

橋梁上機車自由車流速率特性之研究¹

FREE-FLOW SPEED CHARACTERISTICS OF MOTORCYCLES ON THE BRIDGE

曾平毅 Pin-Yi Tseng²

劉慶信 Qing-Xin Liu³

(109 年 7 月 29 日收稿，109 年 9 月 9 日第一次修正，110 年 4 月 19 日第二次修正，
110 年 6 月 7 日第三次修正，110 年 10 月 18 日第四次修正，110 年 11 月 5 日接受)

摘 要

目前國內針對橋梁上機車的自由車流速率之研究相當欠缺，因此本研究乃針對臺北市及新北市間的五座重要橋梁，進行機車道自由車流速率的現場調查與分析工作，以探究機車於橋梁上的行駛特性。本研究運用旅行時間調查之方法，先在橋梁上選擇一段平直的測速區間，並架設兩台錄影機紀錄機車通過測速區間所需的時間，再以區間距離除以機車通過時間求得機車的旅行速率。經由現場資料分析，建議以車距 (headway) 超過 3 秒以上作為自由旅行機車之認定基礎，因為車距 3 秒以上的機車平均速率開始趨於穩定，且與其他更長的車距分組無顯著差異。經 K-S 檢定法與 Q-Q plot 均顯示各橋梁的機車自由車流速率為常態分配。五座橋梁上機車平均自由車流速率在速限均為 40 公里/小時的情況下，竟高達 52.6~56.8 公里/小時之間，並有高達 85.1%~93.0% 的機車超速行駛。本研究亦發現橋梁上機車自由車流速率與車道寬有低度正相關，自由車流速率會隨著車道寬增加而增加。本研究之研究成果可進一步了解臺灣橋梁機車行駛特性以及未來作為區間速率執法之參考。

-
1. 本文為科技部專題研究 MOST 107-2410-H-015-006 部分研究成果，作者感謝科技部補助經費。
 2. 中央警察大學交通學系教授(聯絡地址：33334 桃園市龜山區樹人路 56 號，電話：03-3281991，E-mail：una139@mail.cpu.edu.tw)。
 3. 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於臺中市政府警察局。

關鍵詞： 橋梁、自由車流速率、區間平均速率、速限、車距

ABSTRACT

The current research on the free-flow speed of motorcycle on bridges is rather lacking. Therefore, this study is aimed at the five important bridges between Taipei City and New Taipei City, and conducts field investigation and analysis of the free-flow speed characteristics of the motorcycles on the bridges. This study uses the travel time survey method to collect motorcycle travel speed data. Firstly, it selected a straight and flat section on the bridge. Secondly, it set up two time-synchronized video recorders to record the time required for the motorcycle pass the section. Thirdly, it used the section distance divided the travel time to obtain the motorcycle sectional average speed data. It is suggested to use the headway for more than 3 seconds to define a motorcycle travel on free-flow situation or not by field data analysis. The average motorcycle speed with a headway more than 3 seconds begins to stabilize, and there is no significant different with other longer headway groups. And, all motorcycle free-flow speeds are distributed as normal distribution by K-S test and Q-Q plot. The average motorcycle free-flow speeds on the five bridges are as high as 52.6~56.8 km/h with a speed limit of 40 km/h, and there are as many as 85.1%~93.0% motorcycles speeding. The study also found that the motorcycle free-flow speed on the bridge is positively correlated with the lane width, and the free-flow speed increases with the increase of the lane width. The research results of this study can further understand the motorcycle driving characteristics of Taiwan's bridge and the future as a reference for sectional average speed enforcement.

Key Words : Bridge, Free-flow Speed, Sectional Average Speed, Speed Limit, Headway

一、緒 論

全臺的橋梁經交通部統計資料網記載共有約 11,368 座 (包含公路橋梁及鐵路橋梁)，而橋梁是跨越峽谷、山谷、道路、鐵路、河流、其他水域、或其他障礙而建造的結構，其主要目的是允許人、車輛、火車或船舶穿過障礙。是將交通路線 (如道路、鐵路、水道等) 或者其他設施 (如管道、電纜等) 跨越天然障礙 (如河流、海峽、峽谷等) 或人工障礙 (高速公路、鐵路線) 的構造物。以臺北市為例，與鄰近地區 (新北市、桃園市、基隆市) 的連結道路，都是以橋梁作為運輸的主體，故橋梁在臺灣地區的交通運輸上有極大的連結作用，因此對於橋梁上的車流特性之了解，實為一重要的課題。

而臺灣地區因道路及停車面積有限，且機車因具有機動性、便捷、停車方便、價格便宜等特性，為臺灣地區最普遍之個人交通工具，根據交通部統計資料網記載 109 年 3 月之前的統計，全臺已登記的機車數量為 14,007,440 輛，平均 93.8 (輛/百人) 每百人機動車輛數，更顯示機車是臺灣交通組成的主要結構，但國內目前研究大多數都是針對機車的駕駛行為模式去探討，對於常見的機車之自由車流速率 (free-flow speed，以下簡稱自由速率) 或是機車橋梁上之速率特性尚無研究，也無本土相關研究之數據資料。

我國交通部運輸研究所 (以下簡稱運研所) 於 2011 年所發行之「臺灣公路容量手冊」(以下簡稱臺灣 HCM)^[1]，有針對機車專用道的機車車流特性與容量進行探討。指出純機車車流之跟車行為受到車道寬度影響，且為連續函數；機車車流的流量、密度、速度關係曲線有類似汽車車流的趨勢。但對於機車自由車流速率及橋梁上機車車流特性或容量並沒有很多的探討，所以本研究希望藉由現場調查及蒐集橋梁上的機車自由速率資料，了解機車在橋梁上的車流特性，及能提供未來國內橋梁機車速率模型建構或執行機車區間速率執法 (Sectional Speed Enforcement) 之應用。

二、文獻回顧與評析

有關橋梁上機車自由車流速率之相關文獻甚少，以下針對自由行駛速率、機車特性及機車車流特性三部分的文章進行回顧。

2.1 自由車流速率

根據美國 Transportation Research Board 公路容量手冊 (HCM)^[2] 的定義，自由車流速率指一車輛在不受其他車輛、行人或號誌之干擾下依據道路狀況駕駛者所採取之最舒適的行駛速率稱為自由車流速率。自由車流速率可以從下列幾個方面加以定義：

1. 自由車流速率是速率 (km/h) 與密度 (veh/km/ln) 關係中，密度接近為 0 時所對應之理論速率，此理論速率所對應之流量 (veh/h/ln) 亦為 0。
2. 在低流量之情況下，車輛通過無號誌路口之市區街道基本路段 (segment) 之平均速率。
3. 在低流量情況下，小客車 (passenger cars) 通過高速公路或多車道公路基本路段之平均行駛速率。

陳惠國等人^[3]指出此速率是在低交通量下，駕駛者有充分自由，可以其意願或速限，以接近或超過速限之速率行進。

個別車輛之自由速率通常需整合成平均速率，平均自由速率可區分為時間平均速率 (算術平均數) 及空間平均速率 (調和平均數)。兩點間之距離除以其行駛時間稱為旅行速率，依分析方法之不同，可區分為空間平均速率 (space mean speed) 及時間平均速率 (time mean speed)^[3]。

2.2 機車特性

機車或稱摩托車 (motorcycle, motorbike)，是使用引擎動力的機器，設計將前後兩個輪子與引擎配置於同一平面上，作為一種載人、物的運具^[4]。

機車與其他車輛最重要的區別是導向操作 (steering) 的方式，機車只有兩個輪子且只能控制其中一個輪子的方向。機車轉彎是一種圓周運動，靠著人與車的傾斜來產生轉彎所需要的向心力，其傾斜角度 (lean angle) 與轉彎半徑和行車速度有數學的關聯性，其傾斜角度的正切函數 (tangent) 值等於離心力與重力的比值。如果比值大於摩擦係數，則會有兩種可能發生：將以更大的弧線滑行或產生側滑並且轉倒^[4,5]。

將行駛中的機車煞停也是機車與其他車輛有所不同的地方，因為大部分的機車煞車都採前輪與後輪煞車分離且獨立控制，機車煞車時，欲避免車輪鎖死導致車輛失控必須謹慎小心地控制煞車^[5,6]。

2.3 機車車流特性

蘇昭銘等人^[6]的研究指出，在機車專用道上所蒐集的機車行駛速率調查結果顯示：研究路段中之機車平均行駛速率為 50.06 公里/小時，標準差為 7.56 公里/小時，最高速率 66 公里/小時，最低速率 39 公里/小時，峰態係數為 2.57，屬於低闊峰，顯示其離散程度較大。另機車超車比例調查值達 0.34，顯示機車具有高超車比例。

