

106-069-1369
MOTC-IOT-105-PEB011

公路交通系統模擬模式調校 與新版容量手冊研訂(1/3)



交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

ISBN 978-986-05-2787-2



GPN : 1010600844

定價 270 元

106-069-1369
MOTC-IOT-105-PEB011

公路交通系統模擬模式調校 與新版容量手冊研訂(1/3)

著者：林豐博、蘇振維、楊幼文、歐陽恬恬、
謝秉叡、陳怡玟

交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂.
(1/3) / 林豐博等著. -- 初版. -- 臺北市 :
交通部運研所, 民 106. 07
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-2787-2(平裝)

1. 公路管理 2. 運輸系統

557

106009910

公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂(1/3)

著 者：林豐博等

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 106 年 7 月

印 刷 者：盈濤印刷品有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 63 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：270 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓・電話：(02)25180207

GPN：1010600844

ISBN：978-986-05-2787-2 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究/共同研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂(1/3)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-05-2787-2	政府出版品統一編號 1010600844	運輸研究所出版品編號 106-069-1369	計畫編號 105-PEB011
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：張舜淵 計畫主持人：蘇振維 研究人員：楊幼文、歐陽恬恬 聯絡電話：(02)23486812 傳真號碼：(02)25450428	合作研究單位：易緯工程顧問股份有限公司 計畫主持人：謝秉叡 研究人員：林豐博、陳怡姝 地址：105 臺北市民權東路 3 段 124-1 號 8 樓 聯絡電話：02-2718-1761		研究期間 自 105 年 3 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：基本觀念、容量及服務水準分析、坡度路段、平曲線、HTSS 模式、超車動作、雙車道郊區公路			
摘要： 由於「2011 年臺灣公路容量手冊」仍有部分章節尚未修訂或須配合車流特性變化再作調整，民國 105 年起，本所展開為期 3 年之計畫，以近年容量研究成果為基礎，補充現場調查資料、調校 HTSS（Highway Traffic Systems Simulation）模式，以修訂更新相關章節出版新版容量手冊。 本計畫第 1 年期主要工作為，完成新版第十二章「郊區雙車道公路」，並修訂第一章「緒論」及第二章「基本觀念」。其中修訂第十二章的工作內容包括：(1)整理及分析現場資料；(2)發展 2016HTSS 模式；(3)建立容量及服務水準之分析方法；(4)編訂容量手冊第十二章「郊區雙車道公路」之修訂版；及(5)編訂 2016HTSS 模式使用者手冊。新版第十二章於單純路段採分析性模式(公式)及圖表分析，於複雜路段(有坡度或有一連串平曲線或有超車現象等)仰賴模擬模式分析。本報告說明第 1 年期計畫之工作成果。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
106 年 7 月	222	270 元	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：1.本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 2.本研究係使用公路總局經費辦理。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Develop and calibrate the Highway Traffic Systems Simulation Model and revise Taiwan Highway Capacity Manual(1/3)			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-2787-2	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010600844	IOT SERIAL NUMBER 106-069-1369	PROJECT NUMBER 105-PEB011
DIVISION: Planning Division DIVISION DIRECTOR: Shuen-Yuan Chang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei Su PROJECT STAFF: Yu- Wen Yang, Tien-Tien Ou-Yang PHONE: 886-2-23496812 FAX: 886-2-23450428			PROJECT PERIOD FROM March 2016 TO December 2016
RESEARCH AGENCY: Everest Engineering Consultants Inc., PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ping-Jui Hsieh PROJECT STAFF: Feng-Bor Lin, Yi-Wen Chen ADDRESS: 8F, No.124-1, Ming-Chuan E. Road, Taipei, Taiwan, R.O.C PHONE: 886-2-27181761			
KEY WORDS: Basic concepts, capacity and level of service analysis, grade segments, horizontal curves, HTSS model, passing maneuvers, rural two-lane highways.			
ABSTRACT: The Institute of Transportation (IOT), Ministry of Transportation and Communications, plans to publish an updated version of Taiwan Highway Capacity Manual (THCM) in 2018. To accomplish this mission, IOT initiated a three-phase project in 2016. The focus of the first phase of the project is on the calibration of the 2016 HTSS (Highway Traffic Systems Simulation) Model and the revision of Chapter 1 Introduction, Chapter 2 Basic Concepts, and Chapter 12 Rural Two-Lane Highway. The revision of Chapter 12 encompasses the following tasks: (1) synthesize field data, (2) develop and calibrate the 2016 HTSS Model, (3) develop methodologies for capacity and level-of-service analyses of rural two-lane highways, (4) prepare a draft revised Chapter 12, and (5) prepare the 2016 HTSS Model User Manual. The traffic flow characteristics on rural two-lane highways are governed by a number of factors, such as geometric design (e.g., grade, length of grade, and radius of horizontal curve), speed limit, acceleration capabilities of vehicles on grade, and driver behavior. The interactions of these governing factors result in complex traffic operations. Therefore, the capacity analysis methodologies developed in this phase rely heavily on the 2016HTSS Model for analyzing two-lane highways with grades or passing maneuvers. This report describes in detail all the tasks carried out in the first phase and the results			
DATE OF PUBLICATION July 2017	NUMBER OF PAGES 222	PRICE 270	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. 2. The budget of this research project is contributed by Directorate General of Highways, M.O.T.C			

目 錄

	頁次
第一章 緒論.....	1
1.1 計畫背景及目的.....	1
1.2 工作項目.....	2
1.3 報告內容.....	3
1.4 容量手冊第一章及第二章修正重點.....	4
第二章 郊區雙車道公路車流特性及 HTSS 模式之邏輯.....	5
2.1 車流特性.....	5
2.2 HTSS 模式.....	8
2.2.1 背景.....	8
2.2.2 基本模擬架構.....	8
2.2.2.1 輸入資料.....	10
2.2.2.2 重複模擬之必要性.....	11
2.2.2.3 模擬時段及單位模擬時間.....	11
2.2.2.4 單位模擬時間內之模擬作業.....	12
2.2.3 主要模擬邏輯.....	14
2.2.3.1 超車邏輯.....	14
2.2.3.2 瞬間加速率邏輯.....	18
2.2.3.2.1 自由旅行加速率.....	18
2.2.3.2.2 自由速率及安全速率.....	22
2.2.3.2.3 坡度影響之加速率.....	25
2.2.3.2.4 交通控制及轉彎所影響的加速率.....	28
2.2.3.2.5 車輛互相影響之加速率.....	28
第三章 HTSS 模式之微調.....	31
3.1 微調工作之重點.....	31
3.2 跟車邏輯.....	31
3.3 超車邏輯.....	39

3.4 代表性車輛屬性.....	43
第四章 容量手冊第十二章之修訂.....	55
4.1 背景.....	55
4.2 修訂版之主要內容.....	55
4.2.1 緒論.....	55
4.2.2 一般性幾何設計及交通狀況.....	56
4.2.3 績效指標及服務水準劃分標準.....	56
4.2.4 單純路段的分析.....	57
4.2.5 複雜路段的分析.....	58
4.2.6 應用範例.....	61
4.3 後續研發工作.....	61
第五章 結論與建議.....	62
5.1 結論.....	62
5.2 建議.....	62
參考文獻.....	64
附錄 A：公路容量手冊第一章「緒論」修訂版	
附錄 B：公路容量手冊第二章「基本觀念」修訂版	
附錄 C：公路容量手冊第十二章「郊區雙車道公路」修訂版	
附錄 D：公路容量手冊第十二章修訂版附錄 2016HTSS 模式使用者手冊	
附錄 E：期中座談會議紀錄與回應表	
附錄 F：期末審查會議紀錄與回應表	
附錄 G：期末審查會議簡報資料	

圖 目 錄

頁次

圖 2-1	台 18 線及縣 151 線雙車道公路上之流率與速率關係.....	6
圖 2-2	2016HTSS 模式之基本模擬程序	9
圖 2-3	個別車輛之模擬程序.....	10
圖 2-4	模擬時段及近似流率示意圖.....	12
圖 2-5	每 10 百分位車距值之示意圖.....	13
圖 2-6	超車開始瞬間車況示意圖.....	15
圖 2-7	HTSS 模式自由旅行小車平均加速率與加速率上限之特性	19
圖 2-8	HTSS 模式自由旅行機車平均加速率與加速率上限之特性	20
圖 2-9	HTSS 模式自由旅行大車平均加速率與加速率上限之關係	21
圖 2-10	正常化加速率之累積分布.....	22
圖 2-11	平常化自由速率之累積分布.....	24
圖 2-12	馬力/最高馬力比與速率之模擬關係.....	26
圖 3-1	跟車狀況示意圖.....	31
圖 3-2	郊區雙車道公路可能之流率與速率關係.....	34
圖 3-3	容量與平均自由速率之關係.....	35
圖 3-4	臨界速率與平均自由速率之關係.....	36
圖 3-5	正常化速率 V/V_c 與正常化平均緩衝距離 SQV/Sc 之關係.....	36
圖 3-6	緩衝距離調整因素與 V/V_c 比之關係.....	38
圖 3-7	跟進時間 T_o 與速率之關係.....	38
圖 3-8	模擬及現場流率與速率關係之比較.....	39
圖 3-9	超車率隨駕駛員冒險性門檻值 R_{min} 之變化.....	41
圖 3-10	超車率與單向流率及超車區長度之模擬關係.....	42
圖 3-11	超車率與單向流率及雙向流率之模擬關係.....	42
圖 3-12	縣 108 線調查路段.....	43
圖 3-13	縣 108 線調查路段之坡度.....	44
圖 3-14	下游幾何狀況示意圖.....	48
圖 3-15	下坡小車自由速率現場值與模擬值之比較.....	49

圖 3-16 下坡機車自由速率現場值與模擬值之比較.....	50
圖 3-17 下坡大客車自由速率現場值與模擬值之比較.....	50
圖 3-18 下坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較.....	51
圖 3-19 下坡半聯結車自由速率現場值與模擬值之比較.....	51
圖 3-20 上坡小車自由速率現場值與模擬值之比較.....	52
圖 3-21 上坡機車自由速率現場值與模擬值之比較.....	52
圖 3-22 上坡大客車自由速率現場值與模擬值之比較.....	53
圖 3-23 上坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較.....	53
圖 3-24 上坡半聯結車自由速率現場值與模擬值之比較.....	54
圖 4-1 平坦路段機車之小車當量.....	59
圖 4-2 郊區雙車道公路代表性半聯結車(105.3kg/kW)上坡時之速率變化.....	60

表 目 錄

頁次

表 3-1 下坡調查地點狀況.....	45
表 3-2 下坡調查地點狀況.....	45
表 3-3 小車平均自由速率及相關資料.....	45
表 3-4 機車平均自由速率及相關資料.....	46
表 3-5 大客車平均自由速率及相關資料.....	46
表 3-6 大貨車平均自由速率及相關資料.....	47
表 3-7 半聯結車平均自由速率及相關資料.....	47
表 3-8 郊區雙車道公路代表性車輛之屬性.....	49
表 4-1 第十二章修訂版服務水準劃分標準.....	57
表 4-2 上坡速率模擬值與 AASHTO 設計值之比較(車重/馬力比:120kg/kW).....	60
表 4-3 上坡速率模擬值與德國公路設計值之比較(車重/馬力比:143kg/kW).....	61

第一章 緒論

1.1 計畫背景及目的

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)在民國 79 年出版「臺灣地區公路容量手冊」[1]。該手冊所提供之分析方法乃根據美國 Transportation Research Board (TRB)1985 年之公路容量手冊[2]，而且缺乏本土交通特性資料。因此本所隨後展開一連串的研究工作修訂 79 年版手冊，並在 2001 年及 2011 年先後出版「2001 年台灣地區公路容量手冊」[3]及「2011 年臺灣公路容量手冊」[4]。2011 年手冊仍包含了下列尚未修訂的章節：

1. 第七章 高速公路交織區段
2. 第十章 市區地下道路
3. 第十二章 郊區雙車道公路
4. 第十四章 非號誌化交叉路口
5. 第十五章 圓環
6. 第十九章 行人設施

2013 年本所已根據現場資料修訂第十章所提供之分析方法，並編訂該章之修訂版[5]。第十章之修訂版讓交通界核閱、討論並做必要的修正之後就可納入容量手冊。另 2013 年之研究工作亦編定容量手冊之新章：「公路隧道」的初稿，此章之大部分資料來自國道 5 號之隧道路段，但在 2013 年之後因誤傳國道 5 號隧道內行車法規（如最小跟車距離）執行加嚴，明顯影響隧道之交通運作，因此該章有一部分資料需更新。

修訂容量手冊之一大瓶頸在於郊區雙車道公路及一般坡度路段的分析。雙車道公路上有超車行為，也有許多坡度路段，其它類型公路，如高速公路及郊區多車道公路，皆有坡度路段。而超車行為及坡度路段的交通作業受許多互動的因素所影響，即使有龐大的資料也不容易建立可靠的分析性方法來評估這種有超車行為及坡度路段的公路設施。因此，許多國家借重模擬模式來協助發展分析雙車道公路及其他有坡度路段的公路，美國的 CORSIM[6]及 TWOPAS[7]，德國之 LASI[8]，澳洲之 TRARR[9]及瑞典之 VTI 模式[10]為其中一些模式。

臺灣交通界缺乏能模擬本土雙車道公路及其他有坡度路段公路的模擬模式，因而 2011 年手冊缺乏可靠的方法來分析郊區雙車道公路及其他有上下坡路段的公路。為了克服此困境，本所在 2013 年及 2014 年分別發展了可模擬高速公路無匝道之坡度路段[11]及可模擬郊區雙車道公路上無交叉路口路段[12]之模擬模式，並在 2015 年整合並擴充這些模式成為 2015 HTSS (Highway Traffic Systems Simulation)模式[13]來模擬有匝道或交叉路口之路段。此模式進一步微調之後可用來協助發展分析性容量分析方法，或直接當作

分析工具。

郊區雙車道公路為臺灣公路系統之重要一環。這些公路大約各占省道及縣道公路里程之 46%及 67%[14]。預期這些公路兩旁之土地開發比例將日漸增加，其相關容量及服務水準分析工作之需求也會隨著增加，而多車道公路也有同樣的情形。至於高速公路，評估主線與匝道匯流或分流路段的必要性會因壅塞程度的增加而升高，但評估這些路段之前須先對高速公路基本路段有充分的了解。2011 年容量手冊第四章「高速公路基本路段」有三大部分需儘速更新，第一部分是該章所提供之代表性流率與速率關係是根據老舊之國道 1 號資料所訂定，最近的資料顯示此代表性流率與速率關係須更新；第二部分是第四章沒有考慮到國道 3 號及國道 5 號之車流特性；第三部分是沒有可靠的方法分析坡度路段。

基於上述的考量，本所展開一為期三年的計畫。其目的在於修訂 2011 年容量手冊中急須更新，或已有資料更新之章節，並出版新版手冊以供臺灣交通界參用。

1.2 工作項目

本計畫各期的工作項目如下：

1.第一期(2016 年)

本期工作重點為分析郊區雙車道公路於坡度路段之平曲線自由速率及號誌化路口車流紓解資料，以調校 2015 HTSS (Highway Traffic Systems Simulation) 模式，並據以修訂容量手冊第十二章郊區雙車道公路。另依據本所近年來於公路容量之研究發現，以及有關新版公路容量手冊之更新內容，修訂第一章緒論、第二章基本觀念，主要工作項目包括：

- (1)修訂第一章緒論
- (2)修訂第二章基本觀念
- (3)修訂第十二章郊區雙車道公路
- (4)編訂新版 2016HTSS 模式使用者手冊

2.第二期(2017 年)

本期工作重點為分析郊區多車道公路坡度路段流量及自由速率特性，以調校 2016HTSS (Highway Traffic Systems Simulation) 模式，並據以修訂容量手冊第十一章郊區多車道公路非阻斷性車流之部分。另對於新版第十章市區地下道路之分析方法予以校閱，以及編輯新版「臺灣公路容量手冊」初稿，主要工作項目包括：

- (1)修訂第十一章郊區多車道公路非阻斷性車流之部分
- (2)校閱及編訂新版第十章「市區地下道路」

(3)編訂新版 2017HTSS 模式使用者手冊

(4)編輯 2011 年臺灣公路容量手冊中將納入新版手冊之章節

3.第三期(2018 年)

本期工作重點為分析高速公路車流特性，以調校 2017HTSS（Highway Traffic Systems Simulation）模式，並據以修訂容量手冊第四章高速公路基本路段，以及更新「公路隧道」章節之資料。主要工作項目包括：

(1)修訂第四章高速公路基本路段

(2)編訂新章「公路隧道」

(3)編訂新版 2018HTSS 模式使用者手冊

(4)依據前期及本期修訂之章節，編訂新版「臺灣公路容量手冊」初稿

1.3 報告內容

本報告說明第一年期之工作成果。其中 2011 年手冊第一章緒論及第二章基本觀念之修訂重點，於 1.4 節說明，而第十二章郊區雙車道公路修訂工作，則占本報告絕大部分篇幅，於第二章討論郊區雙車道公路一般車流特性及相關 HTSS 模式之邏輯、第二章說明 HTSS 模式微調工作、第四章歸納容量手冊第十二章之修訂工作。第五章則歸納本計畫之成果及建議之後續研發工作。

容量手冊第一章、第二章、第十二章修訂版及 2016HTSS 模式使用者手冊亦分別列於本報告之各附錄。

1.4 容量手冊第一章及第二章修正重點

2011 年臺灣公路容量手冊第一章說明該手冊之背景及涵蓋範圍，這一章只提到 2011 年手冊出版之前本所的公路容量研究工作，更新之手冊則須交待 2011 年之後的研究工作。因此本計畫將 2011 年手冊第一章修訂，此工作之成果列於本報告附錄 A。第一章之修訂版歸納下列有關公路容量手冊修訂之議題：

1. 手冊修訂工作之限制。
2. 為出版新版手冊所進行之工作：包括 HTSS 模式之發展，郊區雙車道公路及一段坡度路段分析方法之建立，市區地下道分析方法之修訂，及公路隧道分析方法之建立。
3. 新版手冊之涵蓋範圍及尚未以臺灣交通特性資料修訂之章節。

2011 年手冊第二章描述有關公路車流特性之一些基本概念。該章的內容偏重非阻斷性車流。但容量分析常牽涉到阻斷性車流。因此本計畫將 2011 年手冊第二章的內容擴充，

修定後之第二章列於本報告附錄 B。此修訂版的內容歸納成下列 6 項目：

1. 阻斷性及非阻斷性車流之區分
2. 基本車流參數：如流量、流率、密度、佔有率、容量，與號誌控制有關之參數、疏解車距、延滯、小客車當量等。
3. 容量分析之重點。
4. 績效指標之選擇所牽涉到的問題。
5. 服務水準等級劃分的問題。
6. 分析性模式及模擬模式之適用性。

第二章 郊區雙車道公路車流特性及 HTSS 模式之邏輯

2.1 車流特性

臺灣郊區雙車道公路可依車道的設置分成兩類型：

- 1.單向只有一車道，機車、小車及大車共用。
- 2.單向只有一寬 3 公尺以上之主車道，右側又有一寬 2 公尺左右的機、慢車道。

這些公路的車流狀況隨所在地而顯著的變化。以省道為例，交通部公路總局的資料[15]顯示流量之方向係數多數在 0.5 及 0.53 之間，但也有高達 0.58 之情形。尖峰小時流量係數隨地點的變化很大，有些公路的係數不到 0.07，但也有超過 0.3 者。至於車種組成，省道上機車的比例常超過 30%。半聯結車的比例低，許多公路上的大貨車比例在 2.5% 以下，但有些公路的大貨車比例超過 15%。常見的大客車比例在 1% 與 2% 之間。

郊區雙車道公路的流率經常遠低於預期的容量，且這種公路的容量很難確定。德國雙車道公路的單向容量大約在 1,200~1,450 輛/小時之範圍[16,17]，雙向容量不太可能超過 2,500 輛/小時。日本雙車道快速道路的單向容量只有 1,100~1,150 輛/小時[18]。美國 Transportation Research Board (TRB) 2010 年之公路容量手冊[19]訂定基本狀況下雙車道公路單向容量為 1,700 小車/小時，雙向容量則限定為 3,200 小車/小時。上述基本狀況包括：車道寬最少 3.65 公尺（12 英尺）、路肩寬最少 1.8 公尺（6 英尺）、路段平坦、只有小車，而且沒有轉彎車輛或號誌的控制。

本所曾在 2008 年及 2009 年春節期間蒐集平坦雙車道公路上流率與速率關係的資料[20]。調查地點包括南投縣從鹿谷往溪頭縣 151 線之 1.55K 處（車道寬 3.8 公尺，路肩寬 0.5~1.0 公尺）及阿里山公路（台 18 線）31+900K 處（車道寬 3.6 公尺，無路肩）。結果如圖 2-1 所示。此兩調查地點之速限皆為 50 公里/小時，但是阿里山公路調查地點之平均自由速率將近 70 公里/小時，縣 151 線調查地點之平均自由速率則與速限沒有顯著的區別。因為現場資料仍不充分，調查地點的容量只能粗糙的估計，縣道的單向容量大約有 1,500 小車/小時，一般而言平均速率越高之路段有較高之容量，所以省道的單向容量可能在 1,550 小車/小時左右。

坡度路段之容量更難估計。這種路段的交通運作受坡度、坡長、曲率半徑及車種組成之影響。許多國家利用模擬模式來分析這種路段[6,7,8,9,10,11,12,13]。分析坡度路段時，一般假設小車不會受坡度及坡長所影響，但是本所在國道 1 號三義附近路段蒐集的資料[11]顯示小車從平坦路段進入坡度約 4%~4.8% 之上坡時，內外車道上之小車平均速率在上坡約 2 公里之後各減少約 12 及 17 公里/小時。所以坡度及坡長對小車之影響須在容量分析及公路設計之工作加以考量。

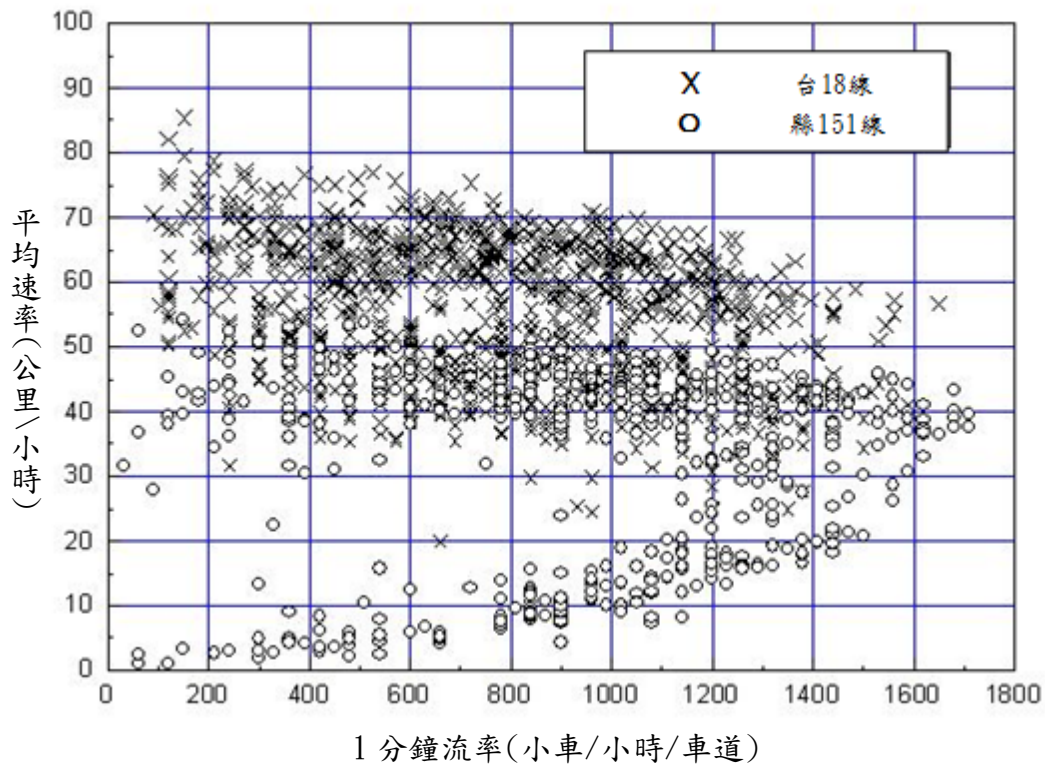


圖 2-1 台 18 線及縣 151 線雙車道公路上之流率與速率關係

車輛在公路上行進時的速率受車重、馬力、氣流阻力（aerodynamic resistance）、滾動阻力（rolling resistance）、坡度阻力（grade resistance）、平曲線阻力（curve resistance）、公路幾何設計（如坡度、坡長、曲率半徑、平曲線長度等）及人為因素的影響。這些因素所造成的瞬間加速率可用模擬模式來估計[11,21]。但是在應用模擬模式以協助公路設計或容量分析之前須訂定代表性車輛。與爬坡性能最有關之代表性車輛屬性為車重與馬力之比值。

美國 AASHTO 之公路設計規範[22]用車重與馬力比為 120kg/kW 之代表性大貨車訂定公路之幾何設計；德國則用車重與馬力比為 143kg/kW 之重貨車設計公路。根據在國道 1 號高速公路 147K 及 155K 之間（三義附近）所觀察到的自由速率，本所 2014 年的研究報告[11]指出表 2-1 所列的代表性車輛可用來模擬臺灣高速公路的車流。

表 2-1 臺灣高速公路代表性車輛屬性

車種	車重 (kg)	馬力 (kW)	車重/馬力比 (kg/kW)	正向面積 (m ²)	後拉係數	動力傳輸 效率
小車	1,500	30	50	2.0	0.3	0.90
大客車	15,000	200	75	7.0	0.7	0.85
大貨車	10,500	165	64	10.7	0.7	0.85
聯結車	27,500	220	125	10.7	0.7	0.85

本所隨後之一研究報告[12]顯示表 2-2 所示之代表性車輛可能適用於分析郊區雙車道公路的車流。該報告是根據林口區縣 108 線及復興區台 7 線公路上下坡各兩點的自由速率所下的結論。但是現場資料中之大車樣本太少，例如省道調查地點之大客車、大貨車及聯結車的樣本各在 0~2、6~16、1~4 輛之範圍；縣道調查地點沒有聯結車樣本，大客車及大貨車之樣本各在 2~5、0~1 輛之範圍。因此適用於分析郊區雙車道公路之代表性車輛須進一步探討。

表 2-2 臺灣郊區雙車道公路可能適用之代表性車輛屬性

車種	車重 (kg)	馬力 (kW)	車重/馬力比 (kg/kW)	正向面積 (m ²)	後拉係數	動力傳輸 效率
機車	180	5	36	0.8	1.8	0.90
小車	2,000	27	74	2.0	0.3	0.90
大客車	15,000	150	100	7.0	0.7	0.85
大貨車	10,000	165	61	10.7	0.7	0.85
聯結車	20,000	220	91	10.7	0.7	0.85

郊區雙車道公路車道之特殊現象是快車被慢車阻擋時，通常只能在有超車區，而且超車視距（passing sight distance）足夠時，才能佔用對向車道以超車。超車行為影響交通運作效率及行車安全，也增加了容量分析的困難度。超車動作不在一固定點開始，從開始超車道回到原來車道所用的路段又相當長，所以現場調查以了解超車行為之工作難以進行。目前臺灣缺乏相關之研究。

一駕駛員被前面慢車阻擋時，會接近並跟隨前車，然後決定是否超車。是否超車受駕駛員冒險性、被慢車阻擋之嚴重性及超車視距的長短所影響。美國 AASHTO 公路設計規範[22]將所需的超車視距從設計速率 30 公里/小時的 120 公尺增加到設計速率 130 公里/小時的 440 公尺。這些超車視距可用下式來估計：

$$PSD = 77.8 + 0.929 V_d + 0.0144 V_d^2 \quad (2.1)$$

此式中，

PSD = 最短所需之超車視距（公尺），

V_d = 設計速率（公里/小時）。

開始超車之後，駕駛員加速進入對向車道。AASHTO 公路設計規範指出平均加速率在 2.4 公里/小時/秒左右。美國 NCHRP 研究[23]發現超車車輛佔用對向車道的平均時間為 9.9 秒，其相關第 85 百分位佔用時間為 12.3 秒，佔用對向車道的時間與超車中之速率沒有顯著關係。此計畫亦發現超車車輛及被超越車輛之車速平均相差約 25 公里/小時，而且長度短於 120~140 公尺之超車區被用來超車之機率只有 0.4%。超車行為預期會隨公路所

在地而有差異，例如荷蘭的一研究[24]發現佔用對向的平均時間只有 4.2 秒，總超車時間（從開始加速到返回原來車道）平均也只有 7.8 秒。

2.2 HTSS 模式

2.2.1 背景

2011 年臺灣公路容量手冊依賴在 1990 年代初期所發展的一模擬模式分析號誌化路口運作。該模式亦稱為公路交通系統模擬模式，亦即 HTSS 模式。發展及應用這早期 HTSS 模式的目的是在於克服不易建立分析性模式以分析號誌化路口之困境。但因 20 幾年前的電腦功能很有限，所以 1990 年代 HTSS 模式所用之資料結構（data structure）缺乏效率，因而限制了模式的更新及功能之擴展。

最近幾年來本所修訂公路容量手冊又面臨到沒有適當工具分析郊區雙車道公路及其他有坡度路段之公路的難題。因此本所決定在 HTSS 模式之名稱下發展一多功能的模擬模式。此模式之發展從 2013 年開始，2015 年的 HTSS 模式所用的架構可模擬臺灣常見的郊區及市區公路設施，該模式已有詳細而且已初步微調過的邏輯來模擬郊區雙車道公路及高速公路。但在應用於容量分析之前，仍須用比較充分的現場資料進一步微調。

因此之故，本計畫以本所另案蒐集之郊區雙車道公路非阻斷性車流自由速率資料微調 HTSS 模式，以增進 HTSS 模式應用於分析郊區雙車道公路之適用性。本計畫改良所得的 HTSS 模式稱為 2016HTSS 模式。今後陸續改良之 HTSS 模式將根據改良之年期稱為 2017HTSS 模式、2018HTSS 模式等。

2.2.2 基本模擬架構

2016HTSS 模式是利用 FORTRAN 語言建立之一微觀模擬工具，此模式將實際公路設施用一模擬路網來代表。模擬路網由節線及節點所組成，節點為兩節線交接之地點，這交接點可能代表交叉路口，也可能是為模擬方便所訂定，沒有長度之連接點，節線代表兩點之間的公路設施。HTSS 模式在每單位時間（0.5~1.0 秒）內更新每一模擬車輛之位置及速率。

在 HTSS 模式之架構中可模擬的公路設施包括兩節點之間的全長車道、附屬短車道（如爬坡道、加速道、在交叉口設置之短車道）、號誌化及非號誌化路口、匝道及匝道儀控、機車兩段式待轉區、機車停等區、專用道、公車站、超車區、封閉之車道及柵欄。模擬的車種可包括機車、小車、大客車、大貨車、半聯結車及全聯結車。

HTSS 模式架構中之模擬程序仍在演變及改良中。2016HTSS 模式的基本模擬程序如圖 2-2 及 2-3 所示。本節對模擬程序做一簡單的說明。

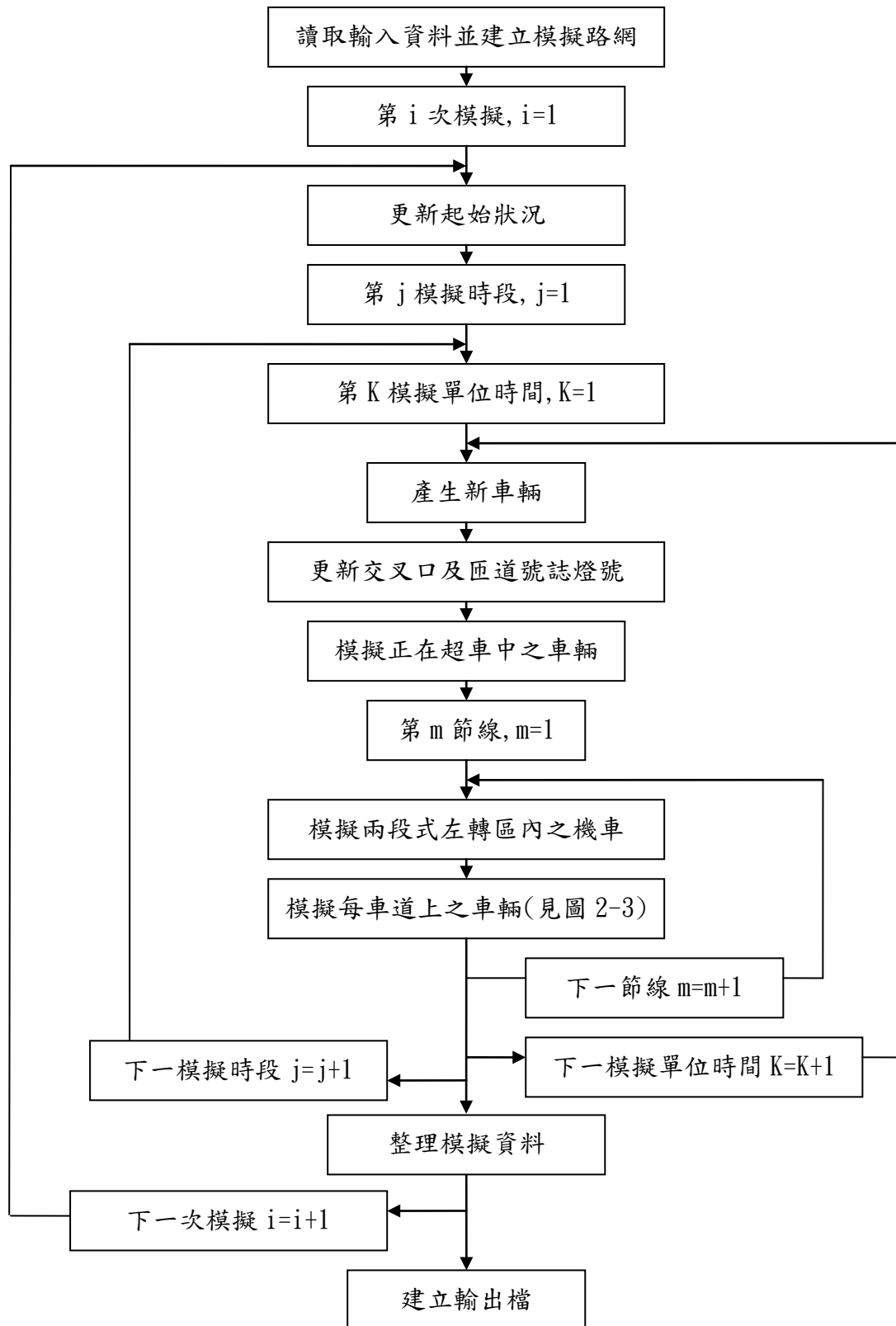


圖 2-2 2016HTSS 模式之基本模擬程序

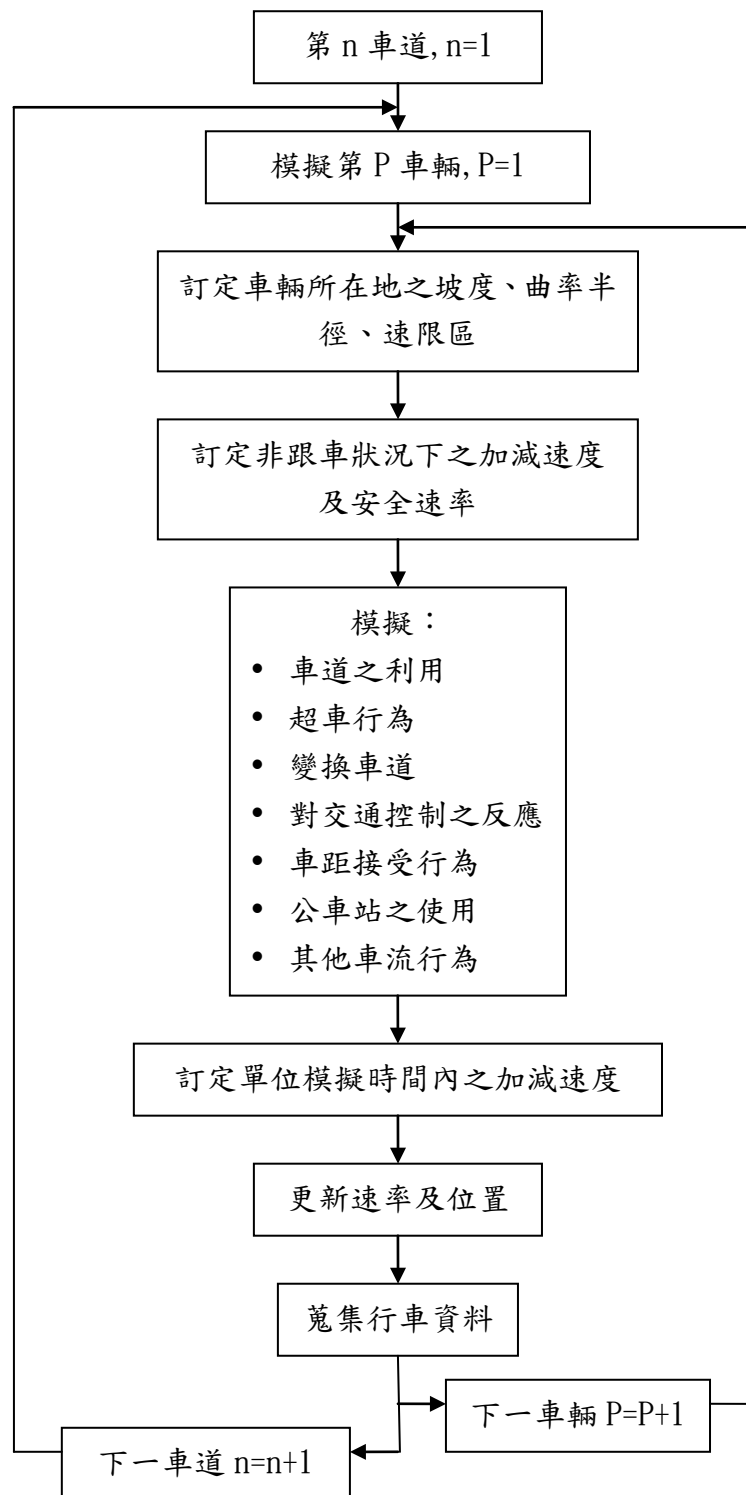


圖 2-3 個別車輛之模擬程序

2.2.2.1 輸入資料

輸入資料可依據性質分成下列數項目：

1. 控制模擬作業之資料(如熱機時間，模擬時段數及時段長度，欲模擬之次數等)。
2. 節線與節點之關係(如各節線上下游節點的代號及各節線下游節線之代號等)。
3. 節線及節點之屬性(如節線長度，車道寬，附屬車道之設置，不同地點之高程或坡度，平曲線位置及曲率半徑，節線容量，速限區之速限及平均自由速率等)。

- 4.交通控制狀況(如號誌之時制設計，路口之控制類型，專用或共用車道，機車停等區之設置等)。
- 5.車流狀況(如需求流率，車種組成，行車方向，比例等)。
- 6.駕駛行為(如臨界車距及超車機率等)。
- 7.代表性車輛之屬性(如車重及馬力等)。
- 8.蒐集資料或控制用之偵測站。

根據輸入資料，HTSS 模式先建立一模擬路網，訂定第一次模擬之起始狀況，並訂定重複模擬時通用的資訊。

2.2.2.2 重複模擬之必要性

在輸入檔所設定之流率狀況下，個別車輛的行為有無限的組合。不同的行為組合會造成不同的交通運作績效(如平均速率或平均延滯時間)。每次模擬時，HTSS 模式用一套隨機亂數訂定個別車輛之屬性及其行為。根據該套亂數模擬的結果只代表在輸入檔設定的車流狀況下一可能的交通運作績效。因此 HTSS 模式讓使用者設定欲重複模擬之次數，並用多次模擬結果的平均值代表估計之績效指標值。

2.2.2.3 模擬時段及單位模擬時間

模擬所涵蓋的實際交通運作時間最少必須分成 2 時段。第一時段為熱機時段。第一時段之後的時段可用來蒐集模擬資料以估計績效指標值。

模擬開始瞬間沒有車輛在模擬路網內，熱機時段的目的是在於產生模擬車輛並將這些車輛送進路網，直到路網內之車流狀況大致滿足輸入檔中所設定之狀況後才開始蒐集模擬資料。一般而言，熱機時間最短須等於車輛從進入到離開路網所須之最長旅行時間。

如果欲模擬的流率不變，則熱機時段之後只須設定一時段。欲模擬的流率隨時間而變之情況下，如圖 2-4 所示，則應將模擬所涵蓋的時間劃分成數時段。每時段的流率用一固定的流率來代表。

實際的車流狀況隨時變化，所以微觀之模擬模式必須在很短的時間內更新車輛之位置速率。這些短更新時間稱為單位模擬時間。單位模擬時間越短，模擬結果預期有較高的精度，但執行模擬所需之時間（CPU time）會增長。HTSS 模式讓使用者選用 0.5 秒到 1.0 秒之單位模擬時間。一般而言，模擬複雜的公路設施(如有號誌路口的路段或路網)才有必要用較短的單位模擬時間。

