

## 減速丘效能與使用適應性之研究

吳宗修<sup>1</sup> 陳裕強<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立交通大學運輸工程與管理學系副教授

<sup>2</sup> 國立交通大學交通運輸研究所研究生

### 摘 要

維持車流速度穩定係提高道路容量的手段之一，而一般社區街道或機關學校內部道路控制車速則可以降低事故之發生，特別是在行人比例甚高之校園中，更是有此必要。目前廣泛使用來降低車速之交通工程設施包括標誌(速限、前有測速、慢行等)、標線(跳動標線)與減速丘(Speed hump, 又稱為駝峰路面)。前兩者均被認為效果微小，而後者則缺乏國家標準，隨施工品質不一，大小尺寸亦各異，甚至經常可見丘峰被汽車底盤括觸痕跡。至於其實際減速之效能則尚無具體測試數據加以佐證。本研究選擇不同尺寸市售制式減速丘，在學校社區內實際測量樣本車輛在通過減速丘及其上、下游時之速度，進行統計比較分析，並比較裝設前、裝設後，以及裝設後適應一段時間之資料。結果顯示不同厚度之減速丘，具有相異之減速效果，而且使用者長期亦不相同。

### 一、前言

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，常常會依其不同需要而設置適當的減速設備，常見的減速設備包括有：標線、標誌及地上突起物。前兩者的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，而仍未有減速甚或超速的情況發生。所謂減速丘乃是一種突起且垂直於道路路面的減速設備，用來減緩車速或降低車流量，此種設施在國外已行之有年，其相關文獻也較完整。減速丘設置之優點與所帶來交通上的不便，應做一權衡取捨。對於減速丘的效能與評估方式，國內目前尚無一定的標準。減速丘之規格、利弊得失與設置限制，應當有一客觀公正的評估。本研究將利用測速設備來衡量某一路段上之固定點，在設置減速丘前後的速度變化，藉以統計評估其效能。交通設施之裝置初期往往有使用者因尚未適應而顯現不穩定的反應，本研究因此特別在減速丘裝設後一個月至兩個月進行測速評估，以瞭解使用適應性。

### 二、減速設施簡介

國內目前尚無介紹平面道路上減速設施之相關文獻(僅有減速標線有規範標準)，而此種設施在國外已行之有年，對於各種不同的減速設施，都有其規格化的標準訂立；其中包含長、寬、高、圓周長、直徑、材料、設置規範及注意事項等，都有明確的規定。國內所設置的減速設施，規格大都不相同，其對道路的破壞與對駕駛者所造成的不舒服感，常常為人所詬病，甚至有刮傷汽車底盤的情事發生；如此，不但無法發揮減速丘之功能，更會造成交通上的危險。除了執法上

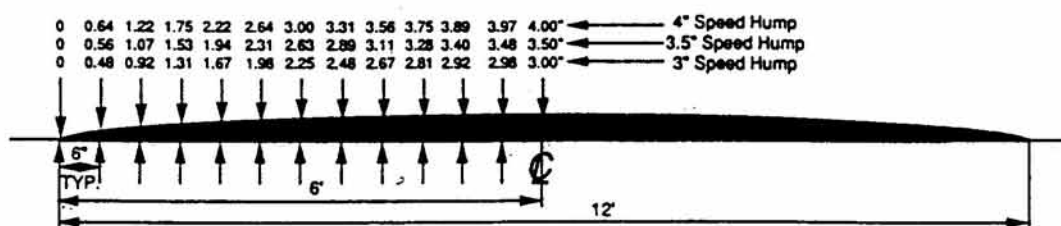
的取締告發或警告之外，在交通工程上有多種的減速設備，例如：

減速腫：(Speed bump, 又稱為減速檔)

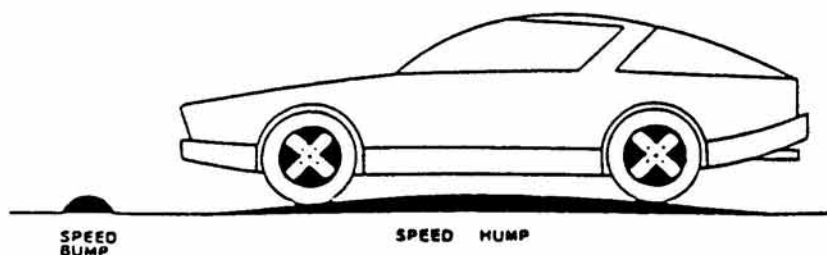
大多用於停車場附近及私人道路上。其高介於3英吋至6英吋之間，長介於1呎到3呎間。一般可減緩車速到5英哩/小時，或是更低，但是其對於駕駛人所造成的不舒服的感，也相對的較高[1]。