張瓊文等人^[7]曾錄影調查臺北市 8 個機車專用道的路口停等機車疏解行為，分析結果顯示各車道疏解率在綠燈啟亮後 10 秒開始平穩，顯示所調查之機車專用道存在飽和流率。利用「實際使用疏解寬度」可有效地作為估計飽和流率之參數，亦即飽和流率隨著實際使用疏解寬度的增加而明顯地增加。

曾平毅等人^[8]曾針對 9 個市區機車專用道路段之自由速率進行調查發現，在最高速限 50 公里/小時的一般都市道路上，機車專用道之平均自由速率有隨號誌化路口間距之增長而增高之現象，但間距超過 1 公里時，機車之平均自由速率趨近穩定 (大約為 57 公里/小時)。機車之平均速率比鄰近車道上小車之平均速率低，平均大約相差 6 公里/小時，而且個別車輛自由速率之分布為一常態分布。

機車在高速時如欲轉向，由於陀螺效應使前輪難以轉動，騎士必須透過傾斜車身才得以改變行進方向。轉動手把改變行進方向只能在車速相當低的情況下進行，但這時保持平衡行駛將變的不容易。將行駛中的機車煞停必須謹慎小心的控制前後輪分離且獨立的剎車控制器 (踏板或是手把)，以達最大剎車效果且避免車輪鎖止導致車輛失控。大排氣量機車之加速性能明顯高於同排氣量之汽車，而國內常見的排氣量 125c.c 速克達，其加速性能亦不遜於汽車。並將機車行駛行為分成穿越車隙、行駛路縫及共享車道 (併排行駛) 等三類^[5]。

2.4 綜合評析

由前述文獻回顧，綜合評析如下：

1. 自由速率之研究有其重要性，在國外有許多用以估計旅行速率、車輛延滯、車流對空氣污染及油耗量之模式，皆須利用空間平均自由速率作為輸入值。美國 HCM2000 分析都市幹道亦以自由速率為基礎輸入參數。本研究擬使用錄影觀測法來蒐集橋梁上機車的自由旅行速率，倘若在離峰時間且觀測方法得宜，預計可以蒐集接近自由車流速率的資料。
2. 最高速限常以車流速率的第 85 百分位訂定，換言之，總是有車輛會超過速限行駛，且機車車流特性之文獻回顧於機慢車專用車道時超車比例較高，但機車在橋梁上的機車道自由旅行時，其狀況如何？國內沒有本土初步研究，實際情況還不清楚。
3. 因機車車流特性之緣故，機車行駛於機慢車專用車道時，若車道寬度夠寬，通常會以共享車道併行行駛的方式行進，但也會因為車道變窄或受到坡度、平曲線之影響而容易擁擠、衝突，造成各種加、減速反應，影響車流行為及安全的因素甚為複雜。因此，本研究觀測的機車道路段以橋梁上平直路段且車道寬度無顯著變化處為主。
4. 由於目前臺灣交通界對於機車自由車流速率的研究不多，尤其是國內對於機車自由車流速率及橋梁上機慢車專用道的交通特性分析的研究相當稀少，且臺灣橋梁設置具有本土特性，國外之文獻並不見得適用國內研究，故有必要進一步蒐集現場資料，以探究其特性。

三、現場調查計畫與執行

3.1 調查橋梁之踏勘與選擇

大臺北生活圈內淡水河系（包括新店溪、大漢溪、基隆河等）上有許多橋梁，由於臺北市為大都會區的都市核心，在臺北市與新北市之間的往來，一直是生活圈內民眾最重要的生活、就學、工作等活動的重要路徑。因此本研究先行踏勘與考量交通共通特性（進出臺北市的重要橋梁），以及下列作業上的考量因素：

1. 橋梁上有機慢車專用道的設置。
2. 機慢車專用道與汽車道有實體分隔設施。
3. 機慢車專用道有兩車道的設計，避免因只有一個車道，導致機車車流特性（超車、併行）影響機車自由車流速率。
4. 觀測橋梁時無超速取締之執法。
5. 觀測橋梁有人行道且其寬度需超過 2 公尺以上，避免設置錄影設備時離機車駕駛太近，影響機車駕駛人心態進而剎車或加速。
6. 為能掌握不同長度的橋梁上機慢車專用車道之自由車流速率特性，選擇觀測橋梁時，宜有短、中、長不同的橋梁長度。

綜合上述條件，且透過實地踏勘以選取適合的觀測地點，最後共選取五座橋梁，如表 1 及圖 1 所示。

表 1 橋梁觀測地點一覽表

橋梁名稱	橋梁長度 (公尺)	人行道寬度 (公尺)	是否設置機 慢車專用道	車道數	車道寬(公尺)		現場照片
					內	外	
重陽橋	1,200	2.0	有	2	1.5	1.5	圖 1-(a)
臺北橋	1,300	3.6	有	2	2.2	2.2	圖 1-(b)
福和橋	2,000	2.5	有	2	1.5	1.5	圖 1-(c)
華江橋	2,400	3.6	有	2	1.5	1.5	圖 1-(d)
華中橋	3,000	3.0	有	2	1.5	1.5	圖 1-(e)

註：表中橋梁均無超速取締措施及器材。



(a)重陽橋



(b)臺北橋



(c)福和橋



(d)華江橋



(e)華中橋

圖 1 觀測機慢車道機車自由速率之五座橋現況

3.2 調查時間與方式之選擇

在選定觀測橋梁之後，為了達到觀測成果能有相同的比較基準，本研究的觀測調查時間以及調查方式，說明如下：

1. 調查時間的選擇

本研究是探討橋梁上機車自由車流速率之特性，主要是針對橋梁上的機慢車專用道接近自由車流 (free flow) 狀況下之機車平均速率的調查與分析。由於車流率 (flow rate) 較高時之機車流平均速率會明顯受到流率的影響，因此本研究暫不考慮較高流率狀況之車流型態，而將調查時段以白天 (自然光) 的離峰時段為優先 (假日、週末或非上、下班時間) 及晴朗天候的天氣，且觀測時間以 1 小時為主。

2. 調查方式與器材之選擇

自由車流速率調查的方式有旅行時間 (travel time) 法、游動車輛 (floating car) 調查法或是現點速率 (spot speed) 調查法等方法，根據文獻回顧內容，前人大都使用現點速率之方法，以雷射測速槍 (laser gun) 蒐集現場的現點速率作為自由速率的樣本，再以取得速率資料的算術平均數轉換為調和平均數來推估其自由車流速率。

但若以雷射測速槍蒐集機車現點速率，由於機車之正面面積較小，只能從機車後方瞄準車尾的號牌取得速率資料，且為了避免受到觀測方向與機車行駛方向之夾角的影響，實地調查時雷射測速槍掃描的角度必須控制在測速方向與車行方向在 15° 內 (速率之估計誤差在 3.4% 以內)。而橋梁上人行道並無足夠的空間可以讓觀測者以夾角 15° 做速率資料的蒐集，且橋梁上因地理位置空曠也無其他可隱蔽之處可供觀測者躲藏，恐影響駕駛人心理及其行駛速率。

美國 2000 HCM 指出自由車流速率現場調查，可以在低、中流量之情況下，進行旅行時間調查而完成，故本研究考量實際狀況及蒐集資料最小誤差的情形下 (調查人力、時間、經費等)，選擇旅行時間調查之方法 (travel time studies)。

因此，本研究乃於橋梁上機慢車專用道選取一段測速區間 (起點與訖點各有一基準線)，並利用兩部攝影機以「對時」、「同步錄影方式」來蒐集機慢車專用道之機車通過兩基準線時間的速率資料，並用照相機拍攝現場情況，同時以測距輪蒐集調查地點的幾何資料並加以記錄。

3.3 調查計畫執行

以圖 2 橋梁上機慢車道錄影調查示意圖為例，測速區間長度 (L) 須先行選取及測量其長度，但測速區間的起點基準線位置 (A) 須考量號誌化路口綠燈紓解後機車車隊擴散效果^[9]，宜距離上游號誌化路口 300 公尺以上，而且此位置必須位於平坦及直線的橋梁上。另外，上橋路段的幾何設計通常會有上坡路段，本研究之 A 基準線設在上坡段結束處之下游，主要是考量上坡路段可能對於機車之車速有所影響，故選取在當機車進入坡度平坦的橋面段後，且與上游號誌化路口停止線已經一段足夠距離之處。至於測速區間的終點基準線位置 (B) 一般位於準備下橋處，不宜再有平曲線或縱曲線之位置，且應距下游路況改變前 (車道縮減、道路分支等) 100 公尺以上，避免受觀測者因道路幾何狀況而影響機車自由行駛速率。而基準線以粉筆劃設或利用橋梁伸縮縫做為標的。

因此，測速區間的長度 L 通常與橋梁長度及其幾何設計有關，並如圖 3 測速區間剖面之示意圖所示，整段測速區間必須都是在平坦且直線的道路幾何情況下(平直路段)才能實施觀測。上橋與下橋路段常有明顯的坡度或平曲線，其速率受到的影響因素太多，故本研究暫不取樣及討論。