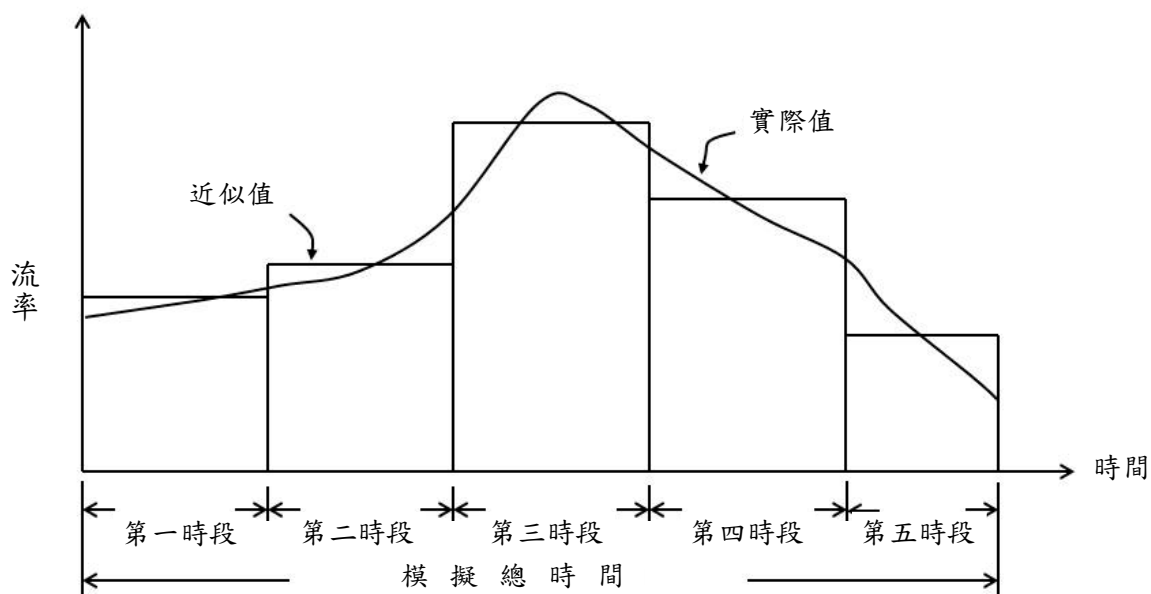


圖 2-4 模擬時段及近似流率示意圖

2.2.2.4 單位模擬時間內之模擬作業

如前述圖 2-2 及 2-3 所示，HTSS 模式在每單位模擬時間內執行許多模擬工作。主要的目的是決定在單位模擬時間結束瞬間，每一車輛之位置及速率。

每單位模擬時間開始瞬間，HTSS 模式先在特定的節點產生新車輛，並將這些車輛推進模擬路網。2015HTSS 模式假設車輛隨機抵達模擬路網之進口節點。根據此假設，車輛抵達路網的時間可訂定如下：

$$t_i = t_{i-1} + \beta - (T - \beta)l_n(1 - R) \quad (2.2)$$

此式中，

- t_i = 車輛 i 抵達路網之瞬間，
- t_{i-1} = 前車 i-1 抵達路網之瞬間，
- β = 兩車之間之最小車距，
- T = 平均車距，
- l_n = 自然對數，
- R = 均勻分配在 0 及 1 之間之隨機亂數。

如果進口節點下游只有一車道可用，則式 2.2 中之最小車距可設定為 1 秒，否則 β 為 0 秒。此外，式 2.2 中之平均車距並非固定值。例如在一 5 分鐘(300 秒)模擬時段須產生 50 輛車，但第一輛車之抵達時間在該時段開始之後 20 秒，因此在剩下之 280 秒鐘必須產生 49 輛車，結果剩餘車輛之平均車距變成 $T=280/49=5.71$ 秒。HTSS 模式用此方法讓在模擬時間內應產生的車輛數與實際產生的車輛數不會有超過 1 輛之差異。

因為車輛抵達進口節點的型態不一定隨機，所以 2016HTSS 模式讓使用者選用另外兩方法以產生車輛。其中一方法是假設車輛抵達型態可用下列之 Erlang distribution [25] 來代表：

$$f(t) = \frac{(qa)^a}{(a-1)!} t^{a-1} e^{-aqt} \quad (2.3)$$

此式中，

$f(t)$ = 車距為 t 秒之或然率(0~1)，

q = 流率(輛/秒)，

a = 抵達型態參數(1, 2,)

式 2.3 中之參數 a 等於 1 時，車距的分布為隨機。參數 a 之值越大，車距的分布越接近均勻。使用 Erlang distribution 之前宜用現場車距資料訂定適用之參數值。

如欲模擬之抵達型態非隨機也不適合用 Erlang distribution 來代表，則一適用的方法是將抵達車距之累積分布用每 10 百分位之車距值來代表，如圖 2-5 所示之 t_0 、 t_1 、...、 t_{10} 。在模擬過程中，累積百分比可用一隨機亂數來代表。

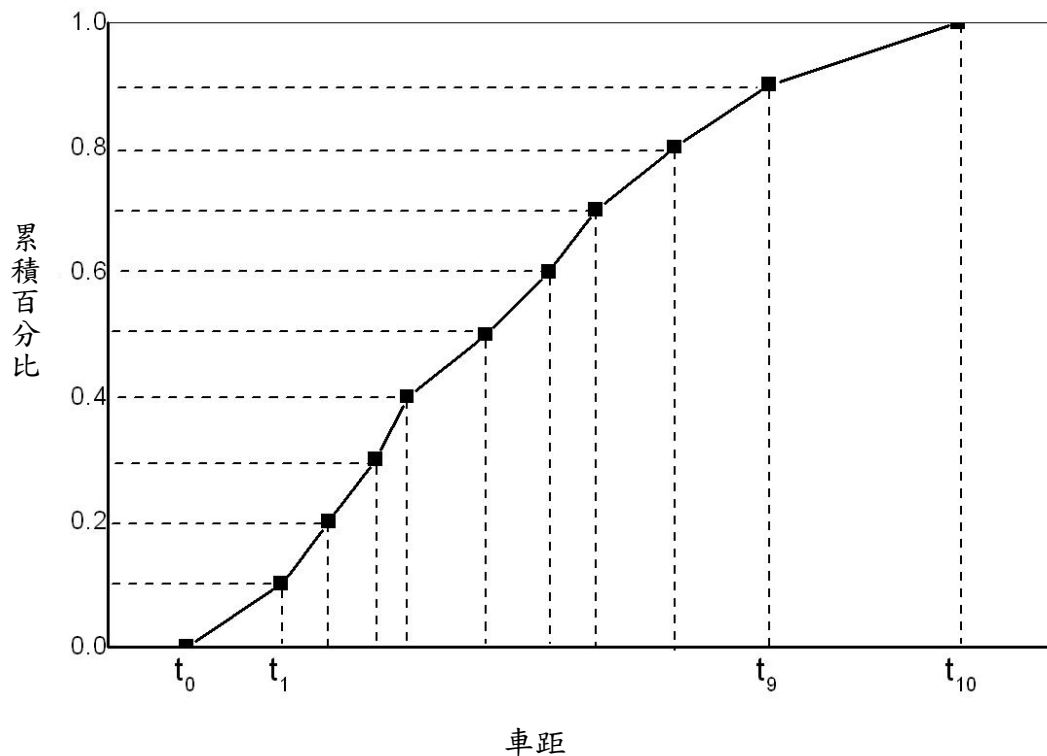


圖 2-5 每 10 百分位車距值之示意圖

根據此亂數及圖 2-5 所示之 t_0 、 t_1 、...、 t_{10} 輸入值，HTSS 模式可訂定與亂數相關之車距。此方法及 Erlang distribution 所需之資料處理時間(CPU time)比用隨機分布(式 2.2)之方法長。

如路網中有號誌控制的路口或匝道，HTSS 模式在產生每單位模擬時間內抵達的車輛之後，將號誌燈號(如綠、黃或紅燈)更新。目前 HTSS 模式只有定時號誌控制的邏輯，但模式的架構可容納其他號誌控制策略。

如路網中有允許超車之雙車道公路，則 HTSS 模式在更新號誌燈號之後，先模擬正在超車而且已佔用對向車道之車輛，此工作之重點在於決定超車車輛是否繼續加速，或是否可回到原來車道。

模擬正在超車中之車輛之後，HTSS 模式先處理 2 段式待轉區內之機車，然後模擬每一車道上的車輛。這模擬工作相當複雜，但可歸納成下列幾項目：

- 1.訂定車輛所在地之坡度、曲率半徑及速限區
- 2.訂定因受速限、平曲線、坡度、車種、車重及馬力等因素所造成的加減速率。
- 3.模擬因附屬車道(如爬坡道)、專用道、公車站等設施之存在而造成的行為(包括加減速率及車道之使用)。
- 4.模擬尚未進入對向車道之前的超車行為。
- 5.模擬對交通控制之反應。
- 6.模擬與臨近車道上車輛之互動關係。
- 7.模擬車道之選擇及變換車道之行為。
- 8.模擬跟車行為所能採用之加減速率並訂定在單位模擬時間內適用之加減速率。

根據上述各項工作的結果，HTSS 模式估計每一車輛在下一單位模擬時間開始瞬間的位置(車道及離節線上游之距離)及速率。此外，HTSS 模式亦蒐集與每輛車有關之資料，這些資料包括通過偵測站時之速率、離開節線之時間、在節線上之延滯時間、耗油量及超車之頻率等。

2.2.3 主要模擬邏輯

2016HTSS 模式的模擬邏輯串連在 250 多個子程式中。這些模式的細節很繁雜。本報告只說明與模擬郊區雙車道公路非阻斷性車流路段特別有關係的超車邏輯及瞬間加速率邏輯。

2.2.3.1 超車邏輯

2016HTSS 模式沿用 2015HTSS 模式之超車邏輯，但讓模式使用者有較大的彈性設定與超車行為有關之參數。這模式之模擬超車行為如下所述：

1. 大車不超車。
2. 一車輛之上、下游 10 秒行車距離之內有正在超車之車輛時，該車不能超車。
3. 一車輛下游在 20 秒行車距離內，若有為超車而增設之車道，則該車會等慢車移進增

設的車道之後，快速超前。

4. 一車輛受前車阻擋時，駕駛員才會考慮超車。受阻擋的車輛有下列性質：(1)其自由速率比前面的車輛高；(2)其瞬間之速率低於欲維持的自由速率；(3)其與前車車尾的車距在 3 秒以內。
5. 每一駕駛員有一隨機指定的冒險性指數，其值在 0 到 1 之間。冒險性指數越高的駕駛員有較高的超車欲望。冒險性指數超過 R_{min} 之駕駛員才會考慮超車。
6. 駕駛員超車時，一次最多可超越前面 2 車輛。如果超越 1 輛，則被超越之車輛及其下游車輛之車距最少必須有 T_2 秒才能開始超車。如果超越 2 輛，則第 1 輛被超越的車必須與欲超越車輛有小於 1.5 秒的車距，此外，第 2 輛被超越的車輛之下游最少也有 T_2 秒之車距。回到原車道時必須與前後車保持安全車距。
7. 欲超車之車輛會逐漸靠近前方車輛，然後在有充分的超車視距時開始超車。
8. 一車輛開始超車之後會加速到達一欲維持的最高速率 V_{max} 。然後在必要時繼續以 V_{max} 之速率前進，直到該車車尾與最後一輛被超越車輛之車頭的間距超過 S 公尺時，才能回到原來車道。
9. 一超車之車輛回到原來車道時，必須能與對向來車保持一安全的緩衝距離。在未開始超車之前，駕駛員根據瞬間超車視距判斷超車之後，是否能安全的回到原來車道。
10. 機車在主車道寬最少有 3 公尺時，可輕易的利用機、慢車道、路肩或很短之對向車道超前，因此沒有超車視距是否充分之限制。

根據上述超車行為，HTSS 模式的超車邏輯在每一單位模擬時間內根據車流現況，從欲超車駕駛員的角度評估超車視距，然後模擬隨後的超車行為。不論超車對象是下游第一輛或第二輛、超車視距是否足夠可用圖 2-6 來說明。

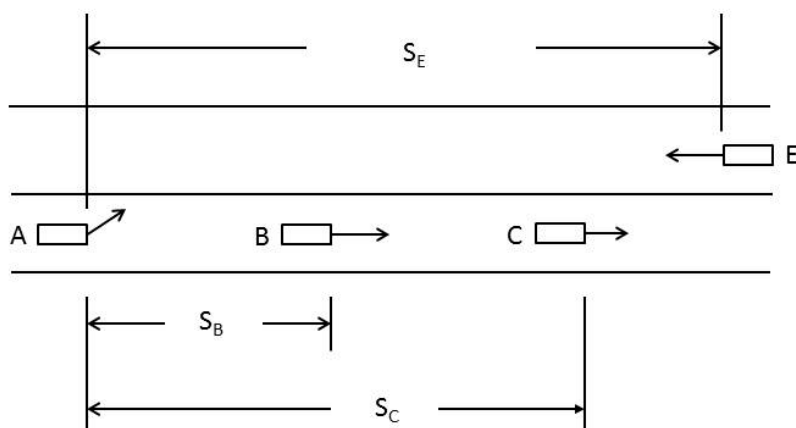


圖 2-6 超車開始瞬間車況示意圖

此圖中之各符號的定義如下：

1. A 車：超車車輛。
2. B 車：被超越之車輛。
3. C 車：在 B 車前方之車輛。超車完畢之後，A 車在 B 車及 C 車之間。
4. E 車：對向車道上第一輛反方向之車輛。
5. S_B 、 S_C 、 S_E ：B 車、C 車及 E 車與 A 車之個別距離。 S_E 為 A 車可用之超車視距。

此外，A 車開始超車瞬間之各車速率為 V_A 、 V_B 、 V_C 及 V_E 。A 車駕駛員評估超車視距時，將 V_B 、 V_C 及 V_E 視為固定不變之速率。但 A 車會加速到一最高速率 $V_{\max}$ 。

A 車從原來的速率 V_A 加速到一最高速率 $V_{\max}$ 所需的時間為：

$$t_1 = \frac{V_{\max} - V_A}{a} \quad (2.4)$$

此式中，

t_1 = 從加速到速率達到 $V_{\max}$ 之所需時間；

a = 加速率。

在加速期間，A 車所行走的距離等於 $V_A t_1 + at_1^2/2$ ，前方 B 車之位置為 $S_B + V_B t_1$ 。如果 A 車欲超過 B 車，然後回到原來車道並跟在 C 車之後，HTSS 模式假設 A 車須在 B 車前方 S 公尺處才可回到原來車道。因此如果 $V_A t_1 + at_1^2/2$ 小於 $S_B + V_B t_1 + S$ ，則 A 車須以 $V_{\max} = V_A + at_1$ 之速率繼續行進，直到其位置在 B 車之前方 S 處才能回到原來車道。從速率達到 $V_{\max}$ 到可回原來車道之額外時間 t_e 須滿足下列條件：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e = S_B + V_B t_1 + S + V_B t_e \quad (2.5)$$

根據式 2.5，額外旅行時間 t_e 可估計如下：

$$t_e = \frac{V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 - S_B - V_B t_1 - S}{V_B - V_{\max}} \quad (2.6)$$

另一方面，如果 A 車加速達到預定的最高速率 $V_{\max}$ 之前，該車與 B 車之距離已超過 S ，則 A 車不必加速到預定的 $V_{\max}$ 。在這情形下，加速時間 t_1 (式 2.4) 須根據下列條件重新估計：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 = S_B + V_B t_1 + S \quad (2.7)$$

換言之，加速時間為：

$$t_1 = \frac{-(V_A - V_B) + \sqrt{(V_A - V_B)^2 + 2a(S_B + S)}}{a} \quad (2.8)$$

轉回原來車道時之最高速率也須改為：

$$V_{\max} = V_A + at_1 \quad (2.9)$$

此外，速率達到 $V_{\max}$ 之後尚需繼續行進才能回到原來車道之額外時間等於：

$$t_e = 0 \quad (2.10)$$

A 車回到原來車道時之車速比被超越的 B 車高，而且兩車有 S 之間距。因此只要 S 大約有 10 公尺，則 A 車與 B 車應該沒有衝突。但是 A 車必須能安全的跟在前方 C 車之後。如果 A 車轉回原車道時之速率 $V_{\max}$ 比前方 C 車低，而且 A 車與 C 車之間的距離超過 3 輛小車車長，則 A 車可安全的跟在 C 車之後。

但是如果 A 車回到原車道時之速率 $V_{\max}$ 比前方 C 車速率 V_C 高，則 A 車必須能以一舒適的減速率減速到與前車相同，而且兩車速率相同時，C 車與 A 車之距離最少需有 $H_4 V_C$ 加上一小車車長。這條件可用下式來代表：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e - \frac{V_{\max}^2 - V_C^2}{2d} \leq S_C + V_C t_1 + V_C t_e - V_C \frac{V_{\max} - V_C}{d} - L - H_4 V_C \quad (2.11)$$

上式中，

d = 舒適減速率（設定值：-1.5 公尺/秒²）；

L = 小車之車長（小車：5 公尺；機車：2 公尺）。

如果 A 車能超越 B 車然後安全的跟隨 C 車，則 HTSS 模式進一步探討 A 車與對向 E 車是否有不可接受的衝突。A 車開始加速超車時與對向 E 車之距離為 S_E 。從加速到回到原來車道瞬間，A 車的行車距離為 $V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e$ 。在這時間內對向 E 車的行車距離為 $V_E(t_1 + t_e)$ 。因此 A 車回到原來車道時，A 車及 E 車兩車之間緩衝距離 D_B 為：

$$D_B = S_E - (V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e) - V_E(t_1 + t_e) \quad (2.12)$$

根據 AASHTO 公路設計規範指出的安全緩衝距離與超車速率的關係，2016HTSS 模式用下列公式訂定安全緩衝距離：

$$D_s = \beta_p (10.78 e^{\frac{V_{\max}}{45.88}}) \quad (2.13)$$

此式中，

$$\begin{aligned}
D_s &= \text{安全緩衝距離(公尺)} \\
\beta_p &= \text{受公路所在地影響之調整值} \\
V_{\max} &= \text{超車時之最高速率(公里/小時)}
\end{aligned}$$

如果式 2.12 所估計之可能存在的緩衝距離短於式 2.13 之安全距離，則 A 車不能執行超車。式 2.12 之距離如比安全距離長，則 HTSS 模式根據上述的行為模擬超車動作。

HTSS 模式之超車邏輯有許多參數，模式中設定每一參數代表值，其中一些參數的代表值可讓模式使用者以輸入值來更改。本報告第三章將進一步說明這些參數的性質。

2.2.3.2 瞬間加速率邏輯

2016HTSS 模式將單位模擬時間內一車輛的瞬間加速率(註：加速率可能是負值)訂為在下列加速率之最小值：

1. 在平直路段上自由旅行時欲採用之加速率。
2. 受欲維持之自由速率或平曲線上安全速率所限制之加速率。
3. 受坡度、坡長、車重及車輛性能所限制之加速率。
4. 受交通控制(如紅綠燈)及轉彎所限制的加速率。
5. 受車輛之間互相影響之加速率。

本節說明上述各項加速率之模擬性質。

2.2.3.2.1 自由旅行加速率

2016HTSS 模式用同樣的程序訂定每一瞬間個車輛之自由旅行加速率。此程序可用下式代表：

$$a_i = b_i a_m \quad (2.14)$$

此式中，

$$\begin{aligned}
a_i &= \text{個別車輛 } i \text{ 之自由旅行加速率(公尺/秒}^2\text{)，} \\
b_i &= \text{車輛之加速率之變異性，} \\
a_m &= \text{某特定車種(如小車，機車等)之平均自由加速率(公尺/秒}^2\text{)。}
\end{aligned}$$

式 2.14 中之平均自由加速率隨車速而變。個別車輛加速率可能高於或低於平均加速率，但不能超過加速率之上限。

根據美國試驗場[26]、本所測試車[27]及桃園市龜山區忠義路停等車疏解特性[28]資料，2015HTSS 模式採用圖 2-7 所示之小車平均加速率與自由速率的關係。本計畫用這些關係做出發點以微調 2016HTSS 模式。圖 2-7 顯示在速限較高的公路上，小車自由加速率有較高的平均值。HTSS 模式讓個別車輛的加速率在式 2.14 中變異函數 b_i 所設定之範圍

內變化，其值不能超過圖 2-7 所示之上限。

假設 V (公里/小時)代表自由速率，則圖 2-7 中之各關係可用下列公式來代表：

- 小車自由加速率上限 $A_{\max}$ (公尺/秒²)

如 $V < 8$ 公里/小時，則

$$A_{\max} = 1.017 + 0.488V - 0.0304V^2 \quad (2.15a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$A_{\max} = 0.636 + 2.3589e^{\frac{V-8}{37.951}} \quad (2.15b)$$

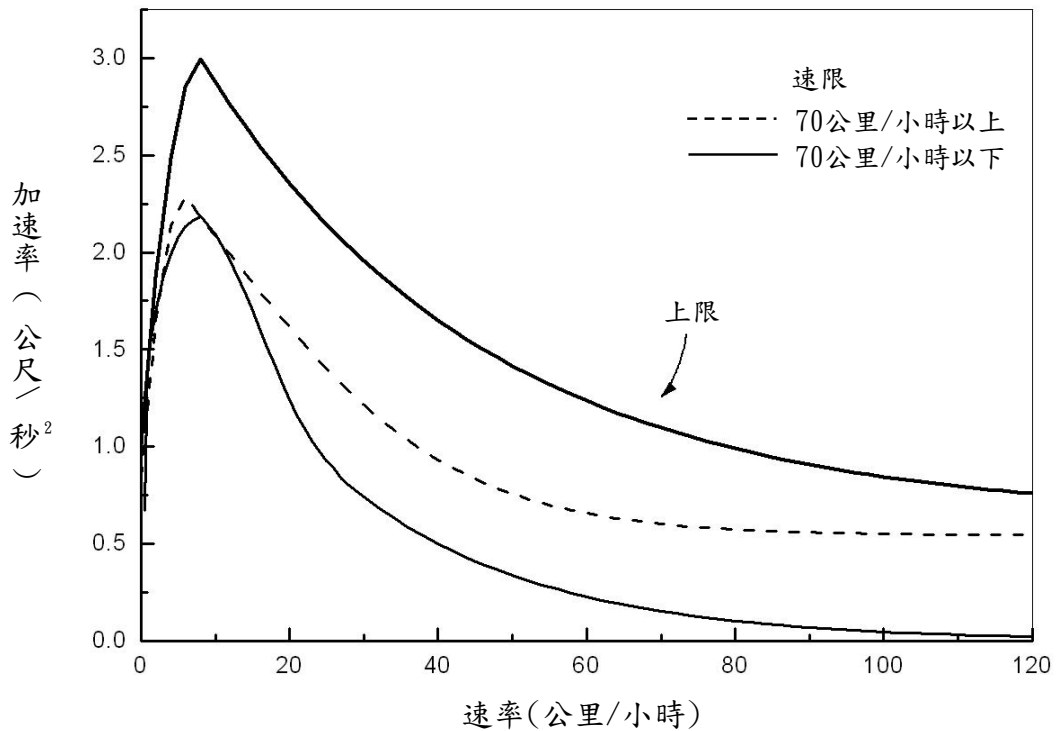


圖 2-7 HTSS 模式自由旅行小車平均加速率與加速率上限之特性

- 速限最少 70 公里/小時之小車 a_m 值

如 $V < 8$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.8455 + 0.4866V - 0.0410 V^2 \quad (2.16a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$a_m = 3.4349 - \frac{2.8915}{1 + e^{\frac{V-12.035}{15.016}}} \quad (2.16b)$$

- 速限低於 70 公里/小時之小車 a_m 值

如 $V \leq 0.89$ 公里/小時，則

$$a_m = -1.1888 + \frac{2.6533}{1 + e^{\frac{V-0.0355}{0.1706}}} \quad (2.17a)$$

如 $0.89 < V \leq 8.0$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.3619 + \frac{1.8543}{1 + e^{\frac{V-0.2137}{1.9177}}} \quad (2.17b)$$

如 $8.0 < V \leq 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 2.4048 - \frac{1.6923}{1 + e^{\frac{V-16.5010}{4.4304}}} \quad (2.17c)$$

如 $V > 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.876e^{\frac{V-25.814}{25.3642}} \quad (2.17d)$$

2015HTSS 模式未細分機車及小車之自由旅行加速特性。但是本所一研究工作[28]指出市區機車從號誌化路口疏解時的加速率比小車高。根據該研究報告之機車加速率，並考慮郊區機車有可能加速到 100 公里/小時以上，本計畫用圖 2-8 所示的平均速率及個別機車上限做微調 2016HTSS 模式之出發點。

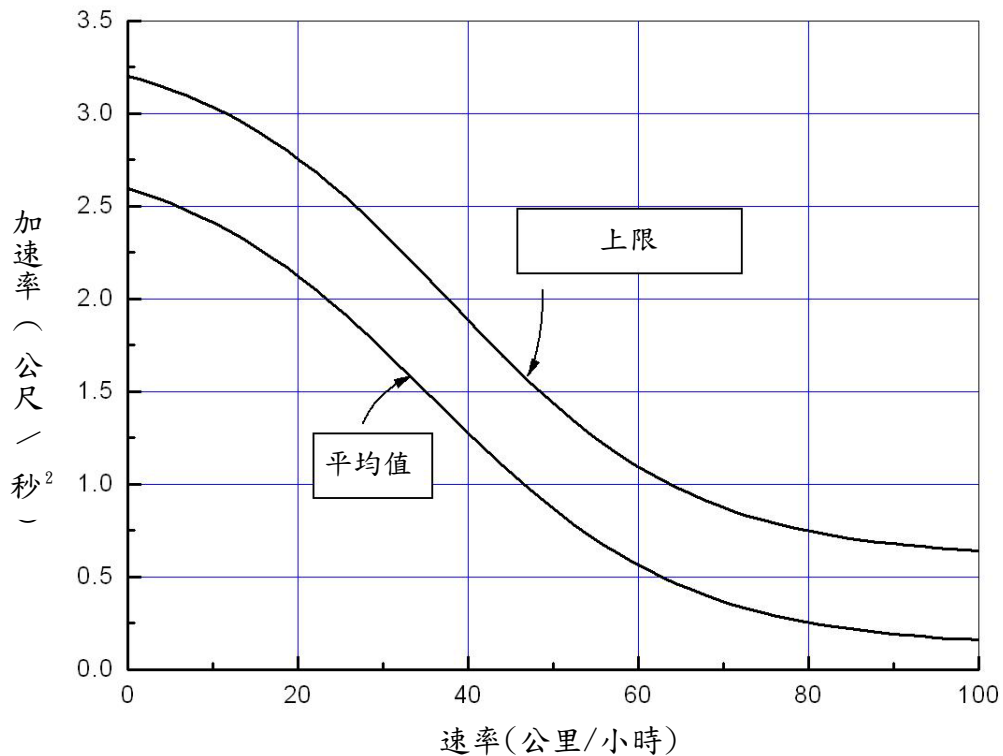


圖 2-8 HTSS 模式自由旅行機車平均加速率與加速率上限之特性

圖 2-8 之平均加速率及加速率上限可用下列公式來代表：

- 機車自由加速率上限 $A_{\max}$ (公尺/秒²)

$$A_{\max} = 3.395 - \frac{2.789}{1 + e^{\frac{V-37.533}{14.455}}} \quad (2.18a)$$

- 自由旅行機車之 a_m 值

$$a_m = 2.818 - \frac{2.694}{1 + e^{\frac{V-35.647}{14.842}}} \quad (2.18b)$$

2015HTSS 模式及 2016HTSS 模式皆用圖 2-9 所示之平均自由旅行加速率模擬大車行為。圖中平均加速率與速率的關係是根據 AASHTO 公路設計規範所公布之速率與旅行距離的關係所訂定。個別大車加速率上限為平均加速率之 210%。

實際車流狀況下之個別車輛加速率有相當大的變異性。根據現場觀察到的旅行時間與旅行距離的關係所估計的加速率[29]，2016HTSS 用圖 2-10 所示之正常化加速率(加速率與平均加速率之比值)的累積分布訂定式 2-14 之變異性 b_i 。從此圖可知大車加速率之變異性比機車及小車高，機車之變異性最少，其值在平均值之 70%與 150%之間。

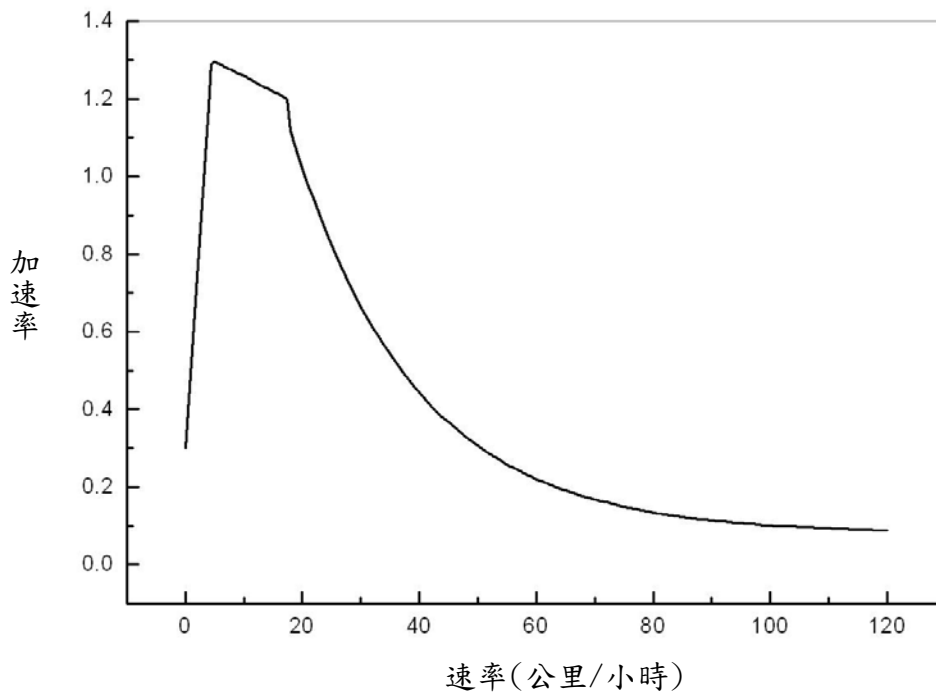


圖 2-9 HTSS 模式自由旅行大車平均加速率與加速率上限之關係

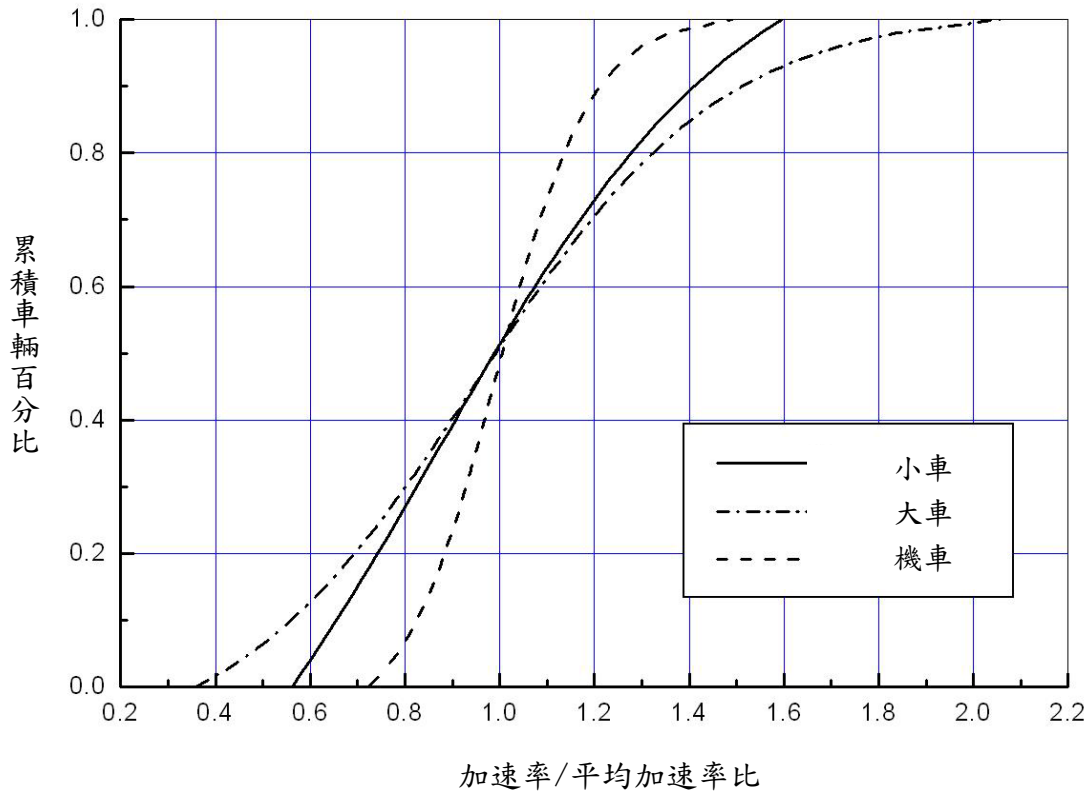


圖 2-10 正常化加速率之累積分布

2.2.3.2.2 自由速率及安全速率

車輛在單位模擬時間內採用的加速率不能讓在該單位時間結束時的速率超過欲維持之自由速率或安全速率。HTSS 模式所用之自由速率為在平直路段上的最高速率，安全速率則代表在平曲線上欲維持之最高速率。

2016HTSS 模式假設平均自由速率受速限及車種的影響，其設定值如下：

如速限不高於 40 公里/小時，則

$$V_m = V_u + 18 - \Delta V_1 \quad (2.19a)$$

如速限高於 40 公里/小時，則

$$V_m = V_u + 18 - 0.083(V_u - 40) - \Delta V_1 \quad (2.19b)$$

上兩式中，

V_m = 平均自由速率(公里/小時)，

V_u = 速限(公里/小時)，

ΔV_1 = 車種調整值(小車： $\Delta V_1 = 0$ 公里/小時，大車： $\Delta V_1 = 5 \sim 12$ 公里/小時)。

式 2.19a 及 2.19b 之值可用輸入檔來更改。

個別車輛之自由速率一般異於平均值。現場資料顯示個別自由速率一般在平均值的 75% 到 135% 的範圍內，而且正常化自由速率(自由速率除以平均自由速率)的分布不隨車種而有顯著的差異。2011 年容量手冊顯示正常化自由速率的累積分布如圖 2-11 所示。根據此分布，2016HTSS 模式用下列公式模擬個別車輛之自由速率：

如 $R < 0.0013$ ，

$$V_f = 0.77V_m \quad (2.20a)$$

如 $0.013 \leq R \leq 0.999$ ，

$$V_f = [0.986 - 0.05\ell_n(\frac{1.011}{R+0.012} - 1)]V_m \quad (2.20b)$$

如 $R > 0.999$ ，

$$V_f = 1.4V_m \quad (2.20c)$$

上三式中，

R = 0 到 1 之間之隨機亂數，

V_f = 個別車輛之自由速率(公里/小時)，

V_m = 從式 2.19a 或 2.19b 所訂定之平均自由速率(公里/小時)，

ℓ_n = 自然對數。

平曲線上的安全速率可能遠低於自由速率。2016HTSS 模式根據下列公式[22]先估計平衡速率：

$$V_q = \sqrt{127R(f + e)} \quad (2.21)$$

此式中，

V_q = 平衡速率(公里/小時)，

R = 平曲線之曲率半徑(公尺)，

f = 側面磨擦係數，

e = 超高率(%)。

根據 AASHTO 之公路設計規範[22]，設計速率從 20 公里/小時升高到 100 公里/小時，適用之側面磨擦係數從 0.18 降到 0.12。2016HTSS 模式用下式估計此係數：

$$f = 0.0842 + 0.3094e^{\frac{V_q - 15}{34.6824}} \quad (2.22)$$

如其他狀況相同，平曲線之超高率應隨著曲率半徑之增加而減少。但郊區雙車道公路很可能不是根據現代標準所設計及建造，所以不易從設計速率(或自由速率)及曲率半徑來估計超高率。應用 HTSS 模式如果也須用輸入超高率，則會嚴重增加模式應用的困難。因此，2016HTSS 模式暫時將超高率訂為 4.5% 來估計安全速率。

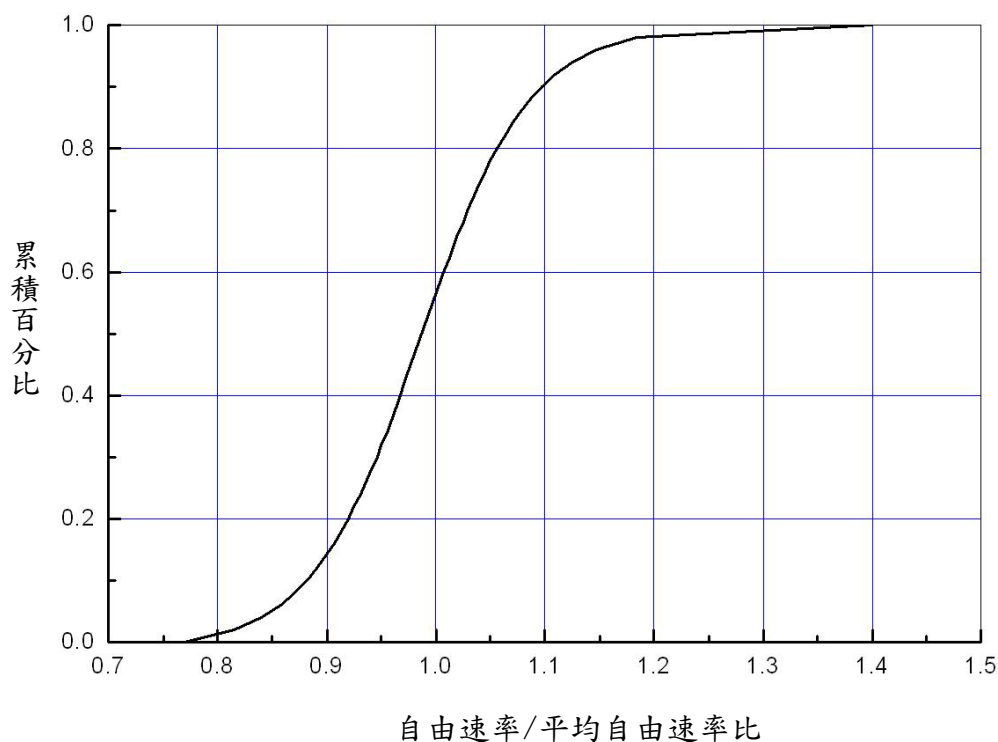


圖 2-11 平常化自由速率之累積分布

上述平衡速率是根據公路設計狀況的估計值。天候及路面狀況良好時，平衡速率過度保守，在平曲線上之車速通常高於平衡速率。因此，2016HTSS 模式將從式 2.21 及 2.22 所估計的平衡速率調整如下以估計安全速率：

$$V_s = V_q + 10.4 + 18.5e^{-R/20.1} - \Delta V_3 \quad (2.23)$$

此式中，

- V_s = 平均安全速率(公里/小時)，
- V_q = 從式 2.21 及式 2.22 估計之平衡速率(公里/小時)，
- R = 平曲線之曲率半徑(公尺)，
- ΔV_3 = 安全速率調整值(公里/小時)。

式 2.23 中之調整值 ΔV_3 牽涉到兩種情形。第一，下坡坡度超過 3% 時，駕駛員可能比較小心，因此 HTSS 模式將大車之安全速率調低 15 公里/小時，小車及機車之安全速率則調低 6 公里/小時；第二，如駕駛員面臨顯著增加之曲率，HTSS 模式假設駕駛員會更加小心，因此將安全速率進一步調低，但 ΔV_3 之調整值限於 15 公里/小時。

個別車輛欲維持之安全速率也有變異性。2016HTSS 模式讓個別安全速率在平均值之 80% 到 120% 之範圍內隨機變化。

2.2.3.2.3 坡度影響之加速率

車輛的加速特性受到從引擎傳送到輪胎之牽引力(tractive effort)及外來阻力等因素的影響。主要的外來阻力包括氣流阻力(aerodynamic resistance)、滾動阻力(rolling resistance)、坡度阻力(grade resistance)及平曲線阻力(curve resistance)。根據車重、可用之牽引力及外來阻力，車輛之瞬間加速率可估計如下：

$$a = \frac{F - R_a - R_r - R_g - R_c}{M} \quad (2.24)$$

此式中，

- a = 瞬間加速率（公尺/秒²），
- F = 可用之牽引力(N)，
- R_a = 氣流阻力(N)，
- R_r = 滾動阻力(N)；
- R_g = 坡度阻力(N)；
- R_c = 平曲線阻力（N），
- M = 車重(公斤)。

可用之牽引力 F 隨駕駛員欲採用之馬力、車重之車軸分布、引擎性能、車速及輪胎與路面之摩擦係數而變。此牽引力可用下式來估計：

$$F = \frac{3600P\beta}{V} \leq 9.8MP_t\mu \quad (2.25)$$

此式中，

- F = 可用之牽引力(N)，
- P = 從引擎輸出之馬力(KW)，
- β = 牽引力之傳輸效率，
- V = 車速(公里/小時)，
- M = 車重(公斤)。
- P_t = 車重分布在傳動軸之比例，
- μ = 輪胎與路面之摩擦係數。

式 2.25 中之馬力 P 代表駕駛員在車流中採用之馬力，而非引擎所能輸出的最大馬力，例如一小車在平直路段以 90 公里/小時的速率行進時只需大約 12KW 之馬力，但是多數小車的最高馬力超過 120KW。

車輪從怠速狀況加速達到一欲維持的高速率時，引擎的轉速快速增高，馬力也隨著增高。引擎轉速超過某一限度時，馬力開始下降。在正常行車狀況下，駕駛員採用之最高馬力並非固定值。通常速率大致穩定時，馬力在一穩定平均值左右波動。HTSS 模式將式 2.25 中馬力 P 之最高值設定為固定值，從怠速狀況加速後之馬力變化則根據圖 2-12 所

