

## 市區道路下坡直行車道停等車疏解特性之研究<sup>1</sup>

### Queue Discharge Characteristics on Downgrade Straight-through Lanes in Urban Streets

曾平毅 Pin-Yi Tseng<sup>2</sup>

張筱瑜 Siao-Yu Chang<sup>3</sup>

#### 摘要

臺灣有一些市區道路利用高架道路來降低交通衝突。這些高架道路的下匝道下坡終點通常緊鄰號誌化路口，其停等車疏解特性及其車道容量很可能受到緊鄰高架道路下匝道之坡度的影響。目前臺灣公路容量手冊(HCM)係利用『坡度調整因素』來估計車道疏解能力因停止線上游坡度之影響，但此調整因素並未依據臺灣本土交通特性來訂定。因此，本研究透過臺北地區8個下坡路段之直行快車道，由現場調查資料來進行疏解特性分析。研究結果發現，停止線上游之下坡路段明顯提高號誌化路口停等車之疏解能力，且各調查地點均能利用綠燈時段( $g$ )合理估計每週期可疏解小車數( $N_{gyi}$ )；本研究並進一步分析不同車道幾何條件對疏解能力的影響。本研究之成果可提供臺灣交通界進一步了解坡度對疏解能力的影響。

**關鍵字：**號誌化路口、停等車疏解率、坡度、市區道路

#### Abstract

*Many urban streets in Taiwan were designed as viaducts to minimize conflicting traffic movements. The off-ramps of these viaducts or bridges usually ended at or near their immediately downstream signalized intersection. The queue discharge characteristics and the resulting lane capacities at such intersections may be affected by the adjacent off-ramp grades. To take the impact of grade into consideration, Taiwan Highway Capacity Manual (THCM) applies grade adjustment factors to estimate queue discharge rates justifying the upstream grades on the intersection approach lanes. The grade adjustment factors used in THCM, however, have not been validated using local traffic data. Therefore, this study*

- 
- 1 本文為科技部補助經費專題研究 NSC 102-2410-H-015-013 部分成果，作者特此表示感謝。
  - 2 中央警察大學交通學系教授（聯絡地址：桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號，電話：03-3282321 轉 4619，E-mail：una139@mail.cpu.edu.tw）。
  - 3 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於基隆港務警察總隊。

*analyzed the queue discharge characteristics on downgrade straight-though lanes using data collected at eight sites in Taipei area. It was found that downgrade significantly increases queue discharge ability, and the parameter of discharged passenger-cars per signal cycle,  $N_{gvi}$ , could be reasonably estimated by green interval,  $g$ , in the signal cycle using the analyzed regression equations. Furthermore, various roadway geometric effects on queue discharging were also discussed. The findings of this study could provide better insight into the effects of grade on queue discharging in Taiwan.*

**Key Words:** Signalized intersection, Queue discharge rate, Grade, Urban street

## 一、前言

號誌化路口的車道容量及作業績效與停等車之疏解特性息息相關，而停等車之疏解又受幾何設計、號誌控制、車種組成及車輛行進方向等因素所影響（交通部運輸研究所，1991；2001）。根據臺灣現場資料顯示，停等車隊之疏解率在第 12 部停等車通過停止線之後常常仍持續上升，而且在何時疏解率才會達到穩定狀況很難訂定（交通部運輸研究所，2006；2007）。所以傳統利用飽和流率(saturation flow rate)之觀念來估計汽車道之容量法，並不見得適用於臺灣地區，但對於機車專用道之容量估計，則適合以飽和流率來估計（交通部運輸研究所，2002；2008；2011）。因此，2011 臺灣 HCM 已針對此問題，提出一替代方案，建議亦可利用直接估計在綠燈時段及燈號轉換時段的平均疏解車數的方式，以估計車道或車道群之容量，並建立不同類型車道之容量估計式。

號誌化路口之車流特性隨著道路類型（如高速公路、快速道路、多車道公路及二車道公路）、車種組成及路段之幾何設計（如坡度、坡長、曲度及有無實體分隔）等因素而變。影響停等車疏解特性之其中一關鍵因素即為坡度 (grade)，坡度路段的車流特性與平坦路段不同，上、下坡均可能影響車流疏解率。近幾年交通部運輸研究所在臺北都會區地下道（即上坡路段）下游號誌化路口之車道蒐集停等車疏解特性資料，現場資料顯示地下道之上坡道確實會降低下游號誌化路口停等車之疏解能力，研究結果並已修訂 2011 臺灣 HCM 第 10 章「市區地下道」(交通部運輸研究所，2012)。然而，市區道路之下坡路段對下游號誌化路口停等車疏解是否也會造成影響？相對平坦車道有較高之疏解率？其疏解特性是否與一般市區號誌化路口之疏解特性有所差異？則有必要進一步探討。

本研究初步針對臺北地區常見下坡路段的「直行快車道」(劃分為 6 類型，如表 1 所示) 進行探討，利用現場觀察與調查方式進行疏解特性資料蒐集及坡度量測，比較其與相對路型之平坦路段疏解率的差別，以了解下坡對於停等車疏解能力之影響。

表 1 2011 臺灣 HCM 第 13 章直行快車道類型劃分

類型代號	車道之性質
S1	中央實體分隔、無快慢分隔、無緊鄰公車專用道
S2	中央實體分隔、無快慢分隔、有緊鄰公車專用道
S3	中央實體分隔、快慢分隔
S4	中央標線分隔、快慢分隔
S5	中央標線分隔、無快慢分隔
S6	緊鄰左側快慢分隔島

資料來源：交通部運輸研究所(2011)。

## 二、車道容量之估計方法

依 2011 臺灣 HCM 第 13 章之定義，號誌化路口車道或車道群之容量，指在最少 15 分鐘內能利用綠燈及燈號轉換時段通過停止線之最高流率的期望值（交通部運輸研究所，2011）。經調查臺灣現場資料顯示疏解率之特性與傳統之疏解率有不可忽視的差異，市區直行停等車之疏解率通常在綠燈亮後 20 秒仍繼續上升，在何停等位置之後疏解率才會達到穩定狀況很難訂定。左轉停等車之疏解率有同樣的特性。因此，2011 臺灣 HCM 第 13 章利用下式估計一般車道之容量：

$$c = \frac{3600}{C} \left[ \sum_{i=1}^n N_{gyi} \right] f_v f_g f_b f_s f_z f_p \quad (1)$$