減速丘：(Speed hump, 又稱為駝峰路面)

相對於減速腫，減速丘使用的範圍則較廣，標準化的設計高度介於3英吋至4英吋之間，長則為12呎。一般平均速度對駕駛人會產生些許的不舒服感，若速度較大則不舒服感也會顯著的增加。平均可減緩車速到15英哩/小時，若在一系統中之適當地點，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[1]。國外標準化的側面設計詳見圖一，減速丘與減速腫之大小關係詳見圖二。



圖一：減速丘之標準斷面設計規格[1]



圖二：減速丘與減速檔之相對簡圖[1]

### 輓輓條：(Rumble Strip)

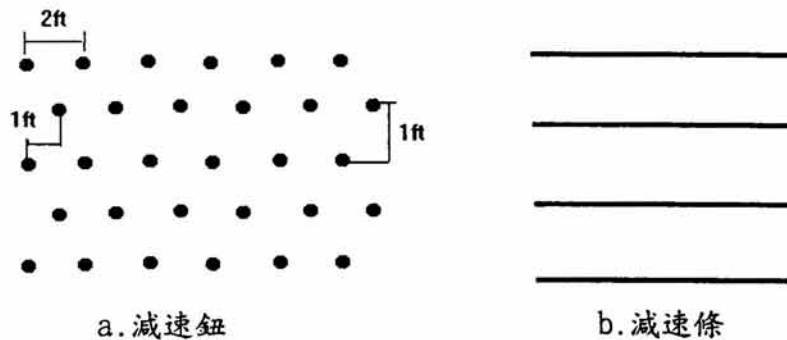
分為點狀及條狀的減速裝置，車輛經過時會出現隆隆聲響；點狀的減速鈕所使用的材料為大多為陶製或玻璃製的；而條狀的減速條則多為塑膠製品[2]。分述如下：

#### a. 減速鈕(White Ceramic Buttons)

為鈕狀，常具有反光特性，直徑為 4 英吋，高為 3 / 4 英吋。同一行的兩點相距 2 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[2]。詳見圖三。

#### b. 減速條(Rumble Bars)

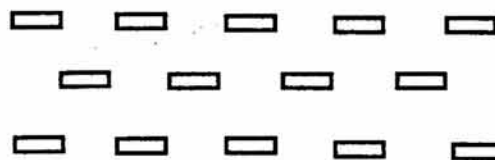
為長條狀，材質大多為塑膠，長為 2 4 英吋，寬為 3 . 5 吋，高為 0 . 5 吋。條與條之間的距離隨著道路之速限而定；若速限為 4 0 英哩/小時，則兩者之間距離為 4 呎；若速限為 3 0 英哩/小時，則兩者之間距離為 3 呎[2]。(見下圖)



圖三：減速鈕與減速條之簡圖[2]

#### c. 減速磚(Rumble Squares)

為方型突起狀，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)

