

以車輛偵測器資料探討高速公路流率與速率特性之研究

曾平毅¹ 趙崇仁² 喻志欽³ 黃修哲³ 蔡宛臻³

摘要

2001年臺灣地區公路容量手冊關於高速公路基本路段之流率與速率關係曲線，係利用中山高速公路2車道路段，最高行車速限為100 km/h之現場資料所構建，雖然該手冊已經利用不同自由車流速率來構建不同之流率與速率曲線，但目前臺灣地區之高速公路之基本路段均至少有3個車道，且大部分路段之最高行車速限已提高至110 km/h。因此，臺灣地區高速公路基本路段之流率與速率關係曲線，有必要依據實際之運作情形進一步探討。有鑑於此，本研究乃利用國道高速公路局中區工程處之車輛偵測器資料，針對中山高速公路王田至南屯之北向路段(189公里至182公里)，分析不同車道(內側、中線及外側車道)、不同幾何設計(平直路段及彎道路段)與不同光線狀況(日間及夜間)之流率與速率關係特性。經以98年端午節連續假日之資料為依據，分析得知平直路段之內側、中線及外側車道之自由速率各約110、105、97 km/h，且隨著流率之增加，各車道平均速率遞減的幅度並不相同。在相同流率水準下，彎道路段之平均速率均比平直路段低。各車道之日、夜間自由速率無顯著差異，但當流率高於600 pcu/h以上時，夜間各車道之平均速率差異明顯較日間為高，顯示光線會影響公路設施之運作。

關鍵詞：高速公路、容量、自由車流速率、流率與速率關係

一、前言

2001年臺灣地區公路容量手冊關於高速公路基本路段之流率與速率(flow-rate and speed)關係曲線，係利用中山高速公路2車道路段，最高行車速限為100 km/h之現場資料所構建，雖然該手冊已經利用不同自由車流速率(free-flow speed)來構建不同之流率與速率曲線(交通部運輸研究所，2001)，但目前臺灣地區之高速公路基本路段均拓寬為3車道，且中山高速公路155公里以南路段於行車安全考量之下為提高道路容量，最高行車速限已提高至110 km/h。因此，臺灣地區高速公路基本路段之流率與速率關係，有必要依據目前實際資料進一步探討。

有鑑於此，本研究乃利用國道高速公路局中區工程處所建置之車輛偵測器(vehicle detector, VD)依據實際之運作情形，對臺灣地區高速公路基本路段之流率與速率關係曲線作進一步探討。此車輛偵測器可偵測出路段中各車道間之平均速率、流量、佔有率等資料，其資料的格式係依車道、車種分別統計，以每5秒鐘為單位將資料傳送至中區工程處交控中心之中央電腦，做進一步統計運算，在資料的整理與儲存方面，可詳細記錄每1分鐘之資料，平時則以每5分鐘之資料格

¹ 中央警察大學交通學系(聯絡地址:桃園縣龜山鄉大崗村樹人路56號,電話:03-3281991 ext 4619, E-mail: una139@mail.cpu.edu.tw)。

² 中央警察大學交通學系(聯絡地址:桃園縣龜山鄉大崗村樹人路56號,電話:03-3281991 ext 4882, E-mail: una051@mail.cpu.edu.tw)。

³ 中央警察大學交通管理研究所研究生(E-mail: hippo@hpb.gov.tw)。

式儲存。本研究之分析路段為中區工程處所建置於國道一號王田至南屯 (189 公里至 182 公里) 北上路段之前後編號：VD-011837-N-M 及 VD-011869-N-M 兩組環路線圈式車輛偵測器所偵測到之速率、流率、佔有率等交通特性資料，透過上、下游路段之間的關係，分析不同車道位置 (內側車道、中線車道及外側車道)、不同幾何設計路段 (平直路段及彎道路段) 與光線狀況 (日間時段 06:00~18:00 與夜間時段 18:00~06:00) 之流率與速率關係曲線特性。資料蒐集期間為民國 98 年端午節四天之連續假日，調查資料經初步統計整理後，發現其中僅有 5 月 30 日之車流資料，有較高流率之車流特性狀況，故以下分析係以該日之交通資料進行分析探討。

二、車流基本參數與容量

2.1 車流基本參數

流率 (flow rate, q)、速率 (speed, u) 與密度 (density, k) 為車流之三個基本參數 (Khirst and Lal, 2002)，用以描述車流的運作狀況。圖 1 是最常用於說明此三個車流參數之相對應關係。其中， q_m 指最大流率、 k_m 為最大流率時之密度、 u_m 為最大流率時之速率、 u_f 為自由車流速率 (簡稱自由速率)、 k_j 為最大擁擠密度 (jam density)。

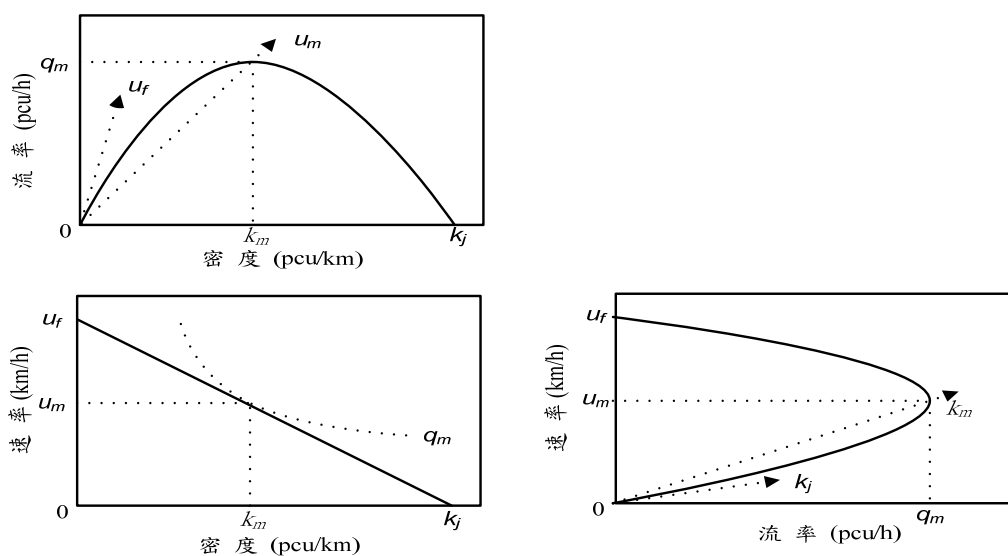


圖 1 車流參數：流率(q)、速率(u) 與密度(k) 之基本關係圖

當車流狀況由很低流率狀況 (例如低於 500 pcu-h) 各車輛通常沒有受到其他車流狀況之影響，故可以其認為安全之自由速率前進，此時之交通狀況相當良好，所有車輛之平均速率可稱之為自由車流速率 (u_f)，此時之車流密度甚低。但是當車流率逐漸增加時，車輛彼此之間受到干擾，故隨著流率之增加，平均速率隨之降低，而車流密度對應著增加。當流率到達一臨界點之後，車流從穩定狀況變換至不穩定狀況，此臨界點之車流密度為 k_m 及最大流率為 q_m ，其臨界速率為 u_m 。如果需求流率一直增加，則不穩定的車流狀況最終會壅塞而發生所有車輛無法行進 (平均速率與流率均為 0) 之情形，此時之車流密度為 k_j 。

