

中央標線分隔路型停等車疏解能力 之坡度調整因素

The Grade Adjustment Factor for Queue Discharge Ability on Undivided Urban Streets

曾平毅 Pin-Yi Tseng¹
張筱瑜 Siao-Yu Chang²
楊信毅 Hsin-Yi Yang³

摘 要

號誌化路口上游路段若有上坡或下坡路段，其停等車疏解特性明顯與平坦路段不同。目前 2011 臺灣公路容量手冊(HCM)第 13 章，以坡度調整因素 (grade adjustment factor, f_g)來估計坡度對疏解能力之影響，但此調整因素沿用 2001 年臺灣 HCM 之數值，欠缺臺灣現場資料佐證。2011 臺灣 HCM 第 13 章將直行快車道區分為 6 種路型，本研究乃針對臺灣市區常見之「中央標線分隔無快慢分隔 S5 路型」，進行初步的探討。本研究利用 5 個不同車道的現場資料顯示，平均坡度的確明顯折減或增加停止線上游路段之停等車疏解能力，且影響程度高於 2011 年臺灣 HCM 的數值。本研究並提出此路型之 f_g 估計式，以提供臺灣交通界進一步了解坡度對號誌化路口車道容量之影響情形。

關鍵詞：號誌化路口、停等車疏解率、坡度、坡度調整因素

1 中央警察大學交通學系教授（聯絡地址：桃園縣龜山鄉大崗村樹人路 56 號，電話：03-3282321 轉 4619，E-mail:una139@mail.cpu.edu.tw）。

2 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於內政部警政署基隆港務警察總隊。

3 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於新北市政府警察局交通警察大隊。

Abstract

The queue discharge characteristics on downward or upward roads are significantly different from flat ones. Chapter 13 of Taiwan Highway Capacity Manual (HCM) used the grade adjustment factors (f_g) to estimate the lane capacity of vehicles affected by grade. However, the f_g were copied from 2001 Taiwan HCM and without the verification of field data. In 2011 Taiwan HCM, the straight-through traffic lanes were divided into six types. This study focused on the most popular type S5 (undivided, without express/slow traffic separation device, not adjacent to an exclusive bus lane) to collect field data and analyze f_g . Based on 5 different lanes data analysis, the results showed that queue discharge abilities of the upstream section of stop line were significantly decreased or increased by average grade. And, the influence of f_g was higher than the value suggested by 2011 Taiwan HCM. The f_g estimated in this study could be provided more real understanding of grade influence on lane capacity at signalized intersections in Taiwan.

Keywords: Signalized intersection, Queue discharge rate, Grade, Grade adjustment factor

一、前言

號誌化路口的車道容量、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）。傳統估計號誌化路口容量之方法主要根據飽和流率(saturation flow rate)之觀念，此觀念認為在綠燈開始之後，停等車之平均疏解率會迅速地達到一穩定之最高值，稱之為飽和流率。但根據臺灣現場資料顯示，停等車疏解特性與飽和流率之觀念大不相同，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；曾平毅、林豐博，2005）。所以傳統利用飽和流率之觀念來估計汽車道之容量，並不見得適用於臺灣地區，但對於機車專用道(motorbike exclusive lane)之容量估計，則可以飽和流率來估計（交通部運輸研究所，2002；2008；2011）。2011 臺灣公路容量手冊(Highway Capacity Manual, 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(N_{gvi})的方式，以估計車道或車道群之容量，並針對各類型車道(N_{gvi})之估計，分別建立迴歸模式。

號誌化路口之車流特性隨著道路類型（如高速公路、快速公路、多車道或二車道公路）、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（以下簡稱運研所）在臺北都會區地下道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，研究結果並已修訂臺灣 HCM 第 10 章「市區地下道」（交通部運輸研究所，2012）。然而，不管根據學理或實務經驗，市區道路號誌化路口上游路段如果是下坡度，預計也會影響下游號誌化路口停等車的疏解率，一般認為應高於同條件下之平坦車道。

2011 臺灣 HCM 第 13 章將直行快車道分為表 1 共 6 種路型，因有限的資源，本研究主要針對臺灣都市常見的 S5 路型（中央標線分隔／無快慢分隔路型）進行現場資料蒐集與分析、討論。

表 1 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、市區號誌化路口容量估計方法

坡度路段的車流特性與平坦路段不同，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、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。上、下坡均可能影響車流疏解率，上坡對重車之影響尤其嚴重。