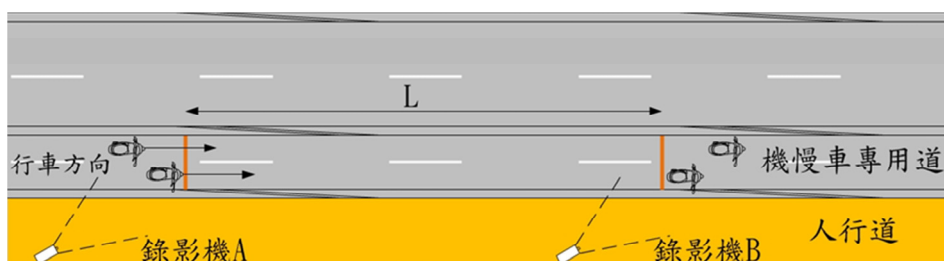


圖 2 橋梁上機慢車道錄影調查之示意圖

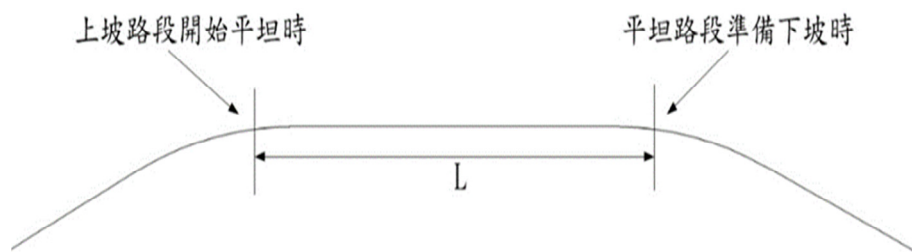


圖 3 測速區間剖面之示意圖

各橋梁測速區間之距離係依現場的幾何設計作選取，故其長短不一，並整理各橋梁的現場數據如下表 2 所示。

表 2 觀測橋梁現場數據資料一覽表

橋梁名稱	橋梁長度 (公尺)	觀測長度 (公尺)	車道數	車道寬 (公尺)		離上游路口 停止線距離 (公尺)	離下坡路段 距離(公尺)
				內	外		
重陽橋	1,200	115	2	1.5	1.5	1300	130
臺北橋	1,300	250	2	2.2	2.2	960	150
福和橋	2,000	386	2	1.5	1.5	500	120
華江橋	2,400	407	2	1.5	1.5	375	160
華中橋	3,000	550	2	1.5	1.5	326	110

在實際執行調查工作時，為了現場資料具代表性、正確性及有效性，在速率資料蒐集的當下還有幾項注意事項：

1. 錄影畫面的框架速度 (Frame per Second, FPS) 設定

為了日後分析錄影畫面的一致性，兩台基準點的錄影機，都必須將錄影畫面的 FPS 設定為統一規格，避免前後基準點的錄影畫面規格不同而影響蒐集資料的正確性，本研究將其規格設定為 30FPS (每秒跑 30 格畫面)。

2. 錄影的同步對時

除了錄影器材的系統時間同步對時外，為避免設備上的電子時鐘差異，而多採用由兩位觀測者手持無線電裝備，以數數的方式同步按下錄影開關，增加蒐集資料的可信度及正確性。

3. 觀測者及錄影器材之隱蔽性

因橋梁設計都較為空曠，為避免駕駛人發現錄影器材及觀測者，故錄影器材必須設置於隱蔽處所 (人行道護欄或欄杆等)，而觀測者需離開觀測地點，於遠處觀察資料蒐集情況即可。

現場錄影調查的時間，本研究不考慮較高流率狀況之車流型態，而以白天 (自然光) 的離峰時段為優先 (假日、週末或非上、下班時間) 及晴朗天候的天氣，且觀測時間以 1 小時為主，分別是重陽橋 06:50-07:50 (星期日)、臺北橋 10:30-11:30 (星期三)、福和橋 07:30-08:30 (星期六)、華江橋 14:00-15:00 (星期日)、華中橋 07:30-08:30 (星期日)。

3.4 調查資料之整理

有關橋梁上機車自由車流速率資料之整理項如下：

1. 現場錄影影像的觀看。
2. 紀錄機車速率資料並整理與檢核。

現場錄影影像經蒐集後，以軟體 (威力導演 15) 播放，並以人工方式來辨識。由於此種車牌記錄法容易有車牌號碼登錄錯誤，導致路段前、後的車牌清單可能有無法對應的問題。本研究為克服此課題，分別將通過基準線 A 與 B 所辨識之車牌號碼與通過時間分別依序輸入於 EXCEL 的欄位，經由前後比對的方式配對取得機車通過基準線 A 至 B 的「旅行時間」；如有車牌號碼無法配對者，則重新檢視錄影畫面以確認車牌號碼之正確性，若有車牌號碼辨識錯誤或誤植情形，則予更正，以正確取得其旅行時間。

本研究將觀測機車後輪通過基準線 A 點和 B 點的瞬間分別記錄下來，以利於分析通過的時間，而時間記錄至秒格 (1 秒分為 30 個框架/畫格)，如圖 4 所示。經記錄所有觀測機車通過兩基準線的時間及其行駛的車道，分別記錄觀測車輛編號、觀測距離、車牌號碼、通過起點與訖點的時間 (以影像檔之畫格數記錄)、通過起點與訖點的車道別等。通過測速區間的旅行時間係由 EXCEL 軟體計算而得。



圖 4 機車通過基準線示意圖（以伸縮縫為基準線）

四、機車自由車流速率資料分析

4.1 現場調查資料分析

本研究先將現場所蒐集之全部速率樣本資料鍵入電腦，並依照橋梁名稱分別存檔整理及按通過起訖點順序排序分析，對於人工辨識影像之工作，除通過起訖點的錄影時間之外，通過的車道別及通過機車的特徵（牌照號碼或個別特徵）都需要記錄。而將以式 (1) 估計個別機車通過區間長度 L (公尺) 的「空間速率」，並進行所有個別車輛「空間速率」的敘述統計量 (包括算術平均數⁴、標準差、變異數、最大值、最小值、第 85 百分位數速率等)，以了解其車流特性，如表 3 所示。

$$\bar{v}_i = 3.6 \frac{L}{\Delta t} \quad (1)$$

式 (1) 中， $\bar{v}_i$ 為個別機車 i 之平均速率 (公里/小時)， L 為偵測區間長度 (公尺)， Δt 為機車 i 通過偵測區間的時間 (秒)，而平均速率取到小數點下一位後四捨五入。關於空間速率量測的精確度，由於通過基準線 A 與 B 之時間估計來自於錄影畫面 (1 秒 30 個畫格)，旅行時間的可能誤差前後各以 1 個畫格估算，2 個畫格的時間估計誤差為 $2/30 = 0.07$ 秒；如以速率約為 60 公里/小時之機車通過距離最短的重陽橋 115 公尺來看，通過時間約為 6.9 秒，若旅行時間估計誤差為 $6.9 \pm 0.07 = 6.83 \sim 6.97$ 秒，對於速率之估計範圍為 60.6~59.4 公里/小時；其他橋梁的觀測長度均明顯大於 115 公尺，更有長達 550 公尺，顯示本研究對於速率估計之精準度甚高。

4. 本研究探討機車於橋梁上之自由旅行速率特性，無關探討流率與速率之關係分析用之空間平均速率 (space mean speed)，故以算術平均數等敘述統計量進行數值分析與討論。

表 3 各橋梁機車車流速率特性表

統計項目	重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
總觀測機車數量 (輛)	515	3120	1681	1423	808
平均速率 (KPH)	52.2	55.1	53.8	55.7	53.3
平均數的標準誤差	0.48	0.17	0.21	0.29	0.38
標準差	10.8	9.5	8.8	10.8	10.7
最大值	87.8	91.8	80.1	92.2	87.7
最小值	25.3	22.3	26.0	22.8	24.3
變異數	116.5	90.3	77.3	116.3	114.7
第 85 百分位數速率 (KPH)	63.7	64.7	63.4	67.2	64.4

本研究為了解同車道中機車與前車的車距在何種狀況下，可判斷為自由旅行之機車。乃利用各橋梁機車車流資料，依照受觀測車輛不能受前後左右車輛之影響的大原則下，將機車通過區間「起點」及「訖點」時均能與「同車道」前車的車距分為 1 秒以上、2 秒以上、3 秒以上、4 秒以上、5 秒以上、6 秒以上、7 秒以上、8 秒以上、9 秒以上、10 秒以上，共 10 個組別。舉例而言，「5 秒以上」係指在起點及訖點，均能與前車之車距均超過 5 秒；若有一機車在起點與前車之車距超過 5 秒，而在訖點時與前車之車距不足 5 秒，則該機車不納入該組之數量；依此類推。車距 1 秒以內的數據因會明顯受前車影響，故摒棄不用。各組別的機車數整理為表 4，並將各組的機車車流速率使用敘述統計的方式，整理成表 5 且繪製橋梁上機車車距間距與機車平均速率的關係圖，如圖 5。