2.2 容量

最早將公路容量概念明確化的是 1950 年版的美國公路容量手冊 (Highway capacity Manual, HCM)，該手冊不僅是美國在道路規劃、設計與營運之實務指南，且成為世界各國研究公路容量之規範。爾後美國曾於 1965 年、1985 年、1994 年、1998 年及 2000 年多次出版修訂版 (Transportation Research Board, 2000)。臺灣地區在民國 79 年出版的「臺灣地區公路容量手冊」(交通部運輸研究所，1990) 及在民國 90 年出版的「2001 年臺灣地區公路容量手冊」(交通部運輸研究所，2001) 就有許多借重美國各版公路容量手冊之處。

公路設施的容量是指乃不短於 15 分鐘之時段內，經常能通過一定點的最大流率之期望值 (交通部運輸研究所，2001)。在規劃一交通設施時，容量之估計值可讓規劃人員了解設施在設計年之尖峰小時是否能承載預期之需求流率，但容量分析之重點通常不在於估計容量，而是在於探討交通設施的服務水準與幾何設計、車流及運作策略之關係。以高速公路為例，服務水準之評估並不需要先估計容量。容量分析應用於規劃交通設計時之主要用途，在於協助決定何種幾何設計 (如車道數、車道寬等) 或控制策略 (如號誌化路口之運作)，才能在預期之交通狀況下提供一可接受的服務水準；容量分析應用於評估現存交通設施作業時的目的，在於劃定該設施能提供之服務水準，以決定是否該及如何利用有限資源以改善交通設施。

2001 年臺灣地區公路容量手冊 (交通部運輸研究所，2001) 關於台灣地區速限為 100 km/h 之高速公路基本路段，其內側車道之平均自由速率大約為 104 km/h；若在速限為 90 km/h 之路段，則自由速率約為 97 km/h。當平均速率等於自由速率時，內側車道每車道之流率可高達 1,200 pcu/h，此時佔有率約為 7.5%，有關平坦路段在基本狀況下速率與流率之關係，詳如圖 2 所示。這現象意謂在穩定車流狀況下，只要流率不超過 1,200 pcu/h/l，或平均車距 (headway) 不超過 3 秒，或佔有率不超過 7.5% 時，則內側車道之駕駛人，不會覺得行車有受到限制的感覺，此時平均速率等於自由速率。車距小於 3 秒時，平均速率開始下降。當流率等於容量時，佔有率會逼近 23%，此時內側車道之平均速率仍可維持在 80 km/h。

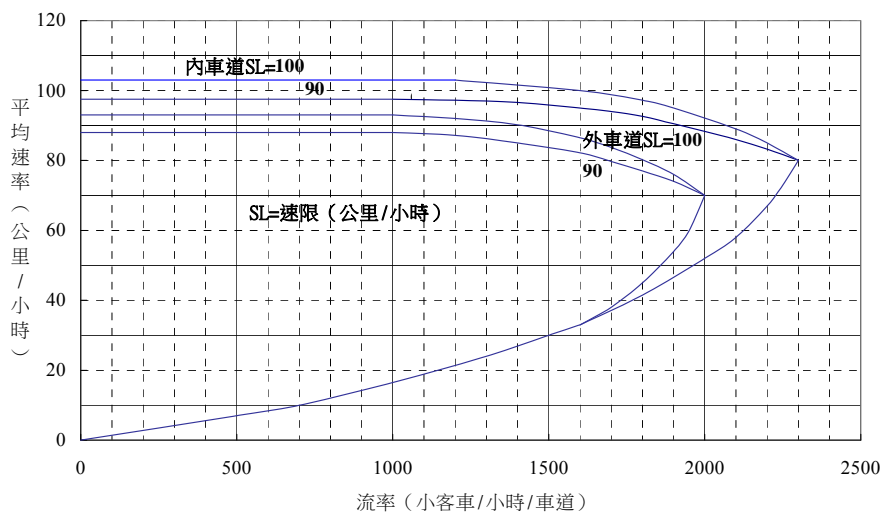


圖 2 平坦路段在基本狀況下速率與流率之關係

三、資料蒐集與初步整理

3.1 資料蒐集

本研究以3車道且行車速限為110 km/h之中山高速公路基本路段為主要探討對象，有關研究地點選定方式、車流資料調查時間及其蒐集方式，分述如下：

- (一) 時間之探討對象基於資料分析所需，本研究必須取得研究期間內全部之流率與速率資料，為此便需借重工程管理單位之偵測儀器。惟因中山高速公路員林至高雄段拓寬工程之故，導致埔鹽系統以南路段之車輛偵測器損壞無法使用；而北區工程處所轄之路段，因車輛偵測器埋設使用長達10年以上，多數呈現失實狀態。唯埔鹽系統以北係由中區工程處管轄之路段，其車輛偵測器埋設使用時間較短，故障率較低，且分別依都會區及一般路段區，分別調整埋設密度為500至1,000公尺之間，其可靠度較高，能符合本研究需要，因此選擇以中山高速公路王田以北至南屯之路段為研究路段。
- (二) 本研究在於瞭解國道1號中山高速公路基本路段速率現況，在選定之北向王田至南屯總長約7公里路段，必須蒐集全部之流率與速率資料，因此本研究以中區工程處於研究路段設置之環路線圈式車輛偵測器為資料來源，該路段合計設置有12組車輛偵測器，唯因設備維修及資料傳輸等技術性因素，可正確回傳偵測資料者僅有183.2K、183.7K、184.6K、185.9K、186.9K、187.9K等6處。基於本研究係以考慮道路幾何設計因素為平直與彎道路段等，而184.6K係彎道路段轉換為平直路段起點，而187.9K為平直路段轉換為彎道路段起點，均無法明確代表本研究之道路幾何特性，因此選用183.2K、183.7K、185.9K、186.9K等四處為資料蒐集目標。
- (三) 中山高速公路自國道3號高速公路通車以來，流量明顯地因國道3號分流而減少，基於研究之需要，必須分別蒐集到高、低流率之速率資料，因此選定98年端午節連續假期(98年5月28日至5月31日)為資料蒐集日期，經協調中區工程處交控中心，提供該4日於研究路段每分鐘之車輛偵測器資料為分析依據。經分析該4日資料發現僅有5月30日傍晚及夜間出現有小客車單位(passenger car unit, *pcu*)高於1,500 *pcu/h*之較高流率狀況，故以該日所得之資料作為以下分析基礎。