此式中， $c$ ：車道容量（輛/小時）；

$C$ ：號誌週期長度（秒）；

$N_{gyi}$ ：特定狀況下，在第  $i$  個可用時相之綠燈時段及燈號轉換時段中能疏解之平均停等車輛數（輛）；

$n$ ：可用之時相數；

$f_v$ ：車種及行進方向調整因素；

$f_g$ ：坡度調整因素；

$f_b$ ：公車站調整因素；

$f_s$ ：路邊停車調整因素；

$f_z$ ：交叉路口所在市區調整因素；

$f_p$ ：衝突行人調整因素。

式 1 中之調整因素的性質，隨  $N_{gyi}$  的性質而變。例如  $N_{gyi}$  之值若已包括所有車種及行進方向，則沒有必要利用  $f_v$  來調整（換言之， $f_v = 1.0$ ）。

2011 臺灣 HCM 並建立不同類型車道之容量估計式，其中「直行快車道」包括 6 類型，如表 1 所示。其  $N_{gyi}$  可由表 2 之對應公式估計。

表 2 直行快車道  $N_{gyi}$  (小車) 之估計模式

車道類型	估計模式	$g$ 之範圍(秒)
S1	$N_{gyi} = -0.77 + 0.475 g + 1.273 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -3.69 + 0.598 g$	5~55 >55
S2	$N_{gyi} = -0.98 + 0.426 g + 1.105 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -5.40 + 0.566 g$	5~60 >60
S3	$N_{gyi} = -0.59 + 0.428 g + 1.250 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -4.36 + 0.566 g$	5~50 >50
S4	$N_{gyi} = -0.88 + 0.437 g + 1.783 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -3.70 + 0.582 g$	5~50 >50
S5	$N_{gyi} = -0.71 + 0.422 g + 1.500 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -8.68 + 0.638 g$	5~70 >70
S6	$N_{gyi} = -1.28 + 0.425 g + 1.150 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -3.24 + 0.522 g$	5~50 >50

註：表中  $g$  為綠燈長度(秒)。

資料來源：2011 臺灣 HCM 第 13 章 (交通部運輸研究所, 2011)。

因坡度會影響號誌化路口車流運作，本研究希望透過現場資料之蒐集與分析，探討臺灣號誌化路口上游路段之下坡度對於號誌化路口疏解能力之影響。

### 三、現場資料蒐集

#### 3.1 調查車道基本幾何資料

臺灣市區中有不少下坡路段，以高架道路及橋梁下坡路段最為常見。為探討市區道路之下坡度對下游停等車疏解能力之影響，本研究以臺北地區內之高架道路及橋梁下坡路段作為探討對象，蒐集不同坡度路段之停等車疏解資料。經實地踏勘後，選取表 3 之 8 個直行快車道，其中臺北市市民高架 (永吉路口)、中正橋 (和平西路口) 及大直橋 (濱江街口) 為 S1 路型，臺北市建國高架 (長安東路口) 及新北市福和橋 (永亨路口) 為 S3 路型，臺北市基隆高架 (樂業路口)、臺北大橋 (民權西路 144 巷口) 及忠孝橋 (重慶南路口) 為 S5 路型。各調查地點的幾何設計資料整理如表 3，現場圖分別如圖 1 各小圖所示。各調查地點快車道均禁行機車，車道寬度在 2.8 公尺到 3.4 公尺之間，速限大多和市區道路速限相同，為 40 或 50 公里/小時。各調查路段坡度終點均緊鄰下游號誌化路口停止線。

表 3 調查車道基本幾何資料

序號	路段名稱	下游號誌化路口	車道數	調查車道位置	調查車道寬度(m)	速限	車道類型	現場圖
1	臺北市市民高架	永吉路	2	1	3.4	40	S1	圖 1(a)
2	臺北市中正橋	和平西路	2	1	2.9	50	S1	圖 1(b)
3	臺北市大直橋	濱江街	2	1	2.8	50	S1	圖 1(c)
4	臺北市建國高架	長安東路	2	1	3.3	40	S3	圖 1(d)
5	新北市福和橋	永亨路	5	2	3.0	50	S3	圖 1(e)
6	臺北市基隆高架	樂業街	1	1	3.2	40	S5	圖 1(f)
7	臺北市臺北大橋	民權西路 144 巷	2	2	3.2	40	S5	圖 1(g)
8	臺北市忠孝橋	重慶南路	2	1	3.4	50	S5	圖 1(h)