表 4 各橋梁機車與前車車距數量(輛)統計表

車距/橋梁名稱	重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
總機車數輛	515	3,120	1,681	1,423	808
1 秒以上	457	1470	1250	1032	599
2 秒以上	362	635	835	698	402
3 秒以上	303	348	616	506	303
4 秒以上	258	238	477	378	246
5 秒以上	225	146	344	290	201
6 秒以上	205	106	272	223	180
7 秒以上	191	79	214	171	163
8 秒以上	171	57	172	138	137
9 秒以上	150	41	145	111	125
10 秒以上	133	34	119	99	114

由表 5 及圖 5 資料觀察發現，大部分橋梁機車平均速率在車距 3 秒以上時有較為平穩的趨勢（進一步的分析容後推論），車距 3 秒以上、4 秒以上、乃至於 9 秒以上各資料分組的平均速率範圍（range）不大，例如重陽橋在 52.6~53.7 公里/小時之間，福和橋在 53.9~55.1 公里/小時之間，華江橋在 55.0~57.2 公里/小時之間，只有臺北橋（56.8~61.4 公里/小時）以及華中橋（53.9~58.1 公里/小時）的資料範圍較大一些，但也在低於 5 公里/小時的範圍內。因此，本研究利用這些資料來探討車距幾秒以上才屬於機車的自由車流速率，茲以車距 3 秒以上為基礎，將機車「通過起點時」與前車車距的秒數分為未滿 3 秒、3 秒以上未達 4 秒、4 秒以上未達 5 秒、5 秒以上未達 6 秒、6 秒以上未達 7 秒、7 秒以上未達 8 秒、8 秒以上未達 9 秒、9 秒以上未達 10 秒、10 秒以上共 9 組；當然這些機車在「通過訖點時」，其與前車之車距亦須超過 3 秒；因為車距未達 3 秒的機車恐有跟車行為或受前車影響，本研究探討自由速率時摒棄不用。經如此方式整理資料，可獲得表 6 之數值。

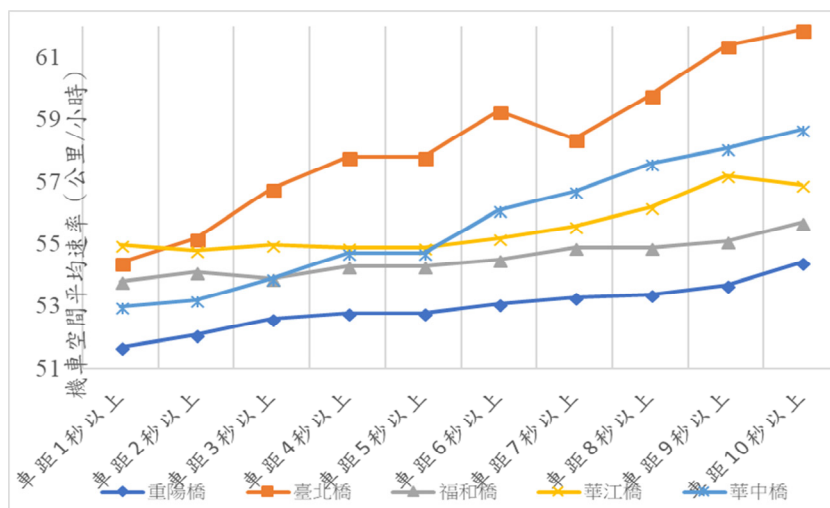


圖 5 橋梁上機車車距間距與機車平均速率關係圖

表 5 各橋梁機車依車距分組之平均車速與標準差統計表

車距\基本統計\橋梁名稱		重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
車距 1 秒以上	車輛數 (輛)	457	1470	1250	1032	599
	速率平均數 (公里/小時)	51.7	54.4	53.8	55.0	53.0
	速率標準差 (公里/小時)	11.0	10.3	9.1	11.1	11.4
車距 2 秒以上	車輛數 (輛)	362	635	835	698	402
	速率平均數 (公里/小時)	52.1	55.2	54.1	54.8	53.2
	速率標準差 (公里/小時)	11.4	10.8	9.2	11.4	12.3

表 5 各橋梁機車依車距分組之平均車速與標準差統計表 (續)

車距\基本統計\橋梁名稱		重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
車距 3 秒以上	車輛數 (輛)	303	348	616	506	303
	速率平均數 (公里/小時)	52.6	56.8	53.9	55.0	53.9
	速率標準差 (公里/小時)	11.6	11.1	9.2	11.4	12.8
車距 4 秒以上	車輛數 (輛)	258	238	477	378	246
	速率平均數 (公里/小時)	52.8	57.8	54.3	54.9	54.7
	速率標準差 (公里/小時)	11.9	11.4	9.2	11.8	13.3
車距 5 秒以上	車輛數 (輛)	225	146	344	290	201
	速率平均數 (公里/小時)	52.8	57.8	54.3	54.9	54.7
	速率標準差 (公里/小時)	12.2	12.0	9.1	11.7	13.7
車距 6 秒以上	車輛數 (輛)	205	106	272	223	180
	速率平均數 (公里/小時)	53.1	59.3	54.5	55.2	56.1
	速率標準差 (公里/小時)	12.4	12.7	9.3	12.1	14.0
車距 7 秒以上	車輛數 (輛)	191	79	214	171	163
	速率平均數 (公里/小時)	53.3	58.4	54.9	55.6	56.7
	速率標準差 (公里/小時)	12.6	13.3	9.4	12.7	13.8
車距 8 秒以上	車輛數 (輛)	171	57	172	138	137
	速率平均數 (公里/小時)	53.4	59.8	54.9	56.2	57.6
	速率標準差 (公里/小時)	12.7	14.0	9.7	12.5	14.5
車距 9 秒以上	車輛數 (輛)	150	41	145	111	125
	速率平均數 (公里/小時)	53.7	61.4	55.1	57.2	58.1
	速率標準差 (公里/小時)	13.0	12.4	9.8	12.7	14.5
車距 10 秒以上	車輛數 (輛)	133	34	119	99	114
	速率平均數 (公里/小時)	54.4	61.9	55.7	56.9	58.7
	速率標準差 (公里/小時)	12.7	13.2	10.0	12.6	14.5

與前機車之車距幾秒以上才屬於自由機車流？這是本研究之一重要研究課題。首先，本研究以兩獨立母體平均數差之統計方法，檢定表 6 同一橋梁機車與前機車之車距在 3 秒以上未滿 4 秒之平均速率 (即 μ_3) 與其他各車距分組 (即 $\mu_4 \sim \mu_{10}$) 之間之平均速率是否有顯著差異？在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，本研究先進行兩組變異數是否相等之 F 檢定，再以其對應之 t 檢定進行兩組平均速率是否相等之檢定，結果如表 7 所示。表 7 顯示，五座橋梁之機車與前機車車距在 3 秒以上未滿 4 秒之平均速率 (μ_3)，與其他各車距分組之間之平均速率 ($\mu_4 \sim \mu_{10}$) 大部分均無顯著差異。綜合探討與分析如下：

表 6 各橋梁機車「通過起點時」車距分組車流速率特性表

車距\橋梁名稱		重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
3 秒以上未滿 4 秒 (第二組)	數量	(25)	86	96	71	39
	平均數 μ_3	50.7	54.6	51.7	53.5	50.2
	標準差	9.7	9.8	8.6	8.8	9.7
4 秒以上未滿 5 秒 (第三組)	數量	(23)	53	113	56	33
	平均數 μ_4	52.9	55.8	53.6	52.6	48.9
	標準差	9.8	10.9	8.5	10.2	8.3
5 秒以上未滿 6 秒 (第四組)	數量	(15)	49	77	61	(18)
	平均數 μ_5	50.6	54.8	52.3	57.0	49.3
	標準差	10.0	9.0	9.0	9.5	9.0
6 秒以上未滿 7 秒 (第五組)	數量	(21)	(26)	63	53	(20)
	平均數 μ_6	51.6	57.6	55.6	55.2	49.7
	標準差	8.9	9.4	9.0	10.6	13.4
7 秒以上未滿 8 秒 (第六組)	數量	(18)	30	56	36	22
	平均數 μ_7	52.0	55.6	54.6	53.5	51.5
	標準差	9.9	9.8	7.8	11.2	11.9
8 秒以上未滿 9 秒 (第七組)	數量	(16)	(21)	32	35	(12)
	平均數 μ_8	48.6	57.8	54.1	55.7	50.9
	標準差	11.0	14.6	10.7	12.3	13.8
9 秒以上未滿 10 秒 (第八組)	數量	(19)	(16)	(21)	(25)	(10)
	平均數 μ_9	50.0	59.9	56.2	56.2	50.2
	標準差	11.6	10.4	8.4	12.2	13.9
10 秒以上 (第九組)	數量	166	67	158	169	149
	平均數 μ_{10}	53.9	60.9	55.2	55.7	58.0
	標準差	12.7	13.3	10.3	13.1	13.6