3.2 資料初步整理

本研究於採用偵測器資料前，已先針對每分鐘之資料加以處理是否有異常之處，經檢視該5月28日至5月31日間之資料，除很少數1分鐘的資料呈現故障狀態(即未接收到現場傳輸之資料)外，均呈現穩定與合理狀態。該少數呈現故障狀態之每分鐘資料運用內插運算方式加以填補，以求資料之穩定與真實性。

經分析該路段5月30日資料發現，在相同之道路幾何狀況下，平直路段之183.2K與183.7K，彎道之185.9K及186.9K，所蒐集之資料並均無很明顯的差異。本研究基於資料之變異性較低原則，乃選取平直路段之183.7K資料以及彎道之

186.9K資料，以進行後續之相關探討，而有關平直路段183.2K及183.7K與彎道路段185.9K及186.9K之流率與速率關係資料，分別整理如表1、2所示。

表1及表2之整理過程，主要針對各VD資料以連續15分鐘之時間單元作為分析基礎，累計所有車輛之小客車單位以及其平均速率；關於車種轉換為小客車當量值部分，乃利用小客車當量 (passenger car equivalent, *pce*) 聯結車2.5及大型車2.0來轉換為對等之小客車單位數。

表 1 平直路段 183.2K 及 183.7K 之流率與速率關係資料

平均速率 流率 (pcu/h)	日間(06:00~18:00)						夜間(18:00~翌日 06:00)					
	183.2K (km/h)			183.7K (km/h)			183.2K (km/h)			183.7K (km/h)		
	內	中	外	內	中	外	內	中	外	內	中	外
~ 600 (標準差)	109.2	104.5	94.7	109.8	105.4	96.6	107.8	103.0	92.2	111.1	103.5	93.2
	1.0	0.7	1.7	1.7	0.8	1.3	1.5	1.5	1.8	2.8	1.8	1.6
601-900 (標準差)	107.5	103.4	94.5	107.9	104.7	96.0	102.8	100.1	94.6	108.5	100.7	95.6
	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4	0.8	0.7	1.9	1.8	1.4	2.7	1.8
901-1200 (標準差)	105.6	102.2	93.0	107.2	104.5	94.6	100.4	98.4	92.4	105.6	97.9	93.7
	1.9	0.6	1.4	1.7	0.7	1.5	1.2	1.1	1.5	1.7	0.9	1.4
1201-1500 (標準差)	100.2	99.3	88.2	102.2	101.0	90.9	96.8	96.5	86.4	101.0	95.5	88.3
	3.0	1.9	2.2	3.6	2.1	2.0	2.5	1.5	2.7	2.6	1.3	2.7
1501 ~ (標準差)	94.7	92.1	85.6	96.8	94.9	88.5	89.0	87.7	82.4	93.6	88.6	84.5
	3.6	3.2	2.5	3.3	3.2	2.1	2.8	3.7	2.1	2.8	2.8	2.4

表 2 彎道路段 185.9K 及 186.9K 之流率與速率關係資料

平均速率 流率 (pcu/h)	日間(06:00~18:00)						夜間(18:00~翌日 06:00)					
	185.9K (km/h)			186.9K (km/h)			185.9K (km/h)			186.9K (km/h)		
	內	中	外	內	中	外	內	中	外	內	中	外
~ 600 (標準差)	111.3	104.4	92.3	109.0	103.2	93.2	111.4	104.4	95.7	108.4	101.7	91.1
	1.4	0.4	2.0	1.5	0.7	1.4	1.7	1.7	2.3	1.4	1.4	2.2
601-900 (標準差)	109.4	102.9	92.3	106.5	101.2	93.5	106.4	103.7	98.0	103.4	101.3	95.4
	0.4	0.3	2.9	0.3	0.8	1.1	0.6	1.3	1.5	1.0	1.5	1.5
901-1200 (標準差)	108.5	102.7	93.1	106.8	101.1	92.2	105.6	101.2	95.0	102.3	98.5	91.6
	0.9	0.5	2.8	0.7	0.4	1.1	0.8	1.0	2.2	0.6	0.7	2.0
1201-1500 (標準差)	104.7	101.3	92.9	103.6	99.6	91.5	102.2	99.0	92.3	100.5	96.6	89.7
	2.3	1.3	5.2	0.9	1.2	1.5	2.0	1.3	2.1	1.1	0.8	2.1
1501 ~ (標準差)	100.8	96.4	91.9	98.9	95.1	90.7	97.5	93.4	94.4	95.2	91.4	93.6
	2.0	1.8	1.5	2.0	1.8	0.8	2.0	2.4	1.5	2.0	2.4	1.2

四、中山高速公路中部路段之流率與速率特性分析

影響高速公路上車流運作之因素相當多，其主要因素包括公路幾何設計、車流狀況與管制情形等三方面。本研究茲針對自由速率特性進行分析，並針對不同車道（內側車道、中線車道及外側車道）、不同幾何設計（平直路段及彎道路段）與不同光線狀況（日間及夜間）等相關特性，進行其流率與速率比較分析與探討。

4.1 自由車流速率特性分析

自由速率為密度或佔有率接近零而且車行不受燈號控制、事故及下游車輛影響時之旅行速率 (交通部運輸研究所, 2001)。由於平均車距低於4秒時, 可能有跟車 (car following) 行為, 其行車受到前車之影響。故本研究利用表1及表2流率小於600 pcu/h狀況之平均速率資料, 作為探討平均自由車流速率之基礎(參見表3)。分析說明如下:

- (一) 平直路段 (183.7K 處) 在日間時段, 內側車道之平均自由速率約 110 km/h, 中線車道之平均自由速率約較內側車道低 4.4 km/h, 外側車道之平均自由速率則較內側車道低 13.2 km/h。在夜間時段, 內側車道之平均自由速率約 111 km/h, 與日間時段在統計上並無顯著差異, 而中線車道之平均自由速率約較內側車道低 7.6 km/h, 外側車道之平均自由速率則較內側車道低 17.9 km/h; 顯示各車道間之夜間平均自由速率之差距比日間為大。
- (二) 彎道路段 (186.9K 處) 在日間時段, 內側車道之平均自由速率約 109 km/h, 中線車道之平均自由速率約較內側車道低 5.8 km/h, 外側車道則較內側車道低 15.8 km/h。在夜間時段, 內側車道之平均自由速率約 108 km/h, 與日間時段在統計上並無顯著差異, 而中線車道之平均自由速率約較內側車道低 6.7 km/h, 外側車道則較內側車道低 17.3 km/h; 顯示各車道間之夜間平均自由速率之差距亦比日間為大。
- (三) 若比較平直路段與彎道路段, 內側車道與中線車道、外側車道平均自由速率之差距, 不論是日間或夜間, 彎道之差距均明顯較平直路段為大。顯示彎道路段的確造成各車道平均自由速率之明顯影響。

表 3 中山高速公路自由速率特性分析

平均自由車流速率 (km/h)	日間(06:00~18:00)						夜間(18:00~翌日 06:00)					
	183.7K(平直)			186.9K(彎道)			183.7K(平直)			186.9K(彎道)		
	內	中	外	內	中	外	內	中	外	內	中	外
	109.8	105.4	96.6	109.0	103.2	93.2	111.1	103.5	93.2	108.4	101.7	91.1
	1.7	0.8	1.3	1.5	0.7	1.4	2.8	1.8	1.6	1.4	1.4	2.2
與內側車道之差距	0.0	-4.4	-13.2	0.0	-5.8	-15.8	0.0	-7.6	-17.9	0.0	-6.7	-17.3

4.2 平直路段與彎道路段之流率與速率特性分析

國道一號中山高速公路幾何設計相當均勻, 車道與路肩寬度變化亦不大, 因此於基本路段當中位處研究路段中之成功嶺路段 (188公里至185公里) 係屬道路曲率半徑較小之路段之一。本研究在道路幾何設計方面, 在相同車道與光線狀況下, 針對不同道路幾何 (平直路段與彎道路段) 對速率差異做出分析。

由圖3~圖5顯示, 在日間平均流率小於1,200 pcu/h時, 無論其車道為何, 彎道路段平均速率均略低於平直路段, 而當流率大於1,200 pcu/h時, 平直路段平均速率明顯因流率增加而驟減, 其變異程度明顯高於彎道路段, 亦即彎道路段受流率之

影響程度略低於平直路段。由圖6~圖8所示，夜間時段之變異與日間類似，當流率小於600 pcu/h時，平直路段速率較高於彎道路段，此時公路幾何設計對於駕駛人安全上之顧慮產生影響，但當流率超過600 pcu/h時，車流之間的摩擦增加，因流率的增加讓駕駛人受到其影響而導致車速減緩，而隨流率的持續增加，公路幾何設計之影響程度則逐漸降低。