美國 HCM (Transportation Research Board, 2000)認為坡度增加 1%，容量會減少 0.5%，臺灣現有文獻（交通部運研所，1986）指出，坡度增加 1% 時，容量會減少 1% 到 2.5%。目前 2011 年臺灣 HCM 係繼續沿用 2001 年版之 HCM。道路工程、車輛組成、駕駛習慣等均影響車道運作特性與效能，停等車疏解率若沒有實際現場資料參考，所推估之坡度調整因素作為服務水準或容量估計時便會與實際坡度路段之容量產生落差。由於目前臺灣交通界對這方面之研究不多，實有必要透過蒐集現場資料，以進一步了解坡度對停等車疏解率之影響，以及坡度對不同道路類型之影響程度。

有鑑於此，本研究以臺灣都會區常見的 S5 路型之坡度路段作為調查對象，其中包含 4 個下坡路段及 1 個上坡路段，並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，以探討坡度之影響，並建構 S5 類型坡度與調整因素之關係式。

2011 年臺灣 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， $f_v = 1.0$ ）。有關坡度調整因素(f_g)則訂定為：

$$f_g = 1 - 0.015S \quad (2)$$

其中， S ：坡度(%)，上坡之 S 為正值，下坡之 S 為負值。

由於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坡度，對於市區號誌化路口疏解能力之影響，並決定其估計式。

三、現場資料蒐集

3.1 調查車道基本幾何資料

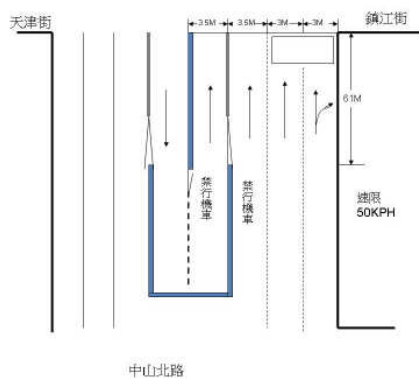
為探討 S5 路型（中央標線分隔/無快慢分隔之快車道）坡度對下游停等車疏解能力之影響，本研究基於方便之考量，乃以臺北與桃園地區為範圍，踏勘市區地下道、高架道路或橋樑下坡路段之禁行機車的直行快車道，車道寬度在 3.0 公尺到 3.4 公尺之間，速限 50 公里/小時，坡度路段終點緊鄰號誌化路口、坡長不宜過短。經實地踏勘後，選取表 1 之 5 個車道，其中臺北市忠孝東路地下道（天津街口）為上坡度，其餘 4 個車道均為下坡度，分別是臺北市基隆高架（樂業路口）、臺北大橋（民權西路 144 巷口）、忠孝橋（重慶南路口）及桃園市桃鶯陸橋（大林路口）的小車作為調查對象。這些調查地點，均在天候良好之白天的尖峰期間進行實地觀測，選擇有足夠停等車隊長度（至少 10 部小車以上）、容易觀測及不受相關干擾因素（其他車種或行人、橫向車流、交通疏導人員指揮等）影響之調查車道，並遴選不同程度之坡度路段，以蒐集不同坡度路段之停等車疏解資料。各調查地點的幾何設計資料整理如表 2，現場圖分別如圖 1 各小圖所示。

臺北市忠孝東路地下道、臺北市基隆高架、臺北大橋、忠孝橋以及桃園市桃鶯陸橋全線均為禁行機車，且橋梁兩端與下游號誌化路口之距離通常不長，速限大多和市區道路速限相同為 50 公里/小時，雙向通行。

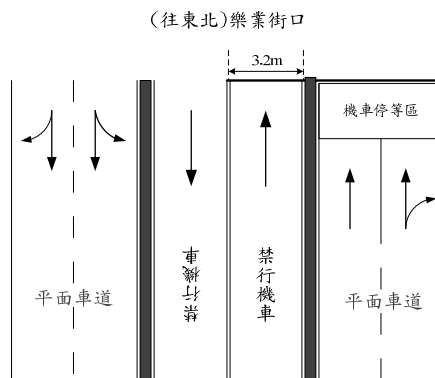
表 2 調查車道基本幾何資料

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)	現場圖
1	臺北市忠孝東路	天津街	1	1	3.5	圖 1(a)
2	臺北市基隆高架	樂業街	1	1	3.2	圖 1(b)
3	臺北市臺北大橋	民權西路 144 巷	2	2	3.2	圖 1(c)
4	臺北市忠孝橋	重慶南路	2	1	3.4	圖 1(d)
5	桃園市桃鶯陸橋	大林路口	1	1	3.5	圖 1(e)