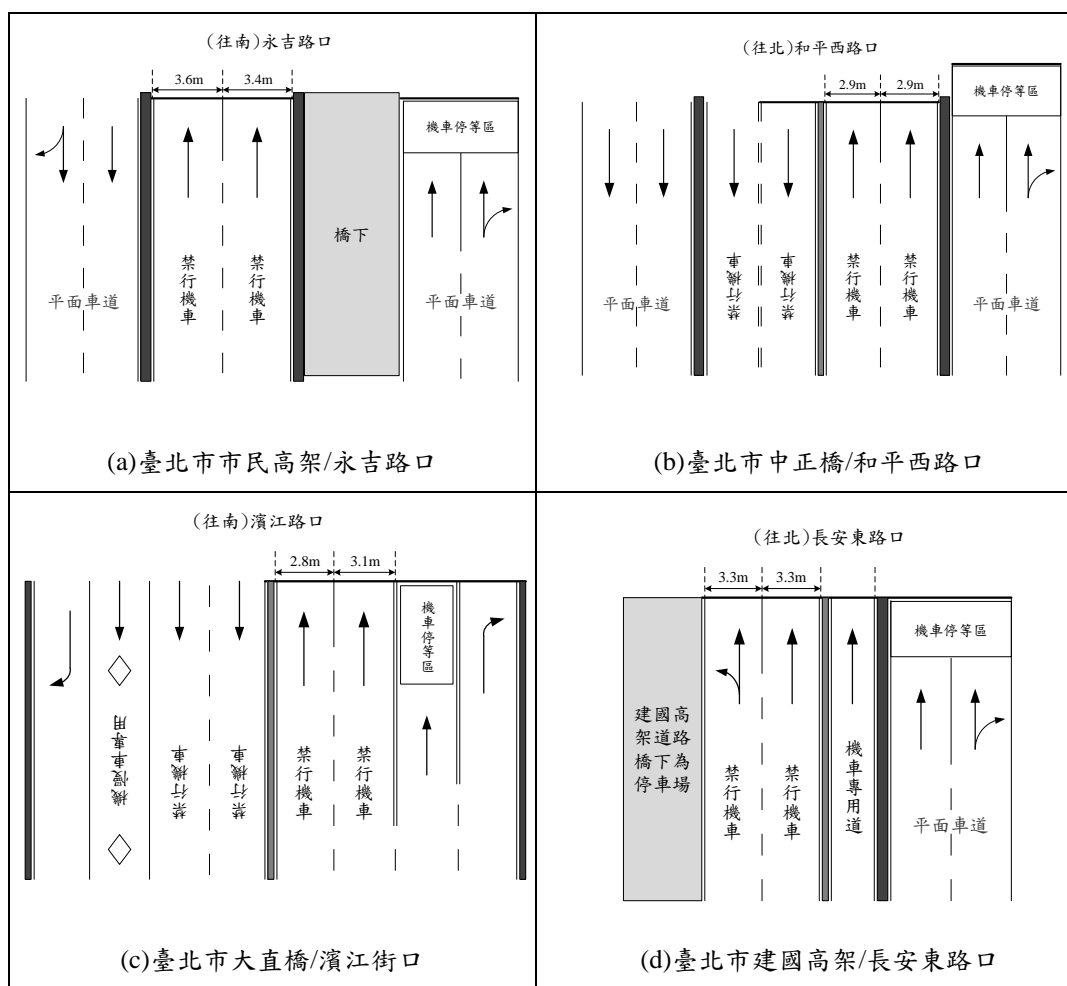


圖 1 各調查地點現場示意圖

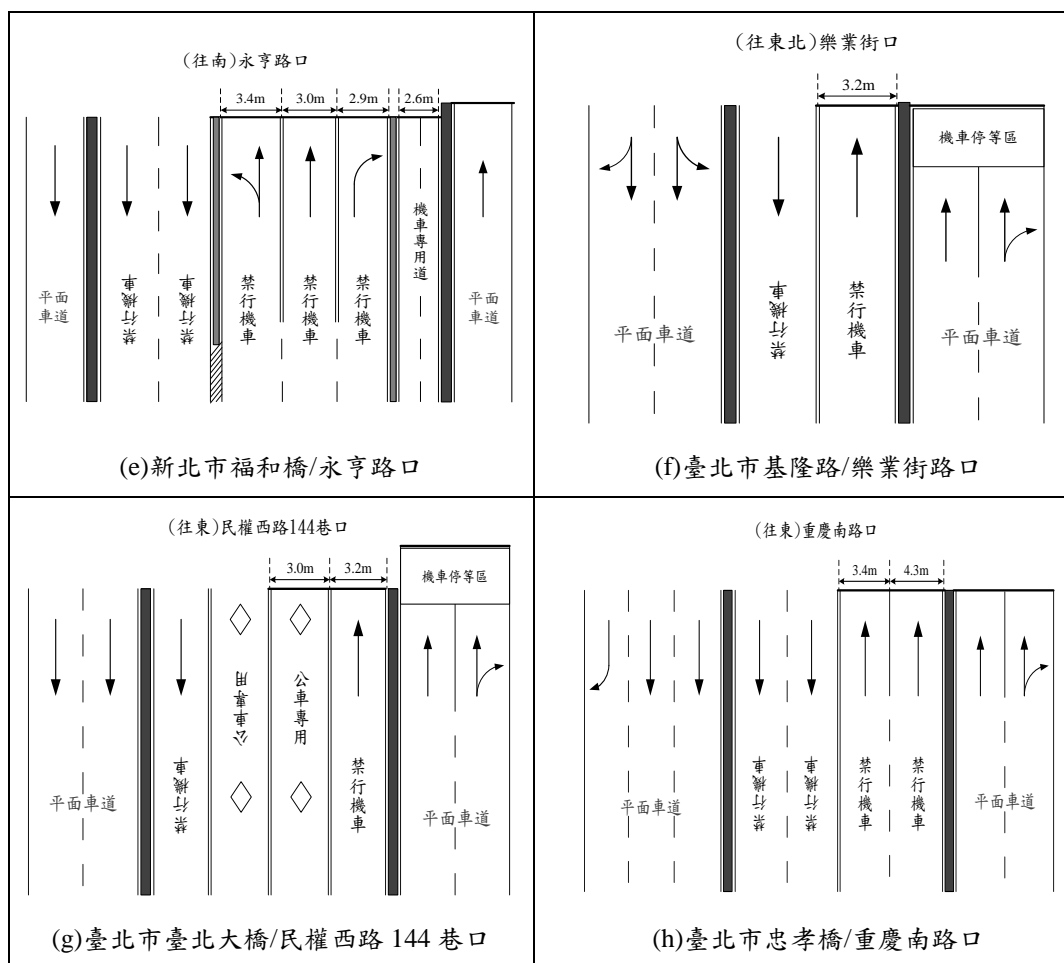


圖 1 各調查地點現場示意圖(續)

### 3.2 調查車道坡度資料

本研究參考交通部運輸研究所進行 2011 臺灣 HCM 第 10 章「市區地下道」，以號誌化路口停止線上游 100 公尺之路段平均坡度，作為探討影響號誌化路口之「坡度操作性定義」。其理由是停止線上游雖然可能有不同的坡度變化，但上游 100 公尺約可停等 16~18 輛小車，這些小車由停等狀況啟動向下游疏散，當然與其平均坡度大小有關。而交通部運輸研究所的經驗顯示，該坡度的界定與數值，的確可用來解釋對下游號誌化路口疏散能力的影響情形（交通部運輸研究所，2012）。

本研究採用實地量測方式（曾平毅等人，2014），以每 10 公尺量測一坡度之方式，估計停止線上游 100 公尺的平均坡度。各調查地點臨近路段

坡度量測資料，經以每 10 公尺（共 11 個點）或每 20 公尺（共 6 個點）量測點來估算平均坡度，比較如表 4。

表 4 平均坡度估計值比較表

調查地點	每 10 公尺量測 之平均坡度(%) (a)	每 20 公尺量測 之平均坡度(%) (b)	相差(%) (c=b-a)
市民高架/永吉路口	-3.12	-3.18	-0.06
中正橋/和平西路口	-3.50	-3.28	0.22
大直橋/濱江街口	-4.28	-4.35	-0.07
建國高架/長安東路口	-3.31	-3.30	0.01
福和橋/永亨路口	-1.64	-1.46	0.18
基隆高架/樂業街口	-5.73	-5.86	-0.13
臺北大橋/民權西路 144 巷口	-4.93	-4.75	0.18
忠孝橋/重慶南路口	-3.65	-3.72	-0.07