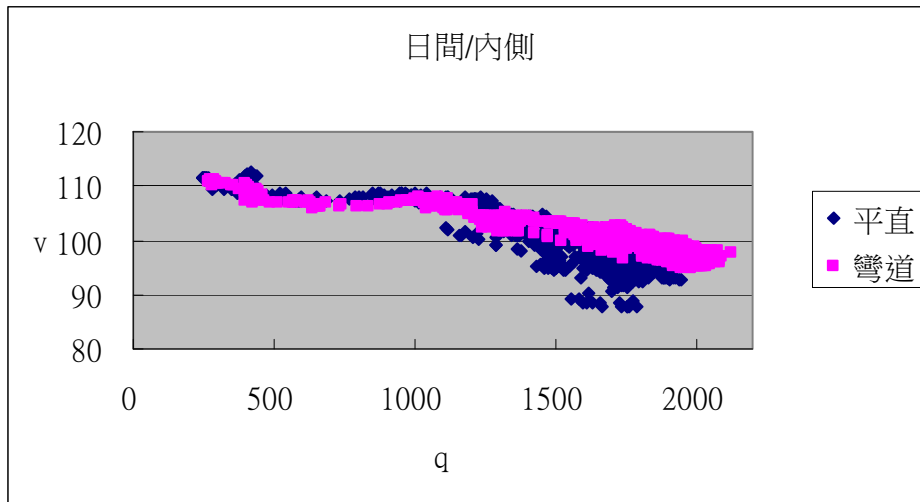


圖 3 日間光線下，內側車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

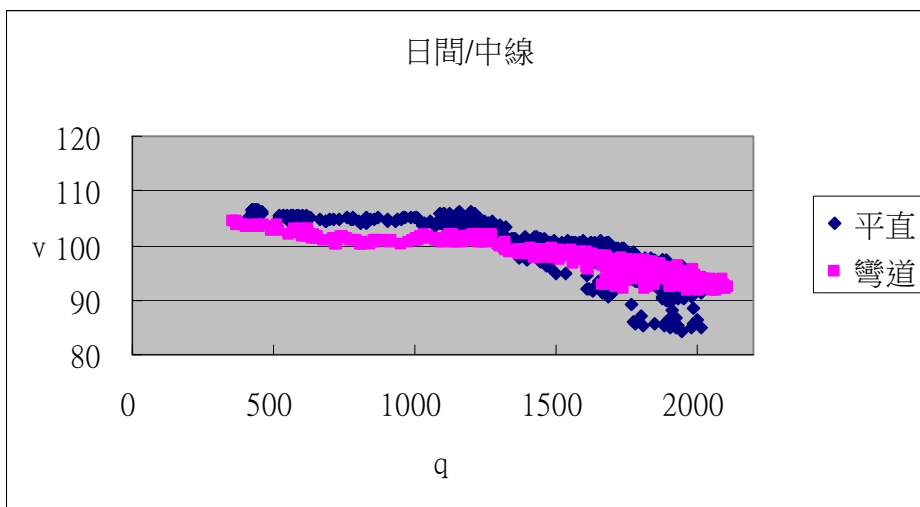


圖 4 日間光線下，中線車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

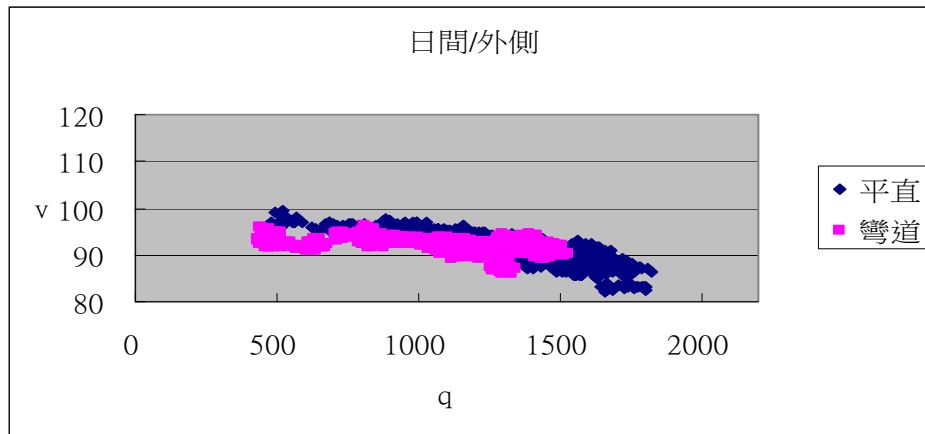


圖 5 日間光線下，外側線車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

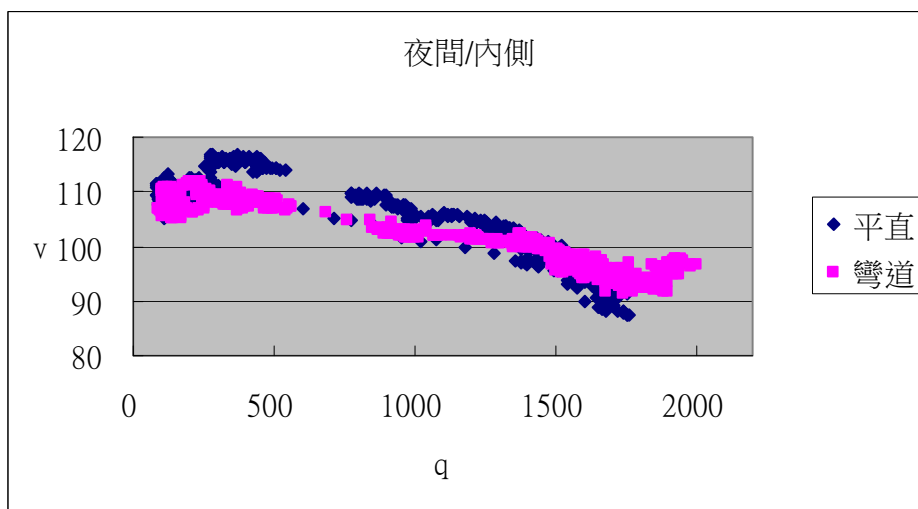


圖 6 夜間光線下，內側車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

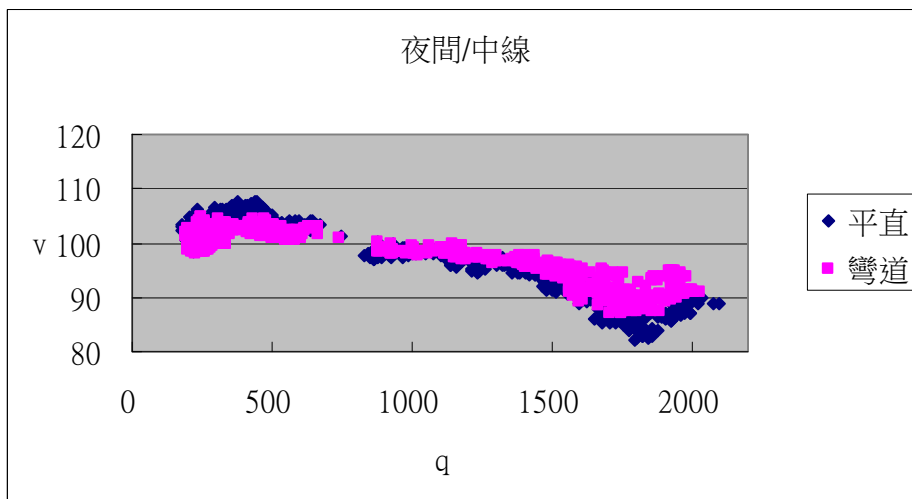


圖 7 夜間光線下，中線車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

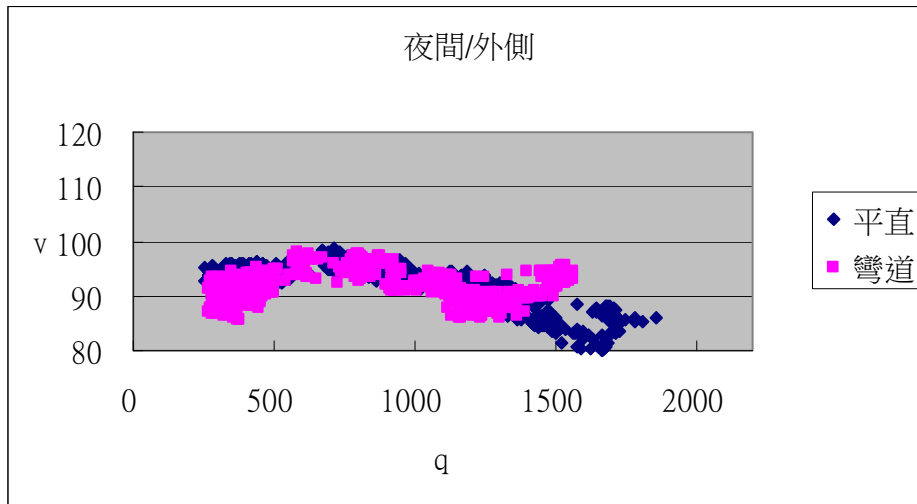


圖 8 夜間光線下，外側線車道分別在平直和彎道路段之流率與速率關係分佈圖

4.3 日間與夜間之流率與速率特性分析

一般而言，高速公路除交流道區、橋樑、服務區、長陡坡、收費站等路段外，夜間均無照明設備，由於一般基本路段非屬於上述路段之一，因此夜間便無照明設備之設置。為區別光線狀態，本研究設定以自然光線為區隔基準，經參酌中央氣象局公告5月份日出日沒時刻表，設定6時及18時為日、夜間區別基準時刻。本研究在光線方面，在相同車道與幾何設計狀況下，針對不同光線（日間與夜間）對速率差異做出分析。