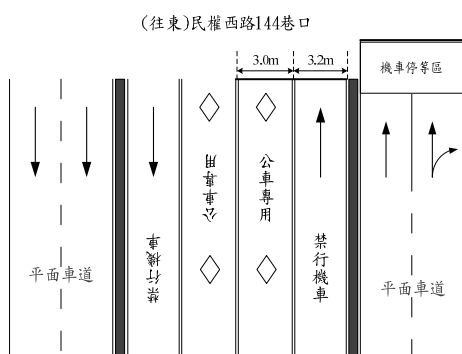
註：調查車道位置係指現場調查資料的對象，車道編號自最內側車道（第 1 車道）向外（右）編列。



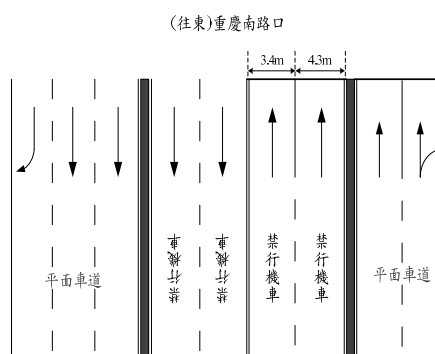
(a) 臺北市忠孝東路/天津街街口



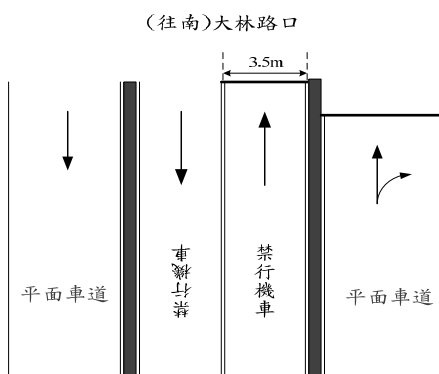
(b) 臺北市基隆路/樂業街路口



(c) 臺北市臺北大橋/民權西路 144 巷口



(d) 臺北市忠孝橋/重慶南路口



(e) 桃園市桃鶯陸橋/大林路口

圖 1 各調查地點現場示意圖

3.2 調查車道坡度資料

本研究參考運研所進行 2011 臺灣 HCM 第 10 章「市區地下道」研究時，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起步向下游疏解，其疏解能力與平均坡度大小有關。而運研所的經驗顯示，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解能力的影響情形（交通部運輸研究所，2012）。

本研究採用實地量測方式，測量停止線上游 100 公尺的平均坡度。本研究係以水平儀進行坡度的實地量測，從停止線開始，沿上游下坡路段的曲線長度，每 10 公尺量測一次（如圖 2），從各點之量測高差值估計各點之坡度 G 即為 $\tan \theta = \text{高差} / \text{水平尺長度}$ ，順著坡道量 100 公尺，共計可得 11 個點（ D_0 至 D_{10} ， D_0 為停止線），並可繪得如圖 3 臨近路段之縱剖面示意圖。

