行實驗，此階段減速設施必須裝設在同一路段上，實驗時以同一速度通過所有減速設施，以讓受測者之感受較為準確。實驗中前首先對受測者說明實驗進行方式，在通過一個減速設施時，即依自己主觀的感覺勾選問卷，在實驗過程中，不會告知受測人員目前實驗的速度，同時要求受測人員不要注視車輛前方，防止預期的心理對實驗結果造成影響。

之後延續第一階段的方法，以不同速度通過減速腫、單峰或雙峰減速丘，再從不同乘員的屬性，以及乘員的不同位置等控制變因，分別進行資料收集，用 VERICOM VC3000 紀錄垂直加速度，並將資料轉換成方便進行分析之圖形。實驗中以問卷來調查乘員之感受程度，再利用統計軟體進行資料的整理與統計分析。如圖 3.10 所示。

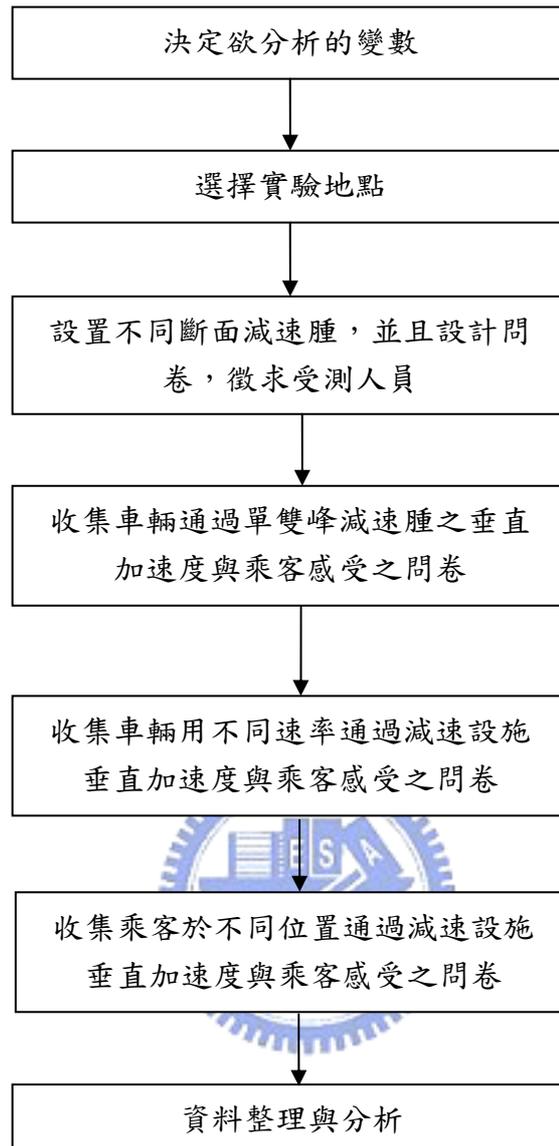


圖 3.10 第二階段實驗流程圖

本階段主要研究之變數有：

- 1.減速腫之規格：減速腫有分為高度 2.5 公分及 5 公分不同斷面高度。比較不同斷面高度之減速腫對垂直加速度之影響。
- 2.單峰或雙峰減速腫：比較單峰或雙峰減速腫對垂直加速度之影響，並分為先通過單峰減速腫和先通過雙峰減速腫，觀察給予刺激之先後順序是否會對於感受程度有所影響。
- 3.駕駛者行經減速腫的不同車速：研究人駕駛車輛，以不同車速，例如車速為 10~60 km/h 等不同速率通過減速腫。
- 4.受測人員之屬性：依照不同受測人員，依照性別、年齡層、乘坐於前後座之不同來測量不同感受程度，以及乘員在預知和非預知的情形下，是否有不同的感受程度。

### 3.4 研究假設

本研究假設不同變數(速度、前後座、設施種類)會顯著影響垂直加速度的大小以及乘員感受度，並假設人員的不同特性(性別、年齡)也會顯著影響乘員感受度，並以實驗證明。各變數之關係與研究假設如下：

- H1：速度對垂直加速度有顯著影響
- H2：前後座對垂直加速度有顯著影響
- H3：設施種類對垂直加速度有顯著影響
- H4：速度對乘員感受度有顯著影響
- H5：前後座對乘員感受度有顯著影響
- H6：設施種類對乘員感受度有顯著影響
- H7：性別對乘員感受度有顯著影響
- H8：年齡對乘員感受度有顯著影響

依以上所列 8 項之研究假設可以圖 3.11 量測變數關係圖表示。

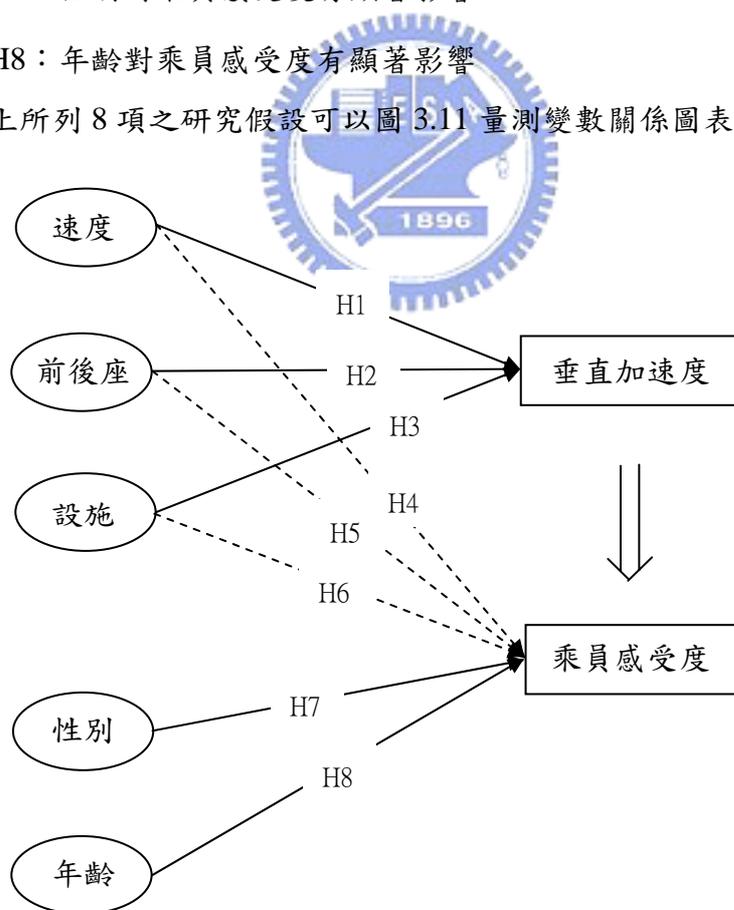


圖 3.11 量測變數關係圖

### 3.5 資料記錄方式

本研究以問卷讓受測者勾選的方式，並經由前節之實驗方法，來調查乘員之感受。問卷由舒適至非常不舒適，分為十個等級，讓受測者填寫，之後回收資料進行分析，依照各受測人員之性別、年齡層、乘坐於前後座之不同來分類，並分別對於垂直加速度作相關性的比較，以求得兩者之間的關係。問卷詳細內容如附表一，詳細紀錄項目如下：

#### 1.基本資料：

基本資料為每次調查時段開始工作之前，記錄該本次實驗之時間、位置、天氣狀況等資料。

#### 2.個別資料：

個別資料為針對每一筆符合資格之樣本，記錄乘員所有相關的資料，主要有以下七類：

- (1)性別
- (2)年齡
- (3)身高、體重
- (4)職業
- (5)是否擁有駕照並有駕駛經驗
- (6)實驗時乘坐位置
- (7)不同變因下的感受



### 3.6 調查工作流程

經由以上章節討論之後，本研究資料蒐集工作可以分為以下幾個步驟：

1. 確認研究路段：在進行實驗之前需要確認研究路段之特性，是否符合實驗要求，確保蒐集地點的可行性。
2. 實地現場踏勘：確認研究路段後即可進行實地踏勘的工作，目的是為了可以找到適當的速度量測位置，需滿足資料蒐集的基本原則，並可以充分觀察車行狀況。
3. 確認開始調查時間：完成實際踏勘後，即可以確認可行之調查時間，適當予以規劃進度，以求蒐集完整資料。
4. 現場資料調查：在天氣狀況配合下，進行適當的資料蒐集工作。