如圖9及圖10所示，平直路段或彎道路段「內側車道」在於流率小於600 pcu/h時，在相同之流率水準下，夜間之平均速率與日間無明顯差距，表示在穩定車流狀況下，光線對駕駛人行車速率較未產生明顯影響。但當流率大於600 pcu/h時，在較高流率車流狀態下，因流率增加而駕駛人因夜間光線而降低其視距，致使駕駛人在考量行車安全下減緩其行車速率，故隨流率之增加，光線之影響程度亦逐漸提高。

如圖11及圖12所示，平直或彎道路段中線車道在於流率小於600 pcu/h時，夜間與日間之平均速率沒有明顯差別，表示在相同之流率水準下，與內側車道相同，光線並未對速率產生極大影響；但當流率大於600 pcu/h時，夜間平均速率明顯低於日間，表示在中線車道光線因素對於速率影響明顯大於內側車道。

如圖13及圖14所示，平直或彎道路段外側車道無論流率為何，在相同之流率水準下，夜間速率均約略等於日間，表示外側車道平均速率均低於內側車道或中線車道，在低速率狀況之下光線因素並未對速率產生較大影響。

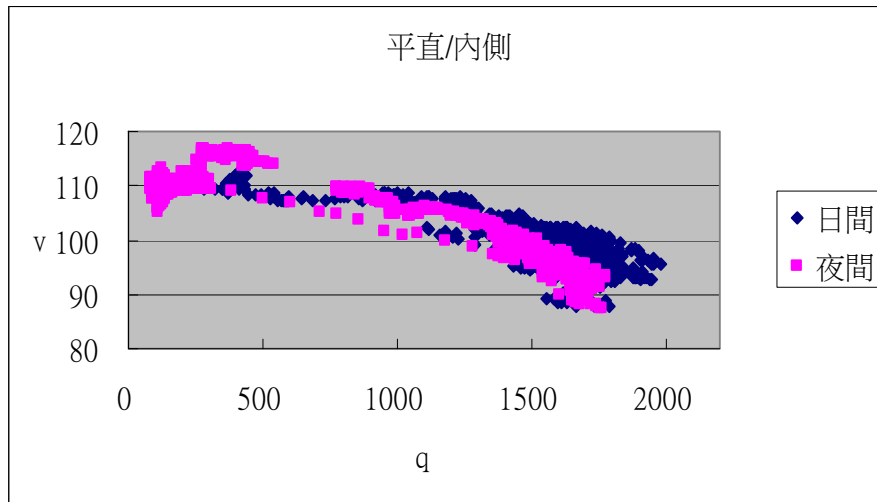


圖 9 平直路段之內側車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

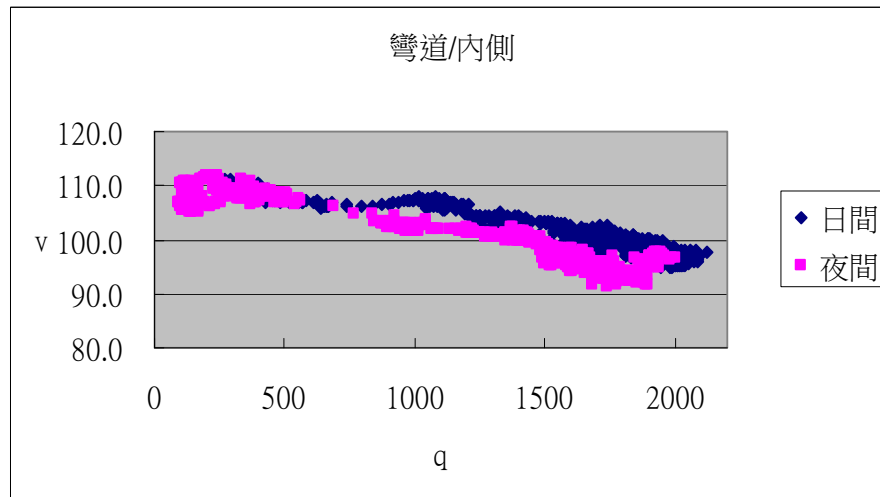


圖 10 彎道路段之內側車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

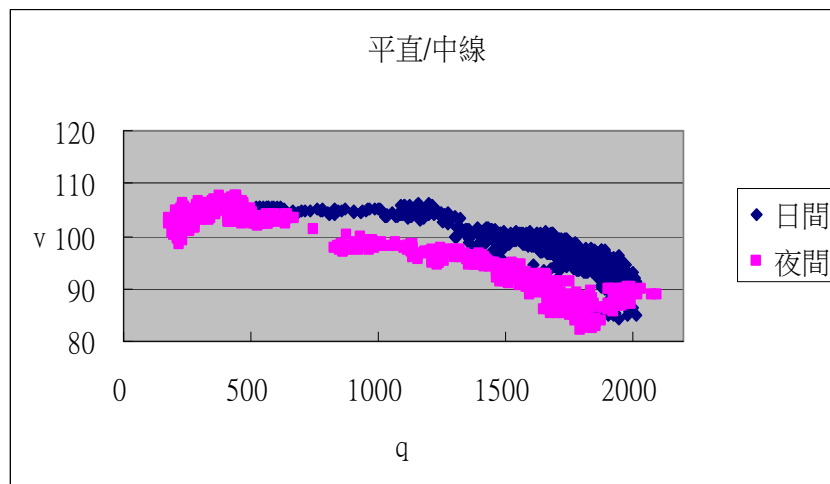