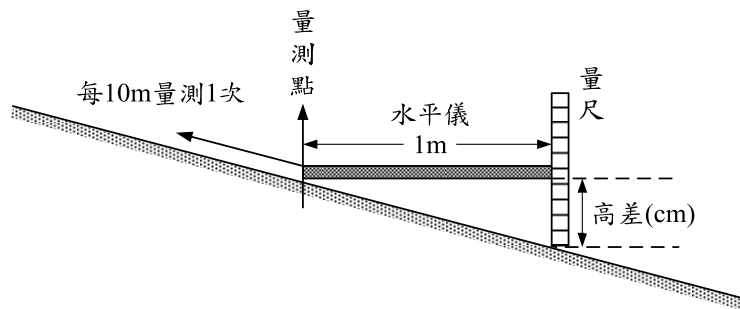


圖 2 以水平儀量測坡度示意圖

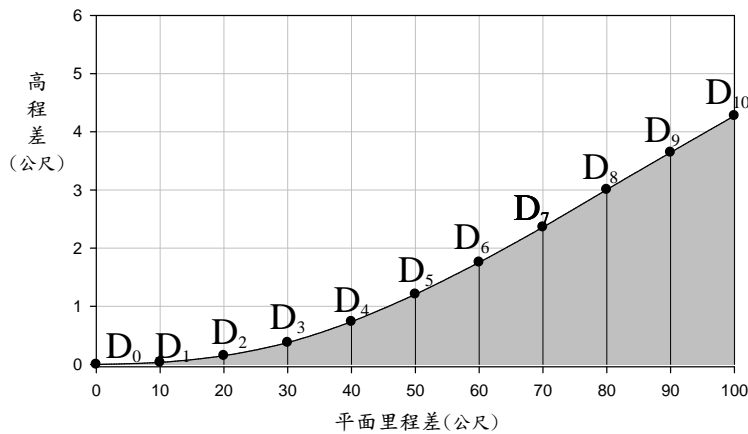


圖 3 實地量測之臨近路段縱剖面示意圖

利用臨近兩點坡度之平均值估計兩點之高差，並可計算出臨近路段之高程差(E)。

$$E = \left(\frac{G_0 + G_1}{2}\right) \times 10 + \left(\frac{G_1 + G_2}{2}\right) \times 10 + \dots + \left(\frac{G_9 + G_{10}}{2}\right) \times 10$$

$$= \left(\frac{G_0}{2} + G_1 + G_2 + \dots + G_9 + \frac{G_{10}}{2}\right) \times 10 \quad (3)$$

其中， G_0 ：停止線之坡度(%)；

G_{10} ：自停止線起上游 100 公尺處之坡度。

當坡度很小(通常指 $\theta < 5^\circ$)時，臨近路段平均坡度可估計如下：

$$G = \tan \theta \cong \sin \theta = \frac{E}{F} \quad (4)$$

其中， E ：估計之上或下坡路段之高程；

F ：沿上坡或下坡路段之曲線長度，共 100 公尺。

經利用前述方法實地量測後，獲得前述 5 個調查地點之平均坡度(上坡為正值，下坡為負值)，分別是：臺北市忠孝東路/天津街 1.0%、基隆高架/樂業街-5.73%、臺北大橋/民權西路 144 巷-4.93%、忠孝橋/重慶南路-3.65%及桃鶯陸橋/大林路口-5.22%。

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(示意圖如圖 4)。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瞬間利用有記憶體之碼錶(stopwatch)開始計時，分別記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。

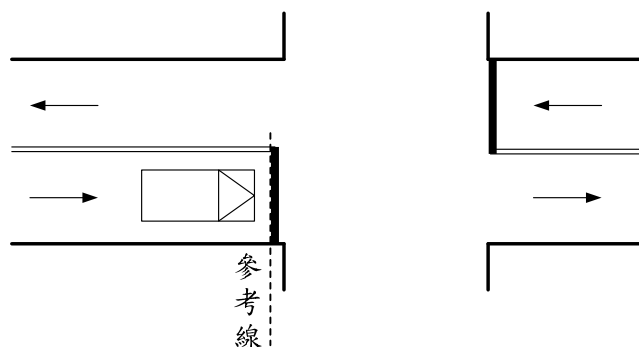


圖 4 號誌化路口停等車疏解車距調查示意圖

四、資料分析比較

4.1 初步分析

S5 路型為中央標線分隔，無快慢分隔之直行快車道，本研究現場調查共蒐集表 1 之 5 個 S5 類型直行快車道之停等車疏解資料，各停等位置之疏解車距資料如表 3 所示。

本研究考量各地點之調查資料精準度，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。故表 3 中之平均車距為資料篩檢後之有效樣本資料。

表 3 的資料可彙整成圖 5 之 S5 路型各車道綠燈時段長度 (秒) 與可疏解小車數 (輛) 之關係圖，由該圖大致可看出停止線上游為地下道 (臨近路段為上坡度)，其疏解率相對於平坦路段的疏解能力較低，而停止線上游為下匝道或下橋樑 (臨近路段為下坡度)，其疏解率則相對於平坦路段較高。本研究更可以進一步構建各車道綠燈時段(g)與可疏解小車數(N_{gvi})的關係式如表 4。