註：表中()指該組之樣本數低於 30 筆。

1. 機車之操作相對於小客車較為靈敏，相關研究在探討小客車自由車流速率時，常以前方沒有其他車輛或與前車有 5 秒以上車距，或車流量低於 400 輛/小時狀況下之平均速率，作為探討是否為自由旅行車輛之依據。換言之，機車之平均自由速率很可能低於此車距。
2. 小部分分組的資料量有低於 30 筆大樣本的狀況，這是現場調查常見的限制與不得已現象，但研究者必須確實敘明（請見表 7 有附註說明）。本文乃以適合的統計方法進行分析與檢定，並進行歸納與分析。
3. 車距分組在與前機車有 9 秒或 10 秒以上之分組（例如臺北橋、福和橋與華中橋），常會有較高的平均速率。從這些橋梁之幾何條件來看，重陽橋長度相對較短，華江橋之下橋引道則有下坡彎道設計；而前述橋梁均屬較為平直或機車道較寬之橋梁，故機車於橋梁上在無前機車或車距較大情況，機車速率相對較快。

表 7 各橋梁機車平均速率之車距分組檢定表

不同車距之平均速率 (公里/小時)		兩組變異數相等之檢定 F 值 (顯著性)	兩組平均數相等之檢定 t 值 (顯著性)
重陽橋 ($\mu_3 = 50.7$)			
μ_4	52.9	0.016(0.901)	-0.796(0.430) ^a
μ_5	50.6	0.161(0.691)	0.041(0.967) ^a
μ_6	51.6	0.002(0.969)	-0.314(0.755) ^a
μ_7	52.0	0.699(0.408)	-0.426(0.672) ^a
μ_8	48.6	1.220(0.276)	0.655(0.516) ^a
μ_9	50.0	0.482(0.491)	0.229(0.820) ^a
μ_{10}	53.9	3.697(0.056)	-1.209(0.228)
臺北橋 ($\mu_3 = 54.6$)			
μ_4	55.8	0.544(0.462)	-0.704(0.482)
μ_5	54.8	0.193(0.661)	-0.143(0.886)
μ_6	57.6	0.030(0.863)	-1.423(0.158) ^a
μ_7	55.6	0.001(0.975)	-0.495(0.621)
μ_8	57.8	11.506(0.001)	-0.973(0.340) ^a
μ_9	59.9	0.005(0.943)	-1.982(0.050) ^a
μ_{10}	60.9	9.900(0.002)	-3.258(0.001)
福和橋 ($\mu_3 = 51.7$)			
μ_4	53.6	0.126(0.723)	-1.539(0.125)
μ_5	52.3	0.103(0.749)	-0.391(0.696)
μ_6	55.6	0.201(0.655)	-2.691(0.008)
μ_7	54.6	0.543(0.462)	-2.068(0.040)
μ_8	54.1	2.581(0.111)	-1.281(0.203)
μ_9	56.2	0.018(0.893)	-2.174(0.032) ^a
μ_{10}	55.2	4.826(0.029)	-2.858(0.005)
華江橋 ($\mu_3 = 53.5$)			
μ_4	52.6	0.576(0.449)	0.530(0.597)
μ_5	57.0	0.909(0.342)	-2.216(0.028)
μ_6	55.2	2.318(0.130)	-0.940(0.349)
μ_7	53.5	2.802(0.097)	0.000(1.000)
μ_8	55.7	2.966(0.088)	-1.067(0.289)
μ_9	56.2	3.395(0.069)	-1.181(0.241) ^a
μ_{10}	55.7	12.304(0.001)	-1.516(0.131)
華中橋 ($\mu_3 = 50.2$)			
μ_4	48.9	0.236(0.629)	0.592(0.556)
μ_5	49.3	0.028(0.867)	0.336(0.738) ^a
μ_6	49.7	5.492(0.023)	0.161(0.873) ^a
μ_7	51.5	0.494(0.485)	-0.453(0.652)
μ_8	50.9	2.317(0.134)	-0.194(0.847) ^a
μ_9	50.2	0.664(0.419)	-0.010(0.992) ^a
μ_{10}	58.0	6.840(0.010)	-4.076(0.000)

註：資料標註 a 表示至少有一組資料數低於 30 筆。

4. 從現場資料分析可以發現，機車與前機車之車距在 3 秒以上未滿 4 秒的平均速率，與各車距分組之差異並不明顯。

本研究進一步以單因子變異數分析 (ANOVA) 探討多組 (> 2) 母群平均數是否相等發現，重陽橋與華江橋的機車在車距間距在 3 秒以上之各組平均值，並無顯著差異，而臺北橋、福和橋、華中橋則推翻無差異之虛無假設。就平均值之數值觀察，主要是 9 秒或 10 秒以上的分組平均速率較高的緣故。因此，本研究進一步探討臺北橋、福和橋、華中橋的機車平均速率是在哪一組別有較大差異，而對這三座橋梁使用事後比較檢定 (Post hoc tests)；考量各組別的樣本數不同，故而選用事後比較檢定中的 Scheffe method。分析結果顯示，在車距超過 10 秒以上的機車平均速率與其他組別有相當明顯差異，就實地調查時之觀察研判，車距較長常發生於上游號誌化路口疏解後段的機車與下一個綠燈左或右轉而來的機車之間的車距，或是上游號誌化路口綠燈末期機車流率很低時之機車車距較長的狀況。

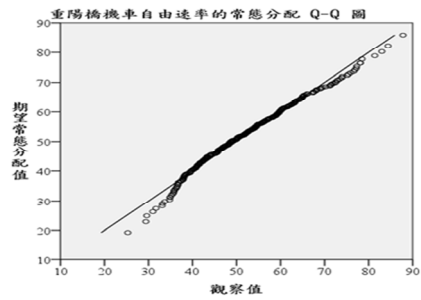
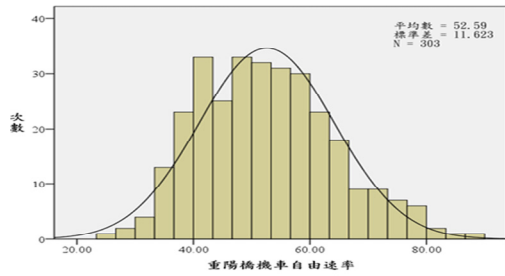
雖然 10 秒以上組別的平均車速有明顯高於其他組別的現象，但其行駛狀況更符合自由旅行的狀況，但實在沒太多證據能說明此狀態才能稱為機車自由流！畢竟汽車流於同車道才以車距 4 秒或 5 秒以上來界定是否為自由旅行之車輛。因此，本研究認為這現象應屬於機車自由流的一部分樣態，故沒有將之排除。

綜合言之，從各橋梁之車距分組平均值資料檢定得知，基於方便取樣的實務應用角度，可以考慮以起點基準線觀測機車與前機車之車距為 3 秒以上之機車平均速率，作為估計平均自由速率之對象。當然，若研究資源豐足，也可以只選擇觀測車距 4 秒以上或 5 秒以上的機車，只是為了蒐集足夠的現場資料，通常就要多增加現場調查的時間與資源。

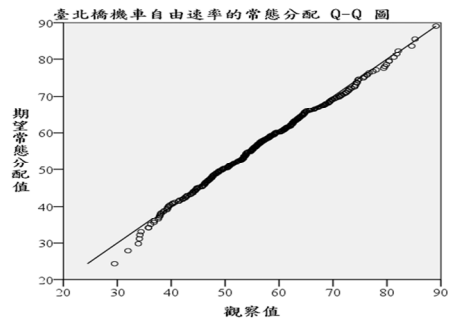
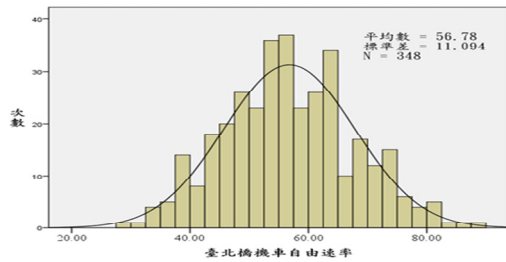
本研究進一步將現場調查並篩選出車距超過 3 秒以上 (headway 3 秒以上) 的數據，經整理各橋的資料 (包括各種敘述統計量，如算術平均數、估計誤差、中位數、標準差、變異數等統計資料)，如表 8。各橋梁機車自由速率的統計分配狀況如圖 6，圖 6 同時也顯示另一檢定常態分配的 Q-Q Plot。