根據表 4，臨近路段採用每 10 公尺或每 20 公尺量測點所估計之平均坡度誤差在 0.01% 到 0.22% 之間，顯示採用每 10 公尺或每 20 公尺量測點所估算之平均坡度差異並不大，本研究建議亦可每 20 公尺量測一次，僅需量測 6 個點之坡度，以簡化量測作業。

### 3.3 停等車疏解車距資料蒐集方法

停等車疏解車距資料蒐集之方法，原則上參考線應在第一部停等車之車頭下游約 1~2 公尺處。經過初步觀察，市區號誌化路口之停等車停等位置通常在停止線上游 1~2 公尺處，故本研究係以號誌化路口之停止線為參考線。調查員必須注意因號誌而停等之車隊狀況，檢視號誌轉換為綠燈之瞬間之車隊尾端（必須默記其車輛特徵）；並自號誌轉換為綠燈之瞬間利用有記憶體之碼錶(stopwatch)開始計時，分別紀錄每一部停等車之車尾通過參考線之時間（以後輪通過參考線之時間為準）。第一部停等車之疏解車距則是綠燈啟亮至第一部停等車後輪通過參考線之車距(headway)，第二部停等車以後之疏解車距，則為前一部車通過參考線到該車輛通過參考線之車距。綠燈時段完畢之後，後輪尚未通過參考線但可疏解之車輛，則歸屬於燈號轉換期間內（包括黃燈與紅燈）之疏解車輛。由此，每一號誌週期如有大量之停等車輛，即可獲得適當之一筆停等車疏解車距資料。

### 3.4 調查計畫之執行

選定調查地點及車道後，即可開始實施停等車疏解車距之資料蒐集。經過現場觀察及初步調查後，為使調查基準一致，針對現場執行過程中可能遭遇或產生之問題先行界定及釐清，茲說明如下：

### 1. 調查時段之選擇

疏解車距調查以能記錄到較長停等車隊為主要考量因素，故將依各調查地點所在位置與方向特性之不同，選擇合適的觀測時段，原則以平日白天尖峰時段為主。如遇該路口設有疏導勤務時，則僅調查疏導人員未指揮疏解，全依號誌行進之週期。

### 2. 停等車之認定、資料註記

當停等車隊因綠燈啟亮開始疏解後，上游仍有車輛駛至車隊最後方停等或後續車流有明顯接續停等車隊，且其車速受制於疏解車隊時，亦視為停等車隊。停等車隊疏解時，如有其他鄰近車道之車輛插入排隊停等車隊依序疏解，則亦視為停等車隊。

如有大車則必須特別記錄其停等位置，本研究分析時將大車及其後方受影響之小車車距資料捨棄不用。受干擾之停等車亦須特別註記，如第 1 部停等車有綠燈啟亮前提前起步之情形、臨時變換車道駛出停等車隊之車輛或其他不明原因非正常運行之車輛，分析時將這些受干擾之樣本資料捨棄不用。

### 3. 現場調查注意事項

本研究係以碼錶現場觀察並記錄停等車隊疏解車距資料，調查人員之觀測位置需能同時觀測車隊最末端及車輛通過基準線的情形。觀測位置通常選擇在行人陸橋橋上或臨近大樓的樓上制高點等處所，如無適當制高點，則應在路側選擇有遮蔽物或不易讓駕駛人察覺的位置，避免影響駕駛人的駕駛行為。另一重點是要能很清楚地明視車輛通過基準線的瞬間。

## 四、資料分析與比較

本研究現場調查對象共計 8 個直行快車道，其中包含 3 個 S1 路型、2 個 S3 路型及 3 個 S5 路型。為減少誤差，增加精確及可信度，至少應有 100 個週期以上的資料，彙整後先進行資料篩選，將原始資料中有關大車及干擾車之資料除去。為提高資料可信度，進一步除去兩個標準差以外之離散值(outliers)<sup>4</sup>，並反覆操作至各停等位置之疏解車距資料均在兩個標準差以內。另考量各地點之調查資料精準度（或誤差控制），乃設定估計平均疏解車距之誤差在 0.2 秒/車之內，且樣本數必須大於 30。經過初步篩檢後之有效樣本資料如表 5 所示。

4 根據統計學之大樣本經驗法則(rule of thumb)，估計樣本平均數時約有 95%左右的資料落於平均值加減兩個標準差的範圍，本研究以此標準作為檢測離散值的準則。



## 4.1 S1 車道

S1 路型之現場調查車道共計 3 個。表 5 之 3 個 S1 路型調查車道資料可轉換為圖 2 之關係，並改以通過車輛數為依變數（即停等車輛數， $N_{gyi}$ ），疏解車距累積時間，即綠燈時段  $g$ （秒），作為自變數，可進行迴歸分析，建立各直行快車道小車疏解數之估計式，如表 6 所示。

表 5 調查車道之停等車疏解車距

停等位置	1 市民永吉	2 中正和平	3 大直濱江	4 建國長安	5 福和永亨	6 基隆樂業	7 臺北民權	8 忠孝重慶
1	2.47	2.05	2.92	2.83	3.13	1.68	2.36	2.28
2	2.16	2.17	2.38	2.37	2.48	2.41	2.39	2.33
3	2.23	2.11	2.29	2.05	2.13	2.32	2.01	2.39
4	2.05	1.89	2.01	2.08	2.14	2.28	2.16	2.04
5	1.99	1.91	1.95	1.89	2.14	2.10	2.02	1.93
6	1.87	1.83	1.94	1.87	1.86	2.02	1.94	1.97
7	1.80	1.70	1.96	1.72	1.96	1.92	2.17	1.90
8	1.74	1.84	1.81	1.65	1.92	2.05	2.09	1.89
9	1.71	1.73	1.89	1.64	1.91	2.16	2.06	1.85
10	1.85	1.71	1.90	1.71	1.92	1.95	2.02	1.76
11	1.73	1.84	1.83	1.59	1.85	1.98	1.80	1.82
12	1.82	1.80	1.89	1.62	1.88	2.04	1.89	1.99
13	1.71	1.75	1.84	1.67	1.89	2.03	1.94	1.89
14	1.71	1.80	1.86	1.67	1.77	1.87	1.92	1.88
15	1.70	--	--	1.62	1.73	1.89	1.94	2.08
16	1.72	--	--	1.61	1.81	1.77	1.81	1.97
17	1.50	--	--	1.65	1.73	1.84	1.86	1.80
18	1.66	--	--	1.75	1.69	1.83	1.92	2.02
19	1.65	--	--	1.74	--	2.02	1.86	1.94
20	1.66	--	--	1.76	--	1.94	1.97	1.87
21	1.60	--	--	1.80	--	--	1.96	1.83
22	1.63	--	--	1.89	--	--	1.97	2.06
23	1.78	--	--	1.78	--	--	1.86	2.13
24	1.63	--	--	1.78	--	--	1.88	1.90
25	--	--	--	1.82	--	--	1.80	1.99
26	--	--	--	--	--	--	1.95	1.96
27	--	--	--	--	--	--	1.79	2.12
28	--	--	--	--	--	--	1.86	1.95
29	--	--	--	--	--	--	--	2.07