表 3 各調查地點平均停車疏解車距 (秒/車) 資料

停車位置	平均疏解車距 (秒/車)					
	S5 基準值	1 忠孝東路	2 基隆高架	3 臺北大橋	4 忠孝橋	5 桃鶯陸橋
1	4.00	3.54	1.68	2.36	2.28	3.10
2	2.28	2.69	2.41	2.39	2.33	2.23
3	2.25	2.53	2.32	2.01	2.39	2.27
4	2.22	2.40	2.28	2.16	2.04	2.18
5	2.19	2.25	2.10	2.02	1.93	2.04
6	2.15	2.19	2.02	1.94	1.97	2.26
7	2.13	2.09	1.92	2.17	1.90	2.30
8	2.09	2.09	2.05	2.09	1.89	2.02
9	2.07	2.13	2.16	2.06	1.85	1.84
10	2.05	1.92	1.95	2.02	1.76	2.06
11	2.02	2.03	1.98	1.80	1.82	1.93
12	1.99	1.91	2.04	1.89	1.99	2.05
13	1.97	2.05	2.03	1.94	1.89	1.79
14	1.95	2.04	1.87	1.92	1.88	1.91
15	1.93	2.00	1.89	1.94	2.08	1.98
16	1.90	2.13	1.77	1.81	1.97	2.18
17	1.89	2.37	1.84	1.86	1.80	1.79
18	1.86	2.06	1.83	1.92	2.02	1.87
19	1.85	--	2.02	1.86	1.94	1.95
20	1.83	--	1.94	1.97	1.87	1.67
21	1.81	--	--	1.96	1.83	--
22	1.79	--	--	1.97	2.06	--
23	1.78	--	--	1.86	2.13	--
24	1.75	--	--	1.88	1.90	--
25	1.75	--	--	1.80	1.99	--
26	1.72	--	--	1.95	1.96	--
27	1.72	--	--	1.79	2.12	--
28	1.69	--	--	1.86	1.95	--
29	1.68	--	--	--	2.07	--
30	1.67	--	--	--	--	--
31	1.66	--	--	--	--	--
32	1.64	--	--	--	--	--
33	1.63	--	--	--	--	--
34	1.61	--	--	--	--	--
35	1.60	--	--	--	--	--
36	1.59	--	--	--	--	--

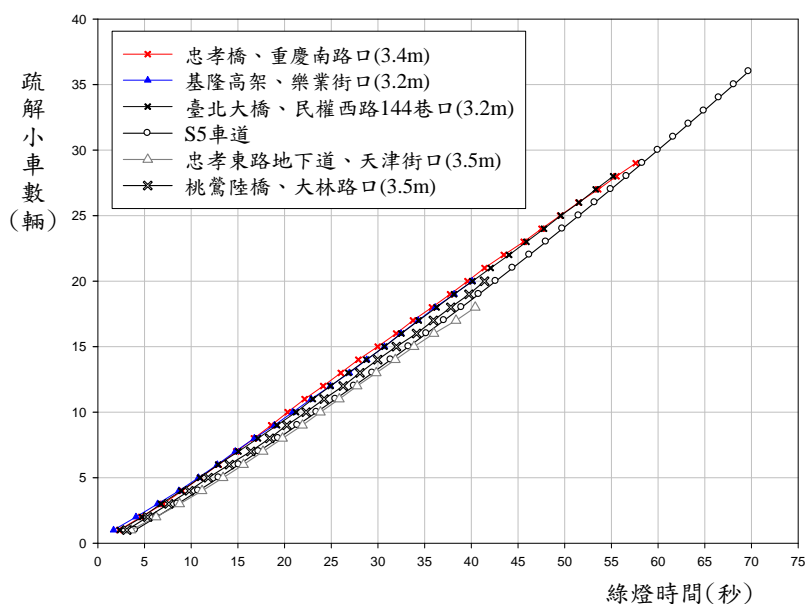


圖 5 調查車道與 S5 類型綠燈時段與疏解車數關係圖

表 4 S5 類型各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
1.忠孝東路/天津街口	$N_{gyi} = -0.79 + 0.438 g + 7.418 \times 10^{-4} g^2$	5~38
2.基隆高架/樂業路口	$N_{gyi} = 0.162 + 0.441 g + 1.406 \times 10^{-3} g^2$	5~40
3.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
4.忠孝橋/重慶南路口	$N_{gyi} = -0.564 + 0.523 g - 0.135 \times 10^{-3} g^2$	5~57
5.桃鶯陸橋/大林路口	$N_{gyi} = -0.391 + 0.436 g + 1.330 \times 10^{-3} g^2$	5~41

本研究建立 g 與 N_{gyi} 之關係式是為了估計各調查車道在不同綠燈長度可疏解小車數，函數型式係參考 2011 臺灣 HCM 之二項迴歸式，自變數有 g 及 g^2 兩項。 g 的迴歸係數反映了 g 對 N_{gyi} 的關係，均為正。常數項之值係迴歸而得，雖有正值及負值，但數值均很小，該數值於數學式之意義，係指當 g 為 0 時之 N_{gyi} 值。由於 g 指綠燈長度，故該常數項影響 N_{gyi} 值之估計不大。 g^2 之係數亦由迴歸分析而得，主要功能在於微調由 g 線性估計 N_{gyi} 之值，故表 4 各迴歸式有正值亦有負值，其影響明顯小於 g 之估計項。