5. 資料回收與整理：資料蒐集完成後，進行適當的處理作業，以利後續分析工作。
6. 確認調查資料：待資料回收後確認資料有無不足的地方，若資料沒有遺漏則可以完成調查工作，著手分析工作。
7. 調查工作結束：下圖為資料蒐集程序如圖 3.12。

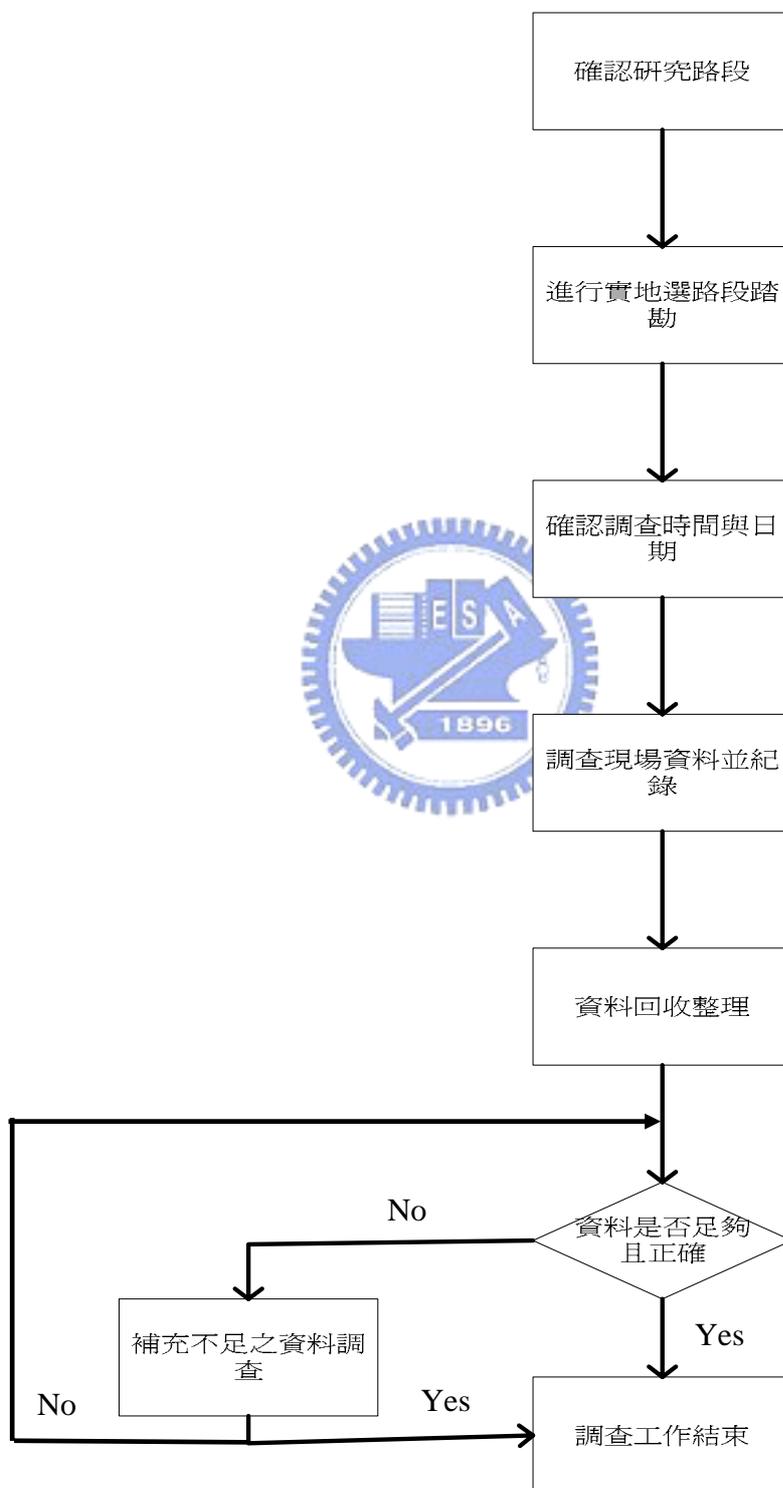


圖 3.12 資料蒐集程序

## 第四章 資料蒐集與分析

本研究利用實地測量的方式，分析不同的車速與垂直加速度之關聯，本章將實驗測得之資料整理後，先進行客觀量測的分析，再對乘員感受作連結。

### 4.1 資料蒐集與處理

由於本研究為採用實地測量法進行資料蒐集工作，使用 VERICOM 3000 可測得車輛各種數據，資料處理工作主要為將需要用到的區段擷取出來，並轉換成 Excel 檔案，再以圖形或用其他統計軟體分析。

#### 4.1.1 資料蒐集時間

資料之蒐集工作有兩個階段，先於 96 年 4 月 11 日進行初測，測試整個實驗之流程，估算實驗所需要之時間及人力，並測試實驗儀器的正常運作，以及讀取資料確定分析方法，之後於 96 年 5 月 15 日進行第一階段實驗，測得以機器紀錄之客觀性量測資料，並對搭載受測人員時可能產生的問題進行模擬，之後進行一星期的資料分析並徵求第二階段之受測人員，再於 96 年 5 月 23 日至 6 月 5 日間，進行第二階段實驗，搭載受測人員填寫感受度問卷，實驗時天氣狀況為晴或陰，詳細實驗細節如附錄所示。

#### 4.1.2 資料處理

由於使用 VERICOM 的 Continuous 模式進行測量，一次紀錄多個減速設施之垂直加速度，如圖 4.1 為以 30 km/h 通過 5 公分單峰(14 至 16 秒)及雙峰減速腫(26 至 28 秒)之垂直加速度圖形，可看出通過雙峰減速腫所產生的震動持續的時間較長。為了便於後續的圖形判讀，本研究將通過減速腫前後共 3 秒的時間擷取出來，並找出其最大振幅(即最大垂直加速度)作後續分析。

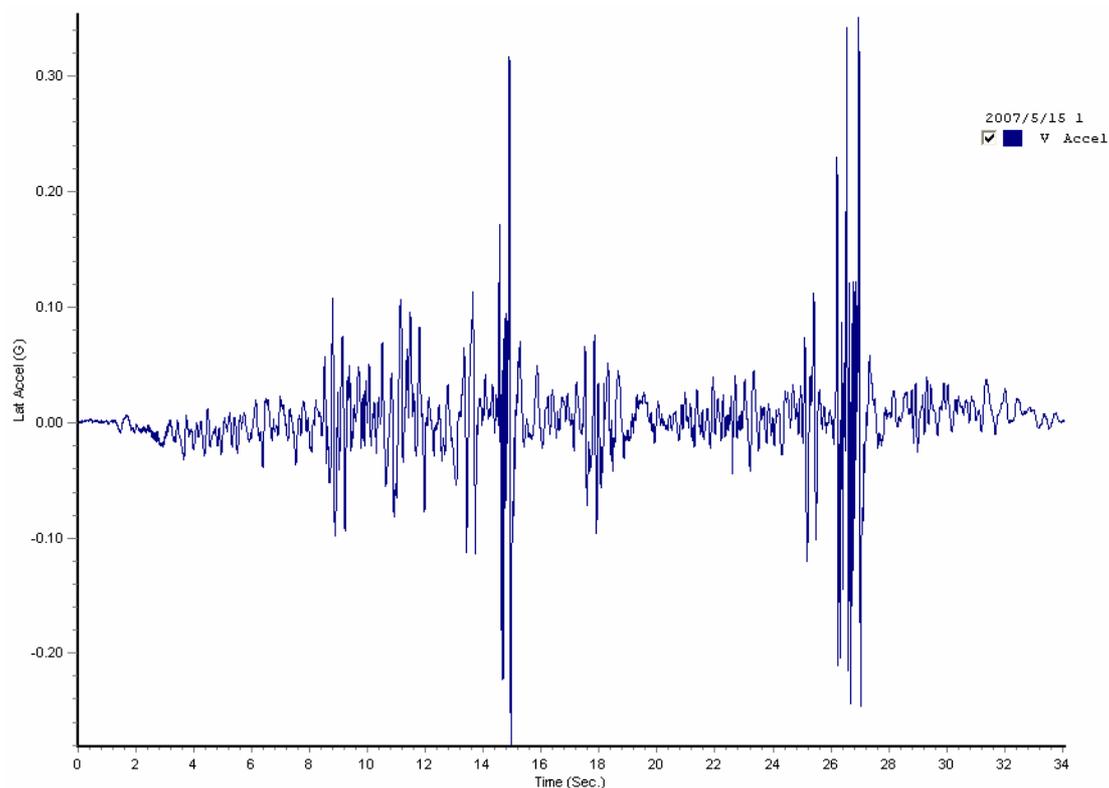


圖 4.1 30 km/h 通過 5 公分單峰及雙峰減速腫以 VERICOM 紀錄之圖形

### 4.1.3 樣本統計

在實驗時第一階段實驗之變項有速度、設施種類和乘員位置三項，如表 4.1，每種情形下進行 4 次實驗，一共測得  $6 \times 3 \times 2 \times 4 = 144$  筆資料。