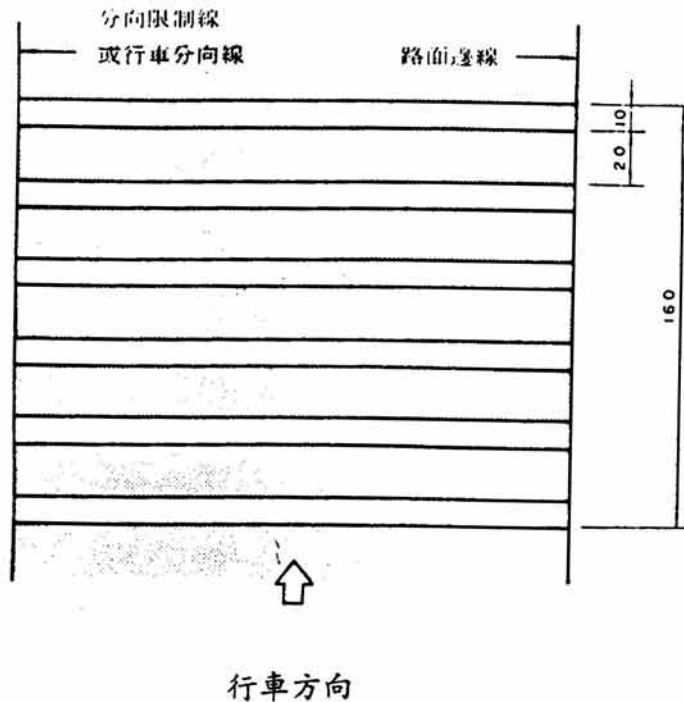


圖四：減速磚簡圖

由以上之定義可知，國內所使用的減速丘，嚴格而言，應多係減速腫(speed bump)。其差異縱只在斷面之不同，實則減速功能與舒適度均大不相同。

國內目前僅有的減速設施規範為減速標線，在交通標誌號誌標線設置規則[3]的第一百五十九條規定中「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 公尺設一組，依進行方向之路面寬度劃設。本標記得配合設置路面顛簸標誌」。設置圖例如圖五。



圖五：國內減速標線設置圖例(單位:公分)[3]

設置減速丘並非隨心所欲，其設置條件與優缺點有必要加以瞭解，始能得到正面之效果，表一節錄文獻所述要項[1]。

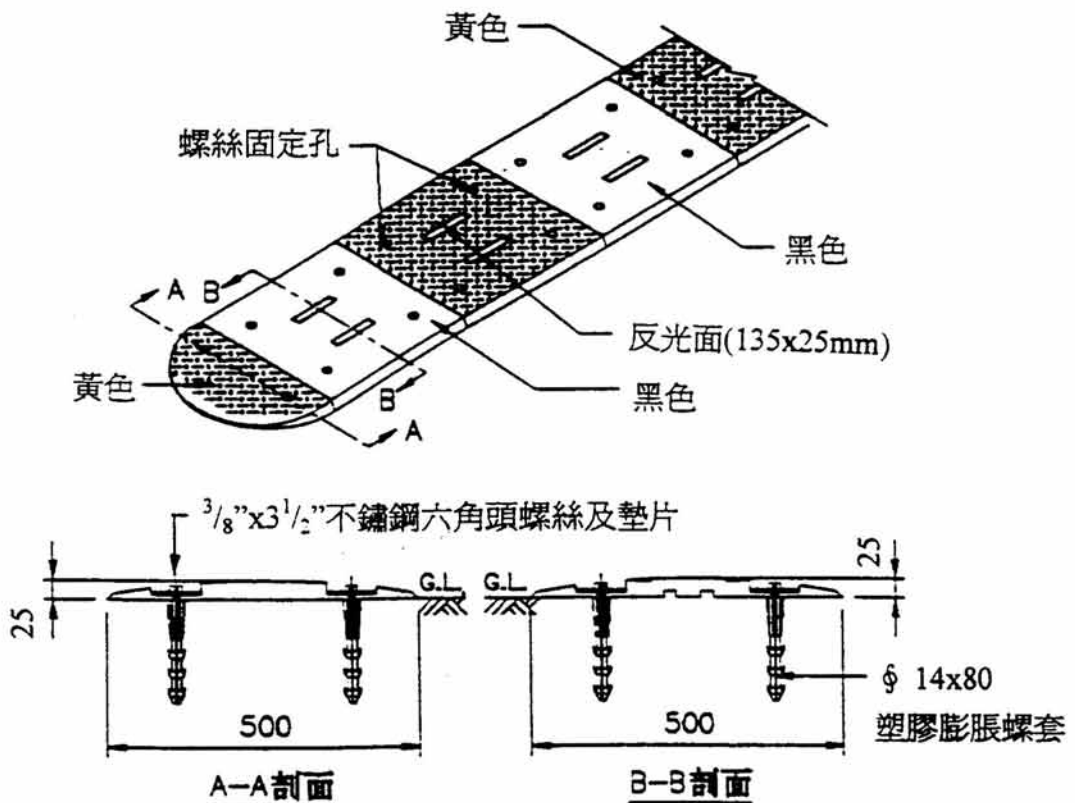
表一：設置減速丘之優缺點及應注意事項[1]