圖 11 平直路段之中線車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

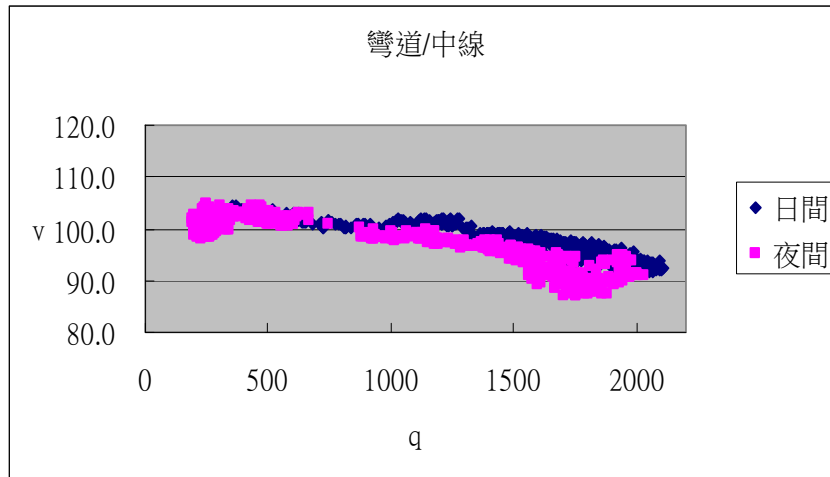


圖 12 彎道路段之中線車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

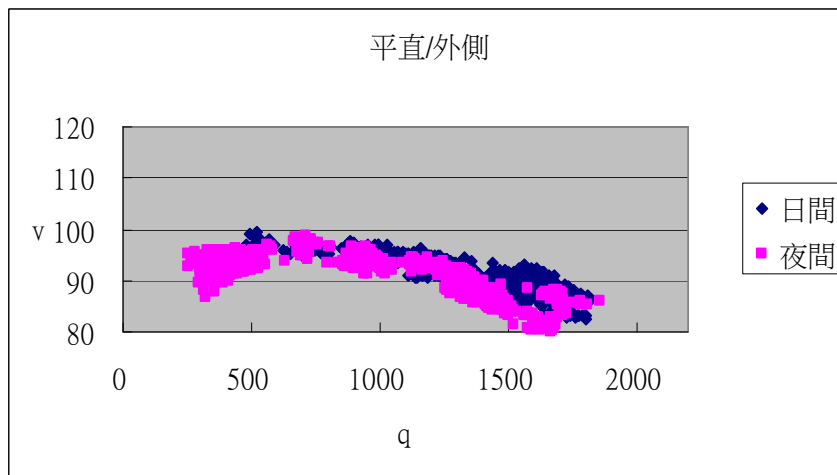


圖 13 平直路段之外側車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

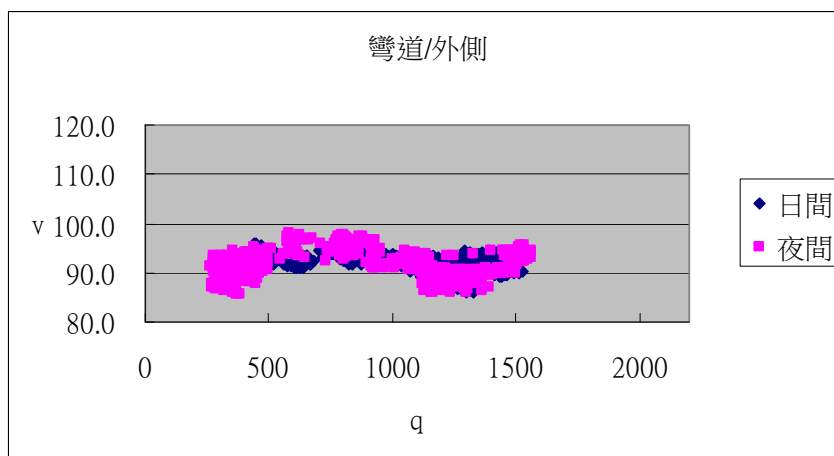


圖 14 彎道路段之外側車道，分別在日間和夜間之流率與速率關係分佈圖

4.4 不同車道之流率與速率特性分析

為瞭解車流在不同車道之速率與流率分佈關係，本研究在車道速率分佈方面，在相同光線與幾何設計狀況下，針對不同車道（內側車道、中線車道、外側車道）對速率分佈進行分析。

如圖15及圖16所示，日間無論平直路段或彎道路段，各車道速率分佈由高至低分別為內側車道、中線車道、外側車道，各車道速率均隨著流率增加而相對地降低，中線車道與外側車道速率差異明顯高於內側車道與中線車道間之差異。因此，速率分佈與車道位置有極大關係。如圖17及圖18所示，夜間無論平直路段或彎道路段各車道間速率差異較日間為均衡，在流率大於600 pcu/h時，3車道均受流率影響而出現速率隨流率而遞減之情形，此亦因同時受到光線與道路幾何影響之故。