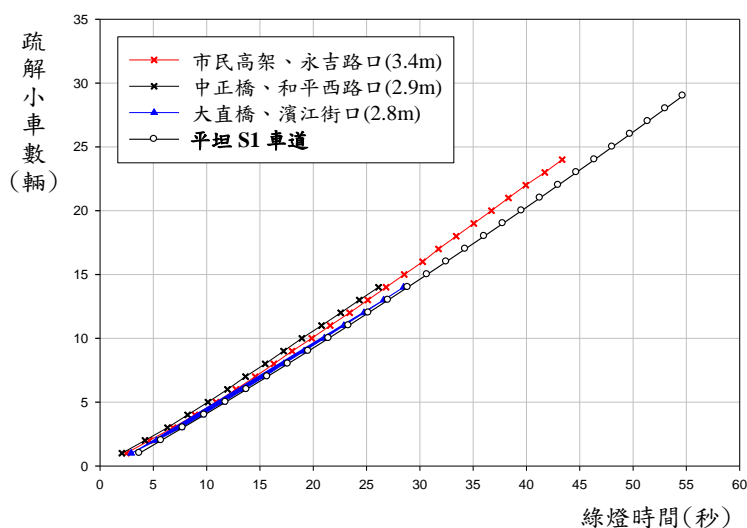


圖 2 S1 類型車道綠燈時段與可疏解小車數之關係

表 6 S1 類型車道綠燈時段與可疏解小車數之關係

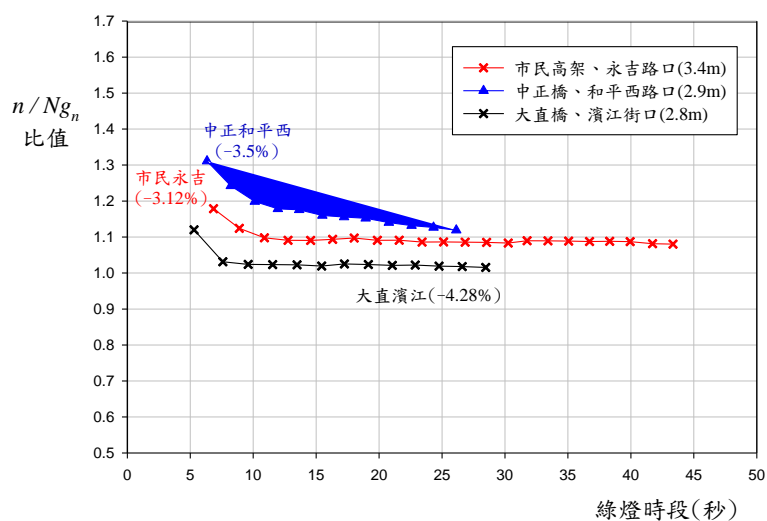
車道類型	估計模式	$g$ 之範圍 (秒)
平坦 S1 車道	$N_{gyi} = -0.77 + 0.475 g + 1.273 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -3.69 + 0.598 g$	5~55 >55
1.市民高架/永吉路口	$N_{gyi} = -0.380 + 0.486 g + 1.849 \times 10^{-3} g^2$	5~43
2.中正橋/和平西路口	$N_{gyi} = -0.124 + 0.494 g + 1.904 \times 10^{-3} g^2$	5~26
3.大直橋/濱江街口	$N_{gyi} = -0.443 + 0.451 g + 2.071 \times 10^{-3} g^2$	5~28

圖 2 顯示 3 個調查車道之疏解能力高於平坦 S1 車道，由表 6 可知，各關係式與平坦 S1 車道略有差異，進一步利用鄒氏檢定法(Chow, 1960)分別檢定各調查車道與平坦 S1 車道之關係式係數是否對應相等，結果均拒絕虛無假設，顯示各調查車道之疏解特性均明顯與平坦 S1 車道不同。

為比較調查車道與相對平坦車道之疏解能力，進一步分析如下：

1. 計算每一個停等位置( $n = 1, 2, \dots$ )所使用的疏解時間。亦即加總由第 1 停等位置至該停等位置( $n$ )之平均疏解車距  $g_n$ ，也就是疏解  $n$  部小車需要的綠燈時間。
2. 將  $g_n$  代入表 6 之 S1 公式，可以求得對應之可疏解小車數  $N_{g_n}$ 。
3. 第  $n$  停等位置表示疏解  $n$  部小車，該綠燈時段內，平坦的 S1 車道可疏解小車數為  $N_{g_n}$ 。經進一步計算  $n/N_{g_n}$  比值，可顯示該車道第  $n$  個停等位置相對於 S1 車道之疏解能力比值。

表 6 之 3 個車道依前述程序，可獲得表 7 之資料及圖 3。



註：坡度係從停止線到上游 100 公尺範圍內之平均坡度。

圖 3 調查車道與平坦 S1 車道綠燈時段與小車疏解數比值之關係

表 7 調查車道與平坦 S1 車道代表性疏解率之比較

停等位置 n	市民高架/永吉路口		中平和西路口		大直橋/濱江街口	
	$g_n$	$n / Ng_n$	$g_n$	$n / Ng_n$	$g_n$	$n / Ng_n$
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	5.30	1.12
3	6.85	1.18	6.33	1.31	7.59	1.03
4	8.90	1.12	8.22	1.24	9.60	1.02
5	10.89	1.10	10.13	1.20	11.55	1.02
6	12.76	1.09	11.96	1.18	13.48	1.02
7	14.56	1.09	13.65	1.18	15.44	1.02
8	16.31	1.09	15.50	1.16	17.25	1.03
9	18.02	1.10	17.22	1.16	19.15	1.02
10	19.86	1.09	18.93	1.15	21.05	1.02
11	21.60	1.09	20.77	1.14	22.87	1.02
12	23.41	1.09	22.58	1.13	24.77	1.02
13	25.12	1.09	24.33	1.13	26.61	1.02
14	26.84	1.09	26.13	1.12	28.47	1.02
15	28.54	1.09	--	--	--	--
16	30.26	1.08	--	--	--	--
17	31.76	1.09	--	--	--	--
18	33.41	1.09	--	--	--	--
19	35.06	1.09	--	--	--	--
20	36.72	1.09	--	--	--	--
21	38.32	1.09	--	--	--	--
22	39.94	1.09	--	--	--	--
23	41.72	1.08	--	--	--	--
24	43.35	1.08	--	--	--	--