4.2 下坡路段之討論

本研究共蒐集 4 個下坡路段資料，圖 5 顯示 4 個調查車道之疏解能力高於平坦的 S5 車道，與先驗知識相符。由表 4 知，各車道之關係式與平坦 S5 車道略有差異，經進一步利用鄒氏檢定法分別檢定各調查車道與平坦 S5 車道之關係式係數是否均對應相等，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，可將停等車疏解車距資料轉換成疏解時間（即綠燈時段 g ）與可疏解小車數 (gn) 之關係，計算其經估計該綠燈時段 (g) 於 S5 平坦車道可疏解之小車數（將 g 值帶入表 4 之 S5 公式），即計算可疏解車數之比值，如表 5，並可繪製如圖 6 之關係圖。

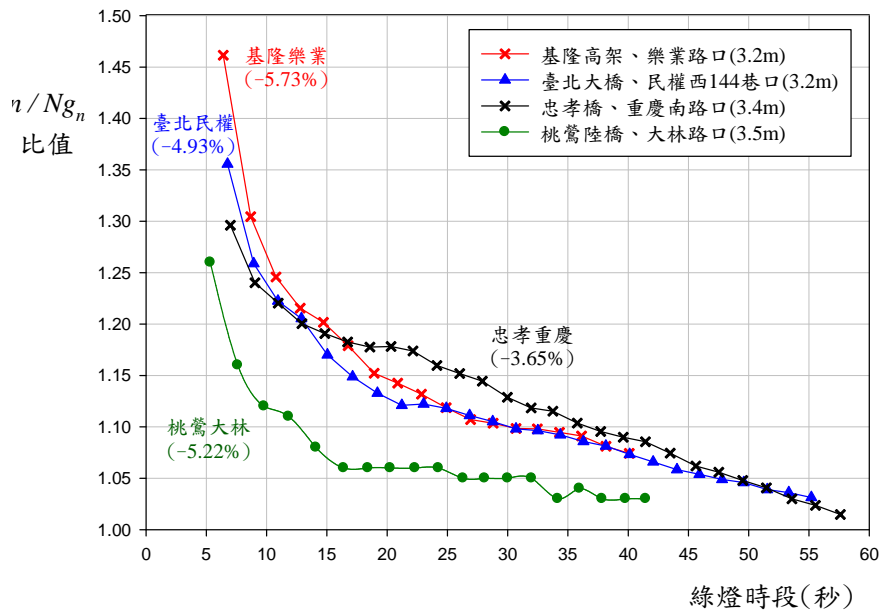


圖 6 調查車道及平坦 S5 車道綠燈時段與小車疏解數比值之關係

表 5 下坡調查車道與平坦 S5 車道代表性疏解率之比較

停等位置 n	基隆高架/樂業街		臺北大橋/民權西 144 巷口		忠孝橋/重慶南路		桃園市桃鶯陸橋/ 大林路口	
	g_n	n / Ng_n	g_n	n / Ng_n	g_n	n / Ng_n	g_n	n / Ng_n
1	—	—	—	—	—	—	3.10	--
2	—	—	—	—	—	—	5.33	1.26
3	6.40	1.46	6.76	1.36	6.99	1.30	7.61	1.16
4	8.68	1.30	8.93	1.26	9.03	1.24	9.79	1.12
5	10.78	1.25	10.95	1.22	10.96	1.22	11.83	1.11
6	12.80	1.22	12.89	1.21	12.93	1.20	14.09	1.08
7	14.72	1.20	15.05	1.17	14.83	1.19	16.40	1.06
8	16.76	1.18	17.14	1.15	16.72	1.18	18.42	1.06
9	18.92	1.15	19.20	1.13	18.57	1.18	20.26	1.06
10	20.87	1.14	21.22	1.12	20.33	1.18	22.32	1.06
11	22.85	1.13	23.02	1.12	22.14	1.17	24.26	1.06
12	24.90	1.12	24.91	1.12	24.13	1.16	26.31	1.05
13	26.93	1.11	26.85	1.11	26.02	1.15	28.10	1.05
14	28.80	1.10	28.76	1.11	27.90	1.14	30.01	1.05
15	30.69	1.10	30.70	1.10	29.98	1.13	31.99	1.05
16	32.46	1.10	32.51	1.10	31.95	1.12	34.17	1.03
17	34.30	1.09	34.37	1.09	33.75	1.12	35.96	1.04
18	36.13	1.09	36.29	1.09	35.78	1.10	37.83	1.03
19	38.15	1.08	38.14	1.08	37.72	1.10	39.79	1.03
20	40.09	1.07	40.12	1.07	39.59	1.09	41.46	1.03
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		