- \* 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量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，但必非絕對。
- \* 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，將不會有顯著的噪音減少。
- \* 在有減速丘之路段，必須設置適當的標誌或標線，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盡量避免大貨車，公車，及緊急車輛的通過。以免造成貨物掉落，乘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修保養造成困擾；例如掃街及鏟雪。
- \* 減速丘只可設在地區性之兩車道的住宅區，每日車流量須少於 3 0 0 0 輛，平均車速須小於 3 0 英哩/小時的路段。

- \*減速丘之設置應盡量與道路的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。

### 三、評估方法

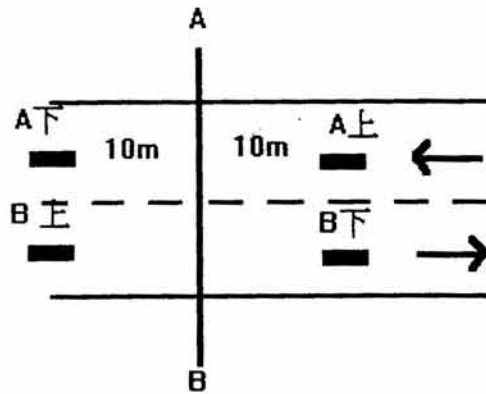
評估減速丘的效能可從多項因子著手，例如：車流量、車速、噪音、肇事率等，但是由於減速丘的主要直接功能為減緩車速，故本研究評估減速丘之效能，將集中在觀測設置減速丘前後的車速變化。車速資料搜集是採用最先進的雷射測速槍，其測量一部車之車速的反應時間僅需 0.3 秒，只要在適當的地點觀測，測出之車速可說誤差極微。同時雷射測速槍可直接和電腦連線，只要固定地點，車輛一經過觀測點，車速會自動的被記錄，還可藉由電腦軟體控制方向、車速範圍、調查時間、調查距離等，因此可以設定量測距離，使得樣本車輛均為通過同一點之車速。雷射波發射錐角度只有不到十分之一度，因此，除目標認定精確之外，也不可能被受測車輛所偵測到，不至於扭曲所調查之車速資料[4]。由於減速丘的尺寸不一，本研究乃選擇市售制式不同尺寸之樣品作測試。所選擇測試樣品三種之斷面高度分別為 7 公分、5 公分及 3 公分。(斷面如圖六所示)



容許誤差：± 5mm

圖六：減速丘制式段面示意圖

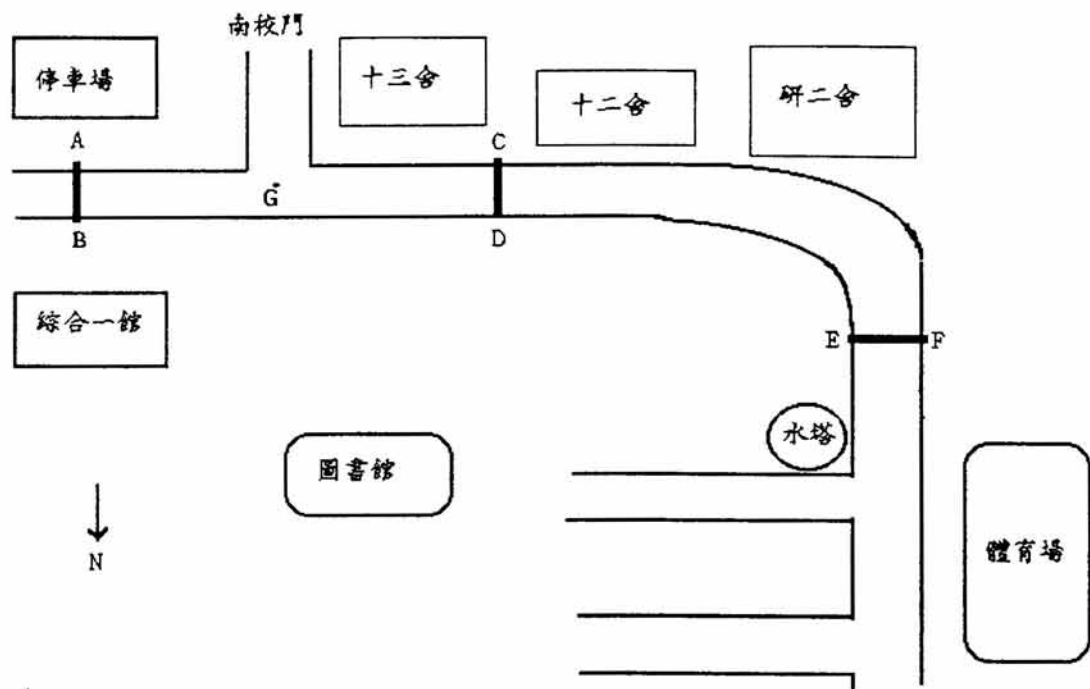
減速丘之設置除在設置點上之速度會受影響之外，其上下游也有可能受到影響，而其程度與範圍亦是值得探討之課題。本研究分別在減速丘位置及其上下游各十公尺處量測車速資料，以作事前-事後之分析。一般道路若無太大的幾何變化(如轉彎、急坡等)，其車速在一筆直路段上(總長約三十公尺)應維持一定。因此，減速丘裝置前之相隔三點車速可只測量一點為代表即可。如圖七所示，若減速丘欲裝設於AB點上，則事前車速資料只需調查AB點上之通過車速。減速丘裝設後，再分別於其上下游十公尺處，增加車速蒐集點。