由圖 3 可知，綠燈在 10 秒以下時，坡度對疏解率的影響較大；但綠燈在 10 秒後，各調查車道之疏解率比值均有趨於穩定的情形。其中，中正橋/和平西路口 S1 車道疏解率與平坦車道疏解率之比值隨綠燈的變化較大，綠燈在 10 秒後之疏解率比值的平均值為 1.14。市民高架/永吉路口 S1 車道在綠燈 10 秒後之疏解率比值不隨綠燈長度有大的變化，大約是平坦車道疏解率的 1.09。大直橋/濱江街口 S1 車道之坡度較其他兩車道之坡度陡，但疏解率卻明顯較低，在綠燈 10 秒後之疏解率比值的平均值為 1.02。這現象可能是因為大直橋往南之下坡路段上方有高架道路，且通過濱江街後，隨即進入復興北路地下道。駕駛人於通過此下坡路段時，受到車道上方設施之壓迫感，並因前方道路狀況改變，視覺有衝突（如圖 4 所示），而降低其駕駛速度，造成此車道之疏解率較低。

## 4.2 S3 車道

S3 路型之現場調查車道共計 2 個，依據 4.1 節 S1 車道分析程序，將表 5 之 2 個 S3 路型調查車道資料轉換為圖 5 之關係，並建立表 8 之估計式。



圖 4 駕駛人行經大直橋往南（濱江街）路口所見前方路況

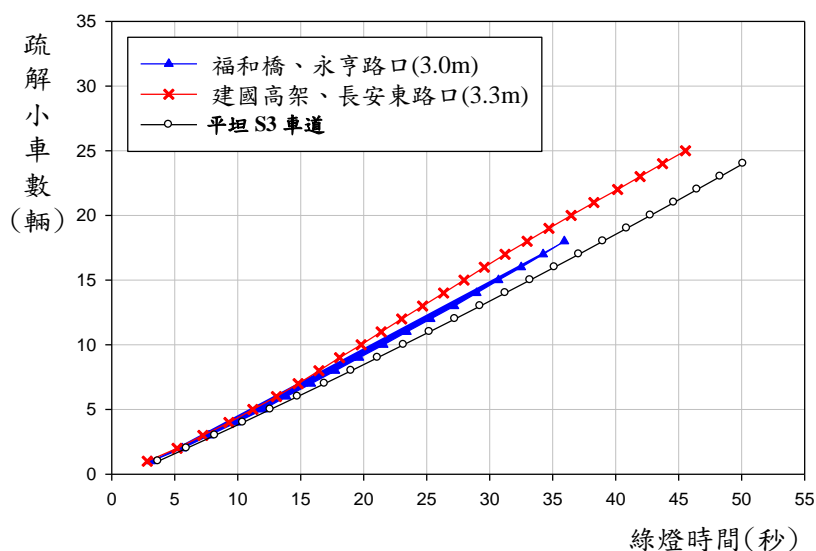


圖 5 S3 類型車道綠燈時段與疏解車數關係圖

表 8 S3 類型車道綠燈時段與可疏解小車數之關係

車道類型	估計模式	$g$ 之範圍 (秒)
平坦 S3 車道	$N_{gyi} = -0.59 + 0.428 g + 1.250 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -4.36 + 0.566 g$	5~50 >50
4.建國高架/長安東路口	$N_{gyi} = -1.052 + 0.555 g + 0.502 \times 10^{-3} g^2$	5~45
5.福和橋/永亨路口	$N_{gyi} = -0.503 + 0.441 g + 2.075 \times 10^{-3} g^2$	5~35

圖 5 顯示 2 個調查車道之疏解能力高於平坦 S3 車道，由表 8 可知，各關係式與平坦 S3 車道略有差異，進一步利用鄒氏檢定法(Chow, 1960)分別檢定各調查車道與平坦 S3 車道之關係式係數是否對應相等，結果均拒絕虛無假設，顯示各調查車道之疏解特性均明顯與平坦 S3 車道不同。

為比較調查車道與相對平坦車道之疏解能力，將停車疏解車距資料轉換成表 9 之資料及圖 6。

圖 6 之 S3 車道中，福和橋/永亨路口之車道相當平坦，坡度只有-1.64%，疏解率比值不隨綠燈長度有明顯變化，在綠燈超過 15 秒後，疏解率比值平均值為 1.09。建國高架/長安東路口車道的坡度較陡，疏解率明顯較高，疏解率比值亦相當穩定，不隨綠燈長度有太大的變化，疏解率比值之平均值為 1.20。

表 9 調查車道與平坦 S3 車道代表性疏解率之比較

停等位置 n	建國高架/長安東路		福和橋/永亨路	
	$g_n$	$n / Ng_n$	$g_n$	$n / Ng_n$
1	2.83	—	3.13	—
2	5.19	1.20	5.61	1.08
3	7.24	1.17	7.73	1.07
4	9.31	1.14	9.88	1.06
5	11.20	1.15	12.02	1.06
6	13.08	1.15	13.87	1.07
7	14.80	1.16	15.83	1.08
8	16.45	1.18	17.75	1.08
9	18.09	1.19	19.66	1.08
10	19.80	1.19	21.58	1.08
11	21.39	1.20	23.43	1.09
12	23.01	1.21	25.31	1.09
13	24.68	1.21	27.20	1.09
14	26.35	1.21	28.97	1.09
15	27.97	1.21	30.70	1.09
16	29.57	1.22	32.51	1.09
17	31.22	1.21	34.25	1.09
18	32.98	1.21	35.93	1.10
19	34.71	1.20	--	--
20	36.47	1.20	--	--
22	40.16	1.18	--	--
23	41.94	1.18	--	--
24	43.73	1.17	--	--
25	45.55	1.16	--	--