由圖 6 可看得出來停止線上游之平均坡度若較大，其疏解能力相較於平坦 S5 車道為高。但其中桃鶯陸橋的資料非常怪異，因為其平均坡度為 -5.22%，但其疏解率明顯較忠孝重慶(-3.65%)或臺北橋(-4.93%)低。經進一步檢視相關資料後發現，桃鶯陸橋直行汽車道與大林路口為一「衝突左轉路口」，並不屬於表 1 臺灣 2011HCM 所述之「無衝突直行車道」。換言之，於桃鶯陸橋下坡直行之車輛，除受到號誌管制而必須停等而疏解，且受到下坡路段坡度之影響（相對於平坦車道疏解較快）外，更受到衝突車流之影響，各疏解能力明顯降低。爾後之分析，不納入此車道資料。

4.3 坡度與調整因素關係式

S5 路型之現場調查車道資料共計 4 個，包含上坡車道 1 個(忠孝東路)，下坡車道 3 個(已刪除桃鶯陸橋資料)。各調查車道與相對平坦車道疏解能力之比值和綠燈時段的關係，如圖 7 所示。

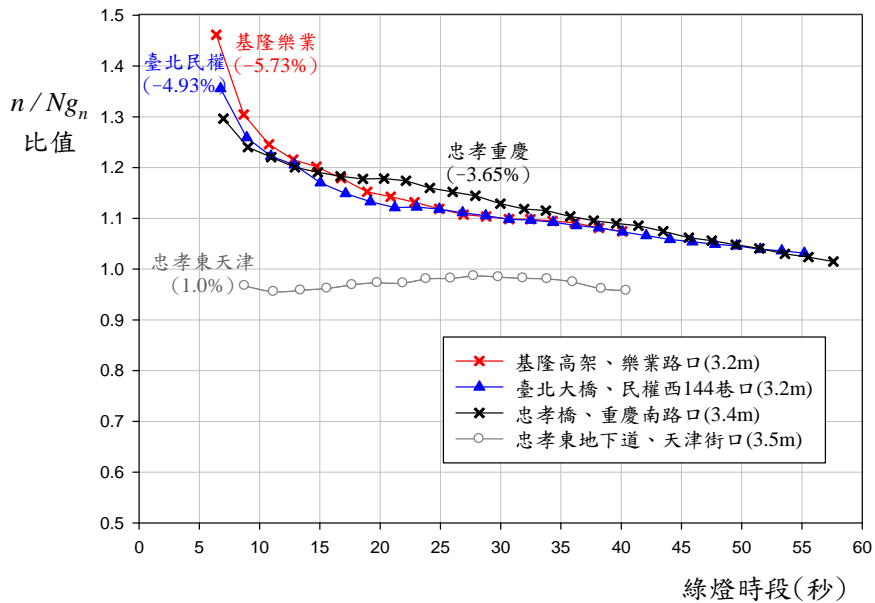


圖 7 調查車道與平坦 S5 車道綠燈時段與小車疏解數比值之關係

由圖 7 可知，上坡車道之疏解率比值則相當穩定，介在 0.95~0.99 間，而 3 個下坡車道疏解率比值隨著綠燈時段長度有明顯的變化，綠燈在超過 15 秒後，3 車道在各綠燈時間之疏解率比值無太大差異。由於 S5 類型之上坡車道與下坡車道在綠燈時段內之疏解率比值變化有明顯不同，本研究針對 S5 類型之上坡及下坡車道分別建構坡度調整因素關係式。各調查車道於綠燈 10 秒後之疏解率比值的平均值，如表 6 所示。

表 6 S5 類型車道坡度與疏解率比值之比較

坡度類型	調查車道	平均坡度 (%)	10 秒後之疏解率比值		15 秒後之疏解率比值	
			平均值	標準差	平均值	標準差
下坡	基隆高架/樂業路口	-5.73	1.13	0.050	1.11	0.029
下坡	臺北大橋/民權西 144 巷口	-4.93	1.10	0.050	1.09	0.038
下坡	忠孝橋/重慶南路口	-3.65	1.11	0.060	1.10	0.053
上坡	忠孝東路/天津街	-1.00	0.85	0.019	0.84	0.013