表 4.1 第一階段實驗變項

變項	水準	水準(Level)項目
速度	6	10、20、30、40、50、60 (km/h)
減速設施種類	3	2.5 公分單峰、5 公分單峰、5 公分雙峰
儀器安裝位置	2	前座、後座

第二階段徵求實驗的受測人員，基本上以年齡分組，樣本之統計男性 20 人，女性 15 人，共計 35 人，詳細年齡分布如下表：

表 4.2 第二階段受測人員統計

年齡\性別	男性	女性
30 歲以下	10	5
30~40 歲	5	5
40 歲以上	5	5

## 4.2 資料分析

### 4.2.1 第一階段：客觀性量測

蒐集的資料經過適當處理後，即可對實驗資料進行適當的統計分析。圖 4.2 為不同速度通過高度 5 公分之單峰減速腫在前座的垂直加速度，各速度最大振幅之平均如圖 4.3，可看出當時速超過 20 km/h 時，垂直加速度隨著速度增加而變大。但以 20 km/h 通過時，所產生之垂直加速度相較於前一個實驗速度反而較小。

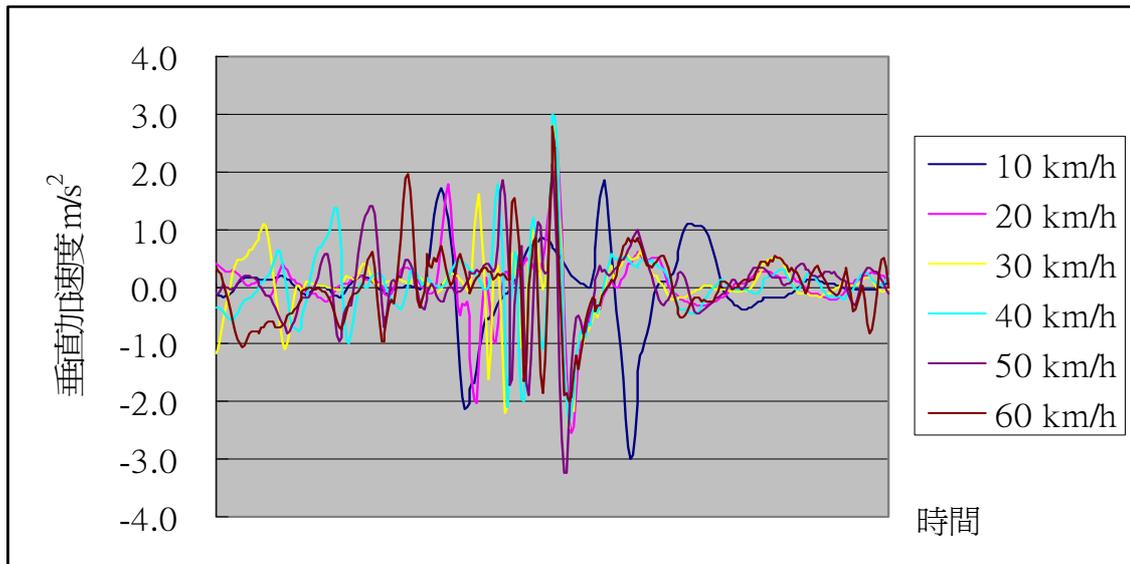


圖 4.2 不同速度通過高度 5 公分單峰減速腫前座的垂直加速度

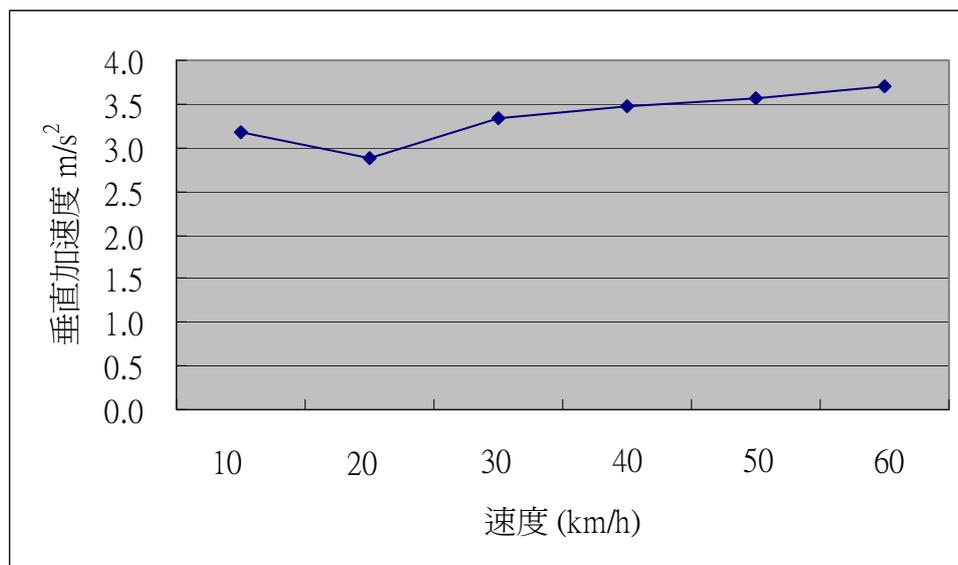


圖 4.3 不同速度產生之最大垂直加速度

表 4.3 為各種變項所產生的垂直加速度之變異數分析，分析結果顯示不同速度產生的垂直加速度有顯著的影響( $F(5,133)=2.30$ ;  $P = 0.0482$ )；表 4.4 之 Duncan 分群可看出在各種不同實驗情境下，速度產生的垂直加速度由大至小依序為 60、50、40、30、10、20 km/h。而儀器安裝在前座和後座產生的垂直加速度之變異數分析，結果顯示不同位置產生的垂直加速度有顯著的不同( $F(1,137)=50.87$ ;  $P<0.001$ )；表 4.5 之 Duncan 分群顯示在各種不同實驗情境下，後座所產生的之垂直加速度比前座大。不同減速設施產生的垂直加速度之變異數分析，結果顯示不同減速設施造成的垂直加速度有極顯著的不同( $F(2,136)=71.72$ ;  $P<0.001$ )；表 4.6 之 Duncan 分群顯示在各種不同實驗情境下，5 公分雙峰所產生的之垂直加速度最大，其次為 5 公分單峰減速腫，最後為 2.5 公分單峰減速腫。

表 4.3 變異數分析表

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
速度	組間	10.59	5	2.11	2.30	0.0482*
	組內	122.32	133	0.92		
	總和	132.91	138			
前 後 座	組間	35.99	1	35.99	50.87	<0.001**
	組內	96.92	137	0.70		
	總和	132.91	138			
設 施	組間	68.22	2	34.11	71.72	<0.001**
	組內	64.69	136	0.47		
	總和	132.91	138			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.4 速度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

速度：	60	50	40	30	10	20
垂直 加速度：	3.72 (1.08) <sup>a</sup>	3.54 (1.14) <sup>a</sup>	3.47 (0.80) <sup>a</sup>	3.34 (0.92) <sup>ab</sup>	3.18 (0.94) <sup>ab</sup>	2.87 (0.81) <sup>b</sup>

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$

a.b.c 為群別

表 4.5 前後座之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

座位：	後座	前座
垂直 加速度：	3.84 (0.89) <sup>a</sup>	2.82 (0.78) <sup>b</sup>

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$

a.b.c 為群別

表 4.6 設施之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

設施：	5 公分雙峰	5 公分單峰	2.5 公分單峰
垂直加速度：	4.13 (0.84) <sup>a</sup>	3.49 (0.70) <sup>b</sup>	2.42 (0.45) <sup>c</sup>
Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