圖七：減速丘位置與測速點示意圖

由前一節文獻所述設置注意事項所提，減速丘只可設在地區性之兩車道住宅區，每日車流量少於三千輛，車速須小於30英哩/小時的路段；本研究經初步觀察後，選擇交通大學南區校園道路，也就是本校十二舍、十三舍及研二舍前到體育場的校園路段為調查地點，位置示意圖如圖八。而此路段的幾何特性：由綜合一館前的減速丘至十二舍前的減速丘之距離約為35公尺；而經過十二舍之後為一下坡度路段，起點約在十二舍前之減速丘後十公尺處；而此下坡路段的終點約在水塔前的減速丘之前20公尺處為止，整個下坡路段距離約為230公尺。

選擇此三處設置減速丘的原因是因為：南校門車輛進出頻繁，宿舍區學生進出時人潮與腳踏車較多，同時又有二路公車經過，再加上附近綜合一館上課學生眾多。車輛過了研二舍的彎曲路段後為一筆直路段，駕駛者容易開快車，又有從圖書館方向而來的車輛會在此處左轉，附近又是停車場，車輛進出頻繁，此處又是在操場及體育館運動之學生必經之路，故有必要減緩車速。觀測地點在裝置減速丘前之速度，經調查後統計如表二所示。其中EF點明顯地速度較高。為了比較不同高度的減速丘對速度的減緩效果，以及顧及駕駛者的舒適性，所以在不同地點設置不同斷面高度的減速丘，用來比較其中的差異：AB點行人穿越性高，所設置的減速丘，其斷面高為7cm，CD點為5cm，EF點之事前車速最高，為維護行車安全，以較低之3cm高度為選擇。



圖八：減速丘裝設位置圖

表二：裝設減速丘前之速度

地點位置	速度(kph)
A	28.3
B	32.8
C	30.2
D	30.9
E	42.8
F	43.9

設置減速丘之後，整條路段的服務水準會因此而降低，換句話說，除了會使車速變慢外，相對的總旅行時間也會因此而加長。本研究也調查設置減速丘對於總旅行時間的影響，由於車輛有些經過南校區時，沒有通過本研究路段的車輛就經由南校門直接離開校園，故將旅行時間分為兩部份，第一部份是從水塔為起點，經由研究路段，然後轉出南校門之車輛，計算其旅行時間(F-G 路段)，同理，也計算由南校門進入校區研究路段之車輛的旅行時間(G-E 路段)；第二部份係針對沒有經由南校門進出之車輛，以綜合一館及水塔分別為為起訖點，計算車輛之旅行時間(F-A、B-E 兩路段)。減速丘裝設前之旅行時間調查結果如表三所示。