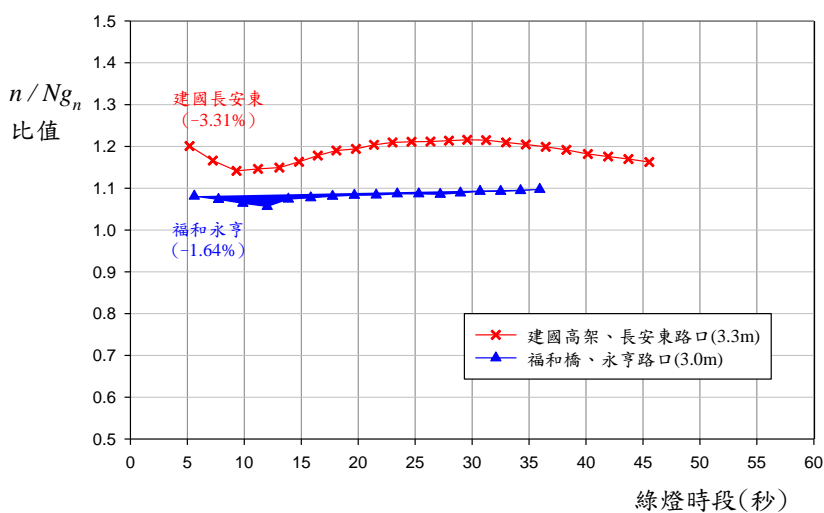


圖 6 調查車道與平坦 S3 車道綠燈時段與小車疏解數比值之關係

### 4.3 S5 車道

S5 路型之現場調查車道共計 3 個，依據前述分析程序，將表 5 之 3 個 S5 路型調查車道資料轉換為圖 7 之關係，並建立表 10 之估計式。

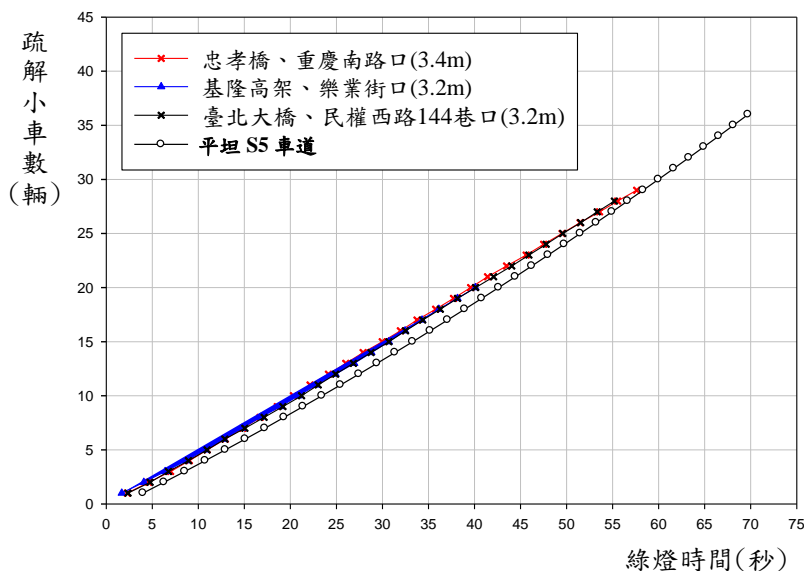


圖 7 S5 類型車道綠燈時段與疏解車數關係圖

表 10 S5 類型車道綠燈時段與可疏解小車數之關係

車道類型	估計模式	$g$ 之範圍 (秒)
平坦 S5 車道	$N_{gyi} = -0.71 + 0.422 g + 1.500 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gyi} = -8.68 + 0.638 g$	5~70 >70
6.基隆高架/樂業路口	$N_{gyi} = 0.162 + 0.441 g + 1.406 \times 10^{-3} g^2$	5~40
7.臺北大橋/民權西 144 巷口	$N_{gyi} = -0.288 + 0.478 g + 0.647 \times 10^{-3} g^2$	5~55
8.忠孝橋/重慶南路口	$N_{gyi} = -0.564 + 0.523 g - 0.135 \times 10^{-3} g^2$	5~57

圖 7 顯示 3 個調查車道之疏解能力高於平坦 S5 車道，由表 10 可知，各關係式與平坦 S5 車道略有差異，經鄒氏檢定法(Chow, 1960)檢定各調查車道與平坦 S5 車道之關係式係數是否對應相等，結果均拒絕虛無假設，顯示各調查車道之疏解特性均明顯與平坦 S5 車道不同。為比較調查車道與相對平坦車道之疏解能力，將停車疏解車距資料轉換成表 11 之資料及圖 8。

圖 8 之 3 個 S5 車道，其坡度介在-3.65%~-5.73%之間，較其他類型車道更陡，其疏解率比值隨綠燈長度有很明顯的變化。在綠燈始亮到 15 秒間，疏解率比值快速下降，且與坡度呈正向關係，亦即坡度較高之車道的疏解

率比值亦相對較大。綠燈超過 15 秒後，下降趨勢較緩，並且 3 車道在各綠燈時間之疏解率比值無太大差異；其中，基隆高架/樂業街口之疏解率比值的平均值為 1.11，臺北大橋/民權西路口之平均值為 1.09，忠孝橋/重慶南路口的平均值為 1.10。顯示調查車道在坡度超過-3.65%以上，坡度的增減對疏解率所造成的影響差異不大，其疏解率比值的平均值大約在 1.10 左右。