圖 4.4 為前後座的垂直加速度比較，可看出不論以何種速度通過減速設施，後座所產生的垂直加速度都比前座大。

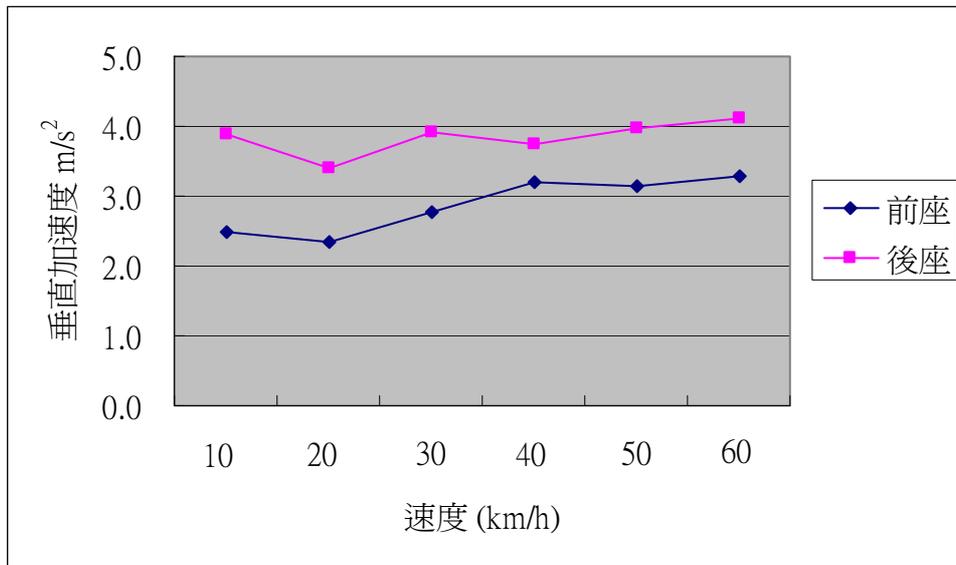
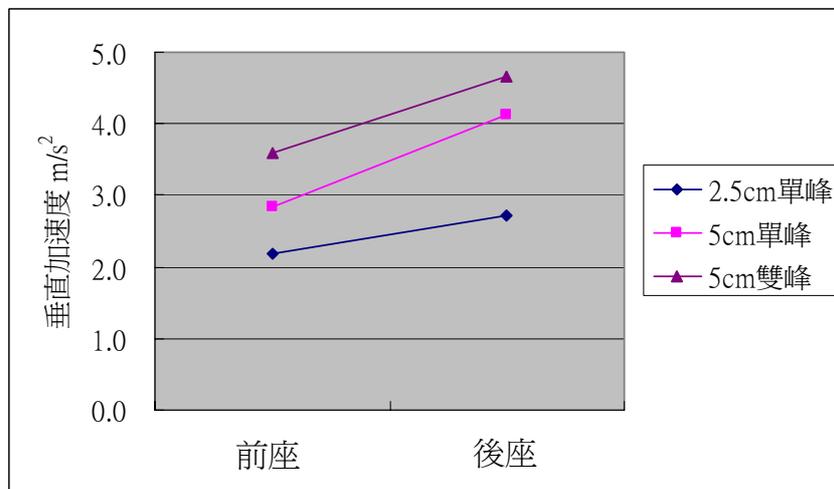


圖 4.4 不同速度下前後座產生之垂直加速度比較圖

圖 4.5 為三種不同減速設施的垂直加速度比較，可看出通過時產生的垂直加速度以 5 公分雙峰最大，其次為 5 公分單峰，最後為 2.5 公分單峰，在前座及後座的比較，同樣後座的垂直加速度比前座大。



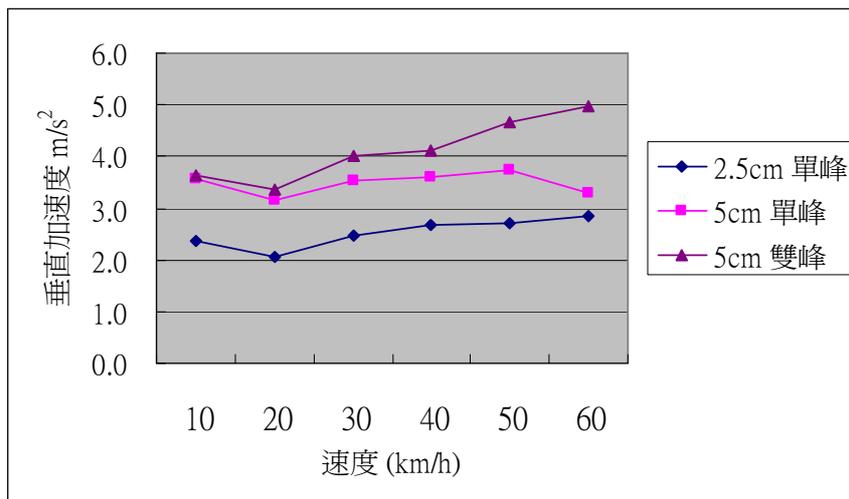


圖 4.5 不同減速設施的垂直加速度比較圖

圖 4.6 為以不同速度通過高度 5 公分之單峰減速腫的垂直加速度，可看出在以 50 km/h 通過減速腫的時候有最大垂直加速度，以 20 km/h 通過時則垂直加速度最小。且在 20 km/h 及 60 km/h 通過時，垂直加速度相較於前一個實驗速度反而較小。可驗證文獻中所提到，某些駕駛人在通過減速設施時不但不減速，反而加速通過的行為，在特定設施條件下，可能會有速度越大，但垂直加速度反而越小的情形發生。

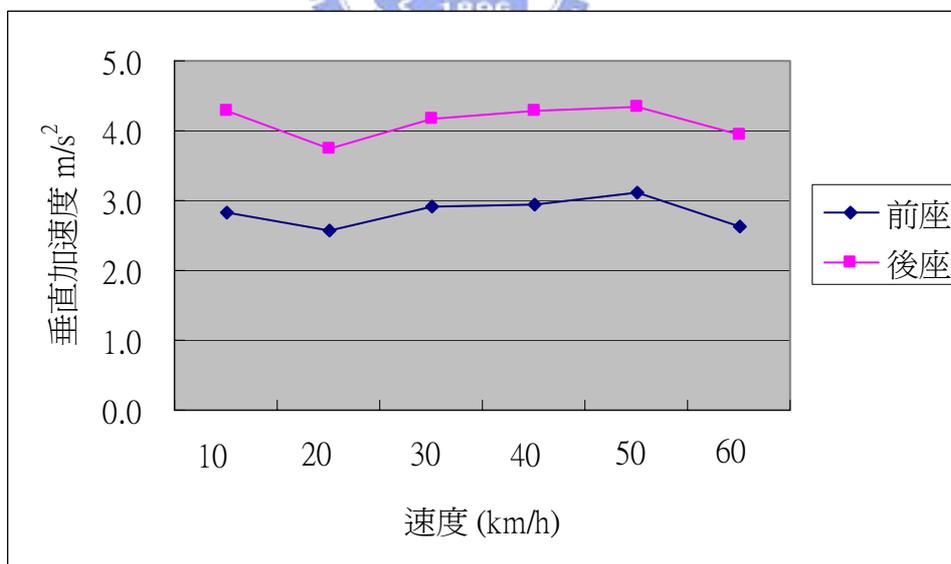


圖 4.6 不同速度通過高度 5 公分單峰減速腫的垂直加速度

第二階段將使用第一階段所測得之垂直加速度數據，挑選出三個速度來實驗乘員的感受，若選擇到會產生相似垂直加速度的實驗速度，可能會造成受測人員的混淆，造成實驗的誤差，為了避免此項情形，將依上述統計檢定結果，找出三個較有差異的速度來進行實驗，同時考慮實驗的便利與安全性，由表 4.4 的 Duncan 分群中，a、b 分群各挑選一個速度，模糊地帶中也挑選一個速度，最後決定以 20、30、50 km/h 為第二階段實驗速度。