表三：裝設減速丘前之旅行時間

調查路段	距離(公尺)	旅行時間(Sec)
F→G	414	39.65
G→E	406	39.91
F→A	454	42.34
B→E	446	41.89

#### 四、測試分析

根據上述之方法及實地量測，在設置減速丘之前後，隨機採取樣本數均大於30，各點的平均車速調查結果如下表所示：

表四：車輛速度變化之結果

地點位置	裝設減速丘前速度(kph)			裝設減速丘後速度(kph)			速度減緩之百分比(%)		
	上游	設點	下游	上游	設點	下游	上游	設點	下游
A	28.3	28.3	28.3	21.0	12.9	22.9	25.80%	54.42%	19.08%
B	32.8	32.8	32.8	21.9	12.1	22.3	33.23%	63.11%	32.01%
C	30.2	30.2	30.2	21.4	18.5	21.4	29.14%	38.74%	29.14%
D	30.9	30.9	30.9	23.3	18.1	21.6	24.60%	41.42%	30.10%
E	42.8	42.8	42.8	34.9	30.1	32.2	18.46%	29.67%	24.77%
F	43.9	43.9	43.9	32.3	30.2	32.8	26.42%	31.21%	25.28%

由此結果顯示：AB 點的減速丘由於斷面較高(7cm)所減緩的車速比率也相對的較大，車輛通過減速丘之兩方向所達到的減緩車速比率分別為 54.42%、63.11%。CD 點的減速丘斷面高度相對於 AB 點則略低(5cm)，其減緩的比率也相對的較少，兩方向的減緩比率分別為 38.74%、41.42%。對於斷面高度只有 3cm 的 EF 點，其減緩的比率最低，兩方向的減緩比率分別為 29.67%、31.21%。整條路段所減緩速度的平均比率約為 32.03%。其次，在駕駛者見到減速丘之前與通過減速丘之後的車速變化，也就是本研究所定義之上下游十公尺的位置，有些上游車速減緩率大於下游車速減緩率的路段如 A、B、F；而有些則相反，如 D、E。根據調查時的觀察，在接近或遠離減速丘之車速與駕駛者的駕駛習慣有密切的關係，除此之外，由於量測時間為裝設減速丘之後的兩天，有些駕駛者尚未熟悉道路狀況的改變，因此，尚未發現通過減速丘上下游的車速有一定的規則。

各調查路段之旅行時間隨機取樣的樣本數均為 30，調查結果如下表所示：



表五：旅行時間變化之結果

調查路段	裝設減速丘前之旅行時間 (Sec)	裝設減速丘後之旅行時間 (Sec)	旅行時間增加量 (%)
F → G	39.65	42.04	6.03%
G → E	39.91	43.06	7.89%
F → A	42.34	52.61	24.26%
B → E	41.89	52.29	24.83%

研究路段的車輛旅行時間在 E-G、G-E 路段分別增加了 6.03% 及 7.89%；但是 A-F、E-B 路段之旅行時間卻增加了 24.26% 與 24.83%，雖然由南校門到綜合一館的距離很短，但比對前述車速減低結果可知增加了 AB 點的減速丘將使得旅行時間大增，這是因為 AB 點的減速丘其斷面高度較高，車輛通過速度較慢，遂使得總旅行時間相對的增加。而平均旅行時間增加的比率為 16.00%。由事後的一般駕駛者之反應發現，駕駛者尚未習慣道路狀況的改變，對於 AB 點減速丘的設置較有爭議，其斷面高度高，常造成駕駛者之不舒服感。再者，對於車輛底盤較低的駕駛者，也常因速度過快或未發現此新增之減速丘，抱怨此處的減速丘過高，使得車輛通過時彈跳過大，或是造成車輛底盤的受損。不過對於這種情況，相信在經過一段時間，駕駛者對於路況較熟悉後，應能適應此減速設施。

### 五、使用適應性

為了探討經過一段時間後，駕駛者的駕駛行為是否會受習慣所影響而改變，故選擇在裝置減速丘後一個月以上，重新對車速與旅行時間做調查，以便探討道路使用者的駕駛習慣是否會隨時間而改變。其結果如表六與表七所示。

表六：適應後車輛通過減速丘速度之變化

地點位置	裝設減速丘一個月以上後之速度(kph)		
	上游	設點	中游
A	18.5	7.2	17.4
B	16.1	7.9	15.6
C	22.3	19.0	23.1
D	24.1	18.8	23.0
E	34.6	31.6	34.3
F	34.2	30.2	33.1