表 11 調查車道與平坦 S5 車道代表性疏解率之比較

停等位置 n	基隆高架/樂業街口		臺北大橋/民權西 144 巷口		忠孝橋/重慶南路口	
	$g_n$	$n / Ng_n$	$g_n$	$n / Ng_n$	$g_n$	$n / Ng_n$
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—
3	6.40	1.46	6.76	1.36	6.99	1.30
4	8.68	1.30	8.93	1.26	9.03	1.24
5	10.78	1.25	10.95	1.22	10.96	1.22
6	12.80	1.22	12.89	1.21	12.93	1.20
7	14.72	1.20	15.05	1.17	14.83	1.19
8	16.76	1.18	17.14	1.15	16.72	1.18
9	18.92	1.15	19.20	1.13	18.57	1.18
10	20.87	1.14	21.22	1.12	20.33	1.18
11	22.85	1.13	23.02	1.12	22.14	1.17
12	24.90	1.12	24.91	1.12	24.13	1.16
13	26.93	1.11	26.85	1.11	26.02	1.15
14	28.80	1.10	28.76	1.11	27.90	1.14
15	30.69	1.10	30.70	1.10	29.98	1.13
16	32.46	1.10	32.51	1.10	31.95	1.12
17	34.30	1.09	34.37	1.09	33.75	1.12
18	36.13	1.09	36.29	1.09	35.78	1.10
19	38.15	1.08	38.14	1.08	37.72	1.10
20	40.09	1.07	40.12	1.07	39.59	1.09
21	--	--	42.08	1.07	41.42	1.09
22	--	--	44.04	1.06	43.48	1.07
23	--	--	45.91	1.05	45.61	1.06
24	--	--	47.79	1.05	47.52	1.06
25	--	--	49.59	1.05	49.51	1.05
26	--	--	51.54	1.04	51.47	1.04
27	--	--	53.33	1.04	53.59	1.03
28	--	--	55.19	1.03	55.54	1.02
29	--	--	--	--	57.61	1.01



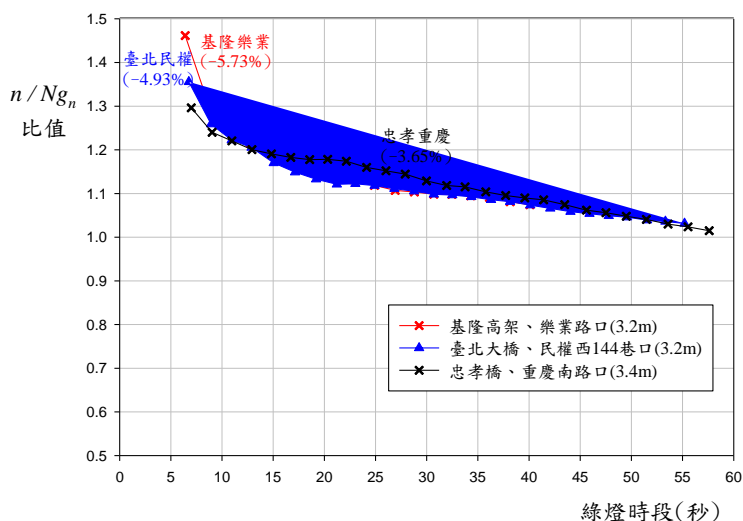


圖 8 調查車道與平坦 S5 車道綠燈時段與小車疏解數比值之關係

## 五、結論與建議

本研究針對臺北地區 8 個高架道路及橋梁下坡路段之直行快車道（3 個 S1 路型、2 個 S3 路型、3 個 S5 路型）進行調查，建構綠燈時段與可疏解小車數之關係式，比較與相對平坦車道之差異，進一步探討下坡對於號誌化路口之疏解特性影響情形，獲得以下結論及建議：

1. 根據現場資料，本研究分別建立 S1、S3 及 S5 路型坡度車道之下游號誌化路口綠燈時間( $g$ )與疏解小車數( $N_{gvi}$ )之迴歸式，結果發現各調查車道均能利用  $g$  及  $g^2$  合理估計  $N_{gvi}$ 。
2. 本研究透過疏解率的圖形發現下坡度對停車疏解率有影響，曾進一步利用鄒氏檢定法檢定下坡車道與 2011 臺灣 HCM 第 13 章之同類型直行快車道之疏解能力，結果發現各下坡車道與相對平坦路型之疏解率存在明顯差異。以相同綠燈時段能疏解之小車數來比較，顯示下坡車道確實有較高的疏解能力，且對於不同類型車道之影響亦有所差異。
3. 本研究根據下坡路段調查資料，進一步計算各下坡車道與相對平坦車道疏解率之比值 ( $n/Ng_n$ ，即坡度調整因素  $f_g$ )，結果發現疏解率比值有隨著綠燈長度而變化的現象，且隨著綠燈時段加長，有趨於穩定的情形。其中，S5 類型之下坡車道，平均坡度超過 -3.65% 之後，調整因素趨近 1.10，即坡度的增減對疏解率所造成的影響已差異不大。
4. 本研究利用號誌化路口上游 100 公尺之平均坡度，作為影響號誌化路口停車疏解能力之分析變數，且提供一簡易的現場量測方法以估計

其平均坡度。根據坡度路段現場調查資料，號誌化路口上游 100 公尺範圍約可停等 17 部小車，此臨近路段確實影響下游停等車疏解特性，分析成果亦顯示此平均坡度可作為分析坡度調整因素( $f_g$ )之基礎。

5. 本研究僅針對臺北地區下坡路段之直行快車道進行討論，臺灣市區下坡路段常見車道尚有直行/左轉、直行/右轉、直行/左轉/右轉共用車道、左轉專用與機車專用道等，建議後續研究可針對不同類型車道進行研究，以增加對不同類型下坡路段下游號誌化路口疏解特性之瞭解。
6. 臺北市大直橋往南（濱江街口）下坡路段之平均坡度較同類型下坡調查路段陡，但其直行快車道之疏解能力卻較差，研判可能受到上方高架設施及前方進入復興北地下道之道路幾何設計的影響。視覺衝突對停等車疏解特性之影響，建議後續研究可進一步研析。

## 參考文獻

- 交通部運輸研究所(1991)，臺灣地區公路容量手冊，79-27-160。
- 交通部運輸研究所(2001)，2001年臺灣地區公路容量手冊，90-16-1183。
- 交通部運輸研究所(2002)，機車專用道車流特性與容量探討，91-77-1196。
- 交通部運輸研究所(2006)，市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(1/2)，95-113-1235。
- 交通部運輸研究所(2007)，市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(2/2)，96-113-1244。
- 交通部運輸研究所(2008)，機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(1/3)，97-94-1248。
- 交通部運輸研究所(2011)，2011年臺灣公路容量手冊，100-132-1299。
- 交通部運輸研究所(2012)，高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性之研究(3/3)，102-94-1330。
- 曾平毅、張筱瑜、楊信毅、顏于婷(2014)，「中央標線分隔路型停等車疏解能力之坡度調整因素」，交通學報，第十四卷第一期，民國 103 年 5 月，頁 1-24。
- Chow, G. C. (1960), "Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions," *Econometrica*, Vol. 28, No. 3, pp. 591-605.
- Transportation Research Board (2000), *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, National Research Council, Washington, D. C.

(收稿2015/3/25，第一次修改2015/5/5，定稿2015/5/11)