表 8 各橋梁機車自由速率特性表

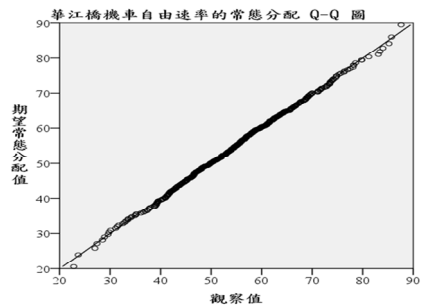
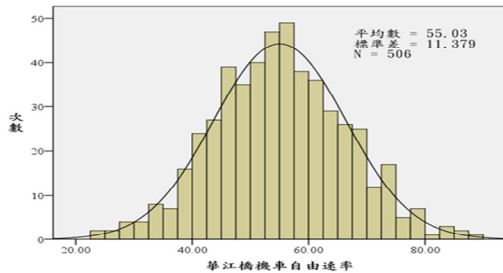
統計資料	重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
機車個數	303	348	616	506	303
「平均速率(KPH)」	52.6	56.8	53.9	55.0	53.9
標準誤差	0.67	0.59	0.37	0.51	0.74
中位數	51.9	56.0	53.8	54.9	53.3
標準差	11.6	11.1	9.2	11.4	12.8
變異數	135.10	123.08	85.53	129.49	164.93
範圍	62.5	59.6	54.1	64.8	63.4
最小值	25.3	29.5	26.0	22.8	24.3
最大值	87.8	89.1	80.1	87.6	87.7
第 85 百分位數速率	64.7	69.2	64.0	67.3	68.0



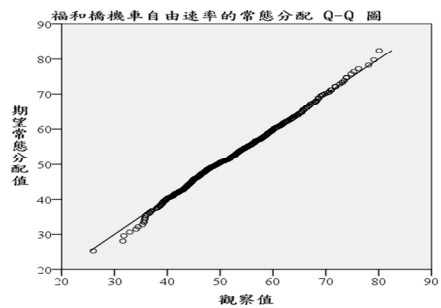
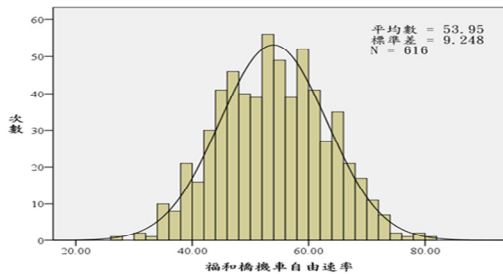
(a)重陽橋的機車自由速率統計分布及 Q-Q 檢定



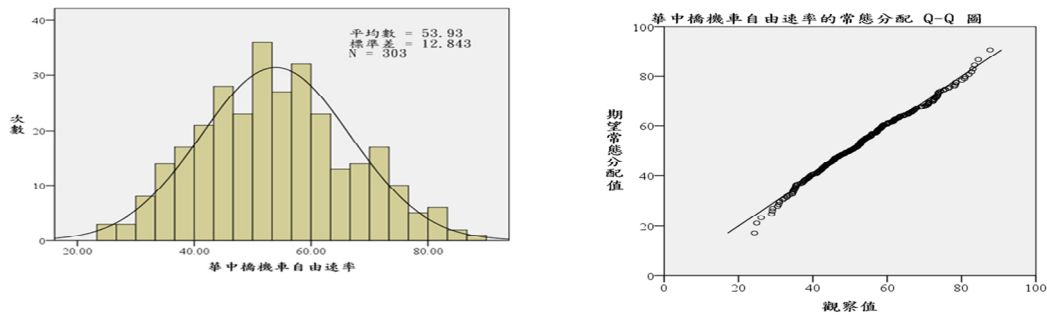
(b)臺北橋的機車自由速率統計分布及 Q-Q 檢定



(c)華江橋的機車自由速率統計分布及 Q-Q 檢定



(d)福和橋的機車自由速率統計分布及 Q-Q 檢定



(e) 華中橋的機車自由速率統計分布及 Q-Q 檢定

圖 6 五座橋梁機車自由速率之統計分配狀況

4.2 橋梁上機車自由車流速率統計分佈推論

很多針對車輛自由速率的研究均指出^[8,10-15]，只要樣本數夠多，其統計分佈均為常態分配 (normal distribution)，故本研究乃進一步檢測橋梁上機車自由速率是否符合常態分配。本研究利用五座橋梁的機車自由速率資料檢定其是否符合常態分配，經使用統計軟體 (SPSS) 進行分析，並選取無母數分析中的單一樣本 Kolomgorov-Smirnov 檢定法 (簡稱 K-S 檢定法)，由於 K-S 檢定法的原理是指：「分別針對已知理論分配下的累積機率分配以及比較變數的觀察累積機率分配，並對兩者進行分析比較，利用觀察和理論累積分配函數之間的最大差異絕對值，從中確定兩種分配的最大差異點」。如果該觀察樣本確實服從該理論分配，則最大差異值不應太高，否則就應拒絕該虛無假設。其虛無假設與對立假設如下：

虛無假設為 H_0 ：該套自由速率資料符合常態分配。

對立假設為 H_1 ：該套自由速率資料不符合常態分配。

經以顯著水準 $\alpha=0.05$ ，以由軟體運算可得出表 9 之結果。

表 9 橋梁速率單一樣本 Kolomgorov-Smirnov 檢定表

橋梁		重陽橋	臺北橋	福和橋	華江橋	華中橋
樣本個數		303	348	616	506	303
常態參數 ^{a,b}	平均數	52.6	56.8	53.9	55.0	53.9
	標準差	11.6	11.1	9.2	11.4	12.8
最大差異	絕對	0.047	0.040	0.038	0.026	0.039
	正的	0.047	0.040	0.038	0.026	0.039
	負的	-0.037	-0.024	-0.022	-0.016	-0.033
Kolmogorov-Smirnov Z 檢定		0.818	0.740	0.938	0.588	0.683
漸近顯著性 (雙尾)		0.515	0.644	0.343	0.880	0.740

a. 檢定分配為常態。

b. 根據資料計算。

4.3 機車自由車流速率超速比例

經表 10 的機車自由速率累積分布可發現，重陽橋機車平均自由速率超過限速 40 公里/小時的機車高達 85.8%，臺北橋機車平均自由速率超過限速 40 公里/小時的機車高達 92.8%，福和橋機車平均自由速率超過限速 40 公里/小時的機車高達 93.0%，華江橋機車平均自由速率超過限速 40 公里/小時的機車高達 91.3%，華中橋機車平均自由速率超過限速 40 公里/小時的機車高達 85.1%，都再再顯示機車在橋梁上的自由速率已經遠遠超出速限值。

表 10 各橋梁機車自由速率超速情形

(a)重陽橋資料				(b)臺北橋資料			
自由平均速率 ^o	次 數	有效百分比	累積百分比	自由平均速率 ^o	次 數	有效百分比	累積百分比
$\bar{\mu} \leq 20^o$	0	0%	0%	$\bar{\mu} \leq 20^o$	0	0%	0%
$20 < \bar{\mu} \leq 30^o$	3	1.0%	1.0%	$20 < \bar{\mu} \leq 30^o$	1	0.3%	0.3%
$30 < \bar{\mu} \leq 40^o$	40	13.2%	14.2%	$30 < \bar{\mu} \leq 40^o$	24	6.9%	7.2%
$40 < \bar{\mu} \leq 50^o$	92	30.4%	44.6%	$40 < \bar{\mu} \leq 50^o$	73	21.0%	28.2%
$50 < \bar{\mu} \leq 60^o$	92	30.4%	74.9%	$50 < \bar{\mu} \leq 60^o$	118	33.9%	62.1%
$60 < \bar{\mu} \leq 70^o$	50	16.5%	91.4%	$60 < \bar{\mu} \leq 70^o$	87	25.0%	87.1%
$70 < \bar{\mu} \leq 80^o$	22	7.3%	98.7%	$70 < \bar{\mu} \leq 80^o$	37	10.6%	97.7%
$80 < \bar{\mu}^o$	4	1.3%	100%	$80 < \bar{\mu}^o$	8	2.3%	100.0%
總和 ^o	303	100.0%		總和 ^o	348	100.0%	

(c)華江橋資料				(d)福和橋資料			
自由平均速率 ^o	次 數	有效百分比	累積百分比	自由平均速率 ^o	次 數	有效百分比	累積百分比
$\bar{\mu} \leq 20^o$	0	0%	0%	$\bar{\mu} \leq 20^o$	0	0%	0%
$20 < \bar{\mu} \leq 30^o$	8	1.6%	1.6%	$20 < \bar{\mu} \leq 30^o$	1	0.2%	0.2%
$30 < \bar{\mu} \leq 40^o$	36	7.1%	8.7%	$30 < \bar{\mu} \leq 40^o$	42	6.8%	7.0%
$40 < \bar{\mu} \leq 50^o$	124	24.5%	33.2%	$40 < \bar{\mu} \leq 50^o$	173	28.1%	35.1%
$50 < \bar{\mu} \leq 60^o$	177	35.0%	68.2%	$50 < \bar{\mu} \leq 60^o$	243	39.4%	74.5%
$60 < \bar{\mu} \leq 70^o$	115	22.7%	90.9%	$60 < \bar{\mu} \leq 70^o$	133	21.6%	96.1%
$70 < \bar{\mu} \leq 80^o$	39	7.7%	98.6%	$70 < \bar{\mu} \leq 80^o$	23	3.7%	99.8%
$80 < \bar{\mu}^o$	7	1.4%	100.0%	$80 < \bar{\mu}^o$	1	0.2%	100.0%
總和 ^o	506	100.0%		總和 ^o	616	100.0%	