#### 4.2.2 第二階段：主觀性量測

本階段將受測者所填寫之感受度問卷，依據不同人因變項來分組，以及第一階段之變項對於受測者感受影響，進行統計檢定及變異數分析，問卷填答之基本資料有性別、體重、身高、年齡、職業、擁有駕照、駕駛頻率以及實驗時乘坐位置。其中體重與身高兩個變項，由於男性之身高及體重幾乎都較女性高大，和性別有高度相關；而職業、擁有駕照、駕駛頻率三項，因年齡較低的受測者都是從學校內徵求，而學生擁有駕照之比例較低，且駕駛頻率也較低，年紀較長者大多駕駛車輛通勤，與年齡有高度相關。因此只取性別與年齡兩個變項來進行分組檢定，均以  $\alpha = 0.05$  為顯著水準。

表 4.7 為受測者在不同速度下的感受度之變異數分析，分析結果顯示不同速度造成的垂直加速度，對於乘員感受度具有極顯著的影響 ( $F(2,645)=20.13$ ； $P<0.01$ )；表 4.8 之 Duncan 分群可看出速度產生對乘員造成的不舒適感由大至小依序為 50、30、20 km/h。由圖 4.7 可看出一樣的結果，其順序也與第一階段之客觀資料的實驗結果符合。

表 4.7 不同速度舒適度之變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	193.40	2	96.70	20.13	<0.001**
組內	3098.37	645	4.80		
總和	3291.77	647			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.8 速度舒適度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

速度：	50	30	20
舒適度：	6.34 (2.23) <sup>a</sup>	5.69 (2.21) <sup>b</sup>	5.00 (2.12) <sup>c</sup>
Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

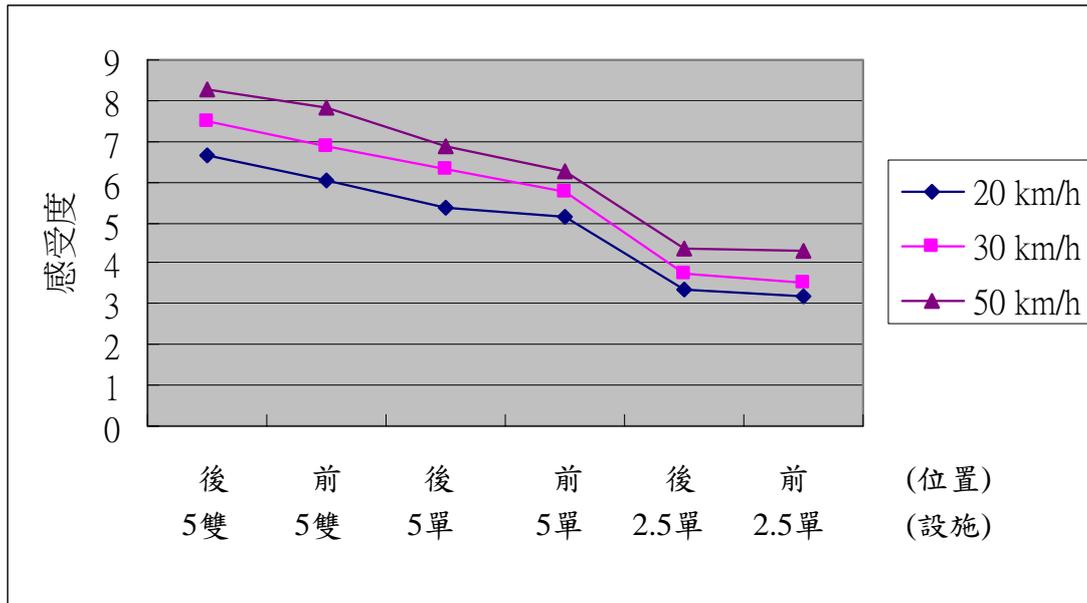


圖 4.7 不同速度乘員感受度比較圖

表 4.9 為受測者乘坐不同位置之變異數分析，分析結果顯示不同位置造成的垂直加速度，對於乘員感受度具有顯著影響( $F(1,646)=3.29$ ;  $P=0.07$ )；表 4.10 之 Duncan 分群顯示在各種不同實驗情境下，後座對乘員造成的不舒適感較大。由圖 4.8 可看出在各種不同實驗情境下，後座之乘員感受度均較前座感覺不舒適，與第一階段之客觀資料的實驗結果符合。

表 4.9 前後座舒適度之變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	16.69	1	16.69	3.29	0.07*
組內	3275.08	646	5.07		
總和	3291.77	647			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.10 前後座舒適度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

座位：	後座	前座
舒適度：	5.84 (2.23) <sup>a</sup>	5.52 (2.27) <sup>b</sup>

Mean (S.D.),  $\alpha = 0.05$

a.b.c 為群別

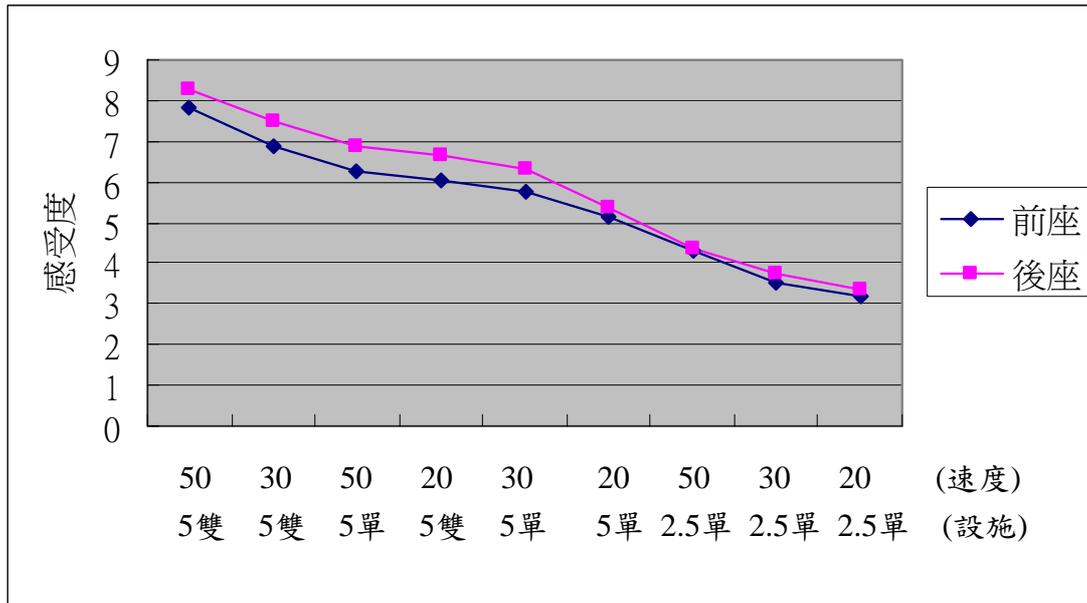


圖 4.8 不同座位乘員感受度比較圖

表 4.11 為受測者通過不同減速設施的感受度之變異數分析，分析結果顯示不同減速設施造成的垂直加速度，對於乘員感受度具有極顯著的影響 ( $F(2,645)=215.48$ ;  $P<0.01$ )；表 4.12 之 Duncan 分群顯示在各種不同實驗情境下，5 公分雙峰所產生的之垂直加速度最大，其次為 5 公分單峰減速腫，最後為 2.5 公分單峰減速腫，與圖 4.9 之圖形相符，其順序也與第一階段之客觀資料的實驗結果符合。

表 4.11 不同設施舒適度之變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	1318.48	2	659.24	215.48	<0.001**
組內	1973.29	645	3.06		
總和	3291.77	647			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.12 設施舒適度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

設施：	5 公分雙峰	5 公分單峰	2.5 公分單峰
舒適度：	7.25 (1.81) <sup>a</sup>	5.99 (1.88) <sup>b</sup>	3.80 (1.52) <sup>c</sup>
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