註：平均坡度上坡為正值，下坡為負值。

由表 6 可知，S5 類型之 3 個下坡車道在綠燈 15 秒後之疏解率比值的平均值很接近，大約在 1.10 左右，本研究採用綠燈 15 秒後之疏解率比值的平均值代表 S5 類型下坡車道之坡度調整因素，以坡度調整因素(f_g)為依變數，坡度路段下游（在停止線上游 100 公尺內）平均坡度作為自變數，常數項設定為 1.10，進行迴歸分析，建構坡度與調整因素關係式。

如綠燈時段大於或等於 15 秒，則

$$f_g = 1.10 - 1.135 \times 10^{-4} S \quad (5)$$

(t=0.096)

上式中，

$f_g = n/N_{gn}$ ：調查車道臨近坡度影響停等車疏解率之調整因素；

S：調查車道下游路口停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)，

$-5.7 \leq S \leq -3.6$ ，下坡為負。

式(5)之 R^2 值為 0.0045， F 值= 0.009，在 $\alpha = 0.05$ 下不具顯著性，且參數之 t 值趨近 0。換言之，3 個下坡車道在綠燈 15 秒後之疏解率比值的平均值並無顯著差異。

根據上述調查車道之停等車疏解特性，研判此類型調查車道因中央為標線分隔，停等車疏解受對向車輛運行影響較明顯，至於受坡度增減之影響則無明顯差異。故對於停止線上游 100 公尺內的平均坡度超過 3.65% 之下坡路段，如綠燈時段大於 15 秒，則坡度調整因素 f_g 建議可採用 1.10。

至於 S5 類型之上坡車道，目前僅有忠孝東路地下道、天津街口 1 個調查地點，後續仍需更多調查資料再分析討論。

五、結語

本研究針對 S5 路型之上坡路段（臺北市忠孝東路、天津街口）、下坡路段（臺北市基隆高架、樂業街口；臺北大橋、民權西路 144 巷口；忠孝橋、重慶南路口及桃園市桃鶯陸橋、大林路口）進行初步之資料蒐集與分析，有鑑於目前臺灣 HCM 分析方法不符合臺灣實際狀況，且除第 10 章「市區地下道」之坡度調整因素外，其餘尚無本土性的現場資料，本研究乃利用臺北、桃園地區一些現場資料進行初步探討，有以下發現：

1. 根據現場資料，比較 S5 路型坡度路段與平坦路段綠燈時段之疏解的小車數，結果發現，在相同綠燈時段，下坡車道之疏解能力較高，而上坡車道之疏解能力則低於平坦車道。

2. 根據現場資料，本研究建立 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_{gyi})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_{gyi} 。並利用鄒氏檢定法(Chow, 1960)檢定 S5 路型下坡車道與 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，下坡車道有較高的疏解能力。
3. 本研究進一步計算各調查車道與相對平坦車道疏解率之比值 (n/N_{gn} ，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。其中，上坡道之疏解率比值相當穩定，介在 0.95~0.99 間，至於 3 個下坡道在各綠燈時間之疏解率比值無太大差異，調整因素趨近 1.10。研判此類型調查車道因中央為標線分隔，停等車疏解受對向車輛運行影響較明顯，至於受坡度增減之影響則無明顯差異。對於停止線上游 100 公尺內的平均坡度超過 3.65% 之下坡路段，如綠燈時段大於 15 秒，則坡度調整因素 f_g 建議可採用 1.10。至於上坡車道仍需更多廣泛蒐集現場資料，再進一步討論。
4. 桃鶯陸橋直行汽車道與大林路口為一「衝突左轉路口」，其調查車道之停等車疏解特性與 S5 類型車道明顯不同。換言之，於桃鶯陸橋下坡直行之車輛，因受到下坡路段坡度之影響，相對於平坦車道疏解較快；但因受到衝突車流之影響，疏解能力相對於無衝突之 S5 路型直行車道明顯降低。

本研究的現場資料還相當有限，因此式(5)的使用也有一些限制。建議未來宜盡量多補充現場資料（包括各種不同坡度，尤其是下坡路段的資料），俾利於有較周延的研究成果。

參考文獻

- 交通部運輸研究所(1986)，研擬臺灣地區公路容量手冊技術報告（市區街道部分），75-49-117。
- 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 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、林豐博(2005)，「利用飽和流率分析號誌化路口車道容量之重新檢視」，*中國土木水利工程學刊*，第 17 卷第 2 期，頁 363-371。

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2013/9/9，第一次修改2013/10/29，定稿2013/10/29)