(e)華中橋資料			
自由平均速率 ^o	次 數	有效百分比	累積百分比
$\bar{\mu} \leq 20^o$	0	0%	0%
$20 < \bar{\mu} \leq 30^o$	6	2.0%	2.0%
$30 < \bar{\mu} \leq 40^o$	39	12.9%	14.9%
$40 < \bar{\mu} \leq 50^o$	73	24.1%	39.0%
$50 < \bar{\mu} \leq 60^o$	94	31.0%	70.0%
$60 < \bar{\mu} \leq 70^o$	50	16.5%	86.5%
$70 < \bar{\mu} \leq 80^o$	32	10.5%	97.0%
$80 < \bar{\mu}^o$	9	3.0%	100.0%
總和 ^o	303	100.0%	

4.4 機車自由車流速率之幾何型態因素

雖本研究目前能掌握的相關變數並不多，但仍可探討不同的橋梁、橋梁長度、車道寬、人行道寬度、人行道與機車分隔型態等幾何型態因素，對於橋梁上機車自由車流速率之影響情形。

1. 不同橋梁有否差異

為了解橋梁上機車自由速率是否會因為橋梁的不同而有所影響，故以五座橋梁的機車自由速率資料以單因子變異數分析 (ANOVA)，檢定在五座橋梁上的機車平均自由車流速率是否相等。

虛無假設為 $H_0: \mu_{\text{重}} = \mu_{\text{臺}} = \mu_{\text{福}} = \mu_{\text{華}} = \mu_{\text{中}}$

對立假設為 H_1 ：至少有兩個平均速率不相等

以 $\alpha=0.05$ ，經由統計分析不同橋梁對機車平均自由車流速率之單因子變異數分析，推翻機車平均自由速率均相等的虛無假設，顯示五座不同的橋梁機車平均自由車流速率存有差異。

2. 不同橋梁長度之影響

經以機車平均自由速率為因變數 (response variable)，以橋梁長度為自變數 (independent variable)，經簡單迴歸分析 (simple regression analysis) 顯示，在信賴水準 0.05 下，兩者無顯著統計關係。

3. 不同車道寬之影響

本研究探討的機慢車道均以車道線劃分為兩個車道，除臺北橋的機慢車專用道車道寬為 2.2 公尺以外，其餘四座橋梁的機慢車專用道車道寬均為 1.5 公尺，故可將橋梁機車自由速率資料依車道寬的寬度分為兩組，並製作相關統計資料表如表 11。經以兩母體平均數相等之檢定，結果顯示無法推翻平均數相等的虛無假設，換言之，車道寬的在 1.5 公尺與 2.2 公尺之機車道平均自由速率無顯著差異。

表 11 不同車道寬之機車自由車流速率敘述統計表

	樣本數	範圍	最小值	最大值	平均數	標準誤	標準差
車道寬 1.5 機車自由速率	1728	65.0	22.8	87.8	54.0	0.26	11.0
車道寬 2.2 機車自由速率	348	59.6	29.5	89.1	56.8	0.59	11.1

4. 右側橫向淨距之影響

本研究調查的五個機車道右側均有人行道，寬度在 2.0~3.6 公尺之間，機車右側與護欄之側向距離可能影響其平均自由速率。經以平均自由速率為應變數 Y，以右側橫向淨距

為自變數 X ，經簡單迴歸分析獲得關係式 $Y = 48.6 + 1.98 X$ ，相關的 F 、 t 統計量在信賴水準 5% 下均顯著，具有統計意義，判定係數 (R^2) 為 0.78。換言之，平均自由速率有隨右側橫向淨距增加而增加的現象。

5. 人行道與機車道分隔型態之影響

本研究調查的五個機車道其右側與人行道之分隔型態，有 1 個是柵欄分隔 (華中橋)，4 個則無任何分隔 (人行道較機車道高凸)。經以平均自由速率為應變數，以分隔型態虛擬變數 (dummy variable) 為自變數 (柵欄分隔為 1，其他為 0)，經迴歸分析發現關係式不具統計意義，顯示平均自由速率與人行道及機車道分隔型態 (有無柵欄) 無顯著關係。

4.5 機車行駛不同車道之比較

本研究所調查的五座橋梁之機車道均較寬且劃設有兩車道，即內車道 (車道 1) 及外車道 (車道 2)。雖然本研究沒有追蹤機車通過橋梁時的車道變換行為，但從機車通過基準線 A 及 B 時之車道別，仍可做一些初步的探討。換言之，本研究進一步針對機車通過測速區間的起、訖點時所行駛的車道別是否會影響機車平均自由速率進行分析。由於駕駛人行駛時的心態或習慣不同，故其自由速率應該也會有相當的差異，以下即針對機車行駛時通過測速區起點基準線 (A)、訖點基準線 (B) 時，可分為下列四種型式：(1) Type I：內車道到內車道；(2) Type II：內車道到外車道；(3) Type III：外車道到內車道；(4) Type IV：外車道到外車道。圖 7 即為此四種機車通過方式之示意圖。經統計相關的資料，如表 12。

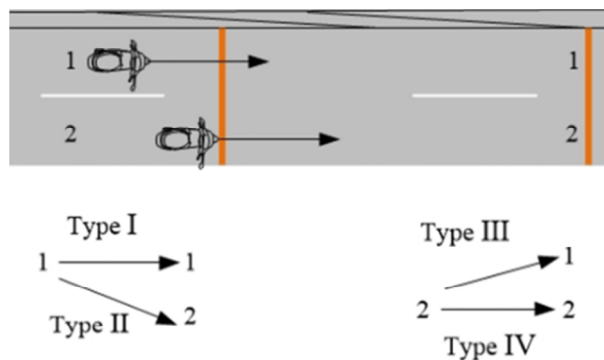


圖 7 機車通過測速區起、訖點四種方式示意圖

雖然沒有追蹤每一部機車在橋梁上的車道變換行為，但由表 12 顯示，五座橋梁之大部分機車以 Type I (通過兩基準線時均在內車道) 及 Type IV (通過兩基準線時均在外車道) 兩種通行方式所佔比例最高，各約在 29%~48% 及 44%~58% 之間，可能隱含著自由旅行狀況下在橋梁上變換車道的狀況較少。其中，福和橋之 Type II 及 Type III 與華中橋之 Type II 及 Type III 的資料量相對較低，建議後續研究優先適當補充。

表 12 橋梁上不同車道變換型態 Type I ~ Type IV 之平均自由車流速率表

不同車道變換型態		Type I	Type II	Type III	Type IV	小計
重陽橋	樣本數(輛)	88(29%)	18(6%)	21(7%)	176(58%)	303(100%)
	平均速率(公里/小時)	58.9	58.3	57.0	48.3	—
	標準差(公里/小時)	10.5	11.5	7.2	10.7	—
臺北橋	樣本數(輛)	146(42%)	30(9%)	20(6%)	152(44%)	348(100%)
	平均速率(公里/小時)	63.2	53.3	61.0	50.7	—
	標準差(公里/小時)	9.3	8.0	7.2	9.9	—
福和橋	樣本數(輛)	298(48%)	18(3%)	14(2%)	286(46%)	616(100%)
	平均速率(公里/小時)	57.9	55.4	60.2	49.4	—
	標準差(公里/小時)	7.5	8.8	8.6	8.9	—
華江橋	樣本數(輛)	196(39%)	31(6%)	41(8%)	238(47%)	506(100%)
	平均速率(公里/小時)	62.2	61.0	58.8	47.7	—
	標準差(公里/小時)	9.0	9.7	8.3	9.0	—
華中橋	樣本數(輛)	127(42%)	9(3%)	16(5%)	151(50%)	303(100%)
	平均速率(公里/小時)	58.9	58.2	56.2	49.3	—
	標準差(公里/小時)	10.6	15.1	11.6	12.9	—