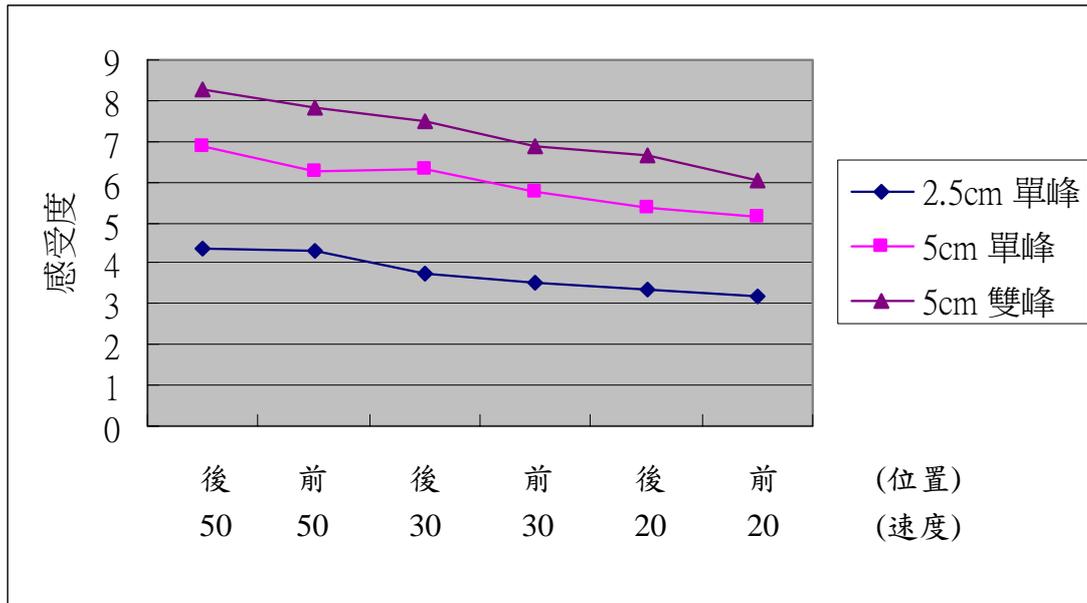


圖 4.9 不同設施乘員感受度比較圖

表 4.13 為將受測者以性別分組之變異數分析，分析結果顯示在各種不同情境下的垂直加速度，對不同性別的乘員感受度無顯著差異( $F(1,646)=1.20$ ； $P=0.27$ )；表 4.14 之 Duncan 分群顯示男性和女性為同一分群。圖 4.10 為將不同情境造成之感受度依男性的感受度自不舒適至舒適來排列，也發現男性和女性之感受度曲線有許多相交的情形，表示以不同垂直加速度對於男女乘客沒有造成差異，各實驗情境內容如表 4.15 所示。

表 4.13 性別之變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	6.10	1	6.10	1.20	0.27
組內	3285.67	646	5.09		
總和	3291.77	647			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.14 性別舒適度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

性別：	男性	女性
舒適度：	5.76 (2.40) <sup>a</sup>	5.56 (1.98) <sup>a</sup>

Mean (S.D.),  $\alpha = 0.05$  a.b.c 為群別

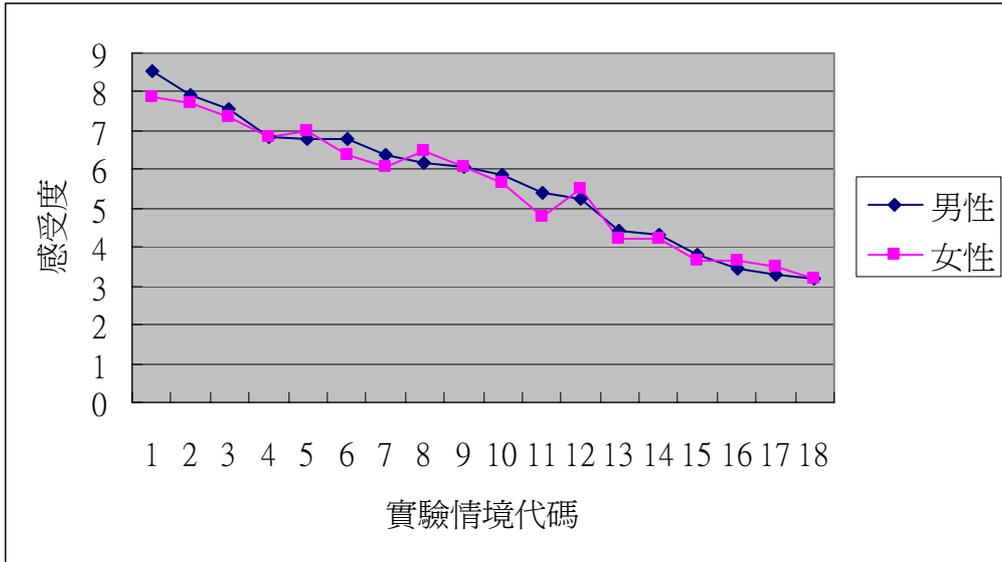


圖 4.10 不同性別乘員感受度比較圖

表 4.15 實驗情境對照表

編號	情境	編號	情境
1	後座-50 km/h-5 公分雙峰	10	前座-30 km/h-5 公分單峰
2	前座-50 km/h-5 公分雙峰	11	前座-20 km/h-5 公分單峰
3	後座-30 km/h-5 公分雙峰	12	後座-20 km/h-5 公分單峰
4	後座-50 km/h-5 公分單峰	13	後座-50 km/h-2.5 公分單峰
5	前座-30 km/h-5 公分雙峰	14	前座-50 km/h-2.5 公分單峰
6	後座-20 km/h-5 公分雙峰	15	後座-30 km/h-2.5 公分單峰
7	前座-50 km/h-5 公分單峰	16	前座-30 km/h-2.5 公分單峰
8	後座-30 km/h-5 公分單峰	17	後座-20 km/h-2.5 公分單峰
9	前座-20 km/h-5 公分雙峰	18	前座-20 km/h-2.5 公分單峰

表 4.16 為將受測者以年齡分組之變異數分析，分析結果顯示在各種不同情境下的垂直加速度，對不同年齡的乘員感受度有極顯著的差異( $F(1,628)=24038$ ； $P<0.01$ )；表 4.17 之 Duncan 分群顯示在各種不同實驗情境下，30 歲以上受測者之不舒適程度較 30 歲以下受測者為高，推論車輛通過減速設施產生的垂直加速度，對於年紀較大的乘客會造成較不舒適的感覺。圖 4.11 為將不同情境造成之感受度依 30 歲以下乘員的感受度自不舒適至舒適來排列，也可看出 30 歲以上之感受度曲線均位於 30 歲以下者上方，且無交叉的情形，各實驗情境之內容同表 4.15。

表 4.16 年齡之變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	119.37	1	119.37	24.38	<0.001**
組內	3075.26	628	4.89		
總和	3194.63	629			

\* 顯著，\*\* 極顯著

表 4.17 年齡舒適度之 Duncan 分群 (反應值由大至小排序)

年齡：	30 歲以上	30 歲以下
舒適度：	6.05 (2.33) <sup>a</sup>	5.17 (2.03) <sup>b</sup>

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$

a.b.c 為群別

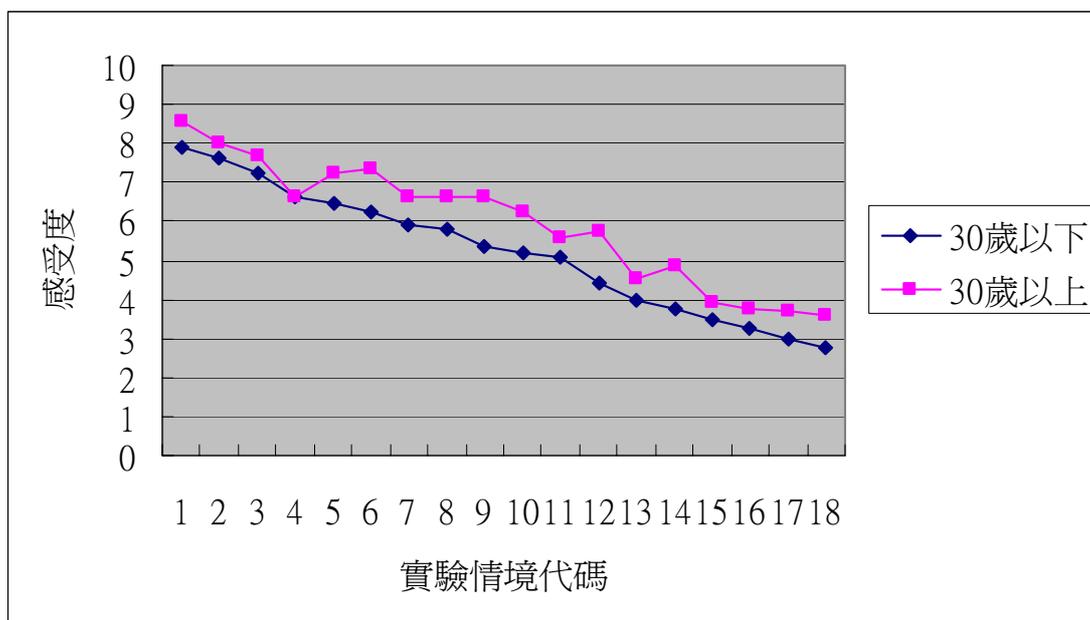


圖 4.11 不同年齡乘員感受度比較圖

圖 4.12 構建出成員感受度與垂直加速度之簡單線性關係 ( $y = 1.077e^{0.1304x}$ ;  $R^2 = 0.425$ )，圖中x軸為乘員感受度，範圍介在 0~10 之間，y軸為垂直加速度，結果顯示成員感受度與垂直加速度呈正向之線性關係。