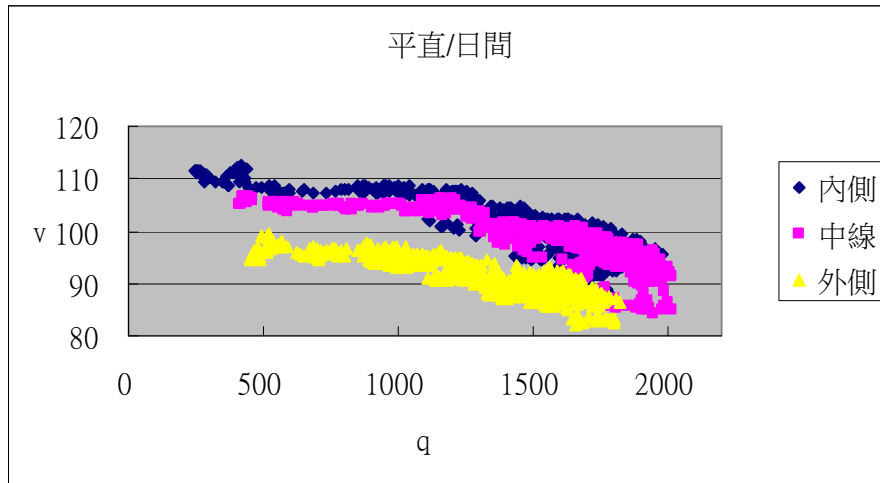


圖 15 日間光線下之平直路段，在內側、中線和外側車道之流率與速率關係分佈圖

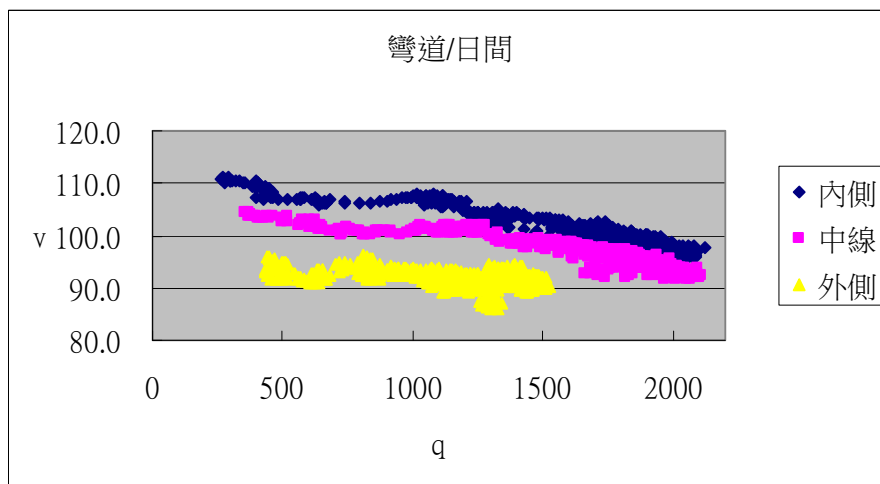


圖 16 日間光線下之彎道路段，在內側、中線和外側車道之流率與速率關係分佈圖

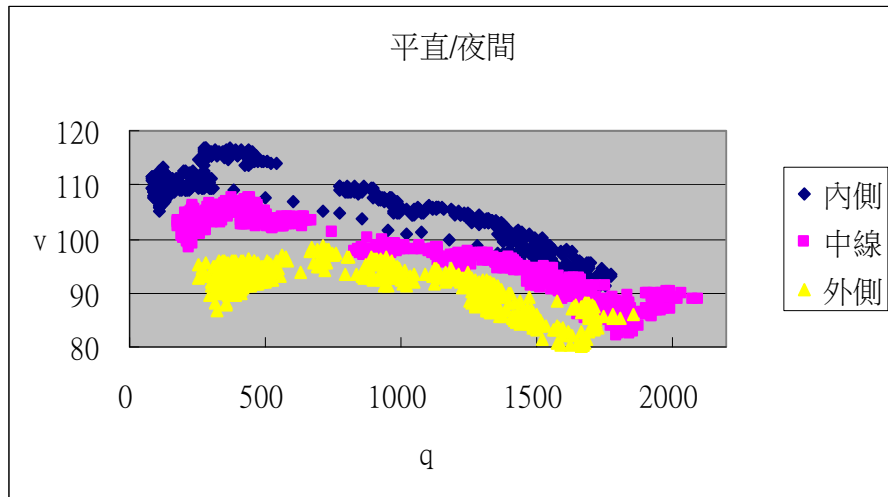


圖 17 夜間光線下之平直路段，在內側、中線和外側車道之流率與速率關係分佈圖

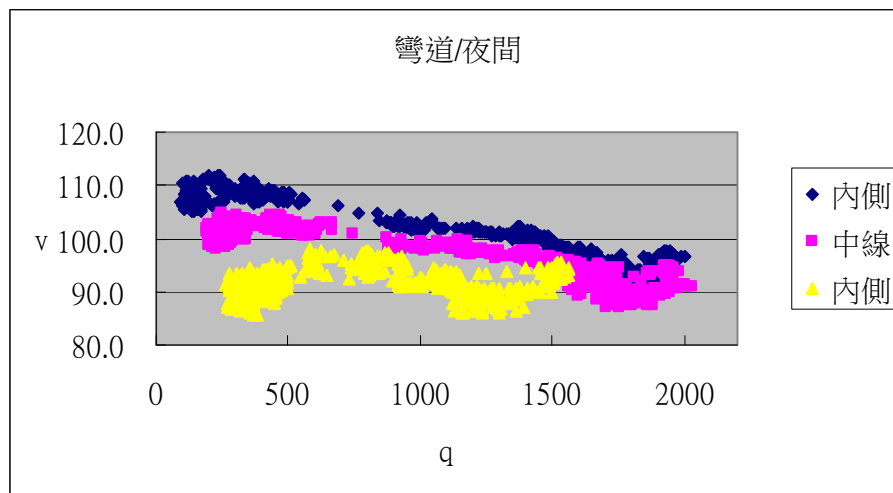


圖 18 夜間光線下之彎道路段，在內側、中線和外側車道之流率與速率關係分佈圖

五、結論與建議

公路設施之容量與服務水準研究對於規劃設計或是運作分析，均扮演著相當重要的角色。本研究主要利用高速公路局中區工程處之車輛偵測器資料，初步探討高速公路中部路段流率與速率之關係，並獲致以下之結論與建議：

- (一) 經分析道路幾何、光線、車道等三項因素對於高速公路基本路段速率之影響發現，流率在小於 600 pcu/h 時，此三項因素對於速率之影響較呈現顯著影響。當流率出現大於 600 pcu/h 時，速率會隨著流率增加而遞減，其影響程度亦隨之減低。
- (二) 平直路段與彎道路段在日間及夜間時段，內側車道之平均自由速率均較中線車道為高（平直路段日間約高出 4 km/h），且較外側車道為高（平直路段日間約高出 13 km/h）。
- (三) 若比較平直路段與彎道路段，內側車道與中線車道、外側車道平均自由速

率之差距，不論是日間或夜間，彎道之差距均明顯較平直路段為大。顯示彎道路段之確造成各車道平均自由速率之明顯影響。

- (四) 日間與夜間各車道之平均自由速率並無顯著差異。但當流率高於 600 pcu/h 以上時，夜間各車道之平均速率差異明顯較日間為高，顯示光線會影響公路設施之運作。
- (五) 不論是日間或是夜間，當平均流率小於 1,200 pcu/h 時，無論其車道為何，彎道路段平均速率均略低於平直路段，而當流率大於 1,200 pcu/h 時，平直路段平均速率明顯因流率增加而驟減，其變異程度明顯高於彎道路段，亦即彎道路段受流率之影響程度略低於平直路段。
- (六) 當中線車道在流率小於 600 pcu/h 時，在相同之流率水準下，夜間與日間之平均速率沒有明顯差別；但當流率大於 600 pcu/h 時，夜間平均速率明顯低於日間，表示在中線車道光線因素對於速率影響明顯大於內側車道；同時無論其流率為何，日間與夜間之外側車道平均速率沒有明顯差別，而中線車道與外側車道速率分佈則有明顯差異。
- (七) 本研究雖蒐集端午節之連續假日資料，但由於沒有足夠之壅塞車流資料，目前尚無法探討車道容量，建議後續研究持續蒐集高速公路主線 3 車道及最高速限為 110 km/h 之狀況的車流資料，進一步分析車道容量與相關之應用議題。
- (八) 本研究僅針對道路幾何、光線、車道等三項因素對於高速公路基本路段速率之影響進行分析，並未論及任何足以影響流率與速率之其他外在因素，例如：事故、道路施工或養護作業、氣候、鋪面及警車執法管理等外在因素，建議未來可繼續延伸考慮上述因素，以進行後續相關研究。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所 (1990)，臺灣地區公路容量手冊。
2. 交通部運輸研究所 (2001)，2001 年臺灣地區公路容量手冊。
3. Khisty, C. J. and Lall, B. K. (2002), *Transportation Engineering: An Introduction*, 3rd ed., Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458, p.133.
4. Transportation Research Board (2000), *Highway Capacity Manual*, National Research Council, Washington, D. C.