表七：適應後旅行時間之變化

調查路段	旅行時間(Sec)
F → G	41.75
G → E	40.08
F → A	51.22
B → E	51.73

由調查結果可發現，裝設在 AB 路段的減速丘由於斷面較高(7 公分)，駕駛者在經過一個月的適應期之後，並不會因為熟悉此段路面之減速丘而加快速度通過；相反的，駕駛者反而以更慢的車速通過此路段。由於通過七公分的減速丘對車內的人會造成極不舒服的行車感覺，乃至於駕駛者通過時均會慢慢通過以減低不適感。而其他路段的減速丘斷面均不高，對行車的順暢性不會造成太大的影響，故經過一個月的習慣後，駕駛者再通過時的速度都比適應前快，但增加的程度仍是極小部份，可知減速丘的設置確實達到降低車速的目的，並不會因為駕駛者習慣路面狀況後，而折損減速丘的減速功能。整條路段速所減緩速度的平均比率變為 35.75%。在旅行時間方面，經過一個月的適應後，旅行時間均比適應前所花費的時間少，而平均旅行時間增加比率變為 18.82%，惟減少的旅行時間部份均極微小，再次驗證減速丘的功能並不會隨時間而降低。

而將三次測量之結果其速度與旅行時間的變化分別以表八與表九表示，而平均減緩速度與平均增加之旅行時間則如表十所示。

表八：三次測量之速度變化結果(kph)

地點位置	裝設減速丘前速度			裝設減速丘後速度			適應減速丘後		
	上游	設點	下游	上游	設點	下游	上游	設點	下游
A	28.3	28.3	28.3	21.0	12.9	22.9	18.5	7.2	17.4
B	32.8	32.8	32.8	21.9	12.1	22.3	16.1	7.9	15.6
C	30.2	30.2	30.2	21.4	18.5	21.4	22.3	19.0	23.1
D	30.9	30.9	30.9	23.3	18.1	21.6	24.1	18.8	23.0
E	42.8	42.8	42.8	34.9	30.1	32.2	34.6	31.6	34.3
F	43.9	43.9	43.9	32.3	30.2	32.8	34.2	30.2	33.1

表九：適應後旅行時間變化結果

調查路段	裝設減速丘前之旅行時間(Sec)	裝設減速丘後之旅行時間(Sec)	適應減速丘後之旅行時間(Sec)
F → G	39.65	42.04	41.75
G → E	39.91	43.06	40.08
F → A	42.34	52.61	51.22
B → E	41.89	52.29	51.73

表十：適應前後速度與旅行時間之變化百分比

	平均速度(%)	平均旅行時間(Sec)
適應前	-32.03%	+16.00%
適應後	-35.75%	+12.82%

## 六、結論

根據本研究之結果，可以得到以下幾點結論：

1. 斷面越高的減速丘，通過時速度的減緩比率越大。易言之，斷面較高的減速丘可以使車速降到較低。
2. 三處減速丘的設置，使得整個路段平均速度減緩了約 32.03%，長期適應後減緩比率亦達 35.75%由此數據不難發現設置減速丘已達到原訂的減速目的。
3. 三處減速丘的設置，使得整個路段平均旅行時間增加了約 16.00%，長期適應後平均旅行時間增加比率亦達 12.82%。
4. 減速丘除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預警性減緩效果。
5. 減速丘的功能並不會因為駕駛者長期習慣路面狀況後而有明顯降低。
6. 其他形式之減速丘(不同斷面、不同尺寸、不同材料)之減速效果亦是值得研究之課題。

## 參考資料

1. ITE Technical Council Task Force on Speed Humps, "Guidelines for the Design and Application of Speed Humps", *ITE Journal*, May 1993
2. M. J. Cynecki, J.W. Sparks & J. L. Gorte, "Rumble Strips and Pedestrian Safety", *ITE Journal*, August 1993.
3. "道路交通標誌標線號誌設置規則" 民國八十四年一月
4. 吳宗修, 「雷射與雷達測速之比較」, 八十五年道路交通安全與執法研討會論文集, 中央警察大學, 民國八十五年六月
5. 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, 台南成功大學, 民國八十五年十一月