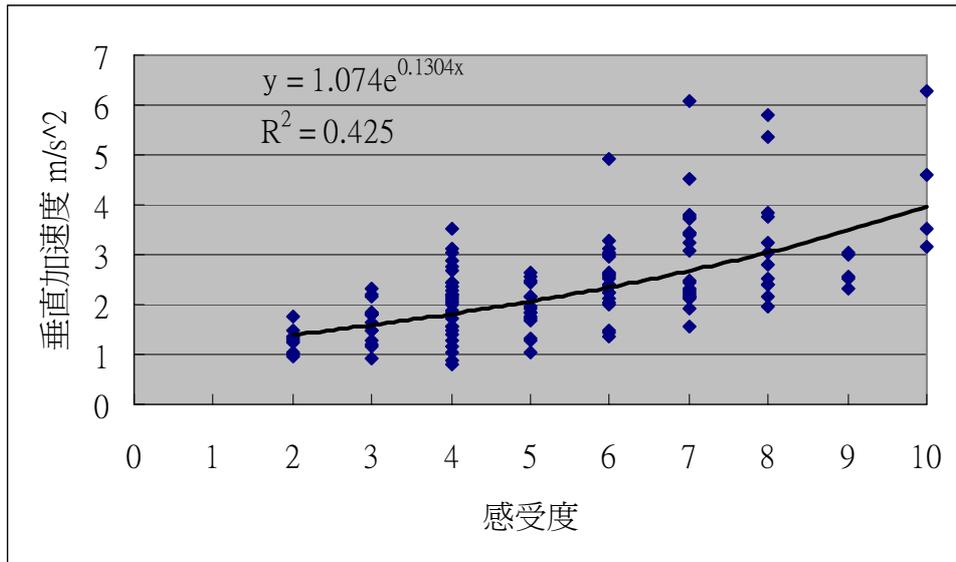


圖 4.12 成員感受度與垂直加速度關係圖

### 4.3 小結

由 VERICOM 所測得之垂直加速度圖形，以及最大振幅來看，分成不同變項加以探討，可知不管是任何型態之減速腫，對於後座乘客造成的垂直加速度，會比前座乘客大，對照至第二階段的感受度也是後座之不舒適感較大，亦即後座乘客會感覺較不舒適；在不同型態減速腫的比較方面，5 公分減速腫所造成之垂直加速度比 2.5 公分大上許多，同樣 5 公分的減速腫，雙峰所造成的垂直加速度又比單峰大。

在速度方面的比較，發現隨著速度上升，垂直加速度也越大，但在設施為 5 公分單峰減速腫時，60 km/h 的垂直加速度反而較 50 km/h 的小，但是基本上垂直加速度會隨著速度增加而變大。乘員之感受度調查結果與第一階段相符，愈大之垂直加速度造成的不舒適感愈大。

在所有實驗情境中，均以後座、50 km/h、5 公分雙峰的情境下，成員感受最不舒適；而前座、20 km/h、2.5 公分單峰的情境下，成員感受最舒適。

## 第五章 結論與建議

本研究主要目的為探討車輛以不同變項通過減速設施時所產生的垂直加速度，以及其對於乘員感受度的影響，經由資料分析結果，所研擬之結論與建議茲分述如下。

### 5.1 結論

1. 經由實驗儀器記錄，發現在各種不同的實驗速度中，在特定之減速設施條件下，以 60 km/h 通過減速設施時，相較於前一個實驗速度，產生的垂直加速度反而相對較小，可驗證前述文獻中提到有些駕駛人在通過減速設施時，反而會加速通過，如此的確是會覺得較舒適。
2. 分別對於儀器所量測之垂直加速度資料，以及乘員感受度進行統計分析，發現檢定與圖形分析結果相同，顯示當垂直加速度愈大時，乘員感受也覺得愈不舒適，具有正相關之連結。
3. 將受測人員以人因變項分組時，發現垂直加速度對於不同性別之受測者無明顯差異；將受測者以年齡分組時，則垂直加速度會對於年齡較大者造成較不舒適的感覺。
4. 以 20 km/h 通過減速設施時，產生的垂直加速度最小，雖然特定條件下會有速度增但垂直加速度下降的情形，但是在需要設置減速設施之地點，通常速限較低，不適合以高速通過來降低不舒適感，乘員感受度問卷也是以 20 km/h 通過時造成的不舒適感最低，故此類減速設施之建議通過速度為 20 km/h。

### 5.2 建議

1. 本研究之實驗車輛為小型車，但在常設置減速設施之校園或社區，也多有大型公車經過，後續研究可以不同車型為研究變項，探討大型車與小型車是否會對乘員感受造成差異。
2. 研究中只對乘員之性別與年齡做統計分析，之後可對於其他人因變項進行調查，如騎乘機車之頻率與感受度的相關性，討論經常騎乘機車之所感受之震動，與乘坐汽車是否有差異。

3. 本研究僅討論垂直加速度對於乘員感受之關聯，未來可綜合數個方向的加速度加以研究，可以模擬駕駛人在通過減速彎時的減速情形，或是在彎道或有坡度之路段進行實驗。
4. 分析過程中，常遇到同時有數個因素影響乘員感受度，後續研究可分別探討單一變因對於成員感受度的影響，如此可更精確的建立各變項與乘員感受度的關聯。
5. 實驗設計之改善，可尋找更寬闊之場地來設置減速設施，如此可以隨機選擇實驗設施，將受測者的預期心理影響降至最低。



## 附錄一 乘員感受問卷

### 一、基本資料

姓名：\_\_\_\_\_

性別： 男  女

體重： <50  50~60  60~70  70~80  80~90  >90 (公斤)

身高： <150  150~160  160~170  170~180  180~190  >190  
(公分)

年齡： 30 以下  30~40  40 以上

職業：\_\_\_\_\_

擁有駕照： 是  否

駕駛頻率： 不曾駕駛

每月駕駛一次以下

每月駕駛二~四次

每月駕駛四~十五次

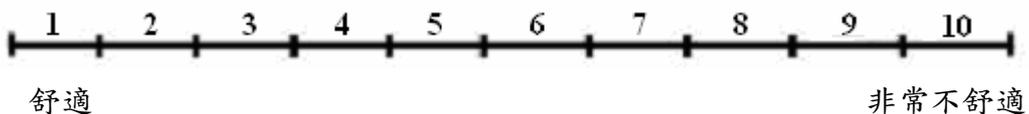
每月駕駛十五次以上或每天駕駛

實驗時乘坐位置： 前座  後座

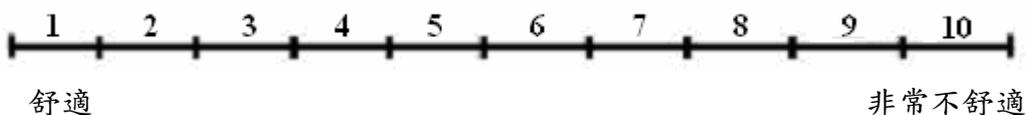
### 二、實驗紀錄

本次實驗讓你感覺到之舒適度為：

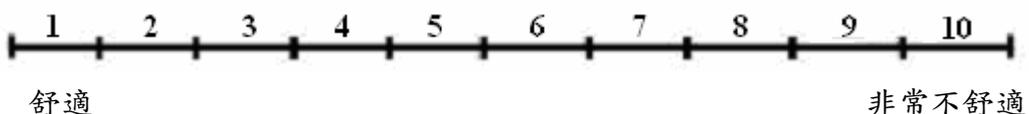
<Test 1>



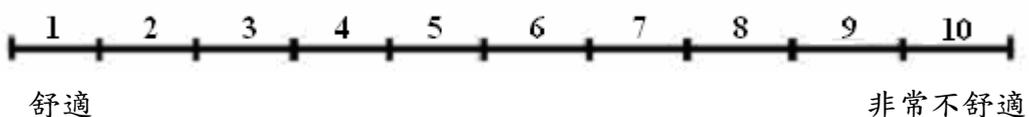
<Test 2>



<Test 3>



<Test 4>



## 附錄二 初測(2007.04.11)實驗紀錄

### 一、實驗過程

1. 於交大校內綜合一館前方環校道路上現有減速腫進行初測，本路段裝設的減速設施為高度 5 公分之單峰減速腫，如圖 1.2 所示。在此進行以不同速度通過減速腫之實驗，在實驗前必須先裝設好 VERICOM 3000 並確認電力充足，並測量胎壓、路面是否為水平、淨空實驗路段。
2. 首先進行時速 10、20、30 km/h 之實驗，並練習維持車輛速率，確保能以正確的速度通過減速腫；之後進行 40 及 50 km/h 之實驗，測量加速所需要的距離及煞車距離。
3. 到竹北六家高鐵站附近之實驗場地測試裝設實驗用減速腫之設備，但發現此地點柏油的硬度比交大校內之柏油硬很多，使得之前在校內可順利裝設之器具無法使用，必須另購設備。