四種類型的平均自由旅行速率部分，由表 12 知，除了福和橋以外，其餘四座橋梁的 Type I：內車道到內車道的機車平均自由車流速率都是最高的，其平均值在 57.9 公里/小時與 63.2 公里/小時之間。五座橋梁中最慢的機車平均自由車流速率都是 Type IV：外車道到外車道，其平均值在 47.7 公里/小時與 50.7 公里/小時之間。而 Type II：內車道到外車道及 Type III：外車道到內車道的機車平均自由車流速率並沒有明顯高低，在重陽橋、華江橋、華中橋是內車道到快車道的機車平均自由車流速率比外車道到內車道高，但在臺北橋跟福和橋則是相反，為求資料的可信度，故以上表資料進行 ANOVA 分析及事後比較檢定 (Post hoc tests) 檢定，結果顯示五座橋梁的檢定結果其顯著性均為 $0.000 < \alpha = 0.05$ ，代表不同車道別的機車平均自由車流速率有顯著差異。

為了了解每一橋梁不同車道別的機車平均自由車流速率是在哪一組型態上有顯著差異，而進一步使用事後比較檢定，結果顯示在五座橋梁中 Type IV：外車道到外車道的機車平均自由車流速率與其他不同型態的顯著性幾乎都小於 $\alpha = 0.05$ (除臺北橋 Type II 與華中橋 Type II 和 Type III 外)，代表 Type IV 的機車平均自由車流速率與其他型態的機車平均自由車流速率有顯著差異且也是所有型態中速率最低的。其他型態經檢定分析，其機車平均

自由車流速率均無顯著差異，代表其他型態的機車平均自由車流速率差異性不大。這樣的結果推測是因為臺灣車道設置的習慣，通常都以左側車道為快速車道，右側車道則為慢速車道，導致機車駕駛行駛橋梁時的習慣心理，車速快則行駛左側車道，而車速慢時則行駛右側；另外，機車在變換車道時通常都是在超車的情況下才會發生，故變換車道時的自由平均速率也會比一般速率來的快；Type IV (由外車道行駛到外車道)的機車自由速率為最慢，其原因也可能是臺灣機車駕駛者也有慢速車行駛右側車道之習慣。

五、結論與建議

本研究以空間速率量測的方式，探討臺北市與新北市之間五座橋梁之機車道平均自由速率特性及與其影響因素，其與傳統以測速槍在市區道路之(兩號誌化路口間)路段中點偵測現點速率平均值並不相同。因此，本研究具有原創性，也能提供交通主管機關評估是否要進行區間平均速率執法之參考。具體的結論與建議事項如下：

5.1 結論

1. 由現場調查資料顯示，若以區間平均速率來取得機車自由車流速率時，本研究建議採用第一基準線與第二基準線均與前車至少有 3 秒以上車距的行駛機車作為分析對象，因為其機車平均速率開始趨於穩定且 3 秒以上的機車平均自由車流速率差異性不大。
2. 國內外關於車輛自由速率的研究多以 VD 或現點速率資料進行分析，在資料量大的情況下，其自由速率統計分配均呈現是常態分配。本研究以空間速率資料探討機車道自由速率特性，亦顯示臺北市與新北市間之五座橋梁的機車自由車流速率亦呈現是常態分配。
3. 在五座橋梁機慢車專用道上自由行駛之機車，其平均自由車流速率在 52.6~56.8 公里/小時之間，均高於最高速限 40 公里/小時，並有 85.1%~93.0%的機車都超速行駛，這可能與機車在平直且平坦的路段加速性質高且在專用車道並無其他車種干擾有關。
4. 經檢定發現，橋梁上機車自由車流速率與機車行駛的車道寬成低度正相關，車道寬越寬則其機車自由車流速率就相對較高。橋梁上機車道之右側的人行道寬度對機車平均自由速率也正面的影響，亦即機車平均自由速率有隨緊鄰之人行道寬度增加而增加的現象。
5. 五座橋梁之機慢車道均劃分為內與外兩個車道，由外車道行駛到外車道的機車自由車流速率為最慢，其平均值在 47.7 公里/小時與 50.7 公里/小時之間，與其他車道別的平均速率有明顯差異，這可能與臺灣道路設計及駕駛人心態有關。

5.2 建議

1. 本研究僅針對臺北市及新北市地區橋梁之機慢車專用道且機慢車專用道也選擇兩側均實體分隔的橋梁，建議後續研究可針對不同地區的橋梁及不同的分隔方式作為研究對

象，甚至堤外便道型機車道和市區機車專用道等，可以了解在不同設施或不同幾何條件下的機車行為特性，更能獲得實務意義的成果。調查方法方面，本研究以錄影方式比對車牌方式進行速率調查，目前智慧化的調查設備或方式，例如影像辨識、e-tag 資料應用、無人機 (Drone) 等，若能適當應用，預期可減少大量的資料整理工作。

2. 為簡化影響因素限制，本研究調查橋梁上機車自由速率只考慮橋梁長度、車道寬、車道別之影響，但其自由車流速率亦可能受到其他未考慮變數的影響 (如快車道與機慢車專用道分隔模式、路側人行道模式、速限等)，因此，建議後續研究亦可針對其他變數多蒐集橋梁樣本資料以利分析探討。
3. 機車事故向來是臺灣地區重要的道路交通安全議題，且機車的行駛速率對於事故發生機率及嚴重性均有相當直接的影響，而在本研究更可知機車在橋梁上之自由平均速率更高達 52.6 至 56.8 公里/小時之間，顯見機車速率管理是目前重要的道路交通安全課題之一，而本研究所蒐集速率的方法與目前國外所採用的「區間速率執法」相同，若可採用上述方法執行測速取締，除可避免現點速率蒐集速率角度的問題，也可嚇阻駕駛人僥倖心態，對整個道路或路網的速率控制有莫大成效。
4. 臺灣正值加速推動「科技執法」之際，國內已進行的「區間速率執法」均有良好之成效與經驗^[16]，預期將成為近年各縣市推行交通執法之亮點。但目前尚未納入機車道做為對象。由本研究的相關成果顯示，若能適當選取橋梁上一段平直區間路段 (避免上下匝道或平曲線影響)，並按照類似本研究所設定的幾何條件 (道路型態、攝影機的設置條件、車道分隔方式、區間距離起訖點的選擇等)，便可以車牌辨識的科技方法來估計橋上平直區間機車平均行駛速率並進行執法，以其透過速率管理方式以降低事故發生機率或嚴重性。本研究建議各地方政府可思考突破現況橋梁上機車的速率特性，而提出橋梁上機車道的區間速率執法構想。而河堤外機車便道、隧道內等機車的速率執法，亦可納入未來的重點科技執法項目。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，2011 年臺灣公路容量手冊，民國 100 年。
2. Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Record, Washington, D. C., 2000.
3. 陳惠國、邱裕鈞、朱致遠，**交通工程**，第二版，五南圖書公司，民國 106 年。
4. 許敦淵，「混合車流下路段機車安全評估參數之建立」，臺灣大學土木研究所碩士論文，民國 89 年。
5. 游恕信，「機車騎士於機車停等區之行為研究」，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國 101 年。
6. 蘇昭銘、洪啟源、李建昌，「從機車使用特性探討機車專用道之車道設置」，89 年道路交通安全與執法研討會，民國 89 年，頁 365-375。

7. 張瓊文，曾平毅，陳志明，「機車專用道實際使用疏解寬度及容量估計之研究」，**運輸計劃季刊**，第 36 卷，第 3 期，民國 96 年，頁 371-392。
8. 曾平毅，林國顯，張瓊文，「臺北市機車專用道自由車流速率特性之探討」，**中華道路季刊**，第 47 卷，第 1 期，民國 97 年，頁 33-40。
9. 張瓊文、林豐博、曾平毅，「機車專用道車隊擴散行為模式之研究」，**中國土木水利工程學刊**，第 21 卷，第 1 期，民國 98 年，頁 51-60。
10. 曾平毅、蘇振維、鄭嘉盈、張舜淵，「多車道郊區公路自由車流速率特性初探」，**中華道路季刊**，第 42 卷，第 4 期，民國 92 年，頁 29-37。
11. 曾平毅、林豐博，「西濱快速公路自由車流速率特性及其應用之研究」，**運輸計劃季刊**，第 33 卷，第 4 期，民國 93 年，頁 649-672。
12. Tseng, P. Y., Lin, F. B. and Shieh, S. L., "Estimation of Free-flow Speeds for Multilane Rural and Suburban Highways", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 2005, pp.1484-1495.
13. Tseng, P. Y., Lin, F. B., and Chang, C. W., "Analysis of Free-flow Speed Characteristics of Urban Arterials", *Asian Transport Studies*, Vol. 2, Iss.4, 2013, pp.363-378.
14. 曾平毅、鍾逸品，「郊區雙車道公路彎道之自由車流速率特性」，**交通學報**，第 16 卷，第 2 期，民國 105 年，頁 165-178。
15. 劉慶信，「橋梁上機車自由車流速率之研究」，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，民國 107 年。
16. 曾平毅、蔡佳雯，「區間速率執法課題之探討」，**中華道路季刊**，第 58 卷，第 2 期，民國 108 年，頁 49-62。