示的關係來模擬。此圖顯示怠速狀況下之馬力只有最高馬力之 40%~50%，但車速達到 12~17 公里/小時之後的馬力等於最高馬力。

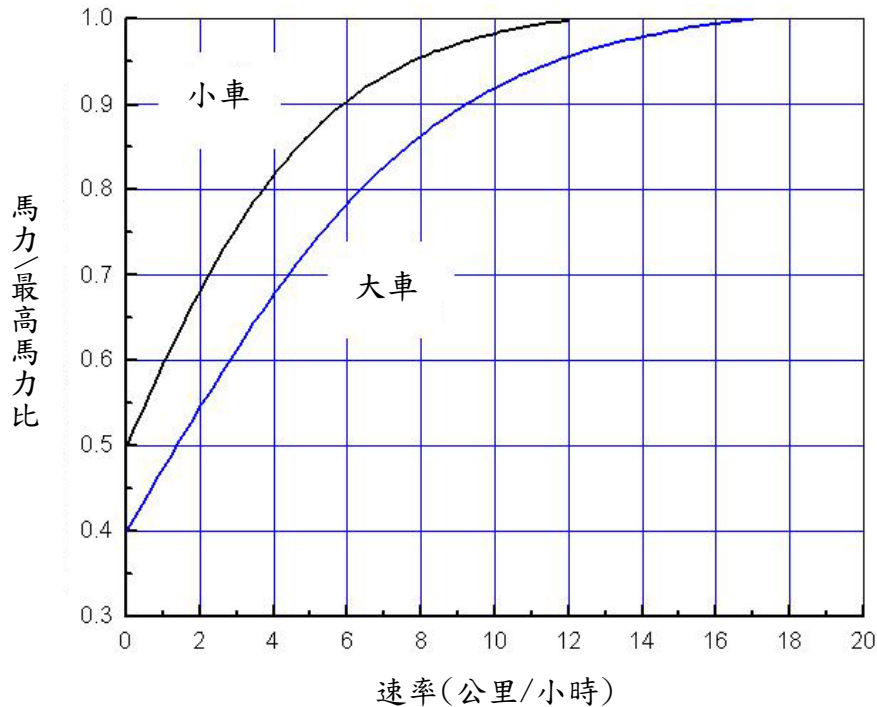


圖 2-12 馬力/最高馬力比與速率之模擬關係

氣流阻力 R_a 受空氣密度、車輛形狀及車速的影響。此阻力可估計如下：

$$R_a = \frac{\rho C_d A V^2}{2} \quad (2.26)$$

此式中，

- R_a = 氣流阻力(N)，
- ρ = 空氣密度(公斤/公尺³)，
- C_d = 後拉係數(drag coefficient)，
- A = 車輛正面面積 (公尺²)，
- V = 車速 (公尺/秒)。

空氣密度受高程、氣溫及濕度的影響，在氣溫為 15°C 之水平面，空氣密度為 1.2256 公斤/公尺³。高程達到 3000 公尺時之空氣密度大約是 0.86 公斤/公尺³。根據這大約的現象，2016HTSS 模式用下式估計空氣密度：

$$\rho = 1.2256(1 - 1.2 \times 10^{-4} H) \quad (2.27)$$

此式中，

H = 高程（公尺）。

式 2.24 中之滾動阻力 R_r 可用不同的方法來估計。HTSS 模式採用下列 *Motor Truck Engineering Handbook* [30] 的估計公式：

$$R_r = 9.8C_r(C_2V + C_3)\frac{M}{1000} \quad (2.28)$$

此式中，

R_r = 滾動阻力(N)，

C_r = 滾動係數，

C_2, C_3 = 與輪胎設計有關之阻力係數，

V = 車速（公里/小時），

M = 車重(公斤)

滾動係數 C_r 隨鋪面材料及路面狀況而變，其值在 1.0~2.25 的範圍內。係數 C_2 及 C_3 與輪胎之設計有關。HTSS 模式所設定的各項係數值為 $C_r=1.25$ ， $C_2=0.0328$ 及 $C_3=4.575$ 。

坡度阻力 R_g 是因地心引力所造成，其值受車重及路面與水平面的角度而變。因為此角度通常不大，所以坡度阻力可用下式來估計：

$$R_g = 9.81\frac{MG}{100} \quad (2.29)$$

此式中，

R_g = 坡度阻力(N)，

M = 車重(公斤)，

G = 坡度(%)。

式 2.24 中之平曲線阻力 R_c 是因車輛在平曲線上行進時之瞬間車身及輪胎方向有偏差所造成。此一阻力之值難以準確估計。因為平曲線對速率之影響已考慮在安全速率之估計值，所以 2016HTSS 模式將式 2.24 之 R_c 設定為零。

應用式 2.24 以模擬車流時所面臨的主要難題是車輛實際使用之馬力及車重皆為未知數，但車重與馬力之比值為影響加速行為之主要因素。解決這難題的一方法是利用車輛在坡度路段上自由速率隨地點而變化之觀察值來找出最適用之車重及馬力組合。本報告第三章對這一工作有進一步的說明。

應用式 2.24 另一困擾是用固定的馬力所估計之下坡加速率可能遠大於實際的加速率。因此模擬車速會比現場值在較短的下坡距離內就達到最高欲維持的速率。這現象是因下坡時駕駛員有減少採用之馬力或甚至剎車以保安全所造成。解決這種模擬誤差的方法是將式 2.25 中馬力 P 之值根據下坡坡度及坡長調降。但目前缺乏資料來訂定可靠的調降值。

為了減少估計誤差，2016HTSS 模式根據瞬間速率與下坡時欲維持之最高速率的差距調整從式 2.24 所估計之加速率。瞬間速率等於最高速率時，加速率等於零。瞬間速率比最高速率約低 25 公里/小時之情況下，不調整式 2.24 之加速率估計值。在其他狀況下，式 2.24 之估計值調降約 45%~100%。

2.2.3.2.4 交通控制及轉彎所影響的加速率

駕駛員面臨交通控制(如停、讓或號誌控制)或須轉彎時須依照當時之狀況調整速率。2016HTSS 模式用下列簡單公式估計宜採用之加速率：

$$a = \frac{V_d^2 - V^2}{2S} \quad (2.30)$$

此式中，

a = 加速率，

V_d = 停車速率($V_d=0$)、新速限或轉彎速度，

V = 瞬間速率，

S = 車輛與下游車速等於 V_d 之地點的距離。

從式 2.30 所得之加速率可能是正值(可加速)或負值(宜減速)。如果式 2.30 之加速率為負值，但其值(如-0.5 公尺/秒²)大於駕駛員欲採用之舒適減速率(-1.8 ~ -3.0 公尺/秒²)，則駕駛員暫時不須減速。在這情形下，HTSS 模式將加速率之估計值設定為零。

2.2.3.2.5 車輛互相影響之加速率

2016HTSS 模式考慮兩種車輛互相影響所產生的加速率。第一種是下游有車輛欲變換車道進入同一車道時的反應。第二種是同一車道跟車之加速率。模擬第一種所用的邏輯很單純。根據駕駛員之冒險性，HTSS 模式用一冒險性門檻值決定駕駛員須在必要時減速以讓下游變換車道的車輛有足夠的空間。

跟車加速率的模擬決定模擬結果是否能合理的代表常見的流率與平均速率的關係，2015HTSS 模式所用的邏輯相當複雜[11, 12, 13]。此邏輯根據下列之模擬行為：

1. 一車跟隨在另一車之後時，後車在一單位模擬時間開始之瞬時 t 會認為前車在 t 與 $t + \Delta t$ 之間會繼續以在瞬時 t 時之速率及加速率行進，但在 $t + \Delta t$ 時，後車駕駛員認為前車可能會以 a_1 之減速率減速停車。
2. 前車減速之後，後車駕駛員在一緩衝時間 T 之後才需隨著以一減速率 a_2 減速。但在緩衝時間內之加速率或減速率與在 $t + \Delta t$ 之間的加減速率相同。
3. 兩車皆停下之後，前車車尾與後車車頭須保持一安全距離 d_2 。

上述的跟車行為可用下式來代表：

$$\begin{aligned}
& X_2 + V_2 \Delta t + \frac{1}{2} a_2 \Delta t^2 + (V_2 + a_2 \Delta t)T + \frac{1}{2} a_2 T^2 - \frac{[V_2 + (\Delta t + T)a_2]^2}{2d_2} \\
& \leq X_1 - D - L + V_1 \Delta t + \frac{1}{2} a_1 \Delta t^2 - \frac{(v_1 + a_1 \Delta t)^2}{2d_1}
\end{aligned} \tag{2.31}$$

此式中，

X_1, X_2 = 在瞬間 t 時，前車及後車車頭與一參考點之個別距離 ($X_1 > X_2$)；

V_1, V_2 = 在瞬間 t 時，前車及後車之個別速率；

Δt = 模擬單位之長度（如 1 秒）；

a_2 = 後車在 t 及 $t + \Delta t$ 之間之加速或減速率；

T = 後車駕駛員欲擁有之緩衝時間；

d_2 = 後車駕駛員欲採用之舒適減速率（負值）；

D = 前後車停下之後前車車尾與後車車尾的距離；

L = 前車之車長；

a_1 = 前車在瞬間 t 時之加減速率；

d_1 = 後車駕駛員認為前車在 $t + \Delta t$ 瞬間的可能減速率（負值）。

如將式 2.31 中之參數整合如下：

$$C = X_2 + V_2 \Delta t + TV_2$$

$$B = X_1 - D - L + V_1 \Delta t + 0.5a_1(\Delta t)^2 - \frac{(v_1 + a_1 \Delta t)^2}{2d_1}$$

$$Q = 2V_2(\Delta t + T) - d_2(\Delta t + T)^2$$

$$F = Q^2 - 4(\Delta t + T)^2(V_2^2 - 2d_2C + 2d_2B)$$

則跟車時最高可採用的加速率 A_m (公尺/秒²) 為：

$$1. \text{ 如 } F < 0, A_m = \frac{(V_1 - V_2)}{\Delta t} \geq -4.3 \tag{2.32a}$$

$$2. \text{ 如 } F = 0, A_m = \frac{-Q}{2(\Delta t + T)^2} \tag{2.32b}$$

$$3. \text{ 如 } F > 0, A_m = \frac{-Q + \sqrt{F}}{2(\Delta t + T)^2} \tag{2.32c}$$

為了避免兩車相撞，2016HTSS 模式將 2015HTSS 之邏輯簡化。簡化的邏輯假設在 t 與 $t + \Delta T$ 單位模擬時間開始之瞬間，前車突然減速停車，後車駕駛員在一反應時間內繼續加速，然後也隨著減速，兩車皆停下之後須保持一安全距離，這模擬行為可用下式來代表：

$$X_2 + V_2 T_e + \frac{1}{2} a_e T_e^2 - \frac{(V_2 + a_e T_e)^2}{2d_e} < X_1 - L - D - \frac{V_1^2}{2d_e} \quad (2.33)$$

此式中， X_1 、 V_2 、 X_2 、 L 、 D 及 V_1 的定義與式 2.31 中的定義相同。此外，

T_e = 後車駕駛員之反應時間，

a_e = 後車駕駛員在反應時間內之加速率，

d_e = 前車突然減速時之減速率（負值）。

如果駕駛員用 $a_e = -3$ 公尺/秒² 之減速率仍不能滿足式 2.33 之條件，則駕駛員須採用一可容忍的最大減速率。此減速率設定為 -4.3 公尺/秒²。

如果滿足式 2.33 之 a_e 大於 -3 公尺/秒²，則駕駛員為了避免撞車能採用之最大加速率可估計如下：

$$(a_e)_{\max} = \frac{-B_5 + \sqrt{B_5^2 - 4B_6}}{2T_2} \quad (2.34)$$

此式中，

$(a_e)_{\max}$ = 避免撞車之最高可用加速率；

$B_5 = 2V_2 T_e - d_e T_e^2$ ；

$B_6 = V_2^2 - V_1^2 + 2d_e (X_1 - L - D - X_2 - V_2 T_e)$ 。

從式 2.32 所訂定之跟車加速率不能大於式 2.33 之加速率。

應用式 2.31 之前必須訂定緩衝時間的性質。緩衝時間隨不同類型公路之車流特性、速率及駕駛行為的變異性而變化。微調緩衝時間的工作相當困難。因此 2016HTSS 模式採用一與式 2.31 不同之跟車邏輯。為方便說明模式之微調，此修正過之邏輯延到下一章才說明。

第三章 HTSS 模式之微調

3.1 微調工作之重點

微調模擬模式的目的是在於讓模擬的車流行為或交通運作績效能合理的代表觀察到或預期的特性。HTSS 模式有許多須微調的參數及函數。其中有些參數及函數可設定為固定值或代表性機率分布來代表常見的車流狀況(如車長、自由速率及平直路段上之加速率等)。但有些車流狀況可能隨公路類型及所在地區顯著變化。在這種情況下，模式使用者須能用輸入檔設定參數值以改變模擬之車流行為及其他狀況。

本所最近的研究工作[11, 12, 13]已用常見的車流特性微調 2015HTSS 模式，也曾初步微調該模式之超車邏輯、跟車邏輯及代表性車重及馬力。2016HTSS 模式雖沿用 2015HTSS 模式之基本邏輯，但本計畫已將原來的邏輯加以修改(如可超車之條件及跟車邏輯等)，而且 2015HTSS 模式所設定的代表性車重及馬力並非根據充分的速率樣本所訂定(見 2.1 節之說明)。因此在應用 2016HTSS 模式分析郊區雙車道公路之前，本計畫進一步微調跟車邏輯、超車邏輯，並探討適用的代表性車重及馬力。

3.2 跟車邏輯

假設在瞬間 t 時有兩車在同一車道上，如圖 3-1 所示。此圖中，

V_1, V_2 = 前、後車之個別速率，

X_1, X_2 = 前、後車車頭與參考線之距離($X_1 > X_2$)，

L_1 = 前車車長，

D_{min} = 前、後車皆停住時，後車車頭與前車車尾之距離，

S = 緩衝距離。

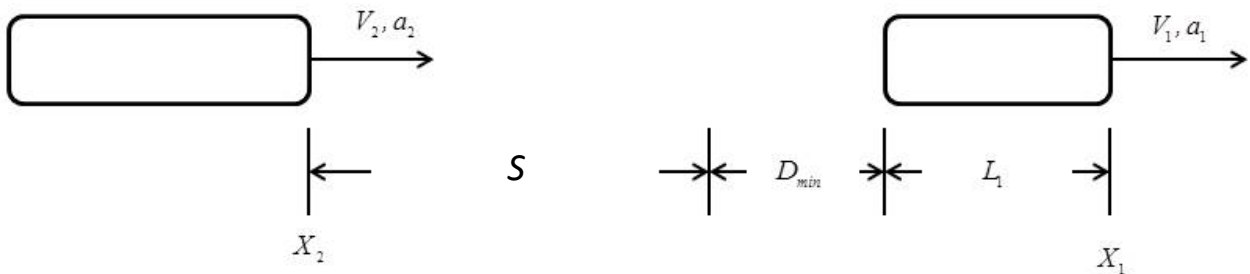


圖 3-1 跟車狀況示意圖

當後車車速大於或等於前車車速時($V_2 \geq V_1$)，2016HTSS 模式假設後車如維持原來的

速度(V_2)行進 1 秒，則在 1 秒後駕駛員所需的緩衝距離可估計如下：

$$S_R = \beta_1 f(V = V_1 + a_1) - \frac{(V_2 - V_1 - a_1)^2}{2d_2} \quad (3.1)$$

此示中，

$$\begin{aligned} S_R &= \text{需要維持之緩衝距離，} \\ \beta_1 &= \text{個別駕駛員之距離調整因素(平均值之 85\%~115\%)，} \\ f(V = V_1 + a_1) &= \text{前車車速 } V \text{ 在 1 秒鐘後等於 } V_1 + a_1 \text{ 時之平均應維持之緩衝距離，} \\ a_1 &= \text{前車之加速率(正或負值)，} \\ d_2 &= \text{後車駕駛員須減速時欲採用之減速率(負值)。} \end{aligned}$$

如後車速率不變，則 1 秒鐘後之實際緩衝距離 S_a 等於：

$$S_a = X_1 + V_1 + 0.5a_1 - L_1 - D_{\min} - X_2 - V_2 \quad (3.2)$$

後車駕駛員所需的緩衝距離 S_R 與實際的緩衝距離相差在 1 公尺之內時，2016HTSS 模式認為後車在瞬間 t 時沒有必要調整速率。否則駕駛員會加速或減速以在 1 秒鐘之後將 S_R 及 S_a 之差距消除。此條件可用下式來代表：

$$a_2^2 + [2(V_2 - V_1 - a_1) - d_2]a_2 - 2(S_a - S_R)d_2 = 0 \quad (3.3)$$

此式中，

a_2 = 瞬間 t 時後車駕駛員應採用之加速率(正值表示加速，負值為減速)。

從式 3.3 訂定之 a_2 有時會造成在一秒鐘之後，後車速率比前車低得多。在實際車流中，後車駕駛員通常只須讓車速稍低於前車，就可將緩衝距離在短時間內調整到欲維持之距離。因此 2016HTSS 模式不讓 a_2 造成後車車速比前車低 3.3 公里/小時。

另一方面，如果在瞬間 t 時，後車車速比前車慢($V_2 < V_1$)，則在該瞬間須保持之最短緩衝距離 S_R 為：

$$S_R = \beta_1 f(V = V_2) \quad (3.4)$$

此式中，

$f(V = V_2)$ = 兩車車速 V 皆等於 V_2 時，後車所需之平均最短緩衝距離。

在同一瞬間的實際緩衝距離 S_a 為：

$$S_a = X_1 - L_1 - D_{\min} - X_2 \quad (3.5)$$

式 3.4 之 S_R 如果等於式 3.5 之 S_a 則後車沒有必要調整速率。如果 S_R 大於 S_a ，則在瞬間 t 時之緩衝距離不夠。在這情況下，2016HTSS 模式假設後車駕駛員希望在 T_a 秒後消除不足的緩衝距離，其相關之加速率(負值)可估計如下：

$$a_2 = \frac{2(S - S_R)}{T_a^2} \quad (3.6)$$

式 3.4 之 S_R 也可能小於 S_a (如停等車隊疏解時之現象)。為了消除兩者之差異，後車駕駛員須加速。2016HTSS 模式假設後車駕駛員欲在 T_b 秒內行進等於 S_a 之距離來跟進。因此後車所需的加速率可估計為

$$a_2 = \frac{2(S - V_2 T_b)}{T_b^2} \quad (3.7)$$

式 3.7 所代表之一特殊車流行為是停等車隊之疏解，當前後車皆停下時實際及所需的緩衝距離相等(皆為零)。前車開始加速之後，實際緩衝距離 S_a 開始比所需之距離 S_R 長，因此後車也跟著加速，並希望能在 T_b 秒內行進緩衝距離以與前車保持適當之車距。因為前車及後車速率皆持續變化，而適當的車距隨速率而變，因此式 3.7 之跟進時間 T_b 是速率的函數。

一般而言，幾何設計標準較高的公路(如高速公路)可讓駕駛員在同樣的緩衝距離時維持較高的速率。換言之，式 3.1 及 3.4 中平均的緩衝距離與速率的關係隨公路類型及幾何設計標準而變。這些關係的性質可從現場觀察到的流率與平均速率的關係來探討。

本報告第二章圖 2-1 顯示平直郊區雙車道公路上，當平均自由速率大約各為 50 及 70 公里/小時的平均速率隨流率的變化。此圖亦顯示這些流率與速率關係所呈現的單向容量大約為 1,500 小車/小時。

臺灣郊區雙車道公路上有許多路段之曲率半徑非常短(<20 公尺)。這些路段的平均自由速率預期會低於 50 公里/小時。但是幾何設計較佳之郊區雙車道公路也可有高於 70 公里/小時之平均自由速率。平均自由速率越高的公路通常會有較高的容量。但即使在國外，平均自由速率超過 90 公里/小時之郊區雙車道公路也難以承載超過 1,600 小車/小時之單向流率。

根據上述之車流特性，並為了讓 2016HTSS 模式能應用在廣泛的狀況，本計畫將在不同平均自由速率時可能的流率與平均速率的關係訂為如圖 3-2 所示。

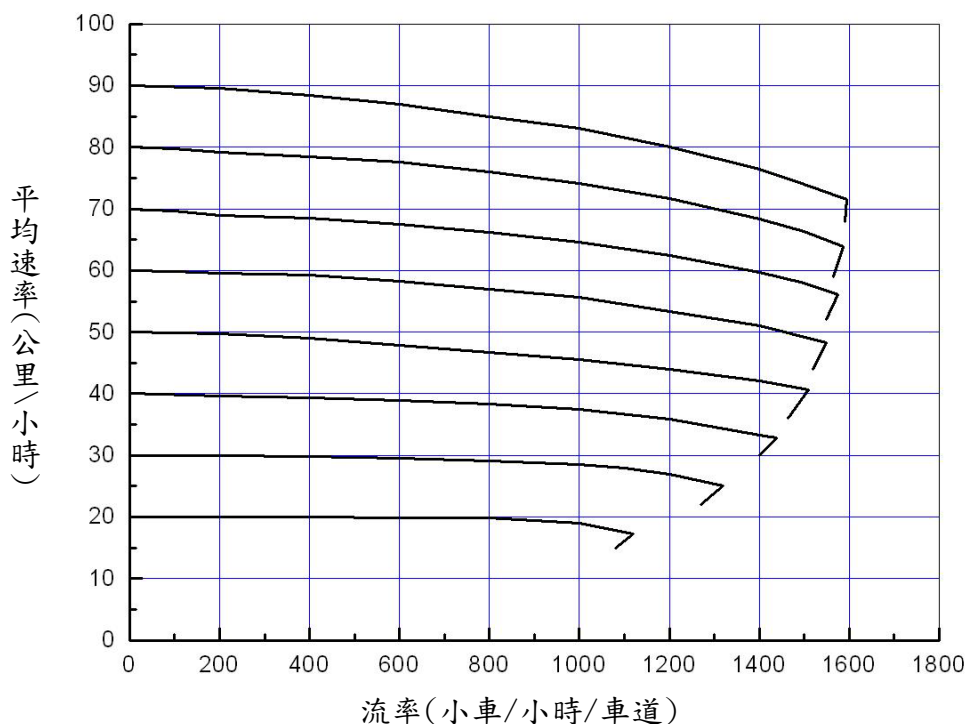


圖 3-2 郊區雙車道公路可能之流率與速率關係

此圖中各關係之相關容量及臨界速率(流率等於容量時之平均速率)如圖 3-3 及 圖 3-4 所示。如平均自由速率已知，這些容量及臨界速率可估計如下：

$$Q_{\max} = -4,424 + \frac{6,029.8}{1 + e^{\frac{V_f + 23.483}{17,851}}} \quad (3.8)$$

$$V_c = 1.774 + 0.776V_f \quad (3.9)$$

此兩式中，

$Q_{\max}$ = 容量(小車/小時/車道)，

V_f = 平均自由速率(公里/小時)，

V_c = 臨界速率(公里/小時)。

如果流率及相關的平均速率已知，則平均緩衝距離可估計如下：

$$S_{QV} = \frac{1000}{Q/V} - L - D_m \quad (3.10)$$

此式中，

S_{QV} = 流率與平均速率關係所顯示之平均緩衝距離(公尺)，

L = 平均車長(公尺)，

D_m = 車流停止前進時，前車車尾與後車車頭之平均距離(公尺)。

流率 Q 等於容量 Q_{max} 時，從式 3.10 所得之平均距離為最短平均緩衝距離，此距離可稱為臨界緩衝距離 S_c (公尺)。如果將平均速率 V 轉換成 V/V_c 比，式 3.10 之緩衝距離 S_{QV} 也轉換成 S_{QV}/S_c 比，則從圖 3-5 可知，即使平均自由速率不同， V/V_c 與 S_{QV}/S_c 之關係沒有顯著變化。

因此圖 3-2 之流率與速率關係所呈現的平均緩衝距離可估計如下：

1. 如 $V/V_c \geq 1$ ，則

$$S_{QV} = S_c [-1.52 - 0.68807 \ell_n (\frac{8.4027}{V/V_c + 7.1924} - 1)] \quad (3.11a)$$

2. 如 $0.923 \leq V/V_c < 1$ ，則

$$S_{QV} = S_c (0.0909 + 0.9091 V/V_c) \quad (3.11b)$$

3. 如 $V/V_c < 0.923$ ，則

$$S_{QV} = S_c (1.0076 V/V_c) \quad (3.11c)$$

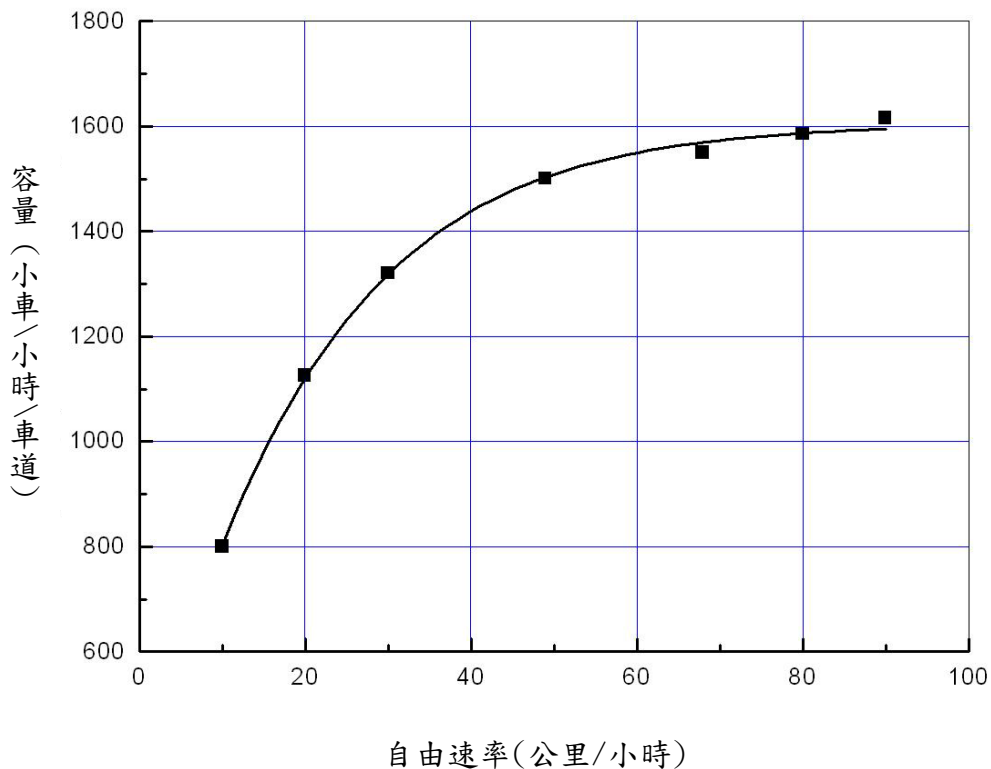


圖 3-3 容量與平均自由速率之關係

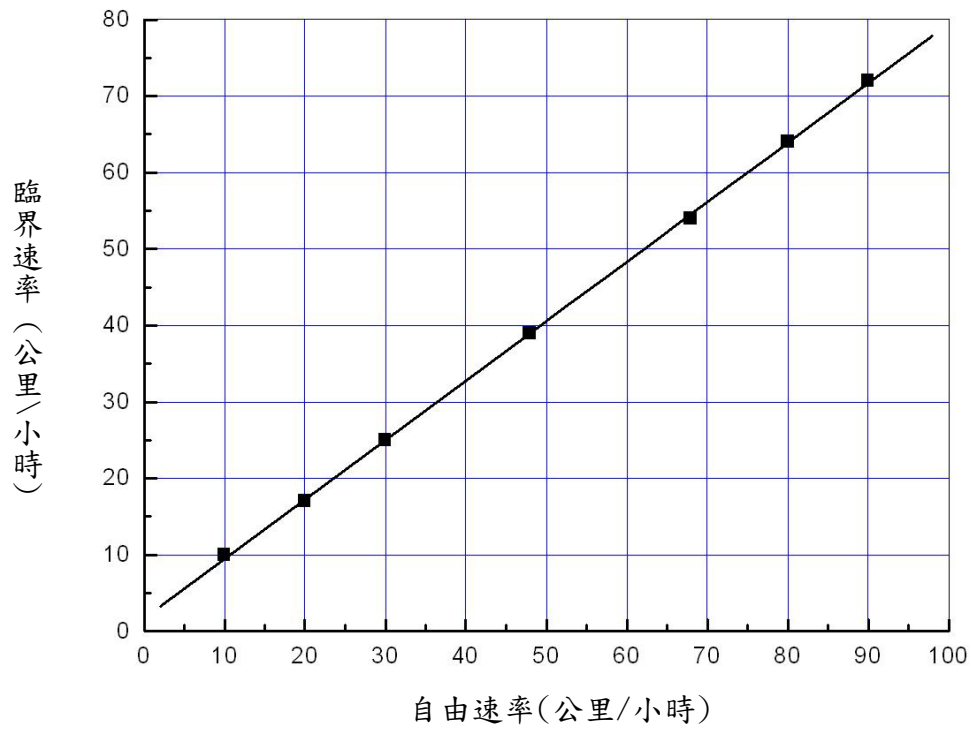


圖 3-4 臨界速率與平均自由速率之關係

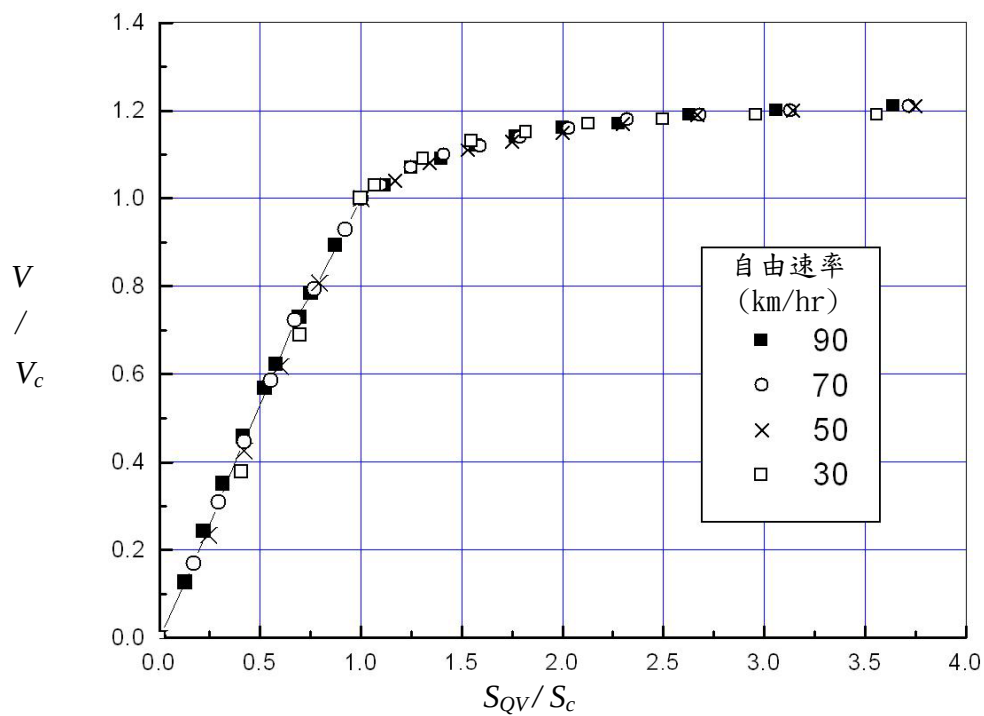


圖 3-5 正常化速率 V/V_c 與正常化平均緩衝距離 S_{QV}/S_c 之關係

如果用上述之平均緩衝距離 S_{QV} 替代式 3.1 或式 3.4 之平均緩衝距離函數 $f(v)$ ，則在一特定流率 Q 時，模擬所得的平均速率有低於圖 3-2 所示之平均速率的傾向，其差距大

約有 5 公里/小時。這現象是因為從圖 3-2 所導出之 S_{QV} 代表所有車輛以同一速率行進時的平均緩衝時間。但實際車流中，車輛有不同之速率，而且雙車道公路上有慢車阻擋快車之現象。 S_{QV} 必須縮短才能產生如圖 3-2 的流率與平均速率的關係。因此，2016HTSS 模式使用下列平均緩衝距離：

$$f(V) = \beta_2 S_{QV} \quad (3.12)$$

此式中，

$$\begin{aligned} f(V) &= \text{車速為 } V \text{ 時所需之平均緩衝距離，} \\ \beta_2 &= \text{隨 } V/V_c \text{ 比而變之調整因素，} \\ S_{QV} &= \text{從式 3.11a，3.11b，或 3.11c 所估計之緩衝距離。} \end{aligned}$$

目前 2016HTSS 模式用圖 3-6 之 β_2 模擬 $V/V_c \geq 1$ 時之緩衝距離。 $V/V_c < 1$ 但大於 0.95 時之 β_2 訂為 0.96。 V/V_c 大於 0.9 但小於或等於 0.95 時之 β_2 訂為 0.8。其他情況之 β_2 在 0.6 與 0.8 之間。

此外，2016HTSS 模式將式 3.6 之 T_a 設定為 4 秒，以讓駕駛員調整緩衝距離。式 3.7 中之跟進時間 T_b 則訂定如下：

$$T_b = T_0 + \Delta T_1 + \Delta T_2 \quad (3.13)$$

此式中，

$$\begin{aligned} T_0 &= \text{不隨車種而變之跟進時間(秒)，} \\ T_1 &= \text{隨車種而異之調整值(秒)，} \\ T_2 &= \text{控制模擬所得容量之調整值(秒)。} \end{aligned}$$

式 3.13 之 T_0 如圖 3-7 所示。目前模擬機車所用之 T_1 為 -0.2 秒，模擬大車之 T_1 為 0.29 秒。 T_2 可用來控制模擬所得之最高流率。例如欲模擬容量為 1,500 小車/小時之車道時，適用之 T_2 為 0.2 秒。欲模擬 1,575 小車/小時之容量時， T_2 須減短為 0.13 秒。

根據上述微調後之跟車邏輯所產生之流率與平均速率關係，如圖 3-8 所示。模擬的關係接近根據現場資料(圖 2-1)所建立的關係。

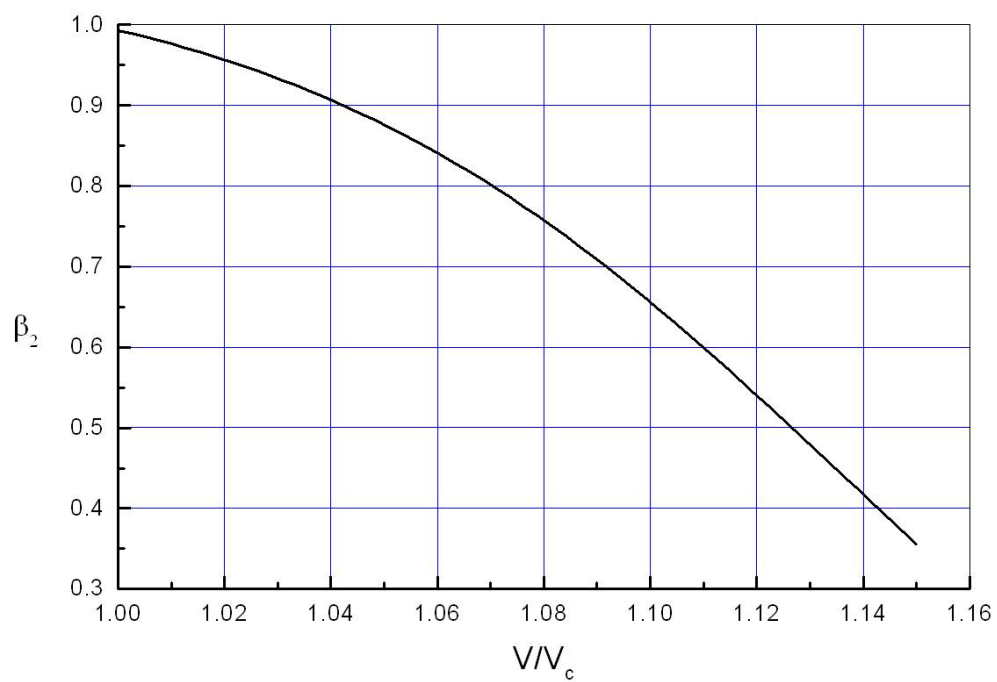


圖 3-6 緩衝距離調整因素與 V/V_c 比之關係

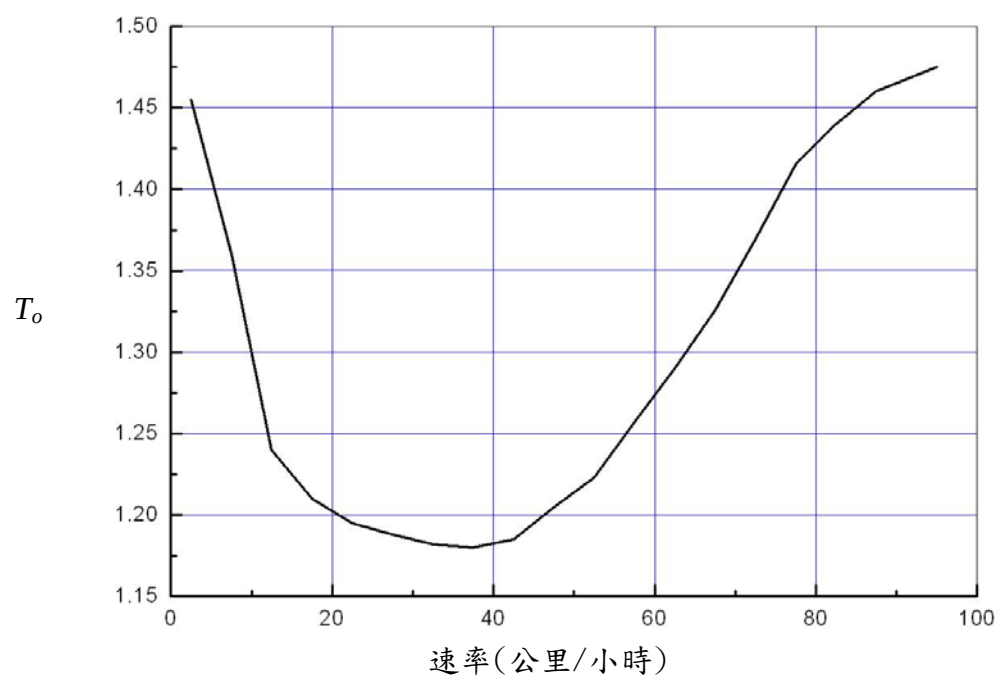


圖 3-7 跟進時間 T_o 與速率之關係

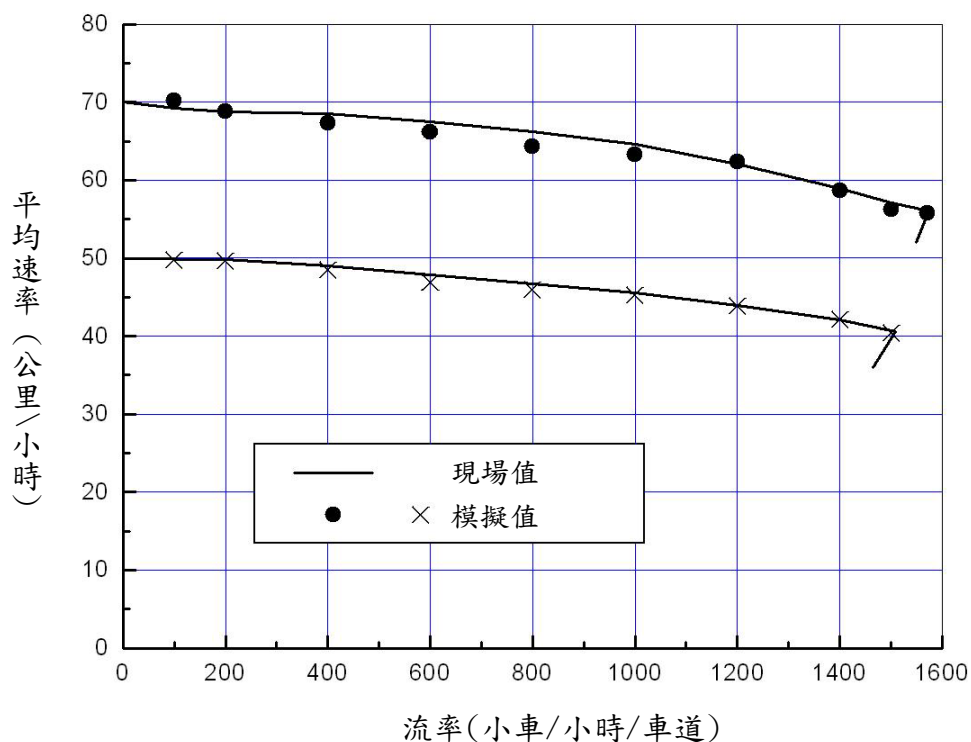


圖 3-8 模擬及現場流率與速率關係之比較

3.3 超車邏輯

目前沒有臺灣超車特性的資料可用來微調本報告第二章 2.2.3.1 節所述的超車邏輯。因此本計畫參考國外超車特性資料以測試邏輯，並讓模式使用者用輸入檔訂定下列參數來調整模擬結果：

1. 超車駕駛員最低應有之冒險性指數 R_{min} 。冒險性指數在 0 及 1 之間。冒險性指數需超過門檻值 R_{min} 才會考慮超車。
2. 被超越車輛之車頭與其前方車尾最少須保持之行車時間 T_2 。如 T_2 小於一設定值，則兩車之間的空間太小，不能提供超車機會。
3. 超車車輛超車時最高速率與被超越車輛之車速差距的平均值 ΔV 。
4. 超車車輛回到原車道時，其車尾與被超越車輛車頭之最小距離 S 。
5. 第二章式 2.13 安全緩衝距離之調整值 β_p 。 β_p 等於 1.0 時，安全緩衝距離等於 AASHTO 公路設計規範所用之距離。
6. 超車時之平均加速率 A_p 。
7. 可利用之超車區最小長度 D_{min} 。長度小於 D_{min} 之超車區不能用來超車。

2016HTSS 模式根據平均速率差距 ΔV 及平均加速率 A_p 訂定各別超車車輛的行為。個別車輛的行為設定在平均行為之 70%與 130%之間。因此模擬之個別速率差距及加速率如下：

$$\Delta V_c = \Delta V(0.7 + 0.6R) \quad (3.14)$$

$$A_i = A_p(0.7 + 0.6R) - 0.353G \quad (3.15)$$

此兩式中，

ΔV_c = 車輛 i 超車最高速率與被超越車輛速率之差距(公里/小時)，

ΔV = 平均之速率差距(公里/小時)，

R = 駕駛員冒險性指數(0~1)，

A_i = 車輛 i 超車時之加速率(公里/小時/秒)，

A_p = 超車車輛之平均加速率(公里/小時/秒)

G = 坡度(%)，上坡為正值。

根據荷蘭一研究[24]所觀察到的超車行為，超車所需之平均總時間為 7.8 秒。同一研究亦指出流率在 600 及 1000 輛/小時之間，而且對向車流為 450 輛/小時之情況下，超車之車輛佔總車輛之 9.5%。因為臺灣郊區雙車道公路的行車環境可能接近荷蘭的環境，所以本計畫用上述觀察到的現象微調 2016HTSS 模式。結果發現如果採用下列參數值，則模擬結果近似荷蘭的超車特性：

R_{min} = 0.63(冒險性門檻值)

T_2 = 5 秒(下游車輛之間之最小車距)

ΔV = 25 公里/小時(超車車速與被超越車速之差距)

S = 10 公尺(回原車道時與被超越車輛之最小距離)

B_p = 1.0(安全距離調整係數)

A_p = 4 公里/小時/秒(超車平均加速率)

D_{min} = 160 公尺(最短可用之超車區長度)

根據這些參數值並將流率及對向流率各訂為 800 輛/小時及 450 輛/小時，模擬的平均超車時間為 8.1 秒(標準差 0.4 秒，最低 7.5 秒，最高 11.5 秒)，超車率為 10.1%。超車率代表超車次數占通過超車區總車數之百分比。

目前 2016HTSS 模式用上述之參數值做為代表值。但模式使用者可用輸入檔更改參數值。例如將最低冒險性指數 R_{min} 從小增大時，超車率會降低，如圖 3-9 所示。

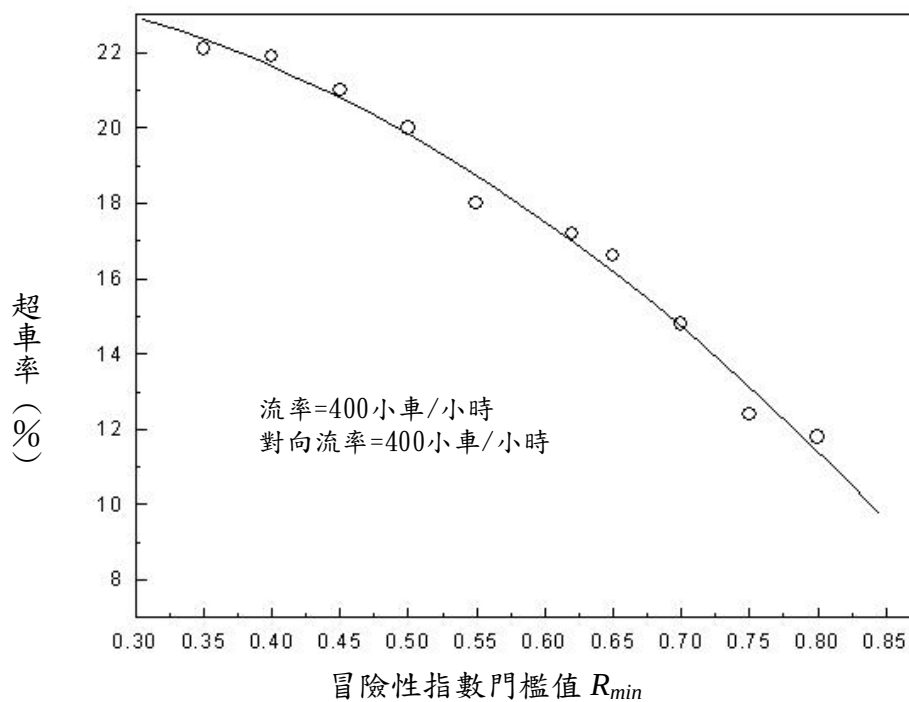


圖 3-9 超車率隨駕駛員冒險性門檻值 R_{min} 之變化

根據 2016HTSS 模式所設定的超車行為，圖 3-10 及圖 3-11 顯示超車率與單向流率、雙向流率及超車區長度的關係。從這兩圖可知模擬之超車率有下列特性：

1. 對向流率及超車區長度不變時，超車率隨單向流率的升高而減少。
2. 超車率隨超車區長度的增加而升高，但每增加 1 公里之效果降低。
3. 超車率隨雙向流率的升高而降低。

上述模擬結果所顯示之現象與預期的現象吻合。如果有現場資料可校對超車率，則 HTSS 模式使用者可用輸入檔更改前述 R_{min} 、 T_2 、 ΔV 、 S 、 B_P 、 A_P 及 D_{min} 之設定值，使模擬之超車率近似現場值。

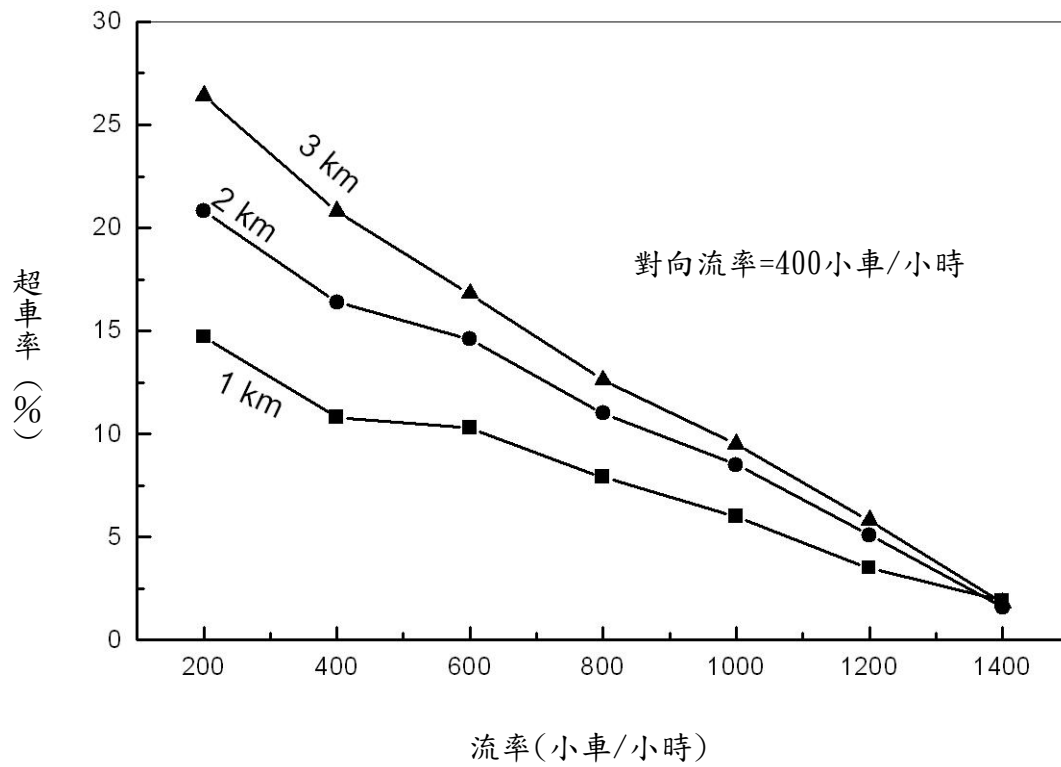


圖 3-10 超車率與單向流率及超車區長度之模擬關係

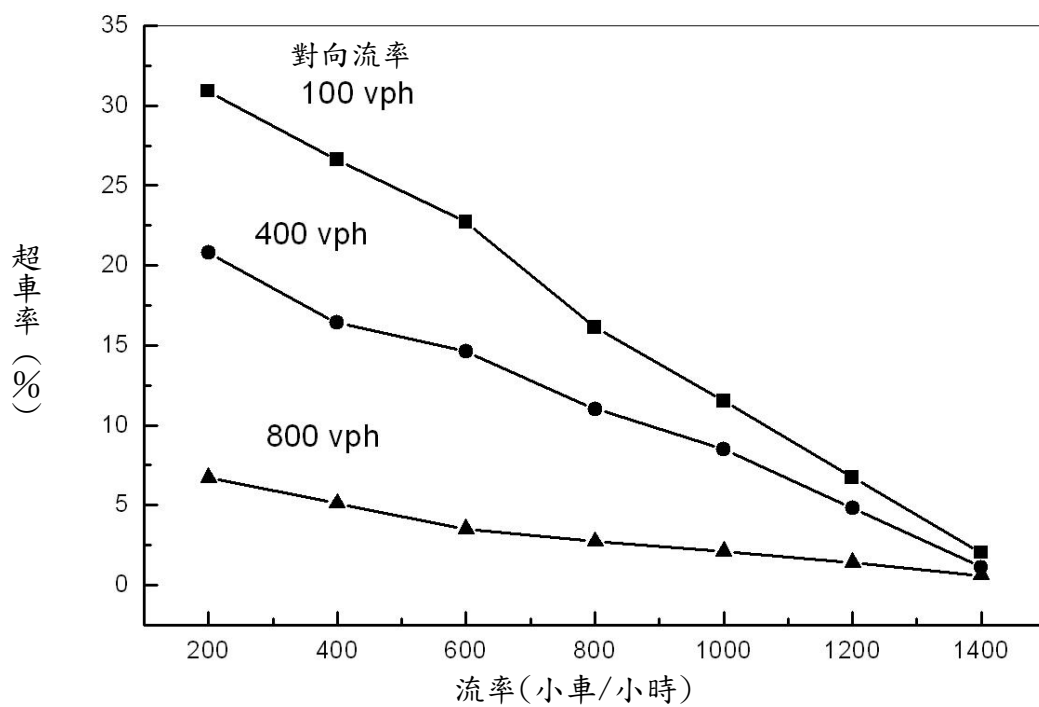


圖 3-11 超車率與單向流率及雙向流率之模擬關係

3.4 代表性車輛屬性

本計畫利用現場調查之自由速率及道路幾何狀況資料微調 2016HTSS 模式瞬間加速邏輯，並訂定適用於分析郊區雙車道公路的車重及馬力。現場資料的調查地點位於新北市林口區縣 108 線一長約 2.5 公里之雙車道路段。此路段之平面定線如圖 3-12 所示，速限為 40 公里/小時。圖 3-12 中從地點 D1 往 D9 方向為下坡。

除自由速率外，現場資料亦包括沿路段中心線，每隔數公尺或不到一公尺地點的高程及總共 69 個平曲線之位置跟曲率半徑。這些平曲線中，有 63 個之曲率半徑不到 3,000 公尺，此外，有 43 個平曲線之曲率半徑小於 150 公尺。最小的曲率半徑只有 9 公尺，位於圖 3-12 縣 108 線之北端。

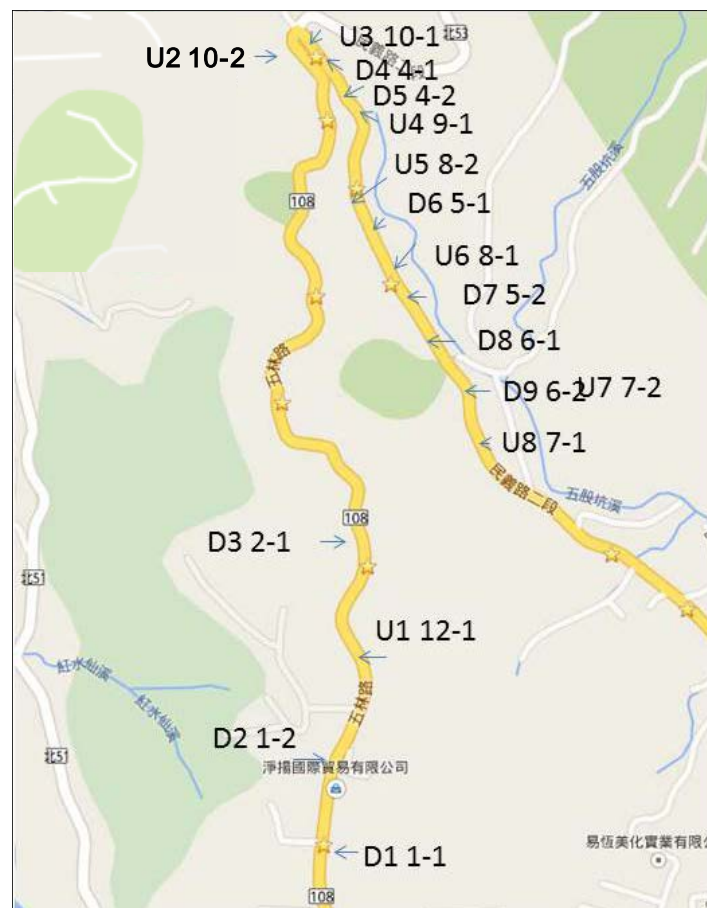


圖 3-12 縣 108 線調查路段

由於測點間距離大多分布在 1~4 公尺，且部分間距甚至小於 1 公尺，測點間距太短容易因高程測量精度、道路鋪面或其他原因造成坡度估算偶有變異過大或不合理之處。因此本計畫根據原始資料，沿中心線每隔大約 20 公尺估計平均坡度，結果如圖 4-13 所示。多數地點之坡度在 3% 及 8% 之間。

平曲線通常須有適當的超高率以提供舒適及安全的行車環境。縣 108 線的幾何設計不符合現代公路設計標準，而且因鋪面狀況不理想，超高率難以確定。原始資料顯示下坡方向之超高率在 3.1% 以下，上坡方向則在 4% 及 8% 之間。

自由速率的調查地點包括圖 3-12 中，下坡方向 D1、D2、...、D9 及上坡方向 U1、U2、...、U8。這些地點的幾何設計狀況如表 3-1 及 3-2 所示。

因為在現場難以直接用雷射測速槍調查，自由速率資料是用車輛通過 20 公尺長偵測站的影像估計而得。每偵測站上、下游端點各設一錄影機。所得的影像經人工判讀之後得到自由旅行車輛通過端點之時間及從上游端點行駛到下游端點之旅行時間及相關速率之估算值。人工判讀影像難免有誤差，但誤差的程度不能確定。

調查期間沒有全聯結車通過偵測站，小車、機車、大客車、大貨車及半聯結車在各調查地點的平均自由速率如表 3-3~3-7 所示。從表 3-5 及 3-7 可知大客車及半聯結車的樣本數仍偏低。一般而言，上坡的速率低於下坡速率。在總共 17 個調查地點中，13 個地點的機車速率比小車速率高，但差距多半不到 5 公里/小時，大車速率比小車或機車低得多。大貨車及半聯結車的速率很接近，大客車及大貨車在不同調查地點的平均速率差距沒有一致的型態。大客車的速率有時高得多，有時則顯著的低。

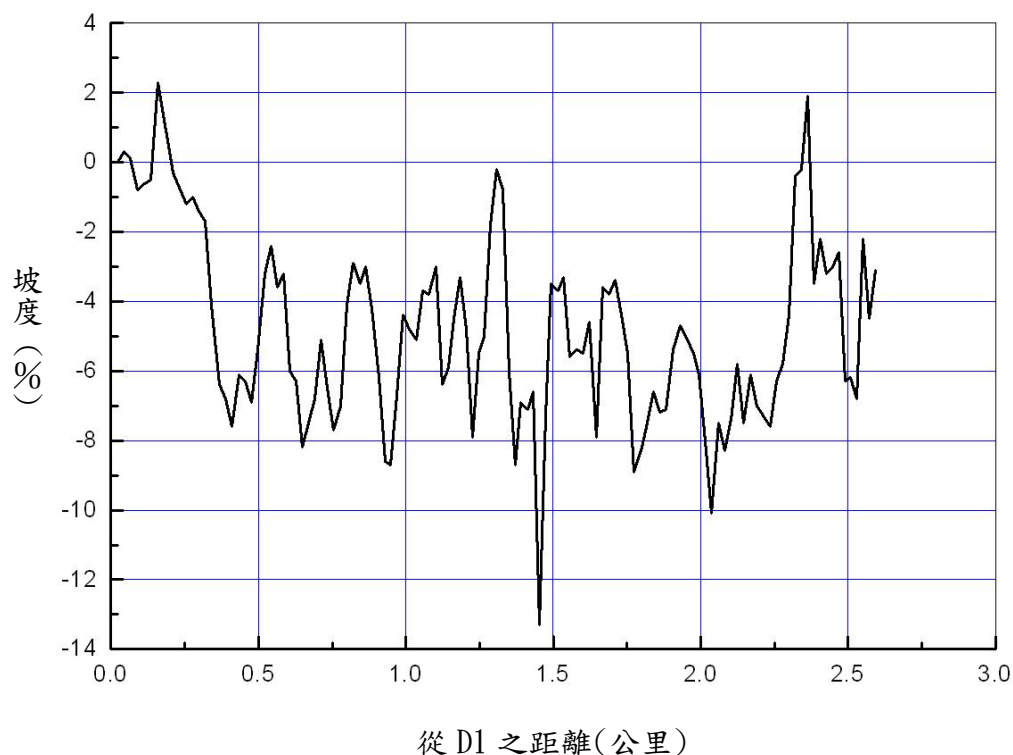


圖 3-13 縣 108 線調查路段之坡度

表 3-1 下坡調查地點狀況

地點代號	車道寬 (公尺)	路肩寬 (公尺)	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
D1	6.2	0.2	9,498	0.0
D2	5.5	0.2	108	-0.8
D3	3.8	1.9	29,582	-2.4
D4	3.8	1.6	299	-3.4
D5	3.7	0.4	59	-5.5
D6	3.8	1.5	1,717	-10.1
D7	3.5	0.4	85	-6.1
D8	3.6	0.5	7,915	-5.8
D9	4.0	0.6	56	1.9

表 3-2 上坡調查地點狀況

地點代號	車道寬 (公尺)	路肩寬 (公尺)	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
U1	5.4	0.2	84	2.5
U2	3.8	1.8	19	8.3
U3	3.8	3.7	2,485	4.3
U4	3.8	0.5	100	7.2
U5	3.8	1.5	68	6.1
U6	3.6	2.1	1,993	6.0
U7	3.8	0.8	56	1.3
U8	3.9	0.9	2,158	3.5

表 3-3 小車平均自由速率及相關資料

調查站	速率(公里/小時)		樣本數	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
	平均	標準差			
D1	52.5	13.1	71	9498	0.0
D2	53.2	10.0	80	108	-0.8
D3	55.4	12.1	80	29582	-2.4
D4	57.9	13.0	80	299	-3.4
D5	40.5	7.2	80	60	-5.5
D6	57.3	12.4	80	1717	-10.1
D7	52.1	10.9	79	85	-6.1
D8	58.3	13.1	80	7915	-5.8
D9	35.7	5.8	78	57	1.9
U1	49.2	5.7	80	84	2.5
U2	33.1	6.0	80	19	8.5
U3	45.0	7.1	78	2485	4.3
U4	35.3	6.0	80	100	7.2
U5	48.8	12.0	78	68	6.1
U6	59.5	13.3	80	1993	6.0
U7	42.4	7.0	80	57	1.3
U8	42.0	6.1	79	2158	3.5

表 3-4 機車平均自由速率及相關資料

調查站	速率(公里/小時)		樣本數	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
	平均	標準差			
D1	47.1	11.6	49	9498	0.0
D2	58.8	8.9	46	108	-0.8
D3	56.5	12.5	49	29582	-2.4
D4	58.5	13.9	50	299	-3.4
D5	48.1	9.7	50	60	-5.5
D6	57.0	12.7	50	1717	-10.1
D7	54.9	10.5	49	85	-6.1
D8	62.5	15.2	50	7915	-5.8
D9	41.0	8.4	50	57	1.9
U1	51.5	7.3	50	84	2.5
U2	37.0	6.0	50	19	8.5
U3	49.2	8.6	49	2485	4.3
U4	38.3	8.2	50	100	7.2
U5	50.2	12.7	47	68	6.1
U6	52.6	14.2	50	1993	6.0
U7	45.8	10.8	50	57	1.3
U8	41.4	6.9	50	2158	3.5

表 3-5 大客車平均自由速率及相關資料

調查站	速率(公里/小時)		樣本數	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
	平均	標準差			
D1	33.1	7.9	10	9498	0.0
D2	52.9	6.4	10	108	-0.8
D3	39.8	5.0	10	29582	-2.4
D4	40.0	12.1	10	299	-3.4
D5	31.8	6.6	10	60	-5.5
D6	44.3	11.3	10	1717	-10.1
D7	48.7	10.9	10	85	-6.1
D8	46.6	9.1	8	7915	-5.8
D9	32.1	5.2	10	57	1.9
U1	47.6	7.8	7	84	2.5
U2	32.3	4.0	8	19	8.5
U3	33.4	5.3	8	2485	4.3
U4	29.1	4.4	10	100	7.2
U5	43.9	9.0	10	68	6.1
U6	36.6	7.5	10	1993	6.0
U7	42.5	6.1	10	57	1.3
U8	37.2	3.5	10	2158	3.5

表 3-6 大貨車平均自由速率及相關資料

調查站	速率(公里/小時)		樣本數	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
	平均	標準差			
D1	36.4	9.3	20	9498	0.0
D2	44.1	7.6	20	108	-0.8
D3	41.1	11.0	18	29582	-2.4
D4	44.4	11.2	20	299	-3.4
D5	29.1	5.7	20	60	-5.5
D6	50.3	9.8	20	1717	-10.1
D7	53.7	14.0	20	85	-6.1
D8	50.1	11.0	20	7915	-5.8
D9	32.2	2.7	20	57	1.9
U1	43.8	5.9	20	84	2.5
U2	25.3	5.7	20	19	8.5
U3	38.5	6.1	19	2485	4.3
U4	25.8	4.7	20	100	7.2
U5	29.5	8.5	19	68	6.1
U6	46.3	11.7	20	1993	6.0
U7	35.9	4.9	20	57	1.3
U8	35.9	10.1	20	2158	3.5

表 3-7 半聯結車平均自由速率及相關資料

調查站	速率(公里/小時)		樣本數	曲率半徑 (公尺)	坡度 (%)
	平均	標準差			
D1	37.7	10.1	10	9498	0.0
D2	42.8	8.5	10	108	-0.8
D3	44.2	13.5	10	29582	-2.4
D4	45.3	9.4	10	299	-3.4
D5	26.3	7.1	9	60	-5.5
D6	56.3	10.5	10	1717	-10.1
D7	56.0	13.1	10	85	-6.1
D8	52.2	12.5	10	7915	-5.8
D9	33.5	4.6	10	57	1.9
U1	43.0	5.4	10	84	2.5
U2	25.0	5.8	10	19	8.5
U3	31.4	8.5	10	2485	4.3
U4	26.2	8.1	10	100	7.2
U5	27.9	12.3	8	68	6.1
U6	30.3	13.2	10	1993	6.0
U7	36.8	5.2	10	57	1.3
U8	29.4	6.3	9	2158	3.5

2016HTSS 模式根據車輛屬性(如車重、馬力等)，幾何設計(如曲率半徑及坡度)及人為因素來訂定瞬間加速率及相關速率。微調此模式所用之現場資料只要自由速率平曲線位置，曲率半徑及坡度有誤差，則微調工作容易被誤導，此外郊區雙車道公路上常有連串的平曲線在上下坡，這些平曲線的長度又可能只有幾十公尺。目前沒有足夠的現場資料了解駕駛員面臨下游在短距離內幾何設計狀況有顯著變化時之反應。

為了克服這困境，2016HTSS 模式根據常見的車流特性建立一基礎的駕駛員模擬行為，然後用上述現場資料調整模擬行為以期模擬之自由速率與現場速率相近。郊區雙車道公路車輛瞬間加速率之基礎模擬行為，已說明在本報告第二章 2.2.3.2 節。

目前 2016HTSS 模式模擬駕駛員面臨幾何狀況改變時之反應的方式可用圖 3-14 來說明。此圖假設在一瞬間時有一車輛在 P_1 及 P_2 兩點之間之平曲線或切線，其位置為 X_1 。 P_2 下游有 2 平曲線而且這兩平曲線離 X_1 不超過 7 秒鐘之行車距離。在這情況下，駕駛員所採用之速率不僅受到 P_1 及 P_2 之間安全速率的限制，也可能受到 P_2 與 P_3 及 P_3 與 P_4 之間安全速率的限制。2016HTSS 模式假設駕駛員會有下列的行為：

1. 駕駛員在距離 P_2 不到 2 秒時就不再受 P_1 及 P_2 之間安全速率之限制。換言之，如果 P_2 與 P_3 之間的曲率半徑較長，則駕駛員可開始加速。根據與現場資料比較之結果，這期間的加速率訂為 2.7 公里/秒²。
2. 駕駛員在 P_1 及 P_2 之間任何一點時會考慮下游 7 秒鐘行車距離內所有平曲線對速率的限制。原則上，如下游平曲線之曲率半徑較短，則必須能以每秒 5.5 公里/小時之舒適減速率，始能在進入下游平曲線 2 秒鐘後的速率降到在下游平曲線上欲採用之安全速率。

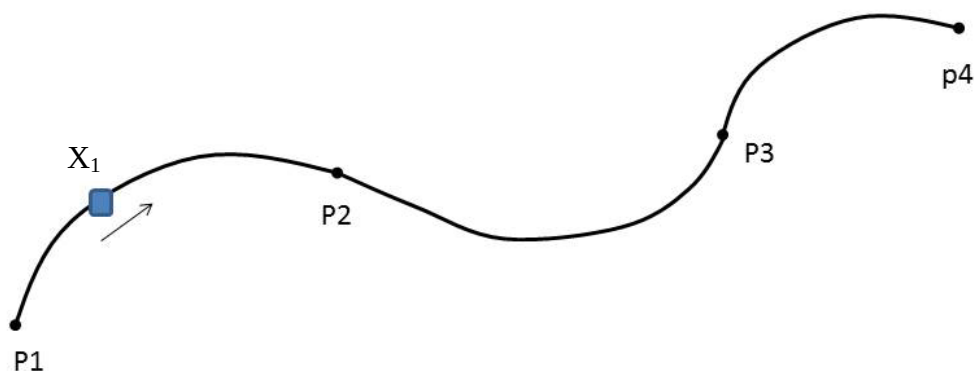


圖 3-14 下游幾何狀況示意圖

從上述的模擬行為可知，模擬結果是否合理會深受模擬的安全速率影響。但現場資料顯示同一幾何狀況對不同車輛可能有不同程度的影響。安全速率與幾何設計狀況的關係宜納入後續研究的一重要對象。

本計畫利用現場調查之自由速率資料，微調模擬邏輯之工作包括下列步驟：

1. 在資料檔中設定各模擬車種之代表性屬性如車重、馬力等。
2. 在資料檔中設定調查路段之高程及平曲線屬性(位置及曲率半徑)。
3. 模擬在自由旅行狀況下車輛從調查路段之一端行駛到另一端時速率的變化，並記錄車輛通過調查地點時的速率。

4. 比較現場及模擬速率，並更改車重、馬力或駕駛行為以期減少兩者之差異。

上述微調工作的結果可歸納如下：

1. 表 3-8 所示之車輛屬性可用來模擬郊區雙車道公路之車流。
2. 模擬自由速率隨地點的變化與現場自由速率的變化有相似的趨勢，如圖 3-15~3-24 所示。模擬的自由速率與現場速率之差距多數在 5 公里/小時以下。
3. 模擬安全速率與幾何狀況關係之邏輯有改良的空間及必要，但這工作需要更多的現場資料。

表 3-8 郊區雙車道公路代表性車輛之屬性

車種	車重(kg)	馬力(kW)	車重/馬力 比(kg/kW)	正向面積 (m ²)	後拉係數	動力傳輸 效率
機車	180	5.5	32.8	0.8	1.8	0.9
小車	2,000	40	50.0	2.0	0.3	0.9
大客車	15,000	180	83.3	7.0	0.7	0.85
大貨車	10,000	135	74.0	10.7	0.7	0.85
半聯結車	20,000	190	105.2	10.7	0.7	0.85

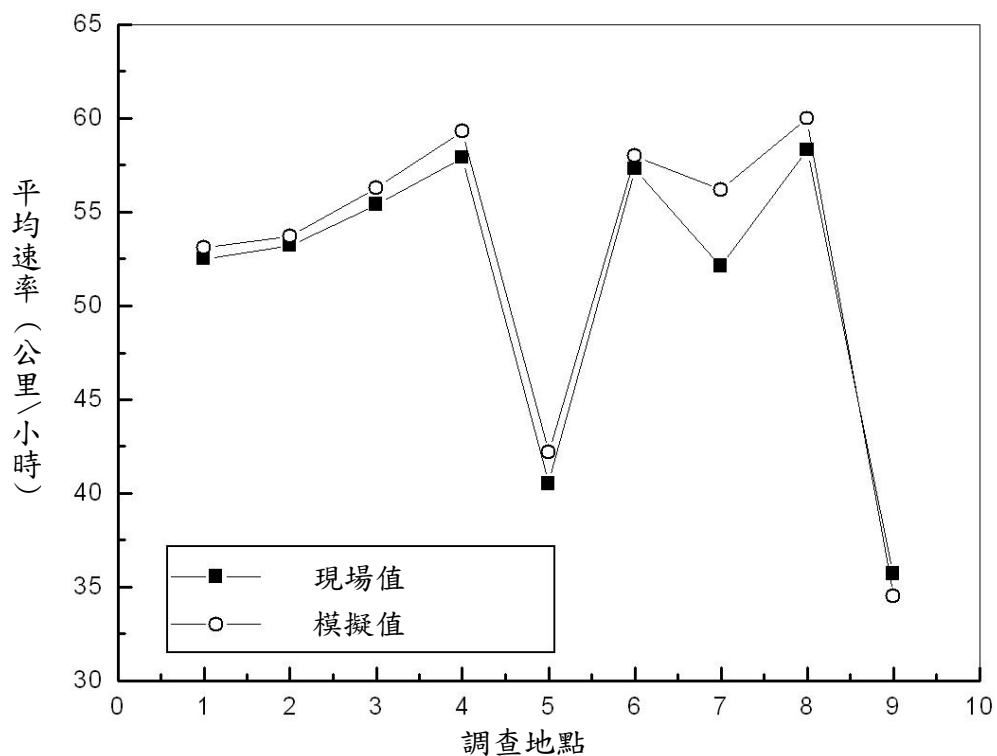


圖 3-15 下坡小車自由速率現場值與模擬值之比較

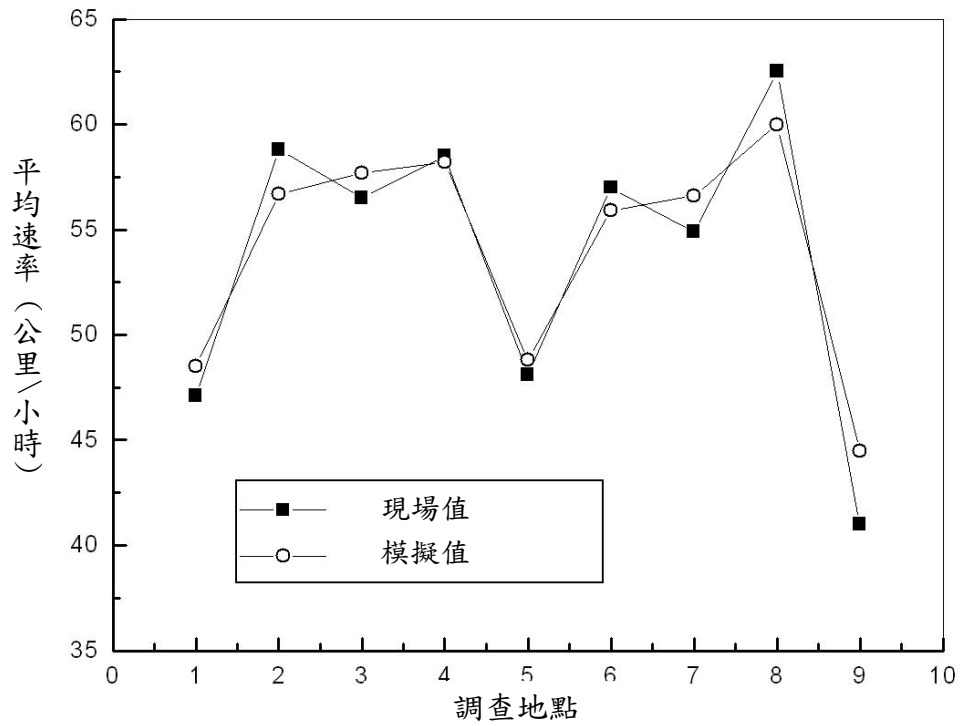


圖 3-16 下坡機車自由速率現場值與模擬值之比較

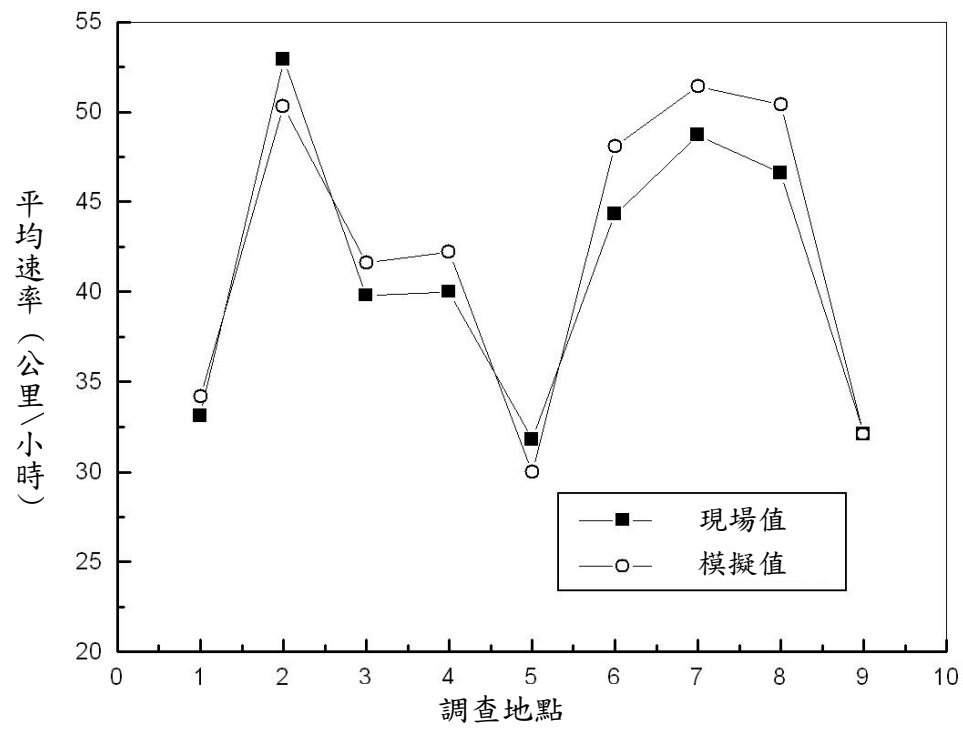


圖 3-17 下坡大客車自由速率現場值與模擬值之比較

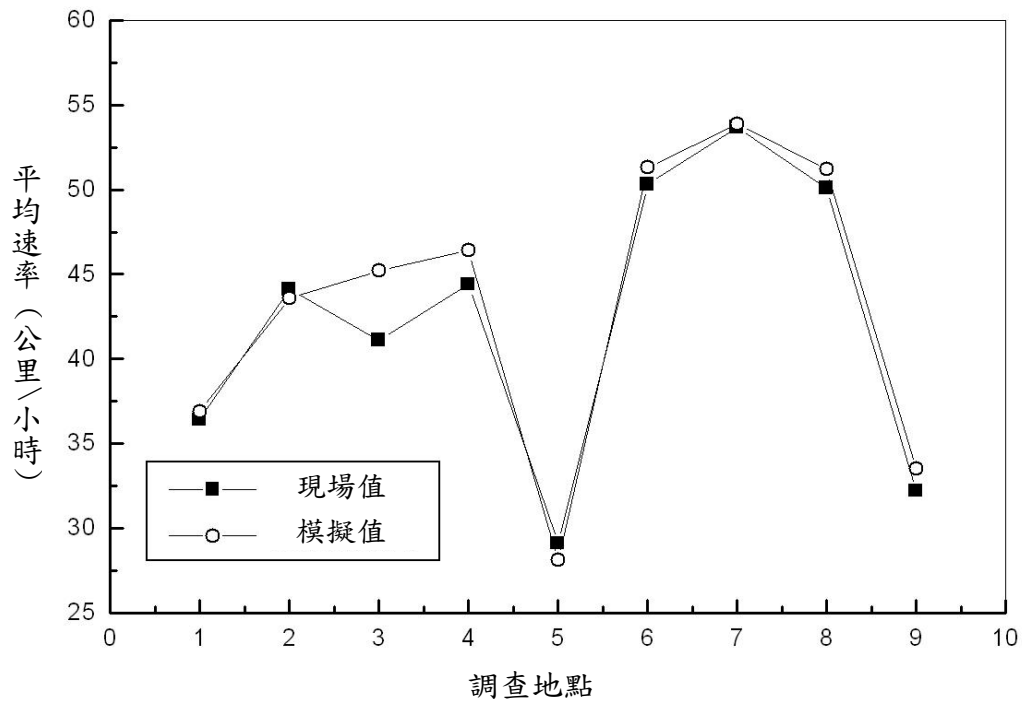


圖 3-18 下坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較

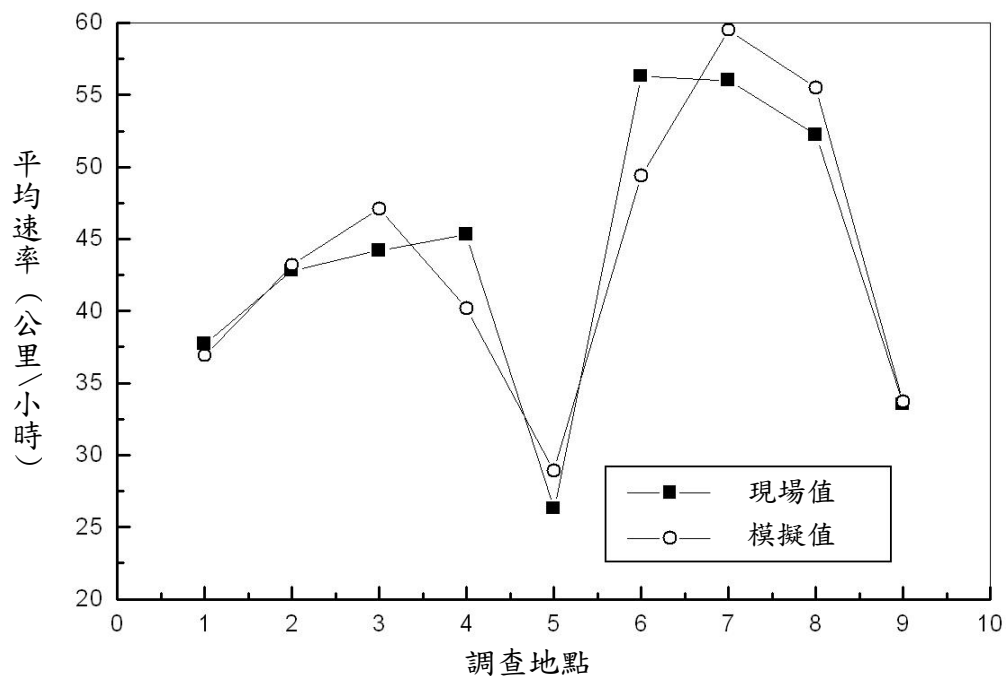


圖 3-19 下坡半聯結車自由速率現場值與模擬值之比較

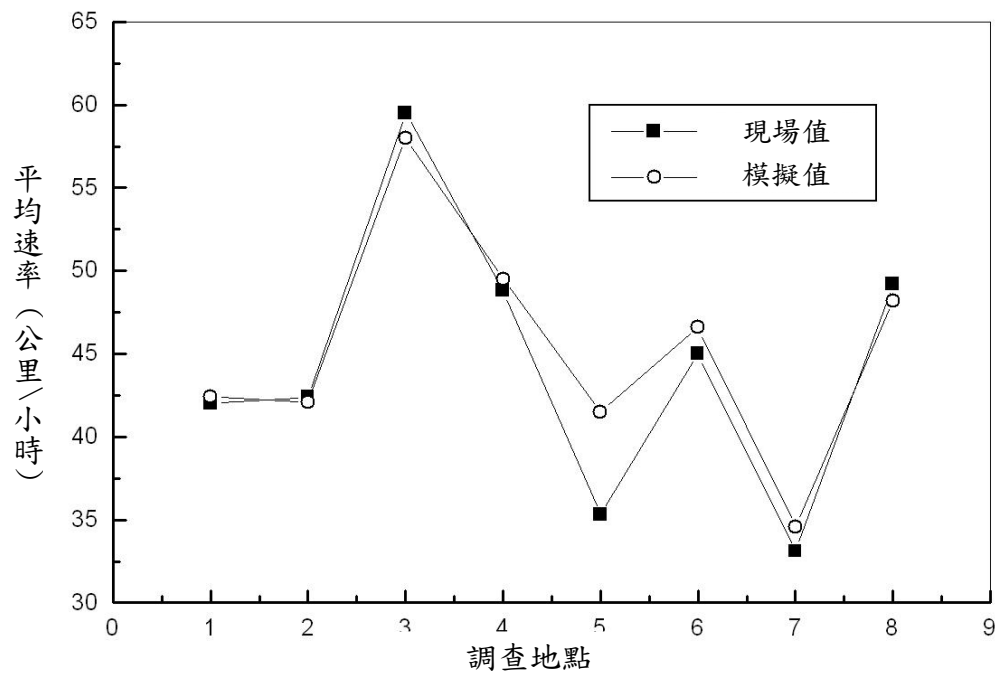


圖 3-20 上坡小車自由速率現場值與模擬值之比較

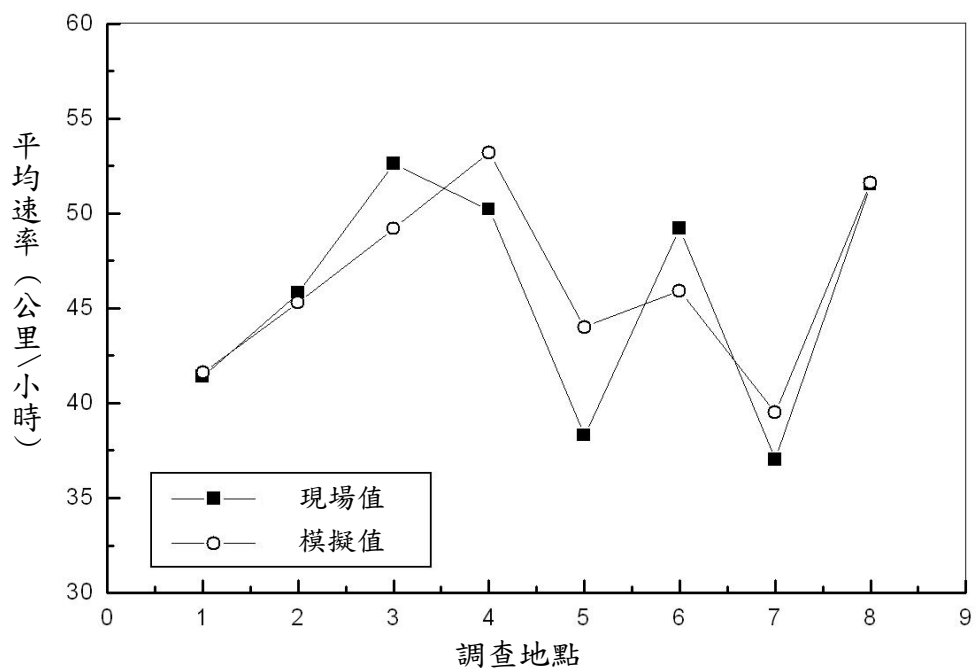


圖 3-21 上坡機車自由速率現場值與模擬值之比較

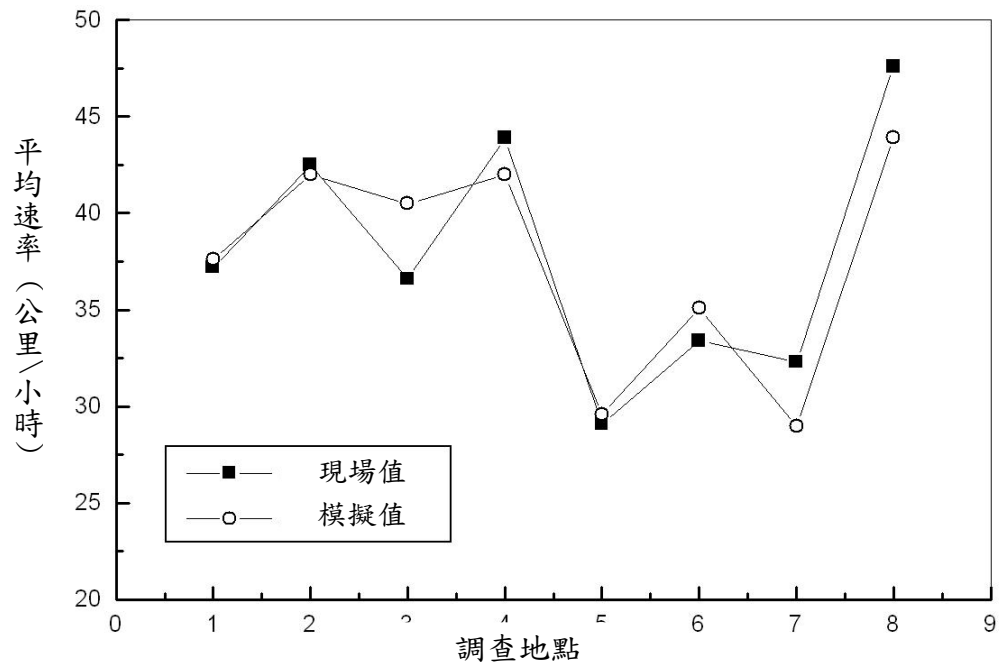


圖 3-22 上坡大客車自由速率現場值與模擬值之比較

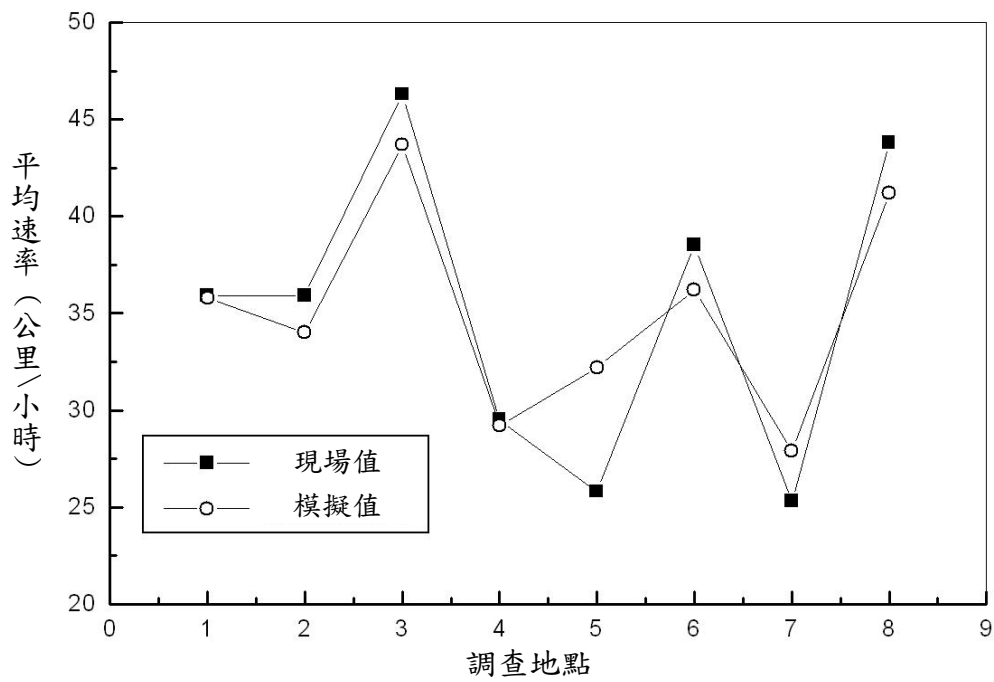


圖 3-23 上坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較

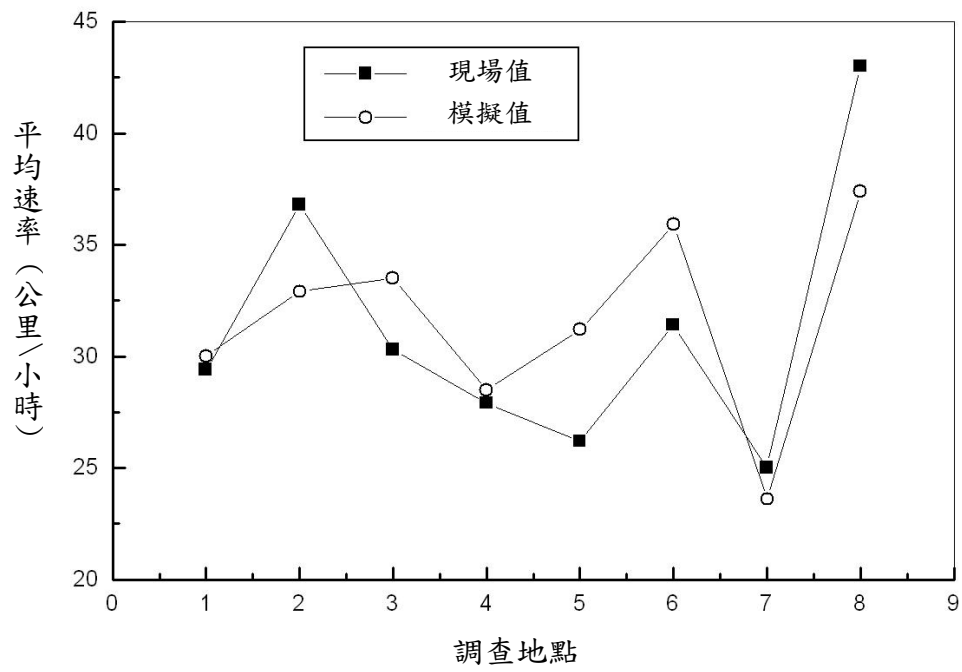


圖 3-24 上坡半聯結車自由速率現場值與模擬值之比較

第四章 容量手冊第十二章之修訂

4.1 背景

郊區雙車道公路指在城際之間或市郊單向只有一個可供小客車及其他種車輛混合使用的車道。有些郊區雙車道公路兩側，另外設置機車及其他慢行車輛使用之專用道。臺灣郊區雙車道公路常有一連串的坡度路段及曲率半徑相當短(小於 50 公尺)的平曲線。此外，郊區雙車道公路也有號誌化及非號誌化路口。

2011 年公路容量手冊第十二章提供一分析郊區雙車道公路非阻斷性車流路段的分析方法。這方法有幾個缺陷。第一，第十二章的分析方法乃根據美國 Transportation Research Board(TRB)1985 年公路容量手冊所描述的分析方法。即使在美國，TRB 之 1985 年分析方法因不適用，已被新的分析方法取代。第二，第十二章的分析方法將郊區雙車道依所在地型分成平原區、丘陵區及山嶺區。分析方法無法反映在同一地型內，因實際幾何設計(如坡度、坡長、曲率半徑等)造成交通運作品質的差異。第三，第十二章的分析方法缺乏本土性車流特性資料，也沒有適當的方法分析超車區、坡度路段及平曲線的影響。

本所發展 2016HTSS 模式之主要目的在於克服上述一些缺陷，此模式雖然還有改良之必要，但已可用來協助分析郊區雙車道公路非阻斷性車流路段。

因此本計畫利用 2016HTSS 模式修訂第十二章。修訂後之第十二章列於本報告附錄 C。此章分成下列 6 節：

- 1.緒論
- 2.一般性幾何設計及交通狀況。
- 3.績效指標及服務水準劃分標準。
- 4.單純路段之分析。
- 5.複雜路段之分析。
- 6.應用範題。

本章對上述各節的主要內容做一簡單的說明。

4.2 修訂版之主要內容

4.2.1 緒論

修訂版的緒論內容分成下列三項：

- 1.郊區雙車道公路的涵蓋範圍

根據車道的配置及公路所在地，本項目解釋何種公路屬於郊區雙車道公路。

2.修訂版容量分析方法之背景及適用範圍

此項目說明 2011 年容量手冊第十二章分析方法之缺陷，2016HTSS 模式之研發及修訂版分析方法的適用範圍。

3.後續研發工作

修訂版之分析法仍有許多改良的必要，此外，修訂版分析對象只涵蓋非阻斷性車流路段。本項目指出發展郊區雙車道公路分析方法宜執行之後續研發工作及如何將郊區雙車道公路交叉口之分析納入容量手冊。

4.2.2 一般性幾何設計及交通狀況

為了讓容量手冊使用者對郊區雙車道的性質有基本的概念，本節根據公路總局公布的調查資料及國內外文獻，描述相關幾何設計及交通狀況。涵蓋的幾何設計狀況包括車道配置、車道寬、路肩寬、坡度、及曲率半徑。交通狀況則包括尖峰小時流量係數、尖峰係數、車流方向性、車種組成、容量、超車行為、坡度及曲率半徑的影響等。

4.2.3 績效指標及服務水準劃分標準

郊區雙車道公路上之小車及大車被下游慢車阻擋時，通常只能在有適當機會時才能佔用對向車道來超車。不能超車時，常形成慢行車隊及駕駛員之不耐煩。這種車流特性與多車道公路之車流狀況大不相同。為了反映慢車擋快車所造成之交通運作品質，各國以不同績效指標[12]來評估雙車道公路。這些指標包括延滯時間百分比(percent time delay)[2]、跟車時間百分比(percent time spent following)[19]、超車比例(overtaking ratio)[31]、跟車密度(follower density)[18, 32]等。

績效指標之選擇除了須考慮績效指標是否能反映交通運作品質之外，也須考慮應用績效指標之難易程度。事實上，沒有任何指標能反映一公路在各種狀況下的服務品質，而且能滿足規劃及設計公路之需要。

一般而言，用路人最關心的公路服務品質是壅塞程度及速率。壅塞程度可用需求流率與容量之比值來衡量。此比值常稱為流量(volume)/容量(capacity)比，或簡稱 V/C 比。此指標不足以顯示實際的服務品質。例如在一長而且陡的坡度路段上，V/C 比很低時，並不能表示服務品質相當好，因為車速可能很低。因此須有一與速率有關的指標來協助衡量運作品質。

速率除了受壅塞程度的影響之外，也受速限、幾何設計及其他行車環境的影響。所以速率所代表之服務品質須用一門檻速率來衡量。可考慮的門檻速率包括速限及平均自由速率。2011 年容量手冊已採用平均速率與速限的差距及 V/C 比評估高速公路基本路段及匝道路段。將來繼續修訂容量手冊的工作也宜採用此兩指標評估非阻斷性車流路段。因此，第十二章修訂版根據 V/C 比及平均速率與速限的差距訂定服務水準等級。

速限之應用相當簡便，但也有一潛在的問題。速限之訂定須考慮多數駕駛員在自由旅行狀況下欲維持的速率及行車安全之環境。如果速限設定得太低，則平均速率與速限的差距可能難以分辨速限相同但服務品質事實上有大差異之路段。用平均自由速率當門檻值來建立指標可消除這問題，但會產生嚴重的問題。

評估一現存公路時，平均自由速率可從現場調查的資料來估計。規劃及評估一新公路時，平均自由速率須用一模式來估計。建立及應用估計平均自由速率的模式會遭遇到嚴重困難，因為影響自由速率的因素不少，而且估計模式之可靠性可能不高。以南投縣從鹿谷往溪頭縣 151 線之 1.55K 處及阿里山公路(台 18 線)31+900K 處之路段為例。此兩路段的速限皆為 50 公里/小時。縣 151 線路段之車道寬及路肩寬各為 3.8 公尺及 0.5~1.0 公尺。台 18 線路段的路寬為 3.6 公尺而且無路肩。但本報告圖 2-1 顯示台 18 線路段的平均自由速率(將近 70 公里/小時)遠高於縣 151 線路段的平均自由速率(大約 50 公里/小時)。從此例可知欲準確估計平均自由速率不能只考慮速限、車道寬及路肩寬。須考慮的影響因素越多，估計模式的建立及應用越困難。所以本計畫建議繼續採用速限為門檻速限。第十二章修訂版預定採用的服務水準劃分標準如表 4-1 所示。每一路段之服務水準用 A、B、C、D、E 及 F 六級代表壅塞程度及 1、2、3、4、5 及 6 六級代表車速之高低品質。如一路段之服務水準為 A3，則其相關 V/C 比不超過 0.35，其速率最少等於速限減 2 公里/小時，最多在速限加 3 公里/小時以內。

表 4-1 第十二章修訂版服務水準劃分標準

績效指標 V/C 比	服務水準等級	績效指標 U(公里/小時)	服務水準等級
$V/C \leq 0.35$	A	$U \geq 8$	1
$0.35 < V/C \leq 0.60$	B	$3 \leq U < 8$	2
$0.60 < V/C \leq 0.85$	C	$-2 \leq U < 3$	3
$0.85 < V/C \leq 0.95$	D	$-7 \leq U < -2$	4
$0.95 < V/C \leq 1.0$	E	$-12 \leq U < -7$	5
$V/C > 1.0$	F	$U < -12$	6
$U = (\text{公里/小時}) = \text{平均速率} - \text{速限}$			

4.2.4 單純路段的分析

單純路段指平坦、幾何設計均勻而且沒有超車行為的路段，其他路段視為複雜路段。單純路段的分析根據本報告第三章圖 3-2 所述之代表性流率與平均速率的關係來執行。分析工作包括下列數步驟：

1. 訂定幾何設計狀況及速限。
2. 估計對等(equivalent)小車流率。
3. 估計平均自由速率。

4.估計容量及 V/C 比。

5.估計平均速率及與速限的差距。

6.根據 V/C 比及平均速率與速限的差距訂定服務水準等級。

上述工作所須的資料不充足。其中一問題是平均自由速率的估計。本計畫根據很有限的現場資料及在平曲線上之平衡速率設定一些在沒有現場資料時可用來估計平均自由速率的關係。

另一問題是對等小車流率之估計。本所尚未深入探討郊區雙車道車流之特性。所以本計畫參考現存文獻，訂定機車及大車之小車當量。

2011 年容量手冊第十一章分析多車道郊區公路的方法將直行大車之小客車當量訂為 1.44。雙車道公路之行車環境可能比多車道公路差，因而對大車有較嚴重的限制，所以本計畫在修訂第十二章時將大車的小客車當量訂為 1.5。在曲率半徑很短之平曲線上，大車更受限制，因而其當量理應高於 1.5。目前沒有客觀資料設定較合理的當量值，所以第十二章修訂版暫時不考慮平曲線對當量的影響。

至於機車之小車當量，混合車道上之機車比例很低時，機車併行的可能性低，每輛機車所佔用之車道縱向空間接近小車佔用之空間，因此其當量理應比較接近 1.0。機車比例增高時，併行的可能性也增高，機車之小車當量則應降低。2011 年容量手冊分析多車道郊區公路時，所訂定的當量與機車比例關係如圖 4-1 所示。第十二章修訂版沿用此關係，並用下列近似公式估計機車之小車當量：

$$E_m = 0.304 + 0.435e^{-\frac{P_m}{32.467}} \quad (4.1)$$

此式中，

E_m = 機車之小車當量，

P_m = 機車占總車數之百分比(%)。

郊區雙車道公路機車之比例隨地點的變化相當顯著。機車比例超過每日流量 30 % 以上的情形很常見。一般而言，目前對機車如何使用混合車道及機慢車道沒有了解，也沒有機慢車道車流特性(如流率與速率之關係)的資料可參考。從理論的角度而言，流率低時機車使用混合車道的比例可能較高，車流接近壅塞時，多數的機車應會使用機慢車道。在同一時段內，機車車流及其他車種的車流大致會擁有類似的服務品質，所以第十二章修訂版暫時假定機慢車道及混合車道有相同的服務水準。換言之，修訂版之分析對象不包括機慢車道。

4.2.5 複雜路段的分析

複雜路段指有坡度的路段。這種路段可能有許多平曲線，其交通運作受坡度、坡長、曲率半徑、車流組成或需求流率、超車區等的影響。這些影響因素有無限的組合，因此上述用於分析單純路段的方法不適用。

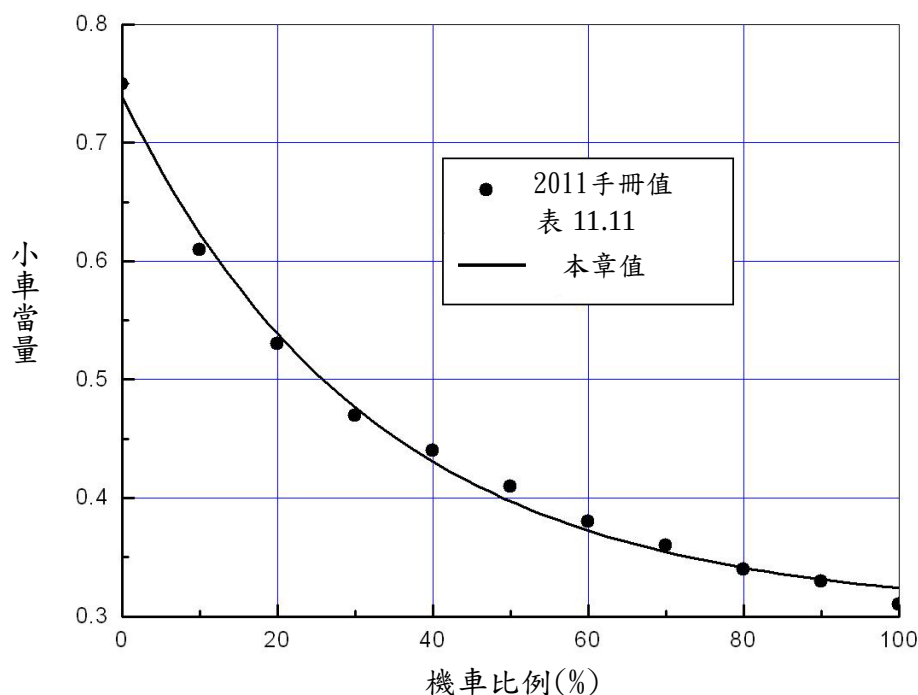


圖 4-1 平坦路段機車之小車當量

第十二章修訂版分析複雜路段的工作須依靠電腦模擬。2016HTSS 模式可承擔此工作。本報告第三章所述的模式微調工作顯示 2016HTSS 模式經過微調之後可合理的模擬車輛在坡度路段的速率變化及流率與速率的關係。表 4-2 及表 4-3 顯示如果用 AASHTO 及德國代表性貨車當模擬車，2016HTSS 模式亦可得到近似美國及德國貨車在上坡時的速率變化。因為代表性貨車在上坡時速率的變化資料可協助公路設計。因此本計畫利用 2016HTSS 模式模擬郊區雙車道公路代表性小車、大客車、大貨車及聯結車在上坡時之速率變化，並將模擬結果製成如圖 4-2 所示之關係，納入第十二章修訂版。此修訂版亦說明如何使用如圖 4-2 所示之關係來評估上坡的幾何設計。

第十二章修訂版有關複雜路段的內容著重於說明 2016HTSS 模式之應用。修訂版提供模擬不同狀況之輸入檔，並用例題解釋容量、績效指標值及超車率的估計。

表 4-2 上坡速率模擬值與 AASHTO 設計值之比較(車重/馬力比:120kg/kW)

行車距離 (公尺)	速率(公里/小時)					
	坡度+2%		坡度+4%		坡度+6%	
	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬
0	110	110.0	110	110.0	110	110.0
200	106	105.6	102	100.9	96	96.0
400	103	101.5	92	92.3	81	82.1
600	100	97.8	85	84.2	68	68.6
800	96	94.8	77	76.9	55	56.5
1000	93	91.6	71	70.5	44	47.4
1200	91	89.1	65	65.3	40	42.2
1400	89	86.9	60	61.2	38	40.1
2000	83	82.0	52	54.8	38	39.1

表 4-3 上坡速率模擬值與德國公路設計值之比較(車重/馬力比:143kg/kW)

行車距離 (公尺)	速率(公里/小時)					
	坡度+2%		坡度+4%		坡度+6%	
	德國	模擬	德國	模擬	德國	模擬
0	80	80.0	80	80.0	80	80.0
200	79	77.9	72	71.7	65	64.9
400	77	76.4	65	64.3	50	50.7
600	76	74.6	57	58.0	37	40.0
800	74	73.4	51	53.3	30	35.5
1000	73	72.4	47	50.1	29	33.6

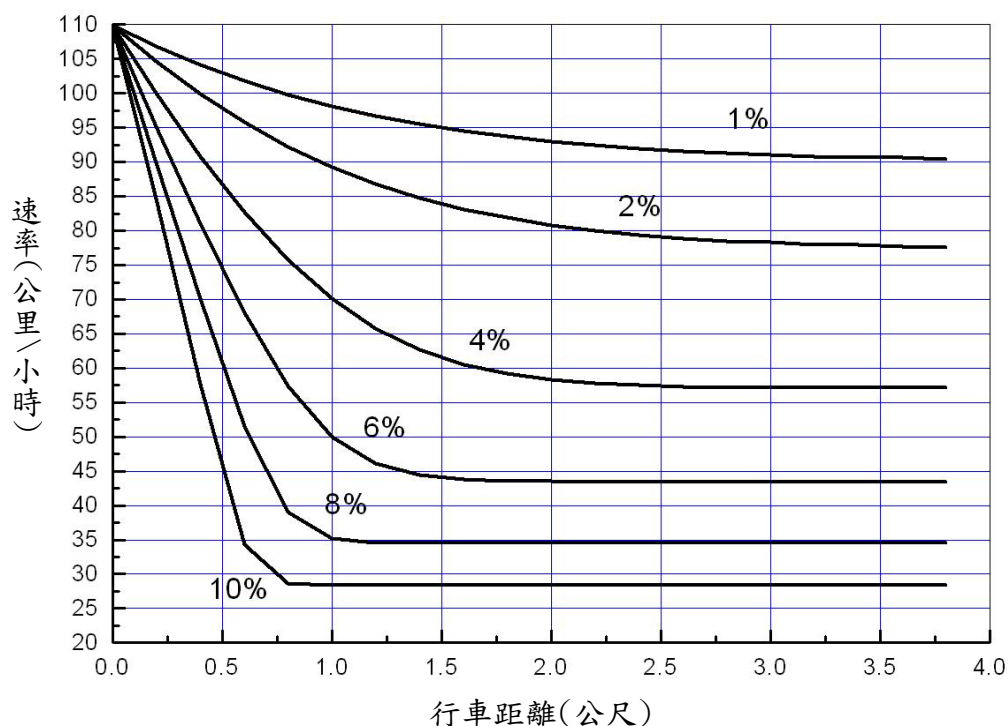


圖 4-2 郊區雙車道公路代表性半聯結車(105.3kg/kW)上坡時之速率變化

4.2.6 應用範例

2016HTSS 模式之輸出資料包括各路線的流率及平均速率、耗油量、有超車區時之超車率、通過偵測站之流率及通過偵測站車流之平均速率與車種組成。第十二章修訂版用範例解釋如何估計容量及績效指標值，並評估超車區或增設之短車道的效益。

4.3 後續研發工作

本計畫修訂的第十二章奠定了分析郊區雙車道公路之基礎。但如本章前數節已指出，分析方法尚有許多缺陷。將來宜執行下列研發工作來改良分析方法：

1. 2016HTSS 模式是否能提供正確的模擬速率取決於平曲線安全速率估計值之誤差程度。將來有必要用更多的自由速率資料微調模擬車輛經過一連串上下坡及平曲線的行為。
2. 目前沒有機車如何使用混合車道及機慢車道的資料。將來宜蒐集現場資料來探討機車之車道分佈與流率及車道寬之關係，也須探討在平坦路段時，機車及大車之適用小車當量。
3. 應用 2016HTSS 模式及分析單純路段時皆需有平均自由速率的資料。如何訂定合理的平均自由速率也須根據現場調查加以探討。
4. 2016HTSS 模式的超車邏輯有許多參數須設定。這些參數之值宜根據臺灣郊區雙車道公路的超車行為來設定。

第五章 結論與建議

本所於民國 79 年出版之「臺灣地區公路容量手冊」分析方法係引用美國 Transportation Research Board (TRB) 1985 年之公路容量手冊，缺乏本土交通特性資料，因此展開一系列研究，以發展本土化之公路容量分析方式，隨後並出版「2001 年臺灣公路容量手冊」及「2011 年臺灣公路容量手冊」。由於 2011 年手冊中仍有部分章節尚未修訂或須配合車流特性變化再作調整，因此近年來本所持續就公路隧道、坡度路段及雙車道公路等公路設施進行容量分析研究。

本計畫基於前期研究成果，再依據現場調查之郊區雙車道公路坡度路段之平曲線自由速率資料，調校完成 2016 HTSS (Highway Traffic Systems Simulation) 模式，以修訂容量手冊第十二章「郊區雙車道公路」，並修訂第一章「緒論」及第二章「基本觀念」，以做為出版新版公路容量手冊之準備。

本計畫之結論與建議說明如下：

5.1 結論

本年度完成之工作項目，概述如下：

一、彙整郊區雙車道公路車流狀況

1. 雙向每日流量多不超過 7,000 小車，方向係數很少超過 0.53。尖峰小時雙向流量很少超過 2,500 小車，且多數低於 1,500 小車，尖峰小時流量係數集中在 0.05 及 0.15 之間。
2. 全日機車比例相當高。4 成以上公路總局調查地點的機車比例超過 30%，甚至有不少調查地點的機車比例超過 50%。
3. 全天車流中，各種大車的比例常在 2.5% 以下，而全聯結車幾乎不存在。因全聯結車數量非常低，對車流的影響很微弱，所以車流中的全聯結車可視同半聯結車分析。

二、更新郊區雙車道公路容量分析方法

1. 2011 年容量手冊第十二章分析郊區雙車道公路的方法沿用美國 TRB 1985 年容量手冊的分析方法，而且缺乏本土性資料。本計畫發展的分析方法有兩種分析對象。一對象是平坦而且幾何設計均勻的路段。這種路段的分析可用分析性模式(公式)及圖表分析。另一對象是有坡度或一連串平曲線之路段，須以 2016HTSS 模式分析。
2. 修訂版提供代表性小車、大客車、大貨車及聯結車在上坡時速率與旅行距離的關係圖。這些圖可用來迅速的評估上坡路段的設計。

三、微調完成 2016HTSS 模式

1. 本計畫以現場調查之雙車道坡度路段平曲線自由速率資料，微調 2016HTSS 模式並訂定分析郊區雙車道公路宜採用之代表性車輛的車重及馬力。

2. 分析郊區雙車道公路適用之代表性車輛有如下之車重與馬力比：

小車	: 50.0kg/kW
機車	: 32.8kg/kW
大客車	: 83.3kg/kW
大貨車	: 74.0kg/kW
半聯結車	: 105.2kg/kW

3. 本報告附錄 D 「2016HTSS 模式使用者」說明輸入檔的建立及應用。

5.2 建議

本計畫修訂的容量手冊第十二章奠定了分析郊區雙車道公路之基礎，建議未來執行下列研發工作，以改良並精進分析方法：

1. 2016HTSS 模式是否能提供正確的模擬速率取決於平曲線安全速率估計值之誤差程度。建議未來蒐集更多的自由速率資料，微調模擬車輛經過一連串上下坡及平曲線的行為，並探討本計畫建議採用的代表性車重與馬力比是否可廣泛適用。
2. 目前沒有機車如何使用混合車道及機慢車道的資料。建議未來蒐集現場資料探討機車之車道分佈與流率及車道寬之關係，並探討平坦路段機車及大車適用之小車當量。
3. 郊區雙車道公路單純路段之分析及複雜路段應用 2016HTSS 模式時皆需有平均自由速率的資料。如何訂定合理的平均自由速率建議再蒐集現場資料加以探討。
4. 2016HTSS 模式的超車邏輯係以國外文獻調校設定多項參數。建議未來蒐集臺灣郊區雙車道公路的超車行為，以本土資料設定參數。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「臺灣地區公路容量手冊」，79-27-160，民國 80 年 5 月。
2. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985
3. 交通部運輸研究所，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，90-16-1183，民國 90 年 3 月。
4. 交通運輸研究所，「2011 年臺灣公路容量手冊」，100-132-1299，民國 100 年 10 月。
5. 交通部運輸研究所，「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，民國 102 年 4 月。
6. *TSIS 6.2 –CORSIM*, Office of Operations Research, Development and Technology, FHWA, February 2010.
7. St. John, A.D., and Harwood, D.W., *A User's Guide to TWOPAS – A Microscopic Computer Simulation Model of Traffic on Two-Lane, Two-Way Highways* (Performing Organization Report No. 7533-S(6)), Washington, D.C., Federal Highway Administration, 1986.
8. Brannolte, U., *Simulation program LASI*. Bauhaus-University of Weimar, 1996.
9. Hoban, C., Shepherd, R., Fawcett, G., and Robinson, G., *A model for Simulating Traffic on Two-Lane Roads: User Guide and Manual for TRARR*, Version 3.2, Australian Road Research Board, Technical Manual ATM10 B, 1991.
10. Tapani, A., “Versatile Model for Simulation of Rural Road Traffic,” *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1934, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., 2005, pp.169-178.
11. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)」，103-76-1343，民國 103 年 5 月。
12. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(2/3)」，104-86-1353，民國

104 年 7 月。

- 13.交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(3/3)」，105-085-2289，民國 105 年 9 月。
- 14.交通部運輸研究所，「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，民國 97 年 7 月。
- 15.交通部公路總局，公路交通量調查統計表，
http://www.thb.gov.tw/sites/ch/modules/download/download_list?node=bcc520be-3e03-4e28-b4cb-7e338ed6d9bd&c=83baff80-2d7f-4a66-9285-d989f48effb4
16. *FGSV: Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual)* HBS 2001, Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2002 (revised edition:2005).
17. Brilon, W., and Weiser, F., “Two-Lane Rural Highways: The German Experience,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1988, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006, pp.38–47.
18. Catbagan, J. L., “Evaluation of Performance Measures for two-Lane Expressway in Japan,” *Transportation Research Record: J. of Transportation Research Board*, No. 1988, 2006, pp.111-118.
19. *HCM2010 Highway Capacity Manual*, Volume 1: concepts, Volume 2: Uninterrupted flow, and Volume 3: interrupted Flow, TRB of the National Academies, Washington, D.C., 2010.
- 20.交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(3/3)」，99-113-1282，民國99年9月。
21. Rakha, H., Lucic,I., Demarchi.,S.H., Setti, J. R., and Van Aerde. M., “Vehicle Dynamic Model for Predicting Maximum Truck Acceleration Levels,” *J. of Transportation Engineering*, ASCE, Sep/Oct Vol. 127, No. 5., 2001, pp. 418-425.

22. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, fifth edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2011.
23. *NCHRP Report 605, Passing Sight Distance Criteria*, Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
24. Hegeman, G., Brookhuis, K., and Hoogendoorn, S., “ Opportunities of Advanced Driver Assistance Systems Towards Overtaking,” *European Journal of Transportation Infrastructure Research*, Volume 5, no. 4, 2005, pp.281-296.
25. Drew, D. R., *Traffic Flow Theory and Control*, McGraw-Hill, New York, 1968.
26. Snare, M. C., Dynamic Model for Predicting Maximum and Typical Acceleration Rates of Passenger Vehicles, M. S. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, August 26, 2002.
27. 交通部運輸研究所,「能源消耗,汙染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(2/2)」, 98-71-1257, 民國98年6月。
28. 交通部運輸研究所,「市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(1/2)」,95-113-1235, 民國 95 年 7 月。
29. Poplin, W. M., “Acceleration of Heavy Trucks,” www.wpoplin.com, Accessed on June 9, 2013.
30. Fitch, J. W., *Motor Truck Engineering Handbook*, 4th Ed., Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1994.
31. Morrall, J. F., and Werner, A., “Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtakings,” *Transportation Research Record 1287*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990, pp.62–69.
32. van As, C. *The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service on Two-Lane Undivided Highways in South Africa*, Project Summary, South African National Roads Agency, Limited, Pretoria, 2003.

附錄 A

公路容量手冊第一章「緒論」修訂版

附錄 A、公路容量手冊第一章「緒論」修訂版

目 錄

	頁次
1.1 手冊之目的	1-1
1.2 手冊之背景	1-1
1.3 手冊之涵蓋範圍	1-3
參考文獻	1-5

第一章 緒論

1.1 手冊之目的

公路設施乃交通系統之一重要骨幹。這些設施之規劃、設計及運作策略之訂定需要交通界對各設施在預期或現存交通狀況下的服務水準有深入的了解，否則可能造成設計或運作不當而浪費資源，導致交通壅塞，進而增加經濟及社會活動之成本並影響環境之品質。公路容量分析提供規劃及設計人員客觀的資料以決定適當之設計及運作，其重點在於探討公路設施之硬體設備、運作策略與交通需求(traffic demand)之互動關係以協助完成下列在規劃、設計或運作時常須執行的工作：

- 1.訂定在欲維持一特定服務水準時所需之交通設施或運作策略。
- 2.評估現存或將來交通設施之服務水準，作為規劃或分配資源以改善交通及運作策略之依據。
- 3.評估土地開發對交通及環境之衝擊。

本手冊之目的在於討論各種公路設施之運作特性，並提供容量及服務水準分析之方法。

1.2 手冊之背景

因為容量分析在公路工程上有很重要之角色，交通部運輸研究所(以下簡稱本所)在民國 79 年出版「臺灣地區公路容量手冊」[1]，當時臺灣在公路容量分析之研究剛起步，所以「臺灣地區公路容量手冊」大部分採用美國 1985 年之公路容量手冊之分析方法[2]。

然而臺灣之車流及交通設施的特性與美國差異甚大，故本所自民國 80 年代起開始進行長期性之容量本土化研究工作，逐步修定民國 79 年之公路

容量手冊，以適用於國內之分析。民國 89 年時，為將階段性之本土化研究成果提供各界參考，乃進行公路容量手冊之彙整修編工作，並於民國 90 年初出版「2001 年臺灣地區公路容量手冊」[3]，計有 19 章。主要的本土化研究成果包含高速公路基本路段、收費站、進出口匝道路段、市區號誌化交叉路口及市區高架道路基本路段等（手冊之第一~十章），其餘則先沿用 80 年版手冊內容。

2001 年版手冊出版之後，本所陸續完成第十一章多車道區公路、第十三章市區號誌化路口、第十六章市區幹道、第十七章公車設施及第十八章機車專用道等章節之修訂。同時更新舊有模式，完成第 3 版公路交通系統模擬(Highway Traffic System Simulation, 簡稱 HTSS)模式與第 2 版收費站模擬(Toll Plaza Simulation, 簡稱 TPS)模式。根據這些新資料，本所出版「2011 年臺灣地區公路容量手冊」[4] 以替代 2001 年版手冊。

2011 年版手冊仍有許多章節沿用民國 79 年版手冊之內容。但修訂這些章節牽涉到在短期內無法完成的基礎研發工作。這工作包含現場資料的調查、模擬模式的發展、分析性模式之建立，及容量與服務水準分析方法之發展。本所在推動這工作時面臨資源限制而未能大規模蒐集現場資料。現存文獻也缺乏可直接引用的資料來協助修訂分析方法。此外，分析許多運作特性較複雜的公路設施一般需依賴模擬模式，但臺灣缺乏針對國內車流特性所發展的模擬模式。

為了克服上述困境，本所除了逐年繼續蒐集現場資料之外，也從 2013 年開始發展新版之 HTSS 模式以模擬多種類型之公路設施[5,6,7]。本所利用此模式修訂第四章高速公路基本坡度路段之分析方法，第十一章郊區多車道公路非阻斷性坡度路段之分析方法及第十二章郊區雙車道公路。此外，本所亦利用現場資料修訂第十章「市區地下道路」並編定一新章（第二十章）「公路隧道」。本手冊利用這些研發成果更新 2011 年版手冊之內容。

本手冊有下列數章仍沿用民國 79 年版手冊之內容：

- 第七章 高速公路交織區段
- 第十四章 非號誌化交叉路口
- 第十五章 圓環
- 第十九章 行人設施

1.3 手冊之涵蓋範圍

本手冊共有 20 章，第二章說明有關容量分析之基本觀念，第三章到第二十章則各別說明下列公路設施之運作特性及分析方法：

- 高速公路
- 市區幹道、地下道路及高架快速道路
- 郊區雙車道及多車道公路
- 號誌化路口、非號誌化路口及圓環
- 公車設施
- 機車專用道
- 行人設施
- 公路隧道

上述的設施中，有許多設施之組成不單純，例如高速公路可細分成隧道、進出口匝道路段、收費站及不受隧道、匝道及收費站作業所影響的平坦或坡度路段。因資料缺乏，本手冊目前還未能針對每一公路設施之各項組成做一完整的探討。以高速公路及市區高架道路而言，本手冊未涵蓋匝道本身及匝道與平面道路交叉路段之分析。一般的快速道路也尚未列入本手冊之涵蓋範圍。

除了收費站，交叉路口，郊區雙車道公路及坡度路段的分析之外，本手冊所介紹的分析方法皆以公式及圖表為基礎。這些分析方法常常不能反應複雜之實際作業情形，更無法處理不同設施間之互動關係，所以本手冊只能將各設施及其組成當做獨立設施而不考慮其互動關係。本所將持續發展模擬模式以克服分析上的困難。

以公式及圖表為基礎之方法在運用上常須執行一連串的計算，因此本所亦根據手冊之分析方法與程序同步開發電腦軟體 THCS(Taiwan Highway Capacity Software)，以利各界之應用。

本手冊第八章說明利用人工及電子收費，車輛須通過收費孔道之收費站的運作特性及分析方法。雖然這種高速公路上舊式之收費站已被電子及影像處理、車輛不需減速通過收費孔道之收費方式（Open road tolling）所取代，本手冊仍保留該章節供參考。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「臺灣地區公路容量手冊」，79-27-160，民國 79 年 10 月。
2. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1998.
3. 交通部運輸研究所，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，90-16-1183，民國 90 年 3 月。
4. 交通部運輸研究所，「2011 年臺灣地區公路容量手冊」，100-132-1299，民國 100 年 10 月。
5. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)」，103-76-1343，民國103年5月。
6. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(2/3)」，104-86-1353，民國104年7月。
7. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(3/3)」，105-085-2289，民國105年9月。

附錄 B

公路容量手冊第二章「基本觀念」修訂版

附錄 B、公路容量手冊第二章「基本觀念」修訂版

目 錄

	頁次
2.1 緒論	2-1
2.2 阻斷性及非阻斷性車流	2-1
2.3 基本車流參數	2-1
2.3.1 流量(Volume)及流率(Flow Rate).....	2-1
2.3.2 密度(Density)及佔有率(Occupancy)	2-2
2.3.3 速率及平均速率(Average Speed or Mean Speed).....	2-4
2.3.4 密度、流率與平均旅行速率的關係	2-7
2.3.5 設計小時流量(Design Hour Volume or DHV)及設計流率 (Design Flow Rate).....	2-13
2.3.6 容量(Capacity)	2-15
2.3.7 間隙、間距、車距及後段車距	2-16
2.3.8 臨界車距(Critical Gap)及跟進時間(Follow-up Time).....	2-17
2.3.9 號誌週期長度(Cycle Length)、時相(Phase)、綠燈時段 (Green Interval)、黃燈時段(Yellow Interval)、及全 紅時段(All-red Interval).....	2-18
2.3.10 停等車疏解車距(Queue Discharge Headway)、飽和車距 (Saturation Headway)及飽和流率(Saturation Flow or Saturation Flow Rate).....	2-19
2.3.11 交叉口車輛延滯(Delay)	2-23
2.3.12 小客車當量(Passenger Car Equivalent or PCE)	2-24
2.4 容量分析	2-27
2.5 績效指標之選擇	2-27
2.6 服務水準等級	2-28
2.7 分析性模式(Analytical Model)及模擬模式(Simulation Model)	2-29

參考文獻	2-30
------------	------

圖 目 錄

	頁次
圖 2-1 圖形及矩形偵測器線圈配置圖	2-錯誤! 尚未定義書籤。
圖 2-2 國道 1 號高速公路佔有率與密度的關係樣本	2-3
圖 2-3 測速槍瞄準方向 AB 與車行方向 BC 之角度	2-4
圖 2-4 蒐集車速用之磁場偵測器之繪圖設置	2-5
圖 2-5 國道 1 號高速公路時間平均速率與空間平均速率之關係樣本	2-6
圖 2-6 平均旅行速率與密度之關係示意圖	2-7
圖 2-7 流率與密度之關係示意圖	2-8
圖 2-8 平均旅行速率與流率之關係示意圖	2-9
圖 2-9 高速公路車道密度與平均速率的關係樣本	2-9
圖 2-10 石碇北上出口匝道上游主線內車道之流率與平均速率的關係	2-10
圖 2-11 竹山北上進口匝道下游中間車道之流率與平均速率的關係	2-10
圖 2-12 竹山北上進口匝道下游主線外車道之流率與平均速率的關係	2-11
圖 2-13 高速公路車流密度與流率的關係樣本	2-11
圖 2-14 雪山隧道北上在 27.779K 處之流率與平均速率的關係	2-12
圖 2-15 車與車之相對位置示意圖	2-16
圖 2-16 臨界車距 t_c 估計方法示意圖	2-18
圖 2-17 停等車隊示意圖	2-19
圖 2-18 停等疏解車距隨停等位置變化的傳統觀念	2-20
圖 2-19 傳統停等車疏解之觀念	2-21
圖 2-20 紐約州長島 3 個號誌化路口停等車疏解車距之特性	2-22
圖 2-21 臺灣市區及郊區直行停等車疏解率之特性	2-22
圖 2-22 停等車疏解車數與綠燈時段之關係樣本	2-23
圖 2-23 車輛軌跡示意圖	2-24
圖 2-24 訂定對等小車流率 Q_2 之小車當量潛在問題示意圖	2-266

第二章 基本觀念

2.1 緒論

容量分析之重點在於探討車流與交通設施及其運作策略之互動關係。分析結果可供規劃、設計及訂定改善策略之參考。容量分析的對象相當廣泛，不同公路設施有不同的功能及車流特性，但其容量分析之過程常用到一些共同的原則或觀念。本章對容量分析的性質及一些基本觀念做一簡單的討論。

2.2 阻斷性及非阻斷性車流

公路車流可分成阻斷性車流及非阻斷性車流。如一車輛無優先路權，因而須減速或停車以讓路，則其所屬的車流為阻斷性車流。市區平面道路受號誌或「停」、「讓」標誌控制的車流皆屬阻斷性車流。高速公路進口匝道之車輛無優先路權，也有受燈號控制之可能，因此其所屬的車流為阻斷性車流。市區高架道路主線及高速公路主線之車輛通常有優先路權，因此其所屬之車流為非阻斷性車流。但在特別的情況下，這種設施上的車流也可受管制而成為阻斷性車流。一般而言，阻斷性車流的特性比較複雜。

2.3 基本車流參數

車流的狀況可用許多參數或變數來描述，本節說明公路容量分析時常用的參數。

2.3.1 流量(Volume)及流率(Flow Rate)

流量指在一時段內(如 5 分鐘)通過一定點之車數或人數。在此時段內，單位時間通過一定點之車數或人數之平均值稱為流率。例如 5 分鐘內通過一定點之車數為 200 輛，則流量為 200 輛，其相關流率為每分鐘 40 輛，或每小時

2,400 輛。

容量分析時一般使用流率。流率可分成需求流率(demand flow or demand flow rate)及實際流率(observed flow)。需求流率為欲通過一設施或定點之流率。實際流率則為觀察到，通過一設施或定點之流率。需求流率超過實際能通過一設施或定點的流率會造成壅塞狀況。

2.3.2 密度(Density)及佔有率(Occupancy)

密度指單位路段長度，或單位面積內的車數或人數。密度需用一相當長的路段，或一相當大的面積內之車數或人數來估計才有意義。公路路段的密度難以直接從現場觀察直接估計，因此目前多以佔有率來替代密度。

佔有率指一時段內(如 1 分鐘)，一特定長度之偵測範圍被車輛佔據之時間的百分比。此參數之值通常用車輛偵測器自動估計，最常用的偵測器為裝在路面之磁場偵測器。美國用來估計佔有率的磁場偵測器多數為 6 英尺×6 英尺之矩形線圈(detector loop)。車頭或車尾距離線圈大約 2 英尺之內時，車輛就可被偵測到，因此 6 英尺長的線圈的偵測區長度大約有 10 英尺。臺灣高速公路上的磁場偵測器通常有如圖 2-1 所示之形式及尺寸。

從理論的立場而言，密度及佔有率有下列的線性關係：

$$D = \frac{10K}{L_d + L} \quad (2.1)$$

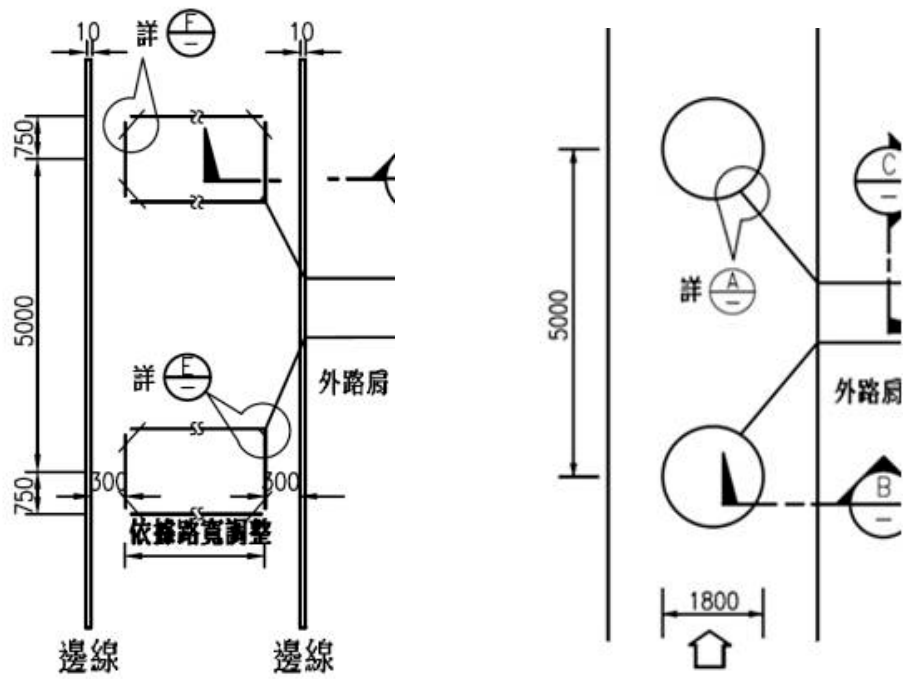
此式中，

D = 密度(輛/公里/車道)，

K = 佔有率(%)，

L_d = 偵測器長度(公尺)，

L = 平均車長(公尺)。



資料來源：高速公路局

(尺寸單位：公釐)

圖 2-1 圖形及矩形偵測器線圈配置圖

事實上密度與佔有率的關係有相當大的變異性。如圖 2-2 根據國道 1 號高速公路資料所建立之關係所示。在同一佔有率時，密度的變異範圍相當大。

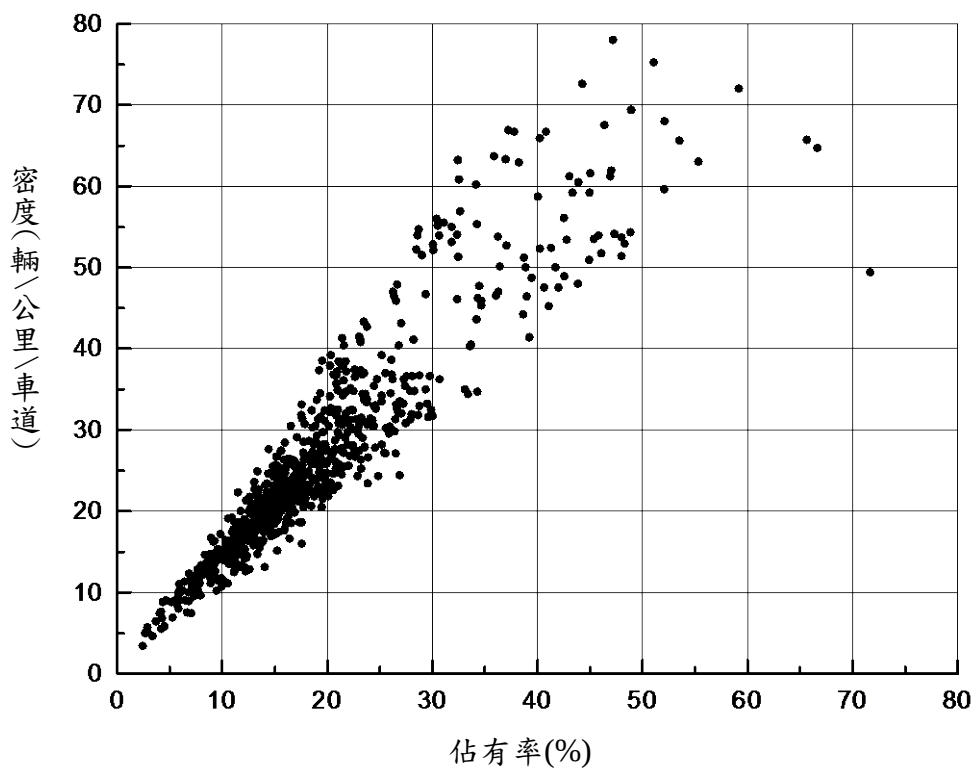


圖 2-2 國道 1 號高速公路佔有率與密度的關係樣本

2.3.3 速率及平均速率(Average or Mean Speed)

一車輛從一定點行進到另一一定點之平均速率稱為該車在兩點之間的旅行速率。車輛通過一定點時的速率則可稱為瞬間速率。估計在長距離的旅行速率須依靠能自動蒐集車輛到達起訖點之時間的偵測系統。瞬間速率則可用雷射或雷達測速槍，或車輛偵測器來估計。

使用測速槍時，槍之瞄準方向與車行方向所造成的角度影響測速槍取得之速率與實際速率的關係。如圖 2-3 所示，假設車行方向BC與瞄準方向AB之角度為 θ ，則實際速率 V_{BC} 與測速槍取得之速率 V_{AB} 有如下的關係：

$$V_{BC} = \frac{V_{AB}}{\cos \theta} \quad (2.2)$$

換言之，測速槍取得之速率經常低於實際速率。如果 θ 等於 15° ，則 $\cos\theta=0.966$ 。在這情況下，測速槍所得之速率為實際速率之 96.6%。

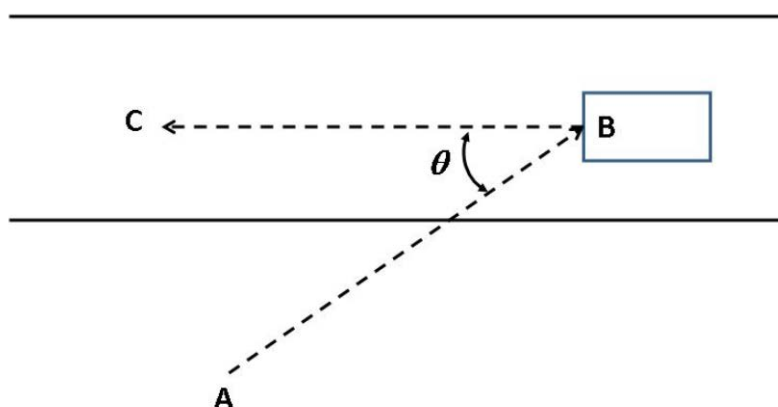


圖 2-3 測速槍瞄準方向 AB 與車行方向 BC 之角度

用雷射槍取速率樣本時，須避免瞄準擋風玻璃，最好瞄準牌照或牌照附近之車頭，以減少雷射波之發散。

交通管理(traffic management)所需之車速資料通常必須用偵測器自動蒐集，圖 2-4 顯示美國常用來測速之磁場偵測器之設置[1]。這種偵測器根據一車輛行走 16 英尺所需之時間來估計速率。在沒有壅塞的狀況下，車速在這短距離內的變化很小，所以估計的車速近似瞬間速率。

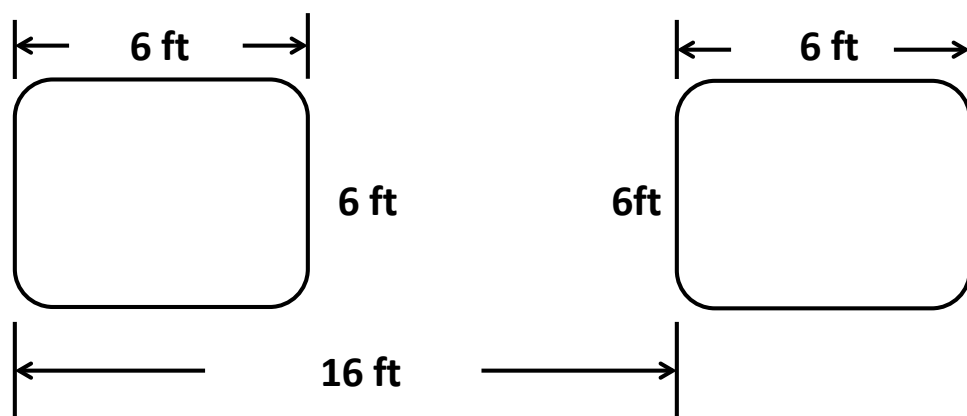


圖 2-4 蒐集車速用之磁場偵測器之繪圖設置

個別車輛的速率須整合成平均速率及其他統計資料才有應用價值。平均速率可分為時間平均速率(time-mean speed)及平均旅行速率(average travel speed)。平均旅行速率亦稱為空間平均速率(space-mean speed)。時間平均速率為個別車速之平均值，此平均速率可估計如下：

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (2.3)$$

此式中，

V_t =時間平均速率，

u_i =車輛*i*之速率，

n =車輛數。

平均旅行速率或空間平均速率等於一固定的行車距離除以平均旅行時間。其值可估計如下：

$$V_s = \frac{L}{\sum_{i=1}^n t_i / n} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{u_i}} \quad (2.4)$$

此式中，

V_s = 平均旅行速率(空間平均速率)，

L = 行車距離，

t_i = 車輛*i*行走*L*之旅行時間，

n = 車輛數，

u_i = 車輛*i*之旅行速率。

理論上，時間平均速率 V_t 與平均旅行速率(空間平均速率) V_s 有下列的關係：

$$V_t = V_s + \frac{\sigma_t^2}{V_s} \quad (2.5)$$

此式中，

σ_t = 個別車速之標準差(standard deviation)

從式 2.5 可知，除非所有的車速都一樣($\sigma_t = 0$)，時間平均速率高於平均旅行速率。但在車流穩定的狀況下(未進入車速有大變化之前)，時間平均速率與平均旅行速率(空間平均速率)之差距很有限，通常在 3 公里/小時之內，而車流進入不穩定狀況之後，兩者的差距有時超過 10 公里/小時左右[2]，圖 2-5 顯示這現象。

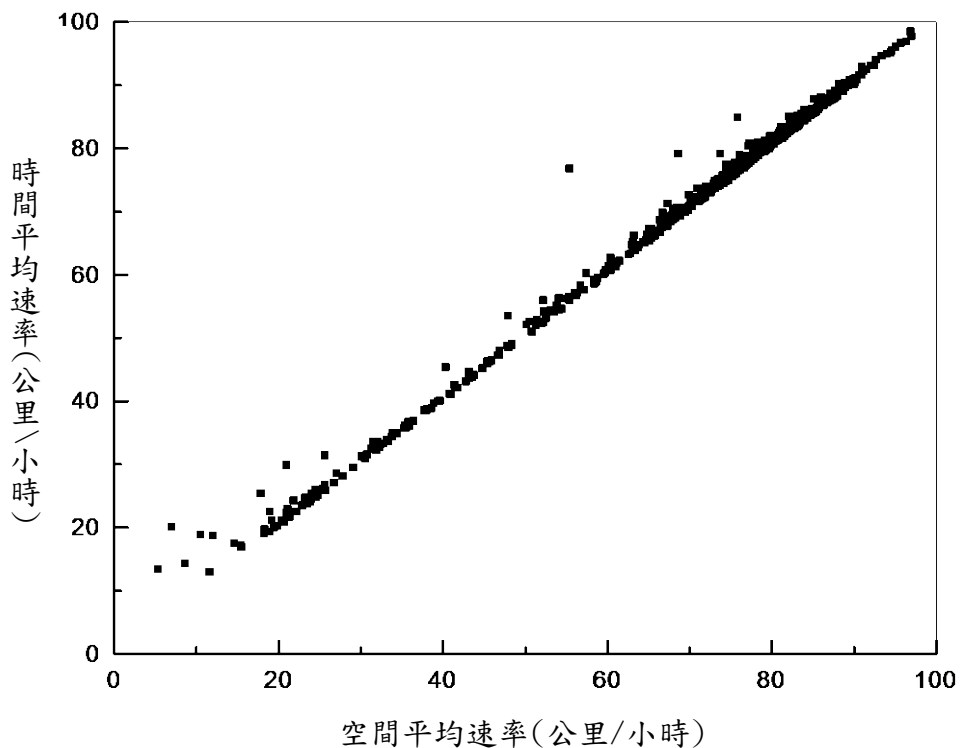


圖 2-5 國道 1 號高速公路時間平均速率與空間平均速率之關係樣本

2.3.4 密度、流率與平均旅行速率的關係

非阻斷性車流之密度影響平均旅行速率及流率。理論上，這三個車流特性有下列的關係：

$$Q = V_s D \quad (2.6)$$

此式中，

Q =流率，

V_s =平均旅行速率(空間平均速率)，

D =密度。

式 2.6 之關係中，密度是主要影響因素。換言之，平均旅行速率及流率受制於密度，其一般關係可用圖 2-6, 2-7 及 2-8 來描述。

當密度很低時，平均旅行速率 V_s 接近或等於圖 2-6 及圖 2-8 所示的平均自由旅行速率 V_f (average free-flow speed)，此速率為車輛的速率不受到下游車輛所約束時的速率。一般而言，如車流不受干擾，則一車跟隨前車之距離在相當於 6 秒以上之行車距離時，則該車有充分的自由行車程度。在自由旅行狀況下，雖然平均速率高，但因密度低，所以從式 2.6 所得之流率(或在現場可觀察到的流率)相當低。圖 2-7 及 2-8 顯示這現象。

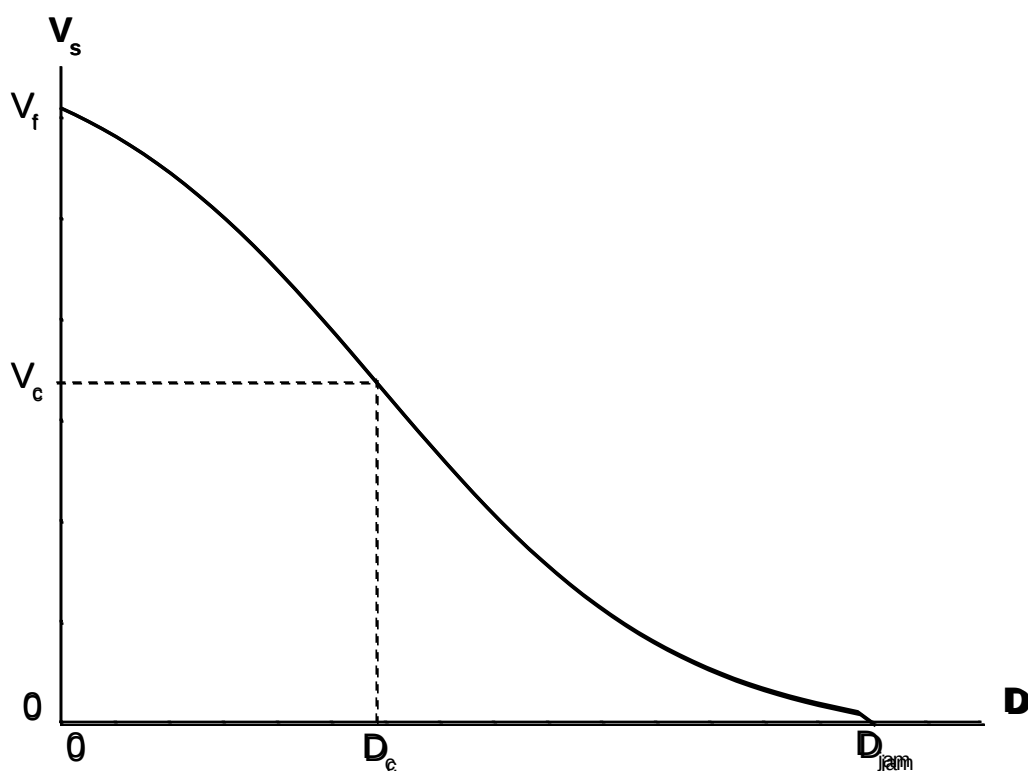


圖 2-6 平均旅行速率與密度之關係示意圖

密度稍微增高時，平均旅行速率可能仍接近或等於平均自由旅行速率，因此流率顯著的增加。密度如繼續增高，平均旅行速率開始減低，但流率持續增加，直到密度等於臨界密度(critical density) D_c ，此時流率達到最高值(見圖 2-7 及 2-8 之 $Q_{\max}$)，其相關之平均旅行速率稱為臨界速率(critical speed) V_c 。密度接近或等於臨界密度時，車流已可能進入不穩定的狀態。換言之，本來高速行進的車輛可能在短時間內就會顯著的降低速率以避免碰撞。

密度超過臨界密度並持續增高時，平均旅行速度會大量的下降，同時流率也隨著減少。最後因過度壅塞，駕駛員必須停車，平均旅行速率及流率等於零，此時的密度可稱為堵塞密度(jam density) D_{jam} 。

上述的車流特性假設密度，流率及平均旅行速率有一對一的明顯關係。事實上駕駛行為、一定點下游之幾何設計及其他狀況皆可影響在一定點觀察到的車流特性。因此，密度、流率及平均旅行速率的實際關係有很大的變異性。

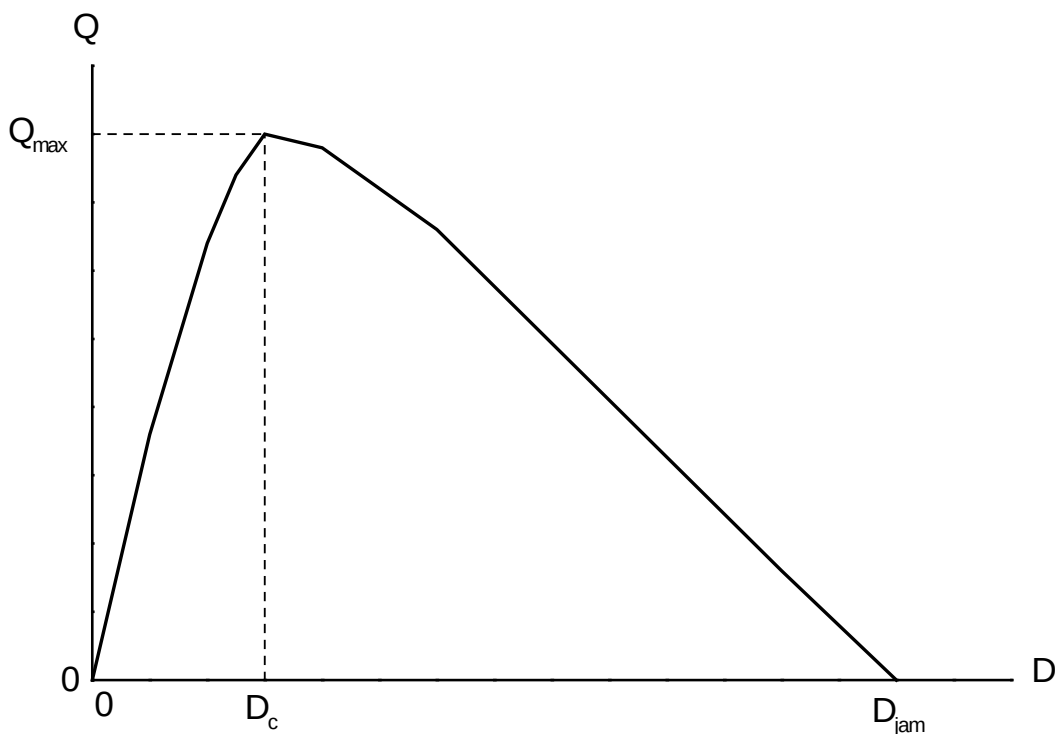


圖 2-7 流率與密度之關係示意圖

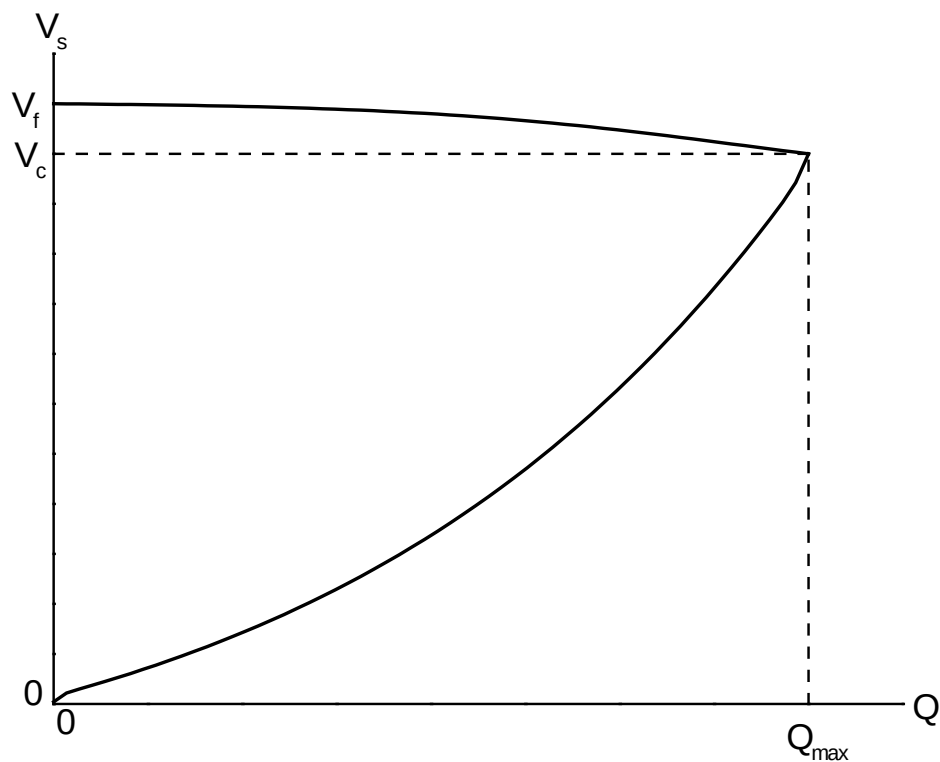


圖 2-8 平均旅行速率與流率之關係示意圖

根據臺灣高速公路之車流資料[3]，圖 2-9~圖 2-13 顯示車流特性之變異性。

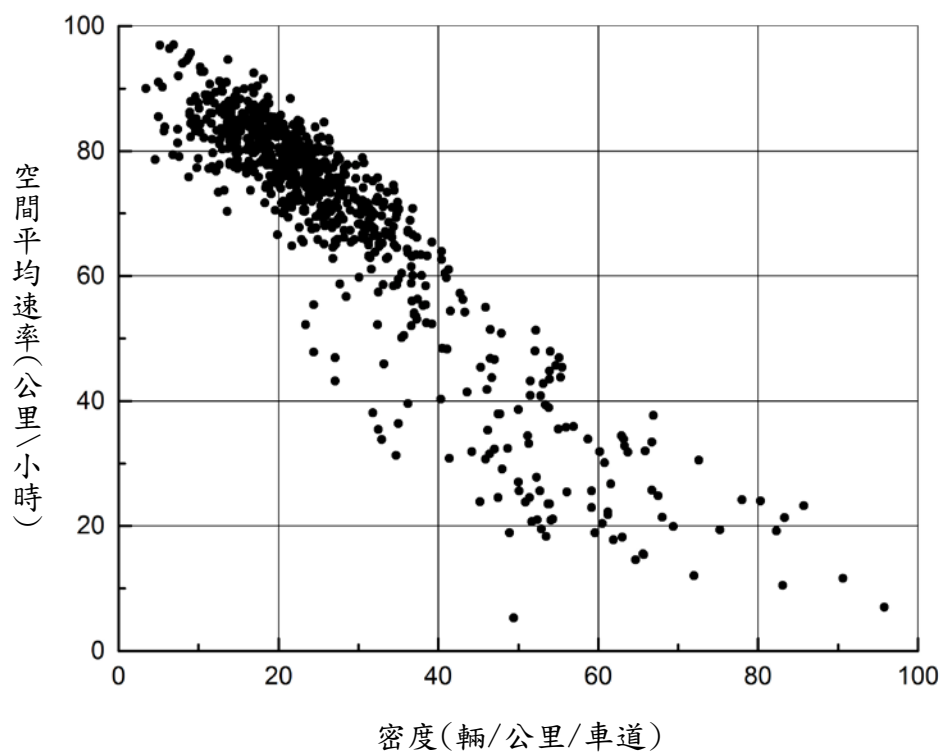


圖 2-9 高速公路車道密度與平均速率的關係樣本

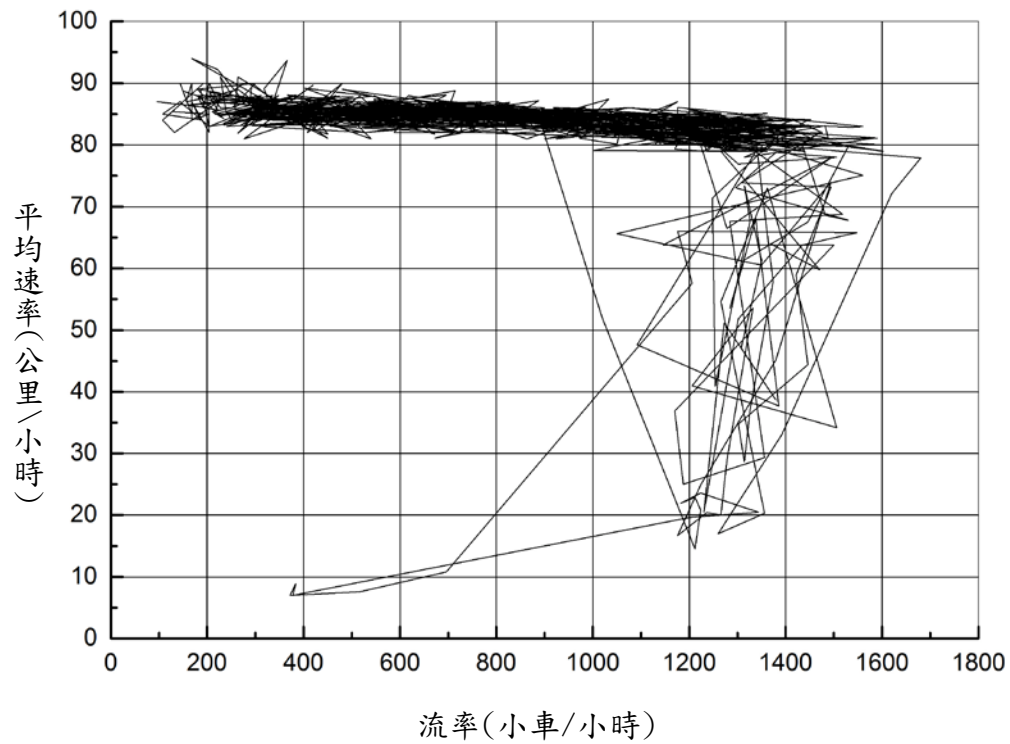


圖 2-10 石碇北上出口匝道上游主線內車道之流率與平均速率的關係

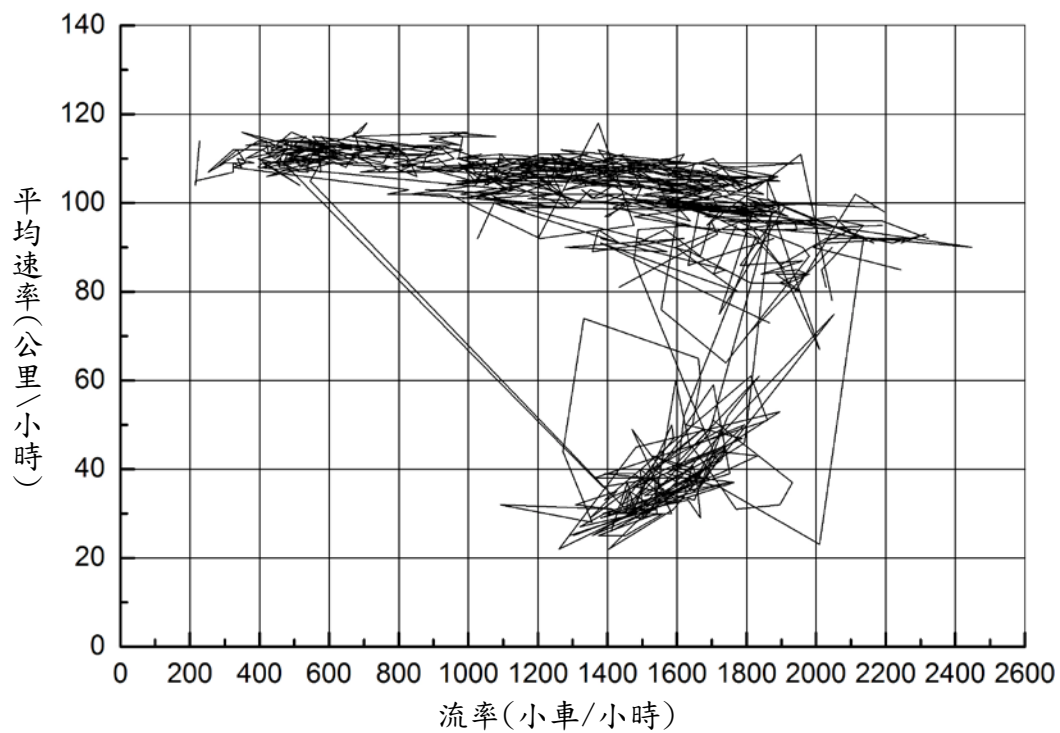


圖 2-11 竹山北上進口匝道下游中間車道之流率與平均速率的關係

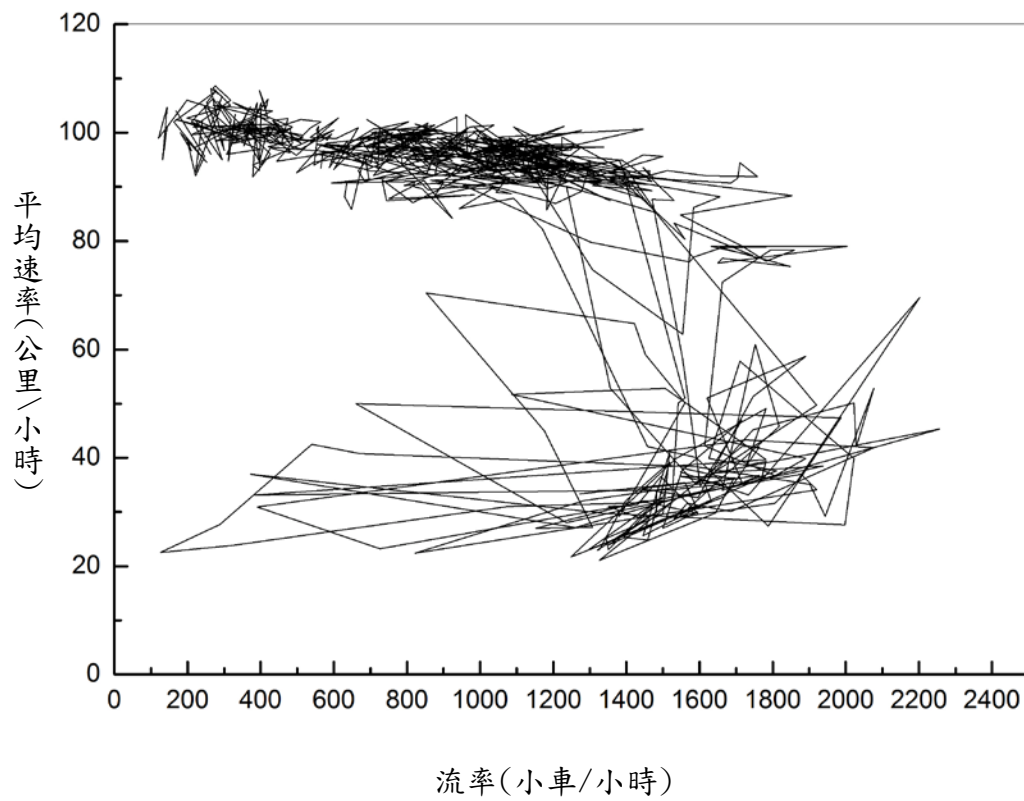


圖 2-12 竹山北上進口匝道下游主線外車道之流率與平均速率的關係

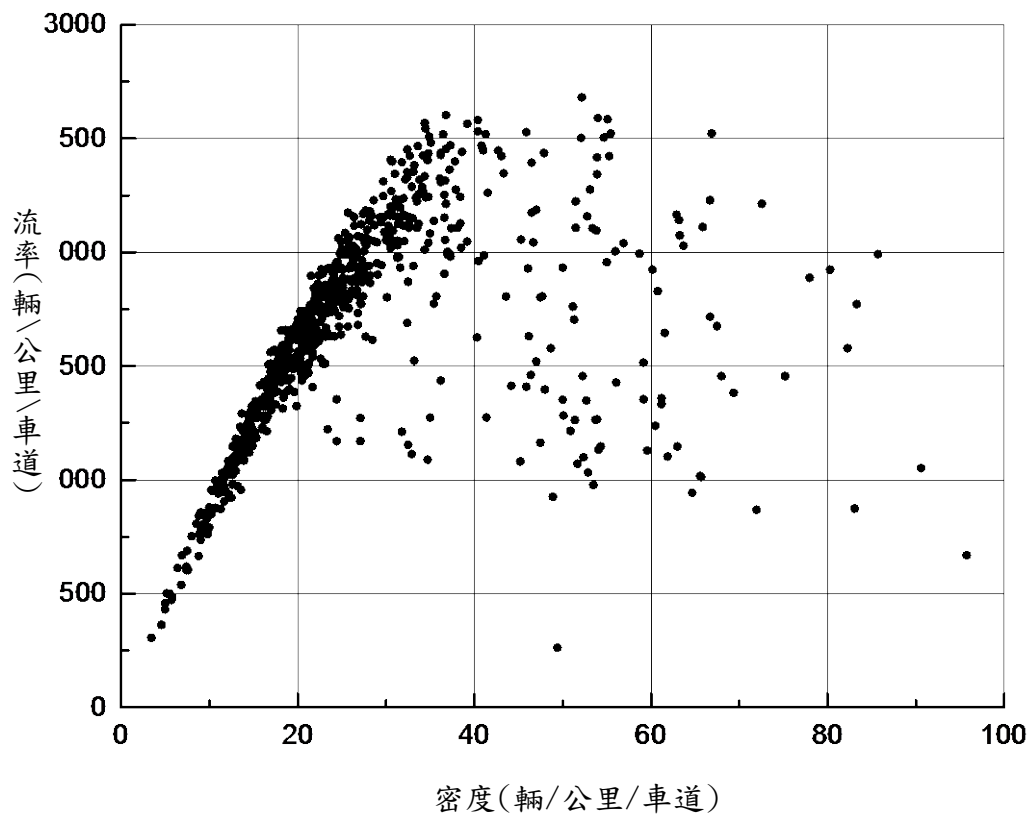


圖 2-13 高速公路車流密度與流率的關係樣本

規劃、設計及評估非阻斷性車流路段之工作常根據現場資料所訂定之代表性流率與平均旅行速率的關係。這些關係經常顯示在車流穩定而且流率相同時，平均自由旅行速率較高的公路有較高的平均旅行速率，其最大流率一般也較高，這現象如圖 2-14 所示。

目前臺灣高速公路車輛偵測器所提供之平均速率估計值為式 2.3 所代表之時間平均速率。理論上這些估計值不滿足式 2.6 之之條件，因此不宜用來探討流率、平均速率及密度(或佔有率)的關係。但是從規劃及設計的立場而言，車輛偵測器所提供的平均速率，不論是時間平均值(式 2.3)或空間平均值(式 2.4)，只代表在一定點的車流狀況，不能充分反映一公路設施之服務品質。此外，規劃及設計所依據之流率與平均速率關係屬穩定狀況下之關係，在穩定狀況下，時間平均速率與空間平均速率(亦即平均旅行速率)之差距很小，因此從應用的立場而言，目前偵測器所提供的時間平均速率可當成空間平均速率之近似值，但在將來偵測器所估計之平均速率最好能改用式 2.4 所估計之空間平均速率。

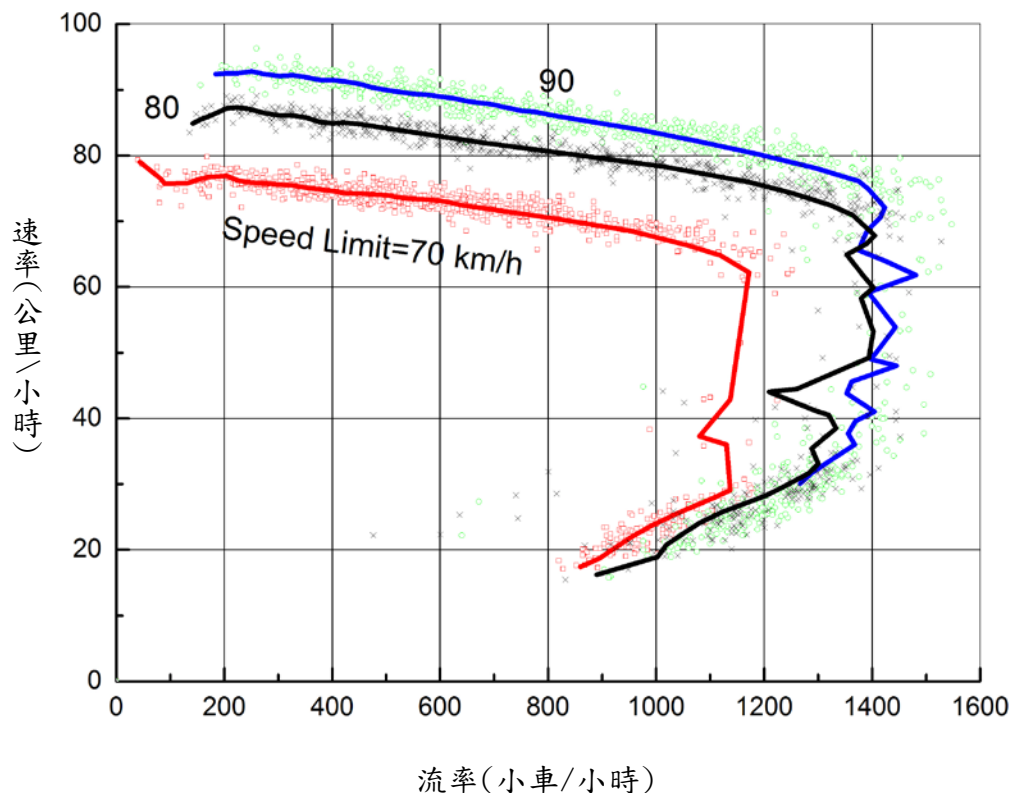


圖 2-14 雪山隧道北上在 27.779K 處之流率與平均速率的關係

車輛偵測器資料的應用還有另一個問題，如圖 2-1 所示，目前所用之圓形及矩形偵測器線圈所佔路段之長度不同，此兩種線圈設置的實際感應範圍推測也不同。車流狀況相同時，不同感應範圍所估計之佔有率會不同。因此在同一公路或不同公路，用不同感應長度偵測器所估計的佔有率不能比較或整合，應用價值降低。

2.3.5 設計小時流量(Design Hour Volume or DHV)及設計流率(Design Flow Rate)

新的公路通車之後須能在其預期的服務年期(service life)內提供合理的服務品質。服務年期的最後一年稱為設計年(design year)。在設計年中，每小時的流量不同，根據最高小時流量所設計之公路會有過度高之造價，選擇很低的小時流量來設計則會造成在設計年中常有壅塞的狀況。根據美國一年中每小時流量分佈的特性，American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO)的公路設計規範[4]建議將設計年中流量為第 30 高之小時訂為設計小時(design hour)。

設計小時的流量稱為設計小時流量(design hour volume or DHV)，此流量為雙向總流量，其值可估計如下：

$$DHV = (ADT)_n K \quad (2.7)$$

此式中，

$(ADT)_n$ = 設計年之平均每日流量(輛/日)，

K = 尖峰小時流量係數，亦即尖峰小時流量與平均每日流量之比例

式 2.7 中之尖峰小時流量係數隨公路之所在地而變，其值可能在 0.08 及 0.25 之間。一般而言，市區道路或都會區公路上之尖峰小時流量佔全天流量比例小於郊區公路，因此其 K 值較低。

設計年之平均每日流量可用複雜的方法來預測[5,6]，也可用下列的簡單方法來估計：

$$(ADT)_n = (ADT)_0 (1+i)^n \quad (2.8)$$

此式中，

$(ADT)_0$ = 公路建造完成時之平均每日流量(輛/日)，

i = 需求流量每年之增加率(%/100)，

n = 服務年期(年)。

雙向行車之公路在同一小時內之總流量很少會均勻的分佈在兩行車方向，公路之幾何設計必須根據車流較高方向之流量，此流量稱為方向性設計小時流量(directional design hour volume or *DDHV*)。*DDHV* 可估計如下：

$$DDHV = DHV \times D \quad (2.9)$$

此式中，

D = 車流之方向係數，亦即車流較高方向之流量佔設計小時流量之比例，其值大約在 0.5 及 0.6 之間。

式 2.9 之 *DDHV* 代表在設計小時內，車流較高方向之平均流率。如用 *DDHV* 設計公路，則在設計小時中，常可能因需求流率高於 *DDHV* 而造成壅塞。另一方面，如用很短時間內(如 1 分鐘或 5 分鐘)之最高流率來設計，則建設公路的成本可能過度高。所以交通界普遍的使用設計小時內尖峰 15 分鐘之流率來設計公路。此設計流率可估計如下：

$$Q_{15} = \frac{DDHV}{PHF} = \frac{(ADT)_0(1+i)^n KD}{PHF} \quad (2.10)$$

此式中，

Q_{15} = 設計流率(輛/小時)，亦即尖峰 15 分鐘內車流較高方向之流率，

PHF = 尖峰小時係數(peak-hour factor)。

式 2.10 中之尖峰小時係數代表尖峰小時流量(亦即流率)與尖峰 15 分鐘流率之比值，此係數的值通常在 0.8 到 0.95 之間。尖峰小時內流率隨時間的變化越小，其尖峰小時係數越高。

2.3.6 容量(Capacity)

容量指在一段時間內經常可維持的最高流率。阻斷性公路車流之疏解斷斷續續，所以其相關容量須以不同時段內，經常能疏解的最大車數樣本來估計。以號誌化的路口為例，其臨近車道上的車輛只能在綠燈、黃燈及全紅時段內進入交叉口。不同的綠燈、黃燈及全紅時段內能進入交叉口的車數不同，因此必須在許多綠燈、黃燈及全紅時段中蒐集最大疏解車輛數(在有不斷的停等車欲進入交叉口之狀況下)的樣本來估計容量。樣本數的大小視容量估計值之所需精確度而變，樣本數與估計誤差的關係如下[7,8]：

$$e = ks\sqrt{\frac{2+u^2}{n}} \quad (2.11)$$

此式中，

e =估計誤差值，

k =與信賴度(confidence interval)有關之參數，

s =分析對象(如速率)之標準差，

$u=0$ (如果估計值為平均值)

或 1.04(如果估計值為第 15 或第 85 百分位值)，

n =樣本數。

式 2.11 中之 k 值隨估計結果信賴度的高低而變。常用的信賴度為 95%或 99%，信賴度 95%及 99%之 k 值各為 1.96 及 2.575。

因為公路設計服務品質的好壞須根據尖峰 15 分鐘之車流狀況來評估，所以非阻斷性車流路段的容量須為最短可持續 15 分鐘之最高流率。此外，如圖 2-12 所示，車流在壅塞狀況下之流率可能高於在穩定狀況下的流率，但是壅塞狀況下的最高流率不宜用來設計公路。所以非阻斷性車流路段的容量應定義為在穩定車流狀況下，最短能持續 15 分鐘之最高流率。換言之，此容量為圖 2-8 所示在穩定及不穩定狀況交界點之最大流率 $Q_{\max}$ 。

但是穩定及不穩定狀況的交界點並不固定，車流從穩定狀況進入不穩定狀況時之最大流率 $Q_{\max}$ 也有顯著的變異性，如圖 2-11 所示。所以估計圖 2-8

之 $Q_{\max}$ 需有大量最短 15 分鐘之 $Q_{\max}$ 樣本。另一估計容量之方法是根據圖 2-9 所示之密度與平均速率的關係訂定一代表性關係，然後用代表性關係估計代表性最高流率來代表容量。總而言之，容量是一難以確定的參數。

2.3.7 間隙、間距、車距及後段車距

分析車與車之間的關係時，有 4 個常用的參數，本節用圖 2-15 來說明這些參數。

間隙(Gap)

間隙指在同一車道上前車車尾到後車車頭之間的距離(如圖 2-15 之 S_1)，或後車行走該距離所需的時間。支道車輛匯入或穿過主線車流時必須利用間隙，但利用間隙來分析時也須有車長的資料，因此間隙參數應用不便。

間距(Space Headway)

間距指在同一車道上前車車頭到後車車頭之間的距離(如圖 2-15 之 S_2)，此距離等於兩車之間隙加上前車之車長。

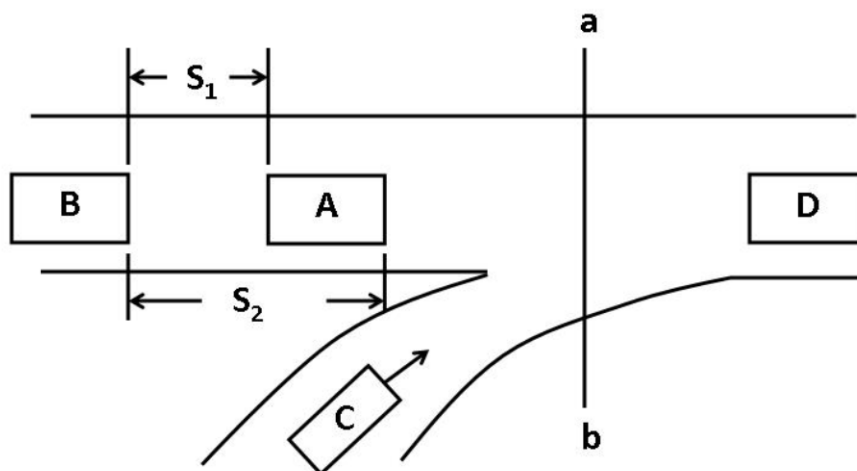


圖 2-15 車與車之相對位置示意圖

車距(Time Headway)

車距指在同一車道上前車(如圖 2-15 之A車)抵達一定點(如圖 2-15 之ab)之時間 t_A 與後車(如圖 2-15 之B車)抵達同一定點之時間 t_B 之差距 $t_B - t_A$ ，抵達時間可根據車頭或車尾。現場調查時，車頭或車尾的實際位置常難以確定，在這情況下可用前輪或後輪當基準。

後段車距(Lag)

如圖 2-15 中支道車輛C抵達ab線之時間為 t_C ，隨後主線A車抵達同一點之時間為 t_A ，則C車所能使用之車距等於 $t_A - t_C$ 。此車距只是主線A車及D車之間車距的一部分， $t_A - t_C$ 稱為後段車距。

2.3.8 臨界車距(Critical Gap)及跟進時間(Follow-up Time)

支道駕駛員若無路權則可能須利用主道車輛之間的空隙來匯入或穿過主線車流。為分析這種行為方便起見，一般的分析方法假設主道上之車距小於一特定值時，所有駕駛員不能利用該車距，但車距大於特定值時，每一駕駛員會利用該車距。此特定的車距稱為臨界車距。如果主線之車距能讓多輛車使用，則支道車輛間之車距稱為跟進時間。

訂定臨界車距的方法不一致，例如美國 Transportation Research Board (TRB) 1985 年之公路容量手冊[9]將臨界車距定為被駕駛員接受之車距的中間值(median)。TRB 2000 年的容量手冊[10]則將臨界車距定為主線上能讓一輛支線車輛匯入或穿過之最小車距。交通界對如何分析車距接受(gap acceptance)行為的問題有不少的研究[11,12,13,14,15,16,17]。

分析車距接受行為之一困擾是支道駕駛員有時面臨後段車距，有時面臨車距，而且一駕駛員可能拒絕了好幾個車距之後才接受一車距，接受的車距又可能比被拒絕的車距還短。為了克服這困擾，Raff[11]只考慮後段車距，並且將臨界車距 t_C 訂為後段車距大於 t_C 但被拒絕的次數等於後段車距小於 t_C 但被接受的次數時的車距。Drew[14]則考慮每一駕駛員所拒絕的最長車距及最終接受的車距，實際能被接受的車距理應在此兩車距之間。根據Drew之建議，臨

界車距的估計方法如圖 2-16 所示。

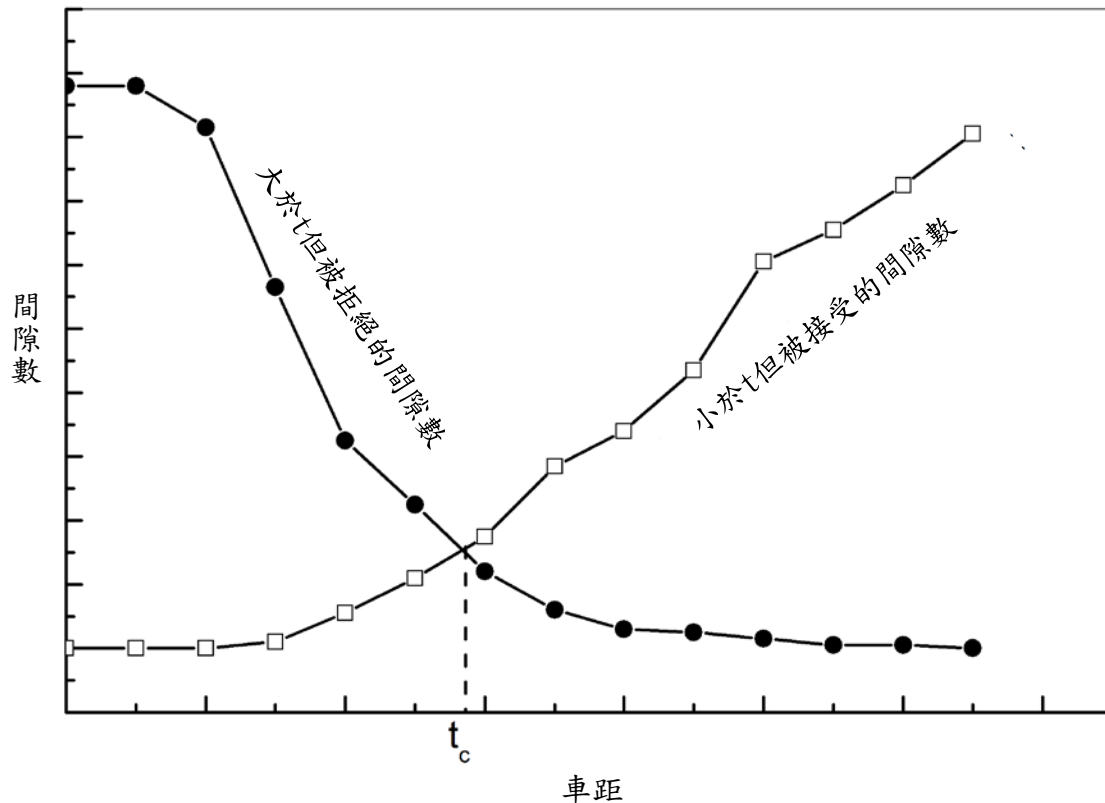


圖 2-16 臨界車距 t_c 估計方法示意圖

2.3.9 號誌週期長度(Cycle Length)、時相(Phase)、綠燈時段(Green Interval)、黃燈時段(Yellow Interval)、及全紅時段(All-red Interval)

為了減少危險衝突，號誌控制須在一段時間內只讓特定車道上的車輛或特定的行人群進入交叉口，這一段時間稱為一時相。一時相可讓車輛專用、行人專用，或人車共用。車輛專用或人車共用的時相一般分成綠燈、黃燈及全紅三時段。黃燈時段警告車輛駕駛人及行人紅燈號即將顯示，屆時將失去通行路權。全紅時段讓在黃燈時段段結束後，還在交叉口內的車輛離開，然後讓下一時相之車輛得到綠燈時段。在全紅時段中，所有行進方向的駕駛員同時看到紅燈。

最單純的號誌控制有二時相，從第一時相綠燈開始到綠燈又回到第一時相所需的時間稱為週期長度。通常各時相的黃燈及全紅時段為固定值，定時號誌控制(pretimed or fixed-time control)在一長時間內讓各時相的綠燈時段固定不變。觸動化號誌(traffic-actuated signal)或適應性號誌(adaptive signal)的綠燈隨週期而變，因此沒有固定的週期長度。

2.3.10 停等車疏解車距(Queue Discharge Headway)、飽和車距(Saturation Headway)及飽和流率(Saturation Flow or Saturation Flow Rate)

如圖 2-17 所示，在一號誌之紅燈期間，車輛可能形成一停等車隊，綠燈時段開始之後，在第 1 停等位置的車輛先進入交叉口，隨後各停等位置的車輛依序進入交叉口。這現象稱為停等車隊的疏解。

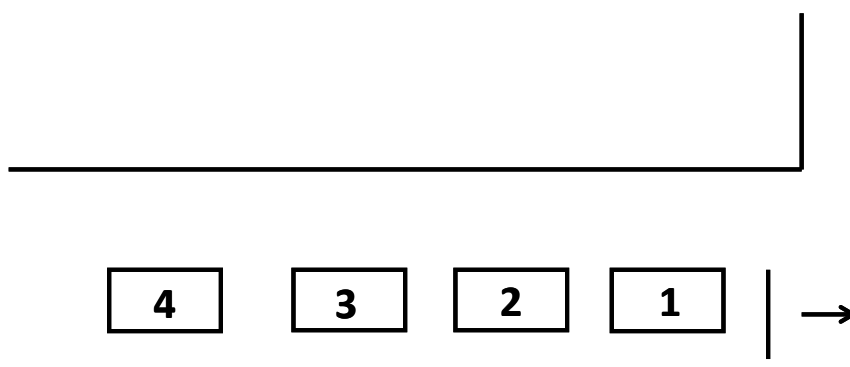


圖 2-17 停等車隊示意圖

如果將一停等車車尾通過停止線的時間定為該車的疏解時間，則第 1 車之疏解時間為從綠燈開始到該車車尾通過停止線所需的時間，此時間亦稱為第 1 輛車之疏解車距。第 1 輛車之後，第 i 輛停等車的疏解車距等於其疏解時間 t_i 與其前車(第 $i-1$ 輛)疏解時間 t_{i-1} 之差距($t_i - t_{i-1}$)。現場調查時，車尾的實際位置有時難以確定，在這情況下，疏解時間可用後輪當基準。

在第 1 停等位置的車輛通常有較高的平均疏解車距，隨後停等車的平均停等車距逐漸減少。傳統分析號誌作業的方法[9,10]假設第 4 或第 5 停等位置後之車輛的平均疏解車距會趨近一大致穩定的平均值，如圖 2-18 之 H_s 所示，此穩定平均疏解車距稱為飽和車距。如飽和車距等於 H_s 秒，則相關之飽和流率等於 $3,600/H_s$ (輛/小時)。

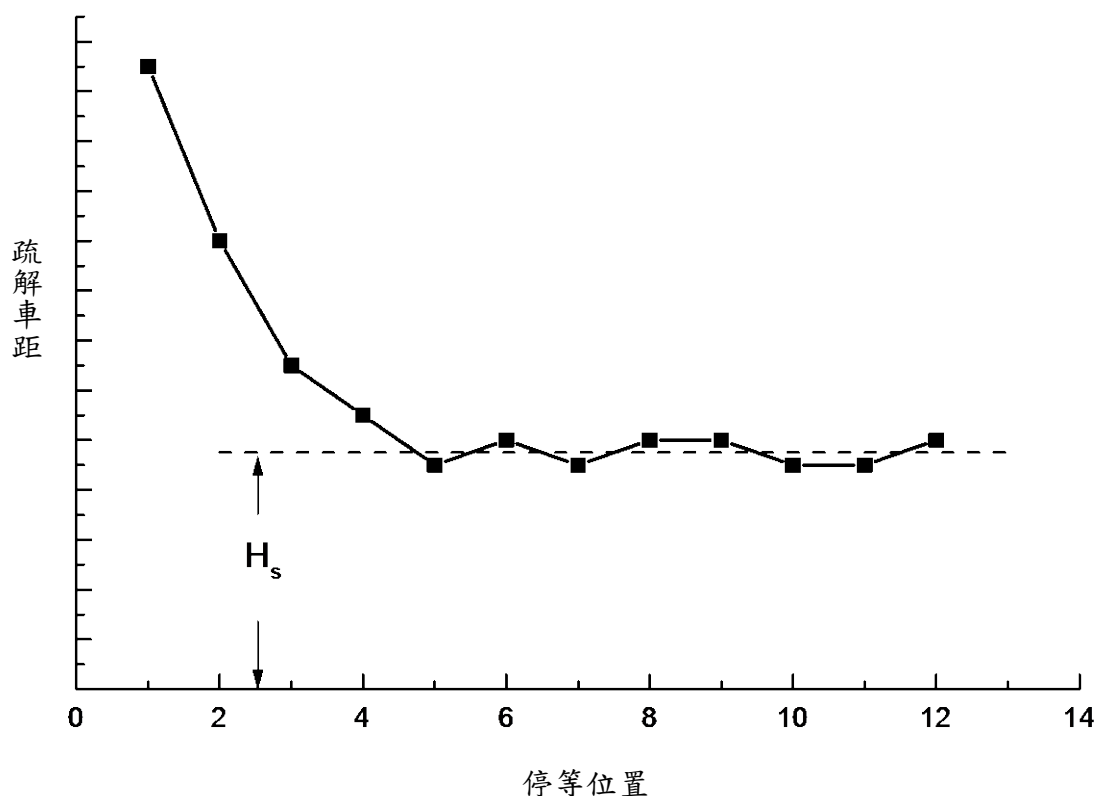


圖 2-18 停等疏解車距隨停等位置變化的傳統觀念

根據上述的傳統觀念，在一時相中之停等車疏解率隨時間變化的特性如圖 2-19 所示。綠燈時段 G 開始之後，疏解率迅速上升，達到一穩定的飽和流率 Q_s ，然後在黃燈時段 Y 及全紅時段 AR 降到零。圖 2-19 流率曲線與橫軸所造成的面積代表在一時相中最多能疏解的車數，此面積可用圖中一正方形的面積來替代。圖中 A_1 的面積若等於 A_2 的面積，則 L_1 代表起動疏解時的損失時間 (Start-up lost time)。如 B_1 的面積等於 B_2 的面積，則 L_2 代表燈號轉換期間(亦即黃燈及全紅時段)的損失時間， L_1 及 L_2 之和代表一時相的損失時間。一時相的有效綠燈 G_e 則等於時相之長度($G+Y+AR$)減掉損失時間(L_1+L_2)。

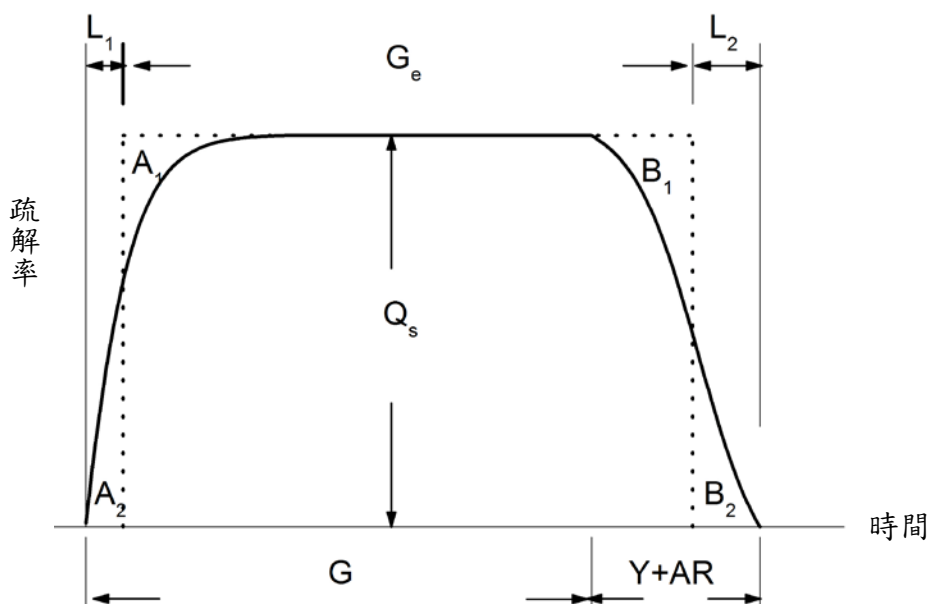


圖 2-19 傳統停等車疏解之觀念

如果傳統的停等車疏解特性可合理的代表實際的疏解特性，則一車道的容量可很方便的估計如下：

$$Q_{\max} = Q_s \frac{G_e}{C} \quad (2.12)$$

此式中，

$Q_{\max}$ =容量(輛/小時/車道)，

Q_s =飽和流率(輛/小時/車道)，

G_e =有效綠燈(秒)，

C =週期長度(秒)。

但是傳統的疏解觀念常與實際的疏解特性有顯著的差異。以美國紐約州長島 3 個號誌化路口為例，圖 2-20 顯示平均疏解車距持續下降，並沒有在第 4 或第 5 停等位置之後就呈現穩定狀況的現象[18]。本所在臺灣蒐集的現場資料也顯示除了左轉車流有非常少的例外之外，市區及郊區停等車隊疏解率沒有達到一穩定飽和流率的狀況[19,20,21]，如圖 2-21 所示。因此式 2.12 估計車道容量的方法不適用於分析臺灣的號誌化路口。比較簡單又可靠的方法是根據如圖 2-22 所示之疏解車數與綠燈長度(及黃燈、全紅時段)的關係來估計一

時相內可疏解之最大車數。

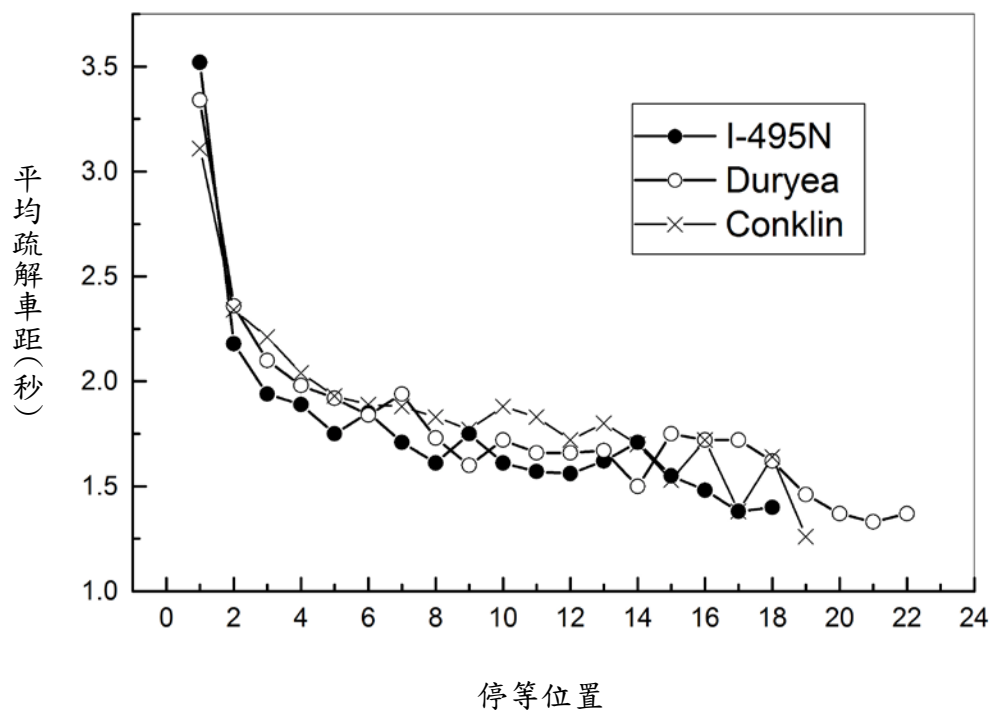


圖 2-20 紐約州長島 3 個號誌化路口停等車疏解車距之特性

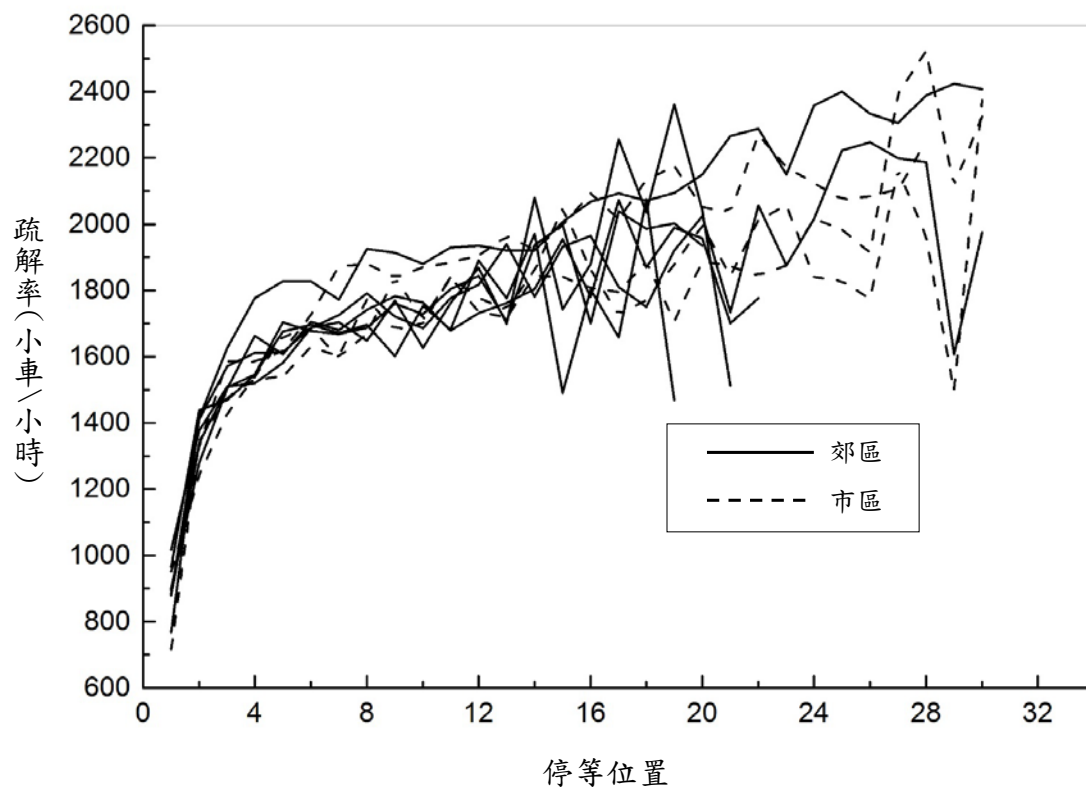


圖 2-21 臺灣市區及郊區直行停等車疏解率之特性

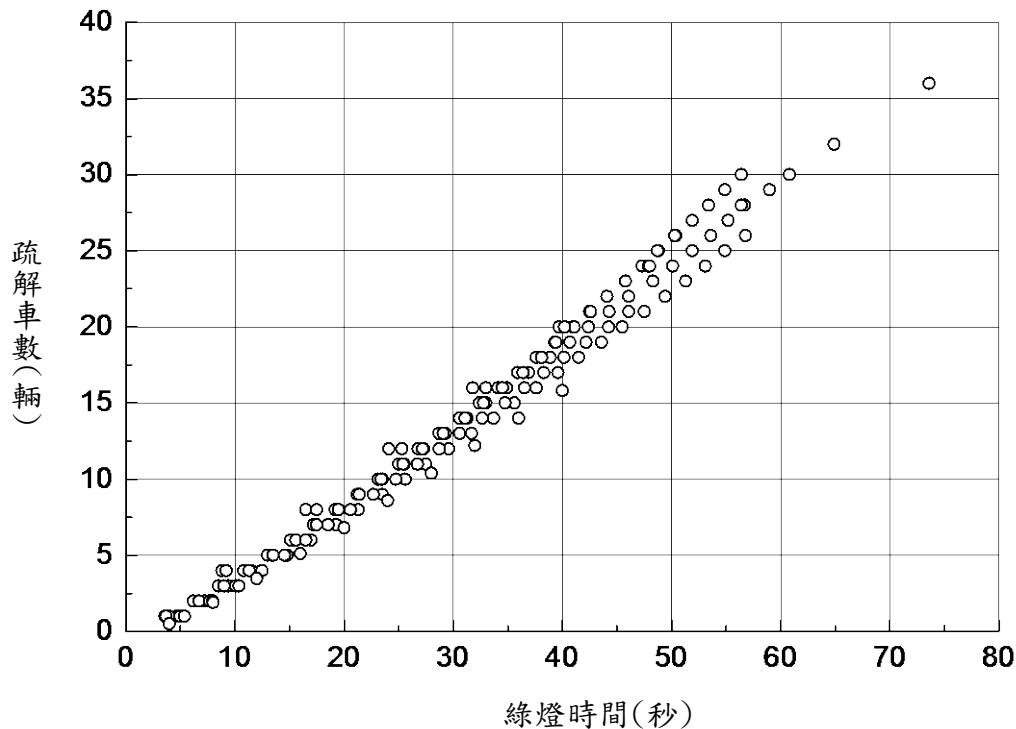


圖 2-22 停等車疏解車數與綠燈時段之關係樣本

2.3.11 交叉口車輛延滯(Delay)

廣義而言，車輛延滯代表因車輛不能以自由速率行進而增加的旅行時間。延滯可能是在正常車流中車與車之間的干擾所造成，也可能是因受號誌或「停」、「讓」控制所造成。

圖 2-23 顯示一車輛行向並通過一交叉口時的三個可能軌跡。AB代表車輛能以自由旅行速率持續行進並在瞬間 t_1 通過S點之停止線的情況。AC代表車流中車與車顯著干擾，因此車輛只能以比自由速率低的速率持續行進，在瞬間 t_2 通過停止線。AD代表車輛須減速、停等，然後加速在瞬間 t_5 時通過停止線的情況。車輛延滯的性質可能從這些軌跡來探討。

圖 2-23 中 t_5 與 t_1 的差距代表因車與車之間互相干擾及交通控制的約束所造成從A點行向並通過S點時的總延滯， t_5 及 t_2 的差距則代表交通控制的約束所造成的延滯。這兩種延滯不容易從現場調查來估計，因為必須先估計平均自由速率或因車與車之間互相干擾所產生的平均速率，才能估計 t_1 及 t_2 。建立分析性模式(analytical model)來估計 $t_5 - t_1$ 或 $t_5 - t_2$ 之平均值也相當困難。

圖 2-23 中之停等延滯等於車輛受阻擋而不能前進的時間。此延滯不包括因減速及加速所產生的額外旅行時間，但從駕駛員的立場而言，停等時間是很難以接受的行車狀況。此外，停等延滯的現場調查比較容易，因此適用於評估阻斷性車流的設施。

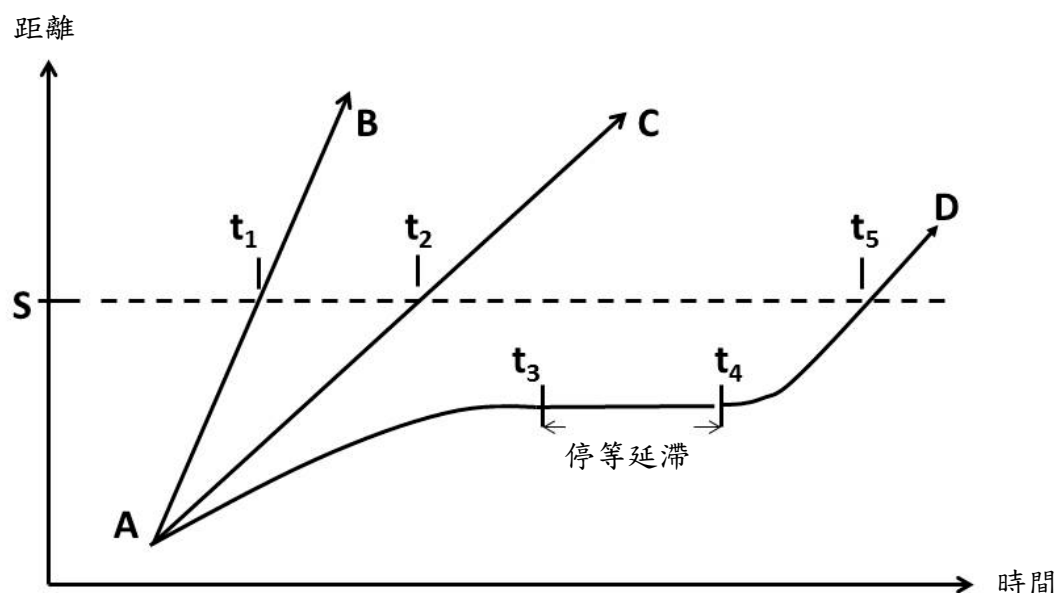


圖 2-23 車輛軌跡示意圖

2.3.12 小客車當量(Passenger Car Equivalent or PCE)及小客車當量數(Passenger Car Unit or PCU)

目前各國使用的容量分析方法常依賴分析性模式。為分析方便，不同車種常用小客車當量轉換成對等小客車。公路上之車種相當多，如果考慮每一車種，則分析方法變成很複雜，不易應用，而且建立分析方法所需的資料相當龐大。在這些限制下，本手冊有幾章只將車種分成小車及大車。小車包括小客車、廂型車及輕型小貨車。大車則包括大客車、大貨車及聯結車。將來有必要時可大量蒐集資料以細分車種。本手冊所指之小客車當量實際上是小車當量。

一車種的小客車當量可從許多不同的角度來衡量[22,23]。例如一交叉口的車道在大車(或機車)比例為 P_1 時之飽和容量為 Q_1 ，大車(或機車)比例為 P_2 時之飽和容量為 Q_2 ，而每大車(或機車)之小客車當量為 E ，則下列關係必須

存在：

$$Q_1(1-P_1)+Q_1P_1E=Q_2(1-P_2)+Q_2P_2E \quad (2.13)$$

換言之，大車(或機車)之小客車當量可估計如下：

$$E = \frac{Q_2(1-P_2)-Q_1(1-P_1)}{Q_1P_1-Q_2P_2} \quad (2.14)$$

但如將大車(或機車)轉換成小客車的目的在於估計平均延滯，則從式 2.14 所求得之小客車當量不一定適用。

如果訂定小客車(或小車)當量的目的是比較同一車道中小車及大車對作業績效的相對影響程度，則在一車流中小車跟隨小車之平均車距及大車跟隨小車或大車跟隨大車的平均車距可用來訂定大車的小車當量。例如小車跟隨小車之平均車距為 2 秒，大車跟隨小車或大車跟隨大車的平均車距為 4 秒，則大車的小車當量為 $4/2=2$ 。如欲詳細分析，則小車跟隨小車、小車跟隨大車、大車跟隨小車及大車跟隨大車的個別平均車距可從現場調查資料來估計。然後用小車跟隨小車的平均車距為基準以訂定不同跟車狀況下的當量。這種方法在應用上比較困難。

機車在車道寬超過大約 2.5 公尺之車道上有併行的可能。併行的可能性預期會隨機車比例之增加而增高，其相關每機車所擁有的平均車距也隨著減低。換言之，機車之小車當量會隨車道寬及機車比例而變，機車比例越高，其當量越低。

分析非阻斷性車流之工作常用在平坦路段、沒有大車而且車流穩定狀況下之代表性流率與速率關係作基準。如果一分析路段有顯著的坡度或有大車，則訂定適當的小車當量會遭遇到困擾。假設圖 2-24 的曲線代表上述基準狀況下之流率與速率關係，而且一爬坡道之流率為 $Q_1=250$ 輛/小時，車輛中 60% 為大車，車流的平均速率為 55 公里/小時，則爬坡道的車流轉換成在平坦路段之對等小車流率 Q_2 後，對等小車流率之相關平均速率也應該是 55 公里/小時。但是 55 公里/小時之車流在平坦路段時可能已進入不穩定，在這情況下，通常沒有可靠的資料訂定 Q_2 及大車的小車當量。

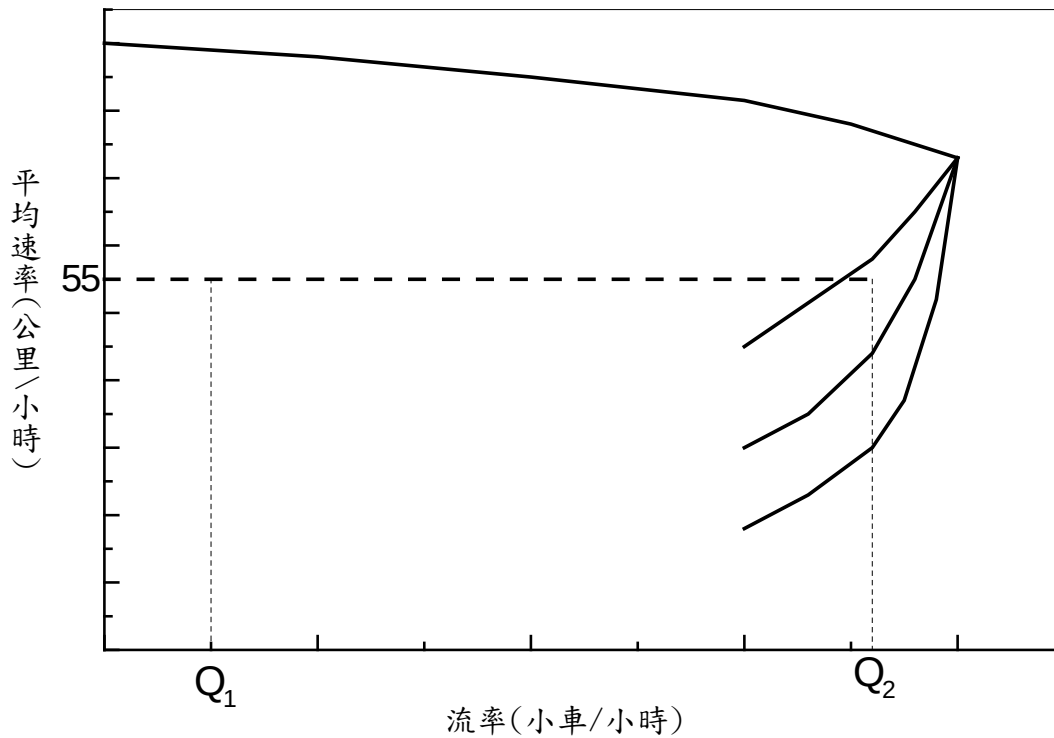


圖 2-24 訂定對等小車流率 Q_2 之小車當量潛在問題示意圖

德國交通界認為小客車當量不適合德國的交通狀況，所以德國之公路容量手冊[24]不採用小客車當量之觀念。

為方便起見，交通調查資料常將所有車輛用小車當量轉換成小客車當量數。轉換的方法如下：

$$PCU = \sum Q_i E_i \quad (2.15)$$

此式中，

PCU = 小客車當量數(小車)，

Q_i = 車種 i 之總車輛數(輛)，

E_i = 車種 i 之小客車當量。

目前沒有可靠的資料估計台灣坡度路段上各車種之小車當量。因此不宜直接根據式 2.15 之估計值評估坡度路段之交通運作。

2.4 容量分析

規劃、設計一新公路，或評估現存公路以訂定改善策略時，須了解在一特定的車流、幾何、交通控制及其他狀況下，公路設施所提供之服務品質。設計或評估行人設施時也需有類似的資料。容量分析的目的在於提供這些有關服務品質的資料，而不是只估計容量。

服務品質指從使用者眼光所感受之交通運作的好壞。這些服務品質所包括的範圍很廣，例如安全性、速率、舒適程度、延滯時間、停車時間及頻率、行車資訊、旅行時間之變異性等。為了提供客觀的評估，服務品質需用特定的績效指標(measure of effectiveness or MOE)來衡量。

2.5 績效指標之選擇

不同性質之交通設施需用不同的指標來衡量，同一類型的設施也可從不同的角度用不同的績效指標來評估。以雙車道的容量分析為例，目前各國正在使用或曾被建議使用之其中一些指標包括[9,25, 26,27,28]：

- 延滯百分比(percent time delay)
- 跟車百分比(percent follower)
- 平均速率(average travel speed)
- 平均旅行速率與自由速率之比例
- 跟車密度(follower density)
- 車流密度(traffic density)
- 超車比例(overtaking ratio)

適用於容量分析的績效指標需有四個特性。第一，指標必須能反映使用者對服務品質感受的程度。第二、指標必須能讓交通機關容易使用來協助規劃、設計或評估的工作。第三，績效指標值需能直接從現場調查的資料來訂定。第四、績效指標值需能用一分析性模式或模擬模式來估計。

本手冊之容量分析方法仍在演變之中，將來更新的分析方法傾向用需求

流率與容量的比值(volume/capacity ratio 或 V/C ratio)來反映路段壅塞的程度，並用速限及平均速率的差距代表行車效率。交叉路口之評估將統一使用平均停等延滯。市區有阻斷性車流的道路也宜根據速限與平均速率的差距來評估。公車及行人設施需另外從使用者的立場選擇適用的績效指標，如平均服務車距、平均佔有面積、及平均速率。

2.6 服務水準等級

容量分析所得的績效指標值可直接用來協助規劃及設計或建立改善策略的工作。例如分析結果若顯示一路段之車流可維持 80 公里/小時的平均速率，則此速率很顯然的可直接用來判斷分析路段的服務品質是否符合要求。

但是臺灣交通界長久以來已習慣將服務品質分等級的做法，所以本手冊的分析方法也根據績效指標的估計值，劃分服務水準等級。如一設施可用單一績效指標來評估，則服務品質可劃分為 A, B, C, D, E 及 F 級。A 級代表最佳的服務水準，F 級為最差的水準。如同一設施需用另一指標來評估，則其相關服務品質可分成 1, 2, 3, 4, 5, 6 級。其中，第 1 級為最佳，而該設施之合成服務水準可用 A1, A2, B2 等來代表。

服務水準的等級劃分常有主觀性，例如平均延滯是否必須在 10 秒以下或 15 秒以下才能算是 A 級或是第 1 級的服務水準，並沒有客觀條件來確定。但只要交通界用同樣的標準來分等級，這困擾不會成為應用分析結果的問題。

劃分服務水準等級會產生一比較難以處理的問題。這問題是績效指標值有極小的變化時，服務水準可能升或降一級，但實際的服務品質並無實質的差別。在這情況下，分析結果的使用者宜考慮外在因素(如財源、民眾之要求、設施之重要性等)來做決定。

2.7 分析性模式(Analytical Model)及模擬模式(Simulation Model)

分析單純的交通作業時，本手冊採用以公式及圖表為基礎之分析性分析方法。但許多交通作業，如號誌控制、坡度路段的車流及郊區雙車道上之超車行為，需利用電腦模擬模式直接當作分析工具或協助發展分析性模式。分析性分析方法常涉及許多步驟，方法之使用容易產生錯誤。應用模擬模式之前必須建立一輸入檔，輸入檔的建立也容易發生錯誤。

為了協助公路容量之分析工作，本所提供公路交通系統模擬模式、公路坡度路段模擬模式，及臺灣公路容量分析軟體(*THCS*)。這些分析工具及相關說明檔可從本所之臺灣公路容量分析專區下載(<http://thcs.iot.gov.tw:8080/Thcs/>)。

參考文獻

1. Federal Highway Administration, *Traffic Detector Handbook*, Third Edition-Volume 1, FHWA-HRT-06-108, October 2006.
2. Lin, F. B., Su, C.W., Chen, C-F., and Huang, H. H., “*Analysis of Traffic Flow Characteristics on Sun Yat-Sen National Freeway for Capacity and Level-of-Service Analysis*,” *Transportation Planning Journal*, Vol. 22, No. 4, December 1993, pp. 445-478.
3. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(3/3)」，105-085-2289，民國 105 年 9 月。
4. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, fifth edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2011.
5. *Computer Programs for Urban Transportation Planning*, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., 1977.
6. Edwards, Jr., J. D., editor, *Transportation Planning Handbook*, 2nd ed., Institute of Transportation Engineers, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1999.
7. Solberg, P., and Oppenlander, J. C., “Lag and Gap Acceptances at Stop-controlled Intersections,” *Highway Research Record* 118, 1966, pp. 48-67.
8. Pignataro, L. J., *Traffic Engineering, Theory and Practice*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1973.
9. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, Washington, D. C., 1985.
10. *HCM2010 Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board,

Washington, D.C., 2010.

11. Raff, M. A., *A Volume Warrant for Urban Stop Signs*, ENO Foundation, 1950.
12. Bissell, H. H., *Traffic Gap Acceptance from a Stop Sign*, University of California Research Report, University of California, Berkley, California, May 1960.
13. Oppenlander et al., "Sample Size Requirements for Vehicular Speed," *Highway Research Board Bulletin 281*, 1961.
14. Drew, D. R., *Traffic Flow Theory and Control*, McGraw-Hill, 1968.
15. Akcelik, R., "A Review of Gap-Acceptance Capacity Models," 29th Conference of Australian Institute of Transportation Research, Adelaide, Australia, December 5-7, 2007.
16. Pollatschek, M. A., Polus, A., and Livneh, M., "A decision model for gap acceptance and capacity at intersections," *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 36, Issue 7, August 2002, pp. 649-663.
17. Research and Innovative Technology Administration, *Macroscopic Review of Driver Gap Acceptance and Rejection Behavior at Rural Thru-Stop Intersections in the US – Data Collection Results for Eight States*, CICAS-SSA Final Report No. 3, U.S. Department of Transportation, August 2010.
18. Lin, F. B., Thomas, D. R., "Headway Compression During Queue Discharge at Signalized Intersections," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1920, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2005, pp.81-85.
19. Lin, F. B., P. Y. Tseng, and C. W. Su, "Variations in Queue Discharge Patterns and Their Implications in Analysis of Signalized Intersections," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1883, Transportation Research Board, Washington, D. C., 2004, pp.192-197.

- 20.交通部運輸研究所，「市區號誌化路口容量分析級服務水準之研究(1/2)」，95-113-1235，民國 95 年 7 月。
- 21.交通部運輸研究所，「臺灣地區多車道郊區公路容量及特性研究(三)」，94-78-1221，民國 94 年 6 月。
- 22.Krammes, R. A., and Crowley, K. W., “ Passenger Car Equivalents for Trucks on Level Freeway Segments,” *Transportation Research Record 1091*, Transportation Research Board, Washington, D. C., 1987, pp.10-17.
- 23.McShane, W. R., and Roess, R. P., *Traffic Engineering*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
24. *FGSV: Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual)* HBS 2001, Forschungsgesellschaft fuer StrassenundVerkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2005.
- 25.交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(2/3)」，104-86-1353，民國 104 年 7 月。
26. van As, C. *The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service on Two-Lane Undivided Highways in South Africa*, Project Summary, South African National Roads Agency, Limited, Pretoria, 2003.
27. Morrall, J. F., and Werner, A., “Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtakings,” *Transportation Research Record 1287*, Transportation Research Board, Washington D.C., 1990, pp.62–69.
- 28.Al-Kaisy, and Karjala, S., “Indicators of Performance on Two-Lane Rural Highways : Empirical Investigation,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2071, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008, pp.87–97.

附錄 C

公路容量手冊第十二章 「郊區雙車道公路」 修訂版

附錄 C、公路容量手冊第十二章「郊區雙車道公路」 修訂版

目 錄

	頁次
12.1 緒論	12-1
12.2 一般性幾何設計及交通狀況	12-2
12.3 績效指標及服務水準劃分標準	12-5
12.4 單純路段之分析	12-7
12.4.1 訂定分析狀況	12-9
12.4.2 估計對等(equivalent)小車流率	12-10
12.4.3 估計平均自由速率	12-11
12.4.4 估計容量及 V/C 比	12-14
12.4.5 估計平均速率及與速限之差距	12-14
12.4.6 訂定服務水準等級	12-15
12.5 複雜路段之分析	12-15
12.6 應用範例	12-22
12.6.1 範例一	12-22
12.6.2 範例二	12-25
12.6.3 範例三	12-25
12.6.4 範例四	12-27
參考文獻	12-29

圖 目 錄

	頁次
圖 12-1 郊區雙車道公路樣本.....	12-3
圖 12-2 台 18 線及縣 151 線雙車道公路之流率與速率關係	12-5
圖 12-3 平坦路段快車道(或混合車道)上流率與速率之關係.....	12-7
圖 12-4 平坦路段機車之小車當量	12-11
圖 12-5 側面磨擦係數與速率之關係	12-13
圖 12-6 平均自由速率 73 公里/小時之相關流率與速率關係	12-15
圖 12-7 代表性小車上坡時速率與旅行距離之變化	12-20
圖 12-8 代表性大客車上坡時速率與旅行距離之變化	12-21
圖 12-9 代表性大貨車上坡時速率與旅行距離之變化	12-21
圖 12-10 代表性聯結車上坡時速率與旅行距離之變化	12-22
圖 12-11 範例四之輸入流率與輸出流率之模擬	12-28

表 目 錄

	頁次
表 12-1 第十二章修訂版服務水準劃分標準	12-6
表 12-2 速率超過臨界速率時圖 12-3 流率 Q (小車/小時)與平均速率 V (公 里/小時)之估計模式	12-錯誤! 尚未定義書籤。
表 12-3 單純路段快車道(或混合車道)之容量及臨界速率.....	12-8
表 12-4 2016HTSS 模式輸入檔樣本.....	12-17
表 12-5 2016HTSS 模式輸出檔之樣本.....	12-18
表 12-6 郊區雙車道公路代表性車輛之車重及馬力	12-19

第十二章 郊區雙車道公路

12.1 緒論

郊區雙車道公路指在市郊或城市之間，單向只有一車道能讓小車及大車使用之公路。這種公路中，有許多在兩側設有機慢車道。如沒有機慢車道，則所有車種共用的車道可稱為混合車道。有機慢車道時，供小車及大車使用的車道稱為快車道，但快車道上也可能有機車。

一般而言，郊區雙車道公路之幾何設計標準不高，常有陡的坡度路段及曲率半徑很短的平曲線。因為單向只有一供小車及大車使用的車道，非機慢車須在有適當的機會時才能佔用對向車道或利用有增設短車道之路段來超車。沒有超車機會時，因慢車擋快車，下游地點之平均車速會有逐漸降低的現象。

郊區雙車道公路的運作受需求流率、駕駛行為、幾何設計(如車道寬、坡度、坡長、曲率半徑)、車種組成及車輛之爬坡性能等因素的影響。這些因素有無窮的組合，其互動關係也複雜，因此分析郊區雙車道公路須依靠電腦模擬或根據電腦模擬的結果所建立的分析方法[1,2,3,4]。2011 年臺灣公路容量手冊[5]分析郊區雙車道公路的方法係根據美國 Transportation Research Board (TRB)1985 年之公路容量手冊的分析方法[6]。TRB1985 年之分析方法因不適用於美國的環境，已被新的方法所取代[7]。2011 年容量手冊的分析方法除了陳舊、缺乏本土性資料之外，也不能有效的分析有坡度或平曲線之路段。本章提供一改良的分析方法。

本章將分析對象分成單純路段及複雜路段。單純路段指平坦、幾何設計均勻而且沒有超車行為的路段；其他路段視為複雜路段。如果自由速率不超過 80 公里/小時，則任何一點的曲率半徑皆超過 300 公尺的路段可視為幾何設計均勻的路段。不論曲率半徑的長短，如果一分析路段只包含單一平曲線，則該路段亦為幾何設計均勻的路段。複雜路段包括所有有坡度的路段、有超車行為之路段及其他幾何設計不均勻(如有一連串曲率半徑不同之平曲線)的路段。

單純路段的分析不必依靠電腦模擬；複雜路段的分析則須利用本所發展的 2016 年交通系統模擬模式(2016 Highway Traffic Systems Simulation Model, 簡稱 2016HTSS 模式)[8,9]。原則上，有分析性方法可用時，就不要用 2016HTSS 模式。

因為目前有關郊區雙車道公路車流特性的資料仍不足，所以本章的分析方法須根據後續研究工作的成果加以更新。後續研究工作的重要對象包括：(1) 平均自由速率與速限及其他行車環境的關係；(2) 車速隨平曲線曲率半徑及坡度的變化；(3) 有機慢車道時，機車之車道使用特性。

郊區雙車道公路有交叉路口。本章的分析對象限於不受路口運作影響之非阻斷性車流路段。分析郊區雙車道號誌化及非號誌化路口的方法建立之後，可分別納入容量手冊之第十三章及第十四章。

12.2 一般性幾何設計及交通狀況

郊區雙車道公路部分受交通部公路總局管轄養護，部分由地方政府負責。分析 103 年度公路總局公路交通量調查統計表[10]，省道雙車道公路的車道寬、路肩寬及機、慢車道的設置有下列狀況：

1. 最常見的快車道(或混合車道)寬度在 3.3~3.8 公尺之範圍。有些車道寬只有 2.8 公尺(如花蓮縣台 8 線 186K+500 太魯閣口)，但車道寬也可能超過 5 公尺(如嘉義縣台 18 線 77K+090 十字路)。
2. 路肩寬通常不超過 2 公尺，許多路肩寬在 0.2~0.5 公尺之範圍。因此多數的路肩不能讓小車安全的停靠，如圖 12-1 所示。
3. 機慢車道寬很少超過 2.5 公尺，常見的寬度在 1.8~2.2 公尺之範圍。公路總局之調查路段中，南投縣及以北地區大約只有 15% 設有機慢車道，南投縣以南之地區則超過半數設有機慢車道。

縣道郊區雙車道公路的快車道(或混合車道)可能與省道沒有大的差別。以新北市之縣 108 線為例，多數地點的車道寬在 3.4 及 3.9 公尺之間，有些地點之車道寬高達 6.4 公尺。路肩寬很少超過 2 公尺。



圖 12-1 郊區雙車道公路樣本

不論省道或縣道，郊區雙車道公路常在丘陵區或山嶺區，因此經常有一連串的坡度路段及平曲線。例如桃園市復興區台 7 線約 2 公里長的路段中，坡度多數在 5%與 10%之間，而且大約有 70%的平曲線半徑在 19~82 公尺之範圍內[8]。新北市林口區縣 108 線上，一長約 2.5 公里的路段中共有 63 個曲率半徑不到 3,000 公尺之平曲線，其中 43 個平曲線的曲率半徑不到 150 公尺，最短的曲率半徑只有 9 公尺[9]，此路段之平均坡度大約為 5.5%。

公路總局的調查資料顯示多數雙車道公路的雙向每日流量不超過 7,000 小車。即使在市區內，每日流量沒有超過 26,000 小車當量之路段。相關的車流狀況有下列性質：

1. 流量之方向係數很少超過 0.53。但臺中市台 8 線在佳陽調查站(青山及梨山之間)的係數高達 0.67。
2. 尖峰小時雙向流量(小車當量)很少超過 2,500 輛。多數地點的尖峰小時流量在 1,500 輛以下。基隆市台 2 線大武崙調查地點的情況特殊，其尖峰小時流量達 3,706 輛。
3. 多數地點之尖峰小時流量係數在 0.05 及 0.15 之間，超過 0.20 的地點很少。但是新北市台 2 丙線在十分寮地點之係數高達 0.388，這係數表示將近 40%之每日流量集中在尖峰小時內。

4. 調查資料不包括尖峰小時係數(peak-hour-factor)，亦即尖峰小時流率與尖峰 15 分鐘流率之比值。因尖峰小時流率不高，此係數可能在 0.9 左右。
5. 全天車流中，機車比例隨地點的變化相當大。一般而言，機車比例相當高。大約 40 %以上調查地點的機車比例超過 30 %。有不少調查地點的機車比例超過 50%。
6. 全天車流中，大客車的比例多數在 2.5%以下，但也可能超過 10%。
7. 全天車流中，多數的大型貨車為單體大貨車，其比例一般也不到 2.5%。超過 5%的情形不多，但是在新北市台 9 線碧湖的大貨車佔 16.6%。全聯結車幾乎不存在。

郊區雙車道公路的流率很少有超過容量的情形，因此很難蒐集現場資料來估計容量。德國長雙車道公路的單向容量大約在 1,200~1,400/小時之範圍，雙向容量不太可能超過 2,500 輛/小時[11]；日本雙車道快速道路的單向容量只有 1,100~1,180 輛/小時[12]。美國 TRB2000 年之公路容量手冊[7]將雙車道公路單向容量訂為 1,700 小車/小時，雙向容量則限定為 3,200 小車/小時。

為了估計郊區雙車道公路的容量，本所在 2008 年及 2009 年春節期間蒐集平坦雙車道公路上的流率與速率關係，調查地點包括南投縣從鹿谷往溪頭縣 151 線之 1.55K 處及阿里山公路(台 18 線)31+900K 處。這兩處的速限皆為 50 公里/小時，車道寬各為 3.8 公尺及 3.6 公尺。縣 151 線地點之路肩在 0.5~1.0 公尺之範圍，台 18 線地點沒有路肩。調查結果如圖 12-2 所示[13]。因為資料仍不夠充分，所以兩調查地點的單向容量難以確定，但可能在 1,500 小車/小時左右。

平均自由速率較高的路段一般會有較高的容量。因此坡度、坡長、平曲線之曲率半徑皆為影響容量之因素。其他狀況，如車道寬及路肩寬，也可能影響容量。但是車道寬及路肩寬的影響程度難以估計。本章的分析車道寬在常見的 3.3~3.8 公尺之範圍。在這範圍內，本章假設車道寬及路肩寬不影響交通運作之效率。

郊區雙車道公路上之超車行為影響行車安全及公路之運輸功能。但是臺

灣缺乏有關超車行為的研究。因此 2016HTSS 模式的超車邏輯是參考國外文獻 [14,15,16,17]所描述的超車行為所建立。

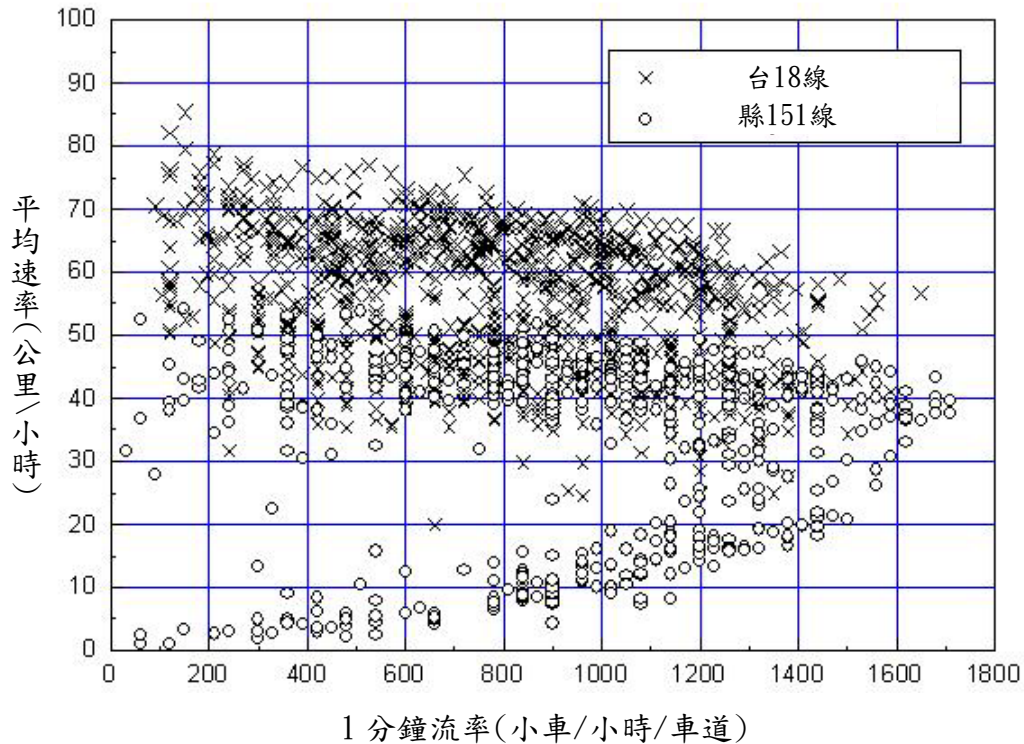


圖 12-2 台 18 線及縣 151 線雙車道公路之流率與速率關係

12.3 績效指標及服務水準劃分標準

績效指標之選擇除了須考慮績效指標是否能反映交通運作品質之外，也須考慮指標應用之難易程度。沒有任何指標能反映一公路在各種狀況下的服務品質，而且能滿足規劃、設計及評估之需要。一般而言，用路人最關心的服務品質是壅塞程度及速率。所以本章用兩個績效指標評估郊區雙車道公路的服務水準。

壅塞程度可用需求流率與容量的比值來衡量。此比值常稱為流量 (volume)/容量(capacity)比，或簡稱 V/C 比。V/C 比接近 0 時，車流密度很低，其相關壅塞程度也低。V/C 比接近但不超過 1.0 時，壅塞狀況相當高，車流可能隨時進入不穩定的狀況。理論上，V/C 比超過 1.0 時，容量不足以應付欲通過的流率，因而會造成塞車。

在有坡度或平曲線的路段上，V/C 比可能難以反映實際的服務品質。例如在一陡的上坡上，V/C 比低的情況下，速率也低。因此從 V/C 比的立場而言，服務品質甚佳，但從速率的角度而言，服務水準並不理想。

駕駛員沒有絕對的自由選擇車速。因此車速高低所代表的服務品質須根據一受行車安全所限制之門檻速率來衡量。可考慮的門檻速率包括速限及平均自由速率。速限的應用簡便，因此本章採用平均速率與速限的差距評估速限所代表之服務品質。

速限的應用有一潛在問題。速限之訂定須考慮行車安全及駕駛員在自由旅行狀況下欲維持的速率。如果設定的速限太低，則平均速率與速限的差距可能難以分辨速限相同路段之服務品質。這問題可用平均自由速率當門檻值來解決。但平均自由速率難以準確的預估，其現場調查也增加應用的困難，因此本章不用平均自由速率劃分服務水準等級。

根據 V/C 比及平均速率與速限差距所訂定的服務水準等級須用一合成等級來代表。例如一路段的服務水準等級為 A3，則表示該路段的壅塞程度很低 (V/C 比不超過 0.35)，其平均速率最低等於速限減 2 公里/小時，最高低於速限加 3 公里/小時。一般而言，平直路段的 V/C 比越低，平均速率會越高。

表 12-1 第十二章修訂版服務水準劃分標準

績效指標 V/C 比	服務水準等級	績效指標 U(公里/小時)	服務水準等級
$V/C \leq 0.35$	A	$U \geq 8$	1
$0.35 < V/C \leq 0.60$	B	$3 \leq U < 8$	2
$0.60 < V/C \leq 0.85$	C	$-2 \leq U < 3$	3
$0.85 < V/C \leq 0.95$	D	$-7 \leq U < -2$	4
$0.95 < V/C \leq 1.0$	E	$-12 \leq U < -7$	5
$V/C > 1.0$	F	$U < -12$	6
$U(\text{公里/小時}) = \text{平均速率} - \text{速限}$			

12.4 單純路段之分析

分析單純路段所需的基本資料為圖 12-3 所示快車道(或混合車道)上之流率與速率關係。這些關係中，平均自由速率(流率等於 0 時之平均速率)各為 50 及 70 公里/小時之曲線係根據圖 12-2 所示的現場資料所建立。其他曲線為尚待用現場資料驗證的假設關係。圖 12-3 中穩定車流(平均速率隨流率的增加而降低)狀況之各曲線可用表 12-2 所列之公式來代表。從這些公式所估計的平均速率不能小於同一表中所列之臨界速率(亦即流率最高時之平均速率)。表 12-3 另外展示與平均自由速率相關之容量及臨界速率。

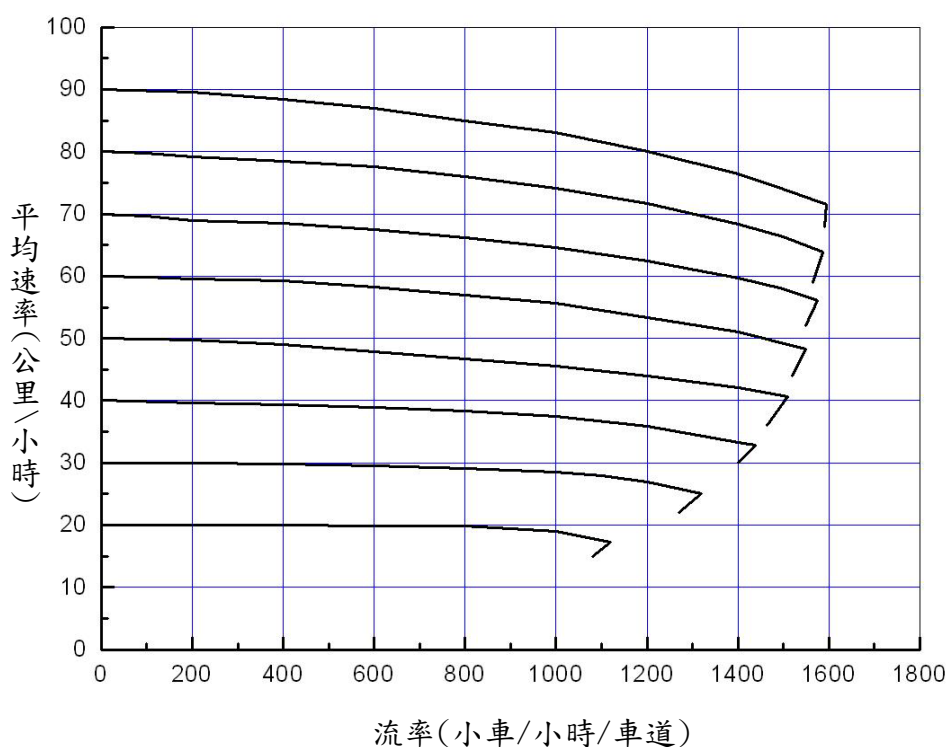


圖 12-3 平坦路段快車道(或混合車道)上流率與速率之關係

表 12-2 速率超過臨界速率時圖 12-3 流率 Q(小車/小時)與平均速率 V(公里/小時)之估計模式

平均自由速率 (公里/小時)	平均速率 V 之估計模式	臨界速率 (公里/小時)
90	$92.7 - 381.2 / (1 + e^{\frac{Q-3723.1}{744.8}})$	71.6
80	$81.3 - 158.6 / (1 + e^{\frac{Q-2875.9}{611.9}})$	63.9
70	$71.6 - 913.8 / (1 + e^{\frac{Q-4530.8}{724.9}})$	56.1
60	$61.0 - 73.8 / (1 + e^{\frac{Q-2450.5}{572.2}})$	48.3
50	$52.6 - 228.1 / (1 + e^{\frac{Q-4207.3}{931.1}})$	40.6
40	$40 - 46.0 / (1 + e^{\frac{Q-2085.6}{383.7}})$	32.8
30	$29.9 - 14.0 / (1 + e^{\frac{Q-1462.4}{202.8}})$	25.1
20	$20.0 - 6.4 / (1 + e^{\frac{Q-1151.0}{88.6}})$	17.3

表 12-3 單純路段快車道(或混合車道)之容量及臨界速率

平均自由速率 V_f (公里/小時)	容量 Q_{max} (小車/小時)	臨界速率 V_c (公里/小時)	平均自由速率 V_f (公里/小時)	容量 Q_{max} (小車/小時)	臨界速率 V_c (公里/小時)
90	1,594	71.6	50	1,510	40.6
80	1,587	63.9	40	1,439	32.8
70	1,574	56.1	30	1,319	25.1
60	1,550	48.3	20	1,120	17.3
$Q_{max} = -2775 + 4379 / (1 + e^{\frac{V_f + 16.222}{17.356}})$ $V_c = 1.792 + 0.776V_f$					

單純路段的分析對象只包括快車道(或混合車道)。如有機、慢車道，本章假設其服務水準與快車道(或混合車道)相近，因此不必另外分析。分析方法包括下列 4 個步驟。

12.4.1 訂定分析狀況

影響服務水準的因素很多。因為沒有充分的資料了解許多因素的影響程度，分析單純路段所須設定的狀況只限於需求流率、車種組成、速限、曲率半徑及超高率(Superelevation rate)。

需求流率指在尖峰 15 分鐘內欲使用快車道(或混合車道)的流率。評估現存路段時，此流率可從現場調查資料來訂定。如無現場資料可用，但尖峰小時流率及尖峰小時係數已知，則尖峰 15 分鐘之快車道(或混合車道)流率可估計如下：

$$Q_{15} = \frac{(1 - P_m)Q_{60} + P_m U_m Q_{60}}{PHF} \quad (12.1)$$

此式中，

Q_{15} = 分析方向尖峰 15 分鐘之快車道(或混合車道)流率(輛/小時)，

Q_{60} = 分析方向尖峰小時流率(輛/小時)，

P_m = 分析方向機車佔總車輛之比例，

U_m = 機車使用快車道之比例(混合車道之 U_m 等於 1.0)

PHF = 尖峰小時係數。

不同的分析路段有不同的車流特性，所以估計需求流率所需的資料最好參考分析路段所在地類似公路的狀況來估計。目前比較缺乏的資料包括 PHF 及 U_m 。如無法從現場調查直接估計 Q_{15} ，適用的 PHF 可能在 0.85 及 0.95 之間。至於 U_m ，目前沒有調查資料可參考。2016HTSS模式假設在有機慢車道的路段上，機車駕駛員會比較下游機、慢車道及快車道能用之空間，如果快車道上之空間比較理想，則機車會轉進快車道。根據此模擬行為，大約 25%之機車會使用快車道($U_m=0.25$)。

分析一尚在規劃中之路段時，式 12.1 中之尖峰小時流率可估計如下：

$$Q_{60} = (ADT)(1+i)^n(K)(D) \quad (12.2)$$

此式中，

- ADT = 基年平均每日流量(輛/日)，
- i = 每日流量之每年增加率(%/100)，
- n = 設計年(design year)與基準年之差距(年)，
- K = 尖峰小時流量係數(尖峰小時流量與全天流量之比值)，
- D = 車流方向係數。

常見的尖峰小時流量係數 K 在 0.09 及 0.13 之間。常見的車流方向係數在 0.50 及 0.53 之間。但這些係數的變異範圍不小，所以選擇適用值之前應參考分析路段附近類似公路之狀況。公路總局之統計資料可協助此工作。

12.4.2 估計對等(equivalent)小車流率

使用圖 12-3 之前必須將尖峰 15 分鐘流率 Q_{15} 轉換成對等小車流率。轉換的工作可根據下式：

$$(Q_{15})_e = Q_{15}[1 + P_{m2}(E_m - 1) + P_t(E_t - 1)] \quad (12.3)$$

此式中，

- $(Q_{15})_e$ = 快車道(或混合車道)之對等尖峰 15 分鐘小車流率(小車/小時)，
- Q_{15} = 快車道(或混合車道)之 15 分鐘流率(輛/小時)
- P_{m2} = 使用快車道(或混合車道)之機車與快車道總車輛之比例，
- E_m = 機車之小車當量，
- P_t = 大車之比例，
- E_t = 大車之小車當量。

式 12.3 中之機車比例 P_{m2} 可估計如下：

$$P_{m2} = \frac{P_m U_m}{1 + P_m (U_m - 1)} \quad (12.4)$$

此式之 P_m 及 U_m 的定義與式 12.1 所用之定義相同。

一車道之機車比例很低時，機車併行的可能性低，每機車佔用之車道縱向空間比較接近小車佔用的空間，因此其當量應比較接近 1.0。機車比例增高時，併行的可能性也增大，機車的當量則應降低。2011 年容量手冊第十一章分析多車道郊區公路所用的機車之小車當量如圖 12-4 所示。本章採用這些當量，但用下列之近似公式估計機車之小車當量：

$$E_m = 0.304 + 0.435e^{-\frac{P_{m2}}{0.3247}} \quad (12.5)$$

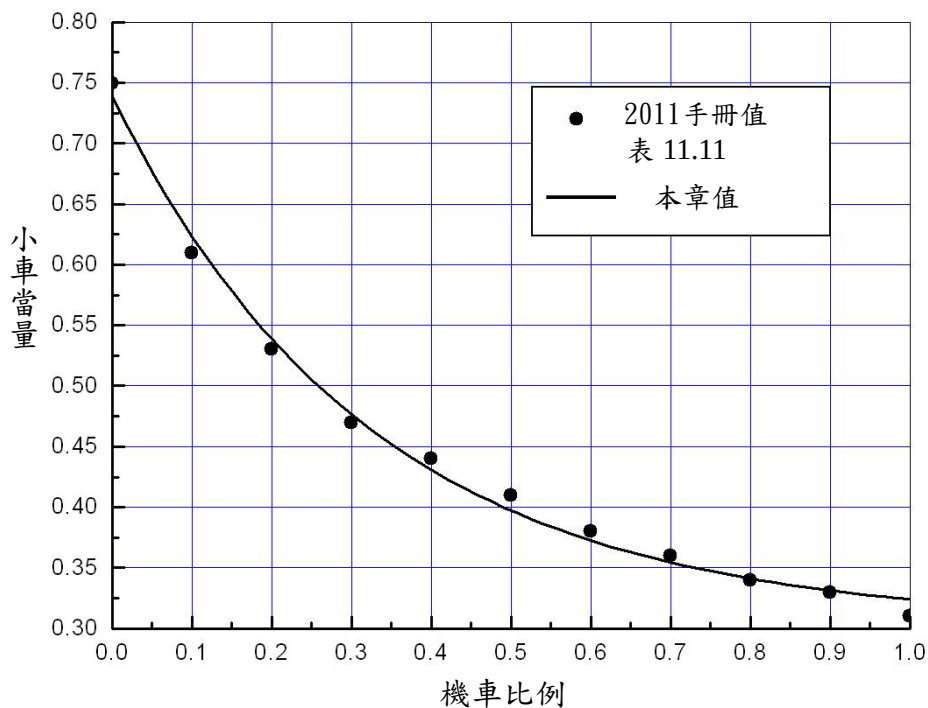


圖 12-4 平坦路段機車之小車當量

至於大車之小車當量，2011 年容量手冊第十一章將大車的小車當量訂為 1.44，雙車道公路的行車環境比多車道公路差，因而大車受到較大的限制。本章將雙車道公路平坦路段上大車的小車當量訂為 1.5。

12.4.3 估計平均自由速率

平均自由速率不容易準確的估計。例如前述阿里山公路(台 18 線)及鹿谷往溪頭縣 151 線有同樣的速限，台 18 線公路的車道及路肩皆比縣 151 線窄，

但圖 12-2 顯示台 18 線公路的平均自由速率比縣 151 線的平均自由速率約高 20 公里/小時。

如沒有現場資料可用，本章建議用下列公式估計平坦直線路段或曲率半徑超過 900 公尺之路段的平均自由速率：

$$V_{fs} = 0.9V_L + 19 \quad (12.6)$$

此式中，

V_{fs} = 平坦直線路段或曲率半徑超過 900 公尺之路段的平均自由速率(公里/小時)，

V_L = 速限(公里/小時)。

如果一分析路段的曲率半徑不超過 900 公尺，則先估計公路設計用的平衡速率(equilibrium speed)[17]：

$$V_e = \sqrt{127R(e + f)} \quad (12.7)$$

此式中，

V_e = 公路設計之平衡速率(公里/小時)，

R = 曲率半徑(公尺)，

e = 超高率(%/100)，

f = 側面磨擦係數。

根據 AASHTO 之公路設計規範[17]，適用之側面磨擦係數如圖 12-5 所示。此係數之值可用下式來估計：

$$f = 0.1845 - 2.747 \times 10^{-4} V_e - 3.996 \times 10^{-6} V_e^2 \quad (12.8)$$

如將式 12.6 及 12.7 合併，則平衡速率 V_e 可估計如下：

$$V_e = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (12.9)$$

此式中，

$$A = 1 + 507.5 \times 10^{-6} \times R ,$$

$$B = 349.0 \times 10^{-4} \times R ,$$

$$C = -127 \times R \times (e + 0.185) ^{\circ} .$$

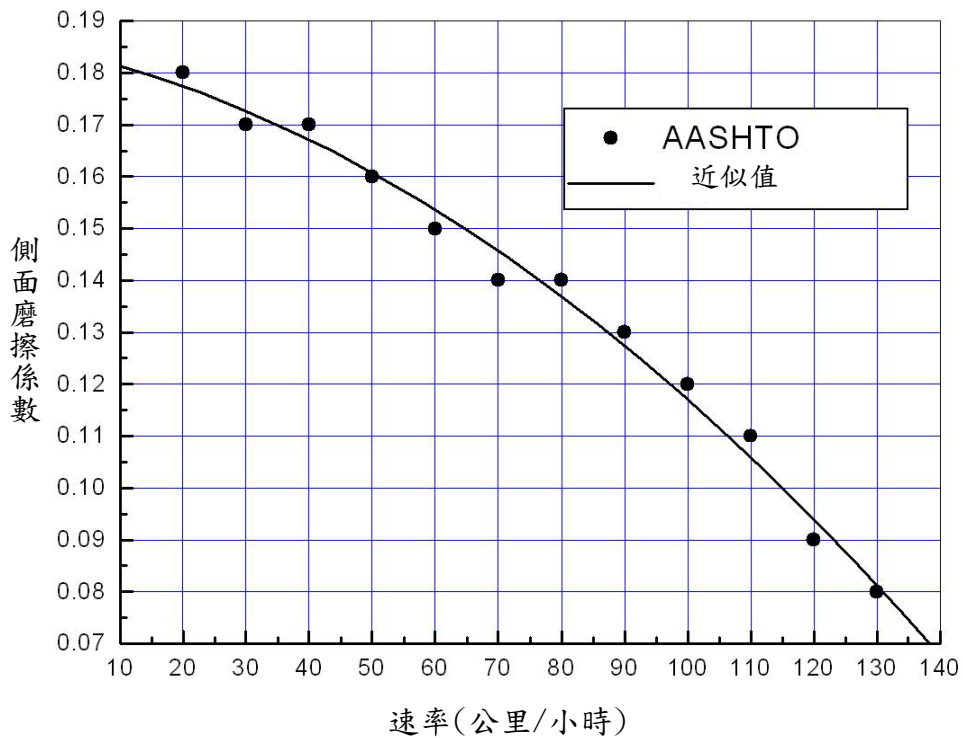


圖 12-5 側面磨擦係數與速率之關係

從式 12.9 所估計之平衡速率相當保守。通常車輛可以較高的速率安全的通過平曲線。以新北市林口區縣 108 線上一曲率半徑只有 18.5 公尺之平曲線為例。假設超高率為 6%，則平衡速率大約為 23 公里/小時，但現場平均自由速率將近 34 公里/小時。同一路段上一平衡速率大