### 二、後續工作

1. 進行 VERICOM 所測得的資料解讀。
2. 租用車輛進行實驗。
3. 購買新的裝設減速腫之設備。



### 三、實驗時應注意事項

1. 確認 VERICOM 之電源充足，並檢查車輛點菸器有無損壞。
2. 注意實驗路段是否平整、有無坡度傾斜(需帶水平儀去測量)、交叉路口需進行管制以確保安全、以及實驗時的噪音對附近居民之影響。
3. 10 km/h 之速度不易維持定速行駛，在正式實驗前必須多加練習。

## 附錄三 第一階段(2007.05.15)實驗紀錄

### 一、實驗過程

- 08:00 --- 實驗室集合，確認實驗器材，VC3000、減速腫、交通事故處理箱、水平儀、粉筆、實驗紀錄表、照相機、DV 攝影機、對講機、裝設器材。第一階段實驗為客觀量測，進行時速 10、20、30、40、50、60 km/h 各 4 次，總共 144 次實驗。在每次煞車停止後即確認 VC3000 是否紀錄成功，並與紀錄人員對照實驗編號，實驗過程將會做錄影及拍照。
- 08:30 --- 出發前往六家高鐵站，約 20~30 分鐘車程。
- 09:10 --- 首先進行減速腫之裝設，需先在路面上以鑽孔機鑽孔，再打入壁虎，如此才能將減速腫固定於地面上。
- 11:30 --- 租借實驗用車輛。
- 13:00 --- 第一次實驗為以 20~60 km/h 通過 5 公分之單峰及雙峰減速腫，每個速度進行四次實驗，並分別紀錄前座及後座的垂直加速度，以及每次實驗所需的時間。在交叉路口須配置人員加以管制。
- 15:30 --- 由於 VERICOM 的容量已滿，回到學校下載資料至電腦。
- 16:30 --- 第二次實驗為以 10 km/h 之速度通過實驗所設之 3 種減速腫。實驗流程依第一次實驗所述。
- 19:30 --- 第三次實驗為以 20~60 km/h 通過 3 公分之單峰減速腫，至此測得第一階段所需之 144 筆資料。
- 21:00 --- 進行第二階段問卷調查之初測，回收兩份問卷。

### 二、後續工作

1. 將蒐集的資料分類、圖形化、並加以分析。
2. 進行乘員感受之問卷調查。

### 三、實驗時應注意事項

1. 下次實驗需攜帶筆記型電腦，方便下載資料。
2. 路口之交通管制要確實，在高速行駛的實驗中所需的煞車距離較長，若實驗中有其他車輛闖入很容易發生事故。

## 參考文獻

### 中文部分

- [1] 吳宗修，陳裕強，「減速丘效能與適應性之研究」，86年道路交通安全與執法研討會，A179~A189頁，民國86年6月。
- [2] 交通部，「道路交通標誌標線號誌設置規則」，民國95年12月。
- [3] 陳高村，林清芬，「道路減速丘設施振動安全衝擊評估之研究」，89年道路交通安全與執法研討會，A255~A269頁，民國89年6月。
- [4] 劉怡焜，「全身振動的測量評估及對職業危害之探討—以客運車為例」，中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文，民國80年6月。
- [5] 彭新勝，「車輛底盤懸吊與傳動軸整體構件最佳化之振動分析」，中央大學機械工程研究所碩士論文，民國88年6月。
- [6] 吳德和、徐正宗，「車輛行進凸起路障之相關性研究」，屏東科技大學學報，第7卷，第3期，民國89年。
- [7] 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80年8月。
- [8] 曹壽民、鄭俊明、張佑華，「臺北市公車限速四十公里績效評估」，中華民國運輸學會第16屆論文研討會，民國90年11月。
- [9] 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86年11月。

### 英文部分

- [10] Massimiliano Pau, Silvano Angius. "Do speed bumps really decrease traffic speed? An Italian experience". Accident Analysis & Prevention 33(2001).
- [11] Manual on Uniform Traffic Control Devices, Federal Highway Administration, 2003.

- [12] ITE Technical Council Task Force on Speed Hump. "Guidelines for the Design and Application of Speed Humps." ITE Journal, 1993.
- [13] Ogden, K.W. Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering, Avebury Technical, Cambridge, 1995.
- [14] Watts, G.R., "Road Humps for the Control of Vehicle Speed," TRRL Rep.LR-597, 1973.
- [15] Stephens, B. W. "Road humps for the control of vehicular speeds and traffic flow." Public Roads, 1986 50(3), 82–90.
- [16] Raj V. Ponnaluri, P.E. and Paul W. Groce. "Operational Effectiveness of Speed Humps in Traffic Calming". Institute of Transportation Engineers. ITE Journal; Jul 2005.
- [17] Sahin Aslan, Ozgur Karcioğlu, Yavuz Katirci, Hayati Kandis, Naci Ezirmik, Ozlem Bilir. "Speed bump-induced spinal column injury". American Journal of Emergency Medicine 2005.
- [18] Wayne D. Cottrell, Naree Kim, Peter T. Martin, H Joseph Perrin Jr. "Effectiveness of traffic management in Salt Lake City, Utah". Journal of Safety Research 37 2006.
- [19] P.E. Uys , P.S. Els, M. Thoresson. "Suspension settings for optimal ride comfort of off-road vehicles travelling on roads with different roughness and speeds." Journal of Terramechanics 44 (2007) 163–175.
- [20] British Standard Institution. "British standard guide to measurement and evaluation of human exposure to whole body mechanical vibration and repeated shock." BS 6841:1987.
- [21] International Standard Organization. "Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration." ISO2631 2003.
- [22] Aljanahi, A. A. M., Rhodes, A. H. and Metcalfe, A.V. "Speed, speed limits and road traffic accidents under free flow conditions". Accident Analysis and Prevention, Vol. 31, 1999, pp. 161-168.

- [23] Engel, U. and Thomson, L.K. "Speed, speed limits, and accidents". Technical Report, 3/1988, Copenhagen.
- [24] Garber, S. and Graham, J.D. "The effects of the new 65 mile-per-hour speed limit on rural highway fatalities: A state-by-state analysis". Accident Analysis and Prevention, Vol. 22, 1990, pp. 137-149.
- [25] Nilsson, G. "Reduction in the speed limit from 110 km/h to 90 km/h during summer 1989. Effects on personal injury accidents, injured and speeds". VTI Rapport 358A. Swedish Road and Traffic Research Institute, Sweden, 1990.
- [26] Wagenaar, A. C., Streff, F. M. and Schultz, R.H. "Effects of the 65 mph speed limit on injury morbidity and mortality". Accident Analysis and Prevention, Vol. 22, 1990, pp. 571-585.
- [27] Nilsson, G. The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. In Proceedings of the International Symposium on the Effects of Speed Limits on Traffic Accidents & Transport Energy Use. Ireland: Road Research Programmed of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1981.
- [28] Cowley, J.E. "The relationship between speed and accidents: A literature review". J.E. Cowley & Associates, Melbourne. Report no. GR/87/2. Prepared for Road Traffic Authority, Hawthorn, Victoria, 1987.
- [29] Crash Data Retrieval System Validation Testing, Wisconsin State Patrol Academy, November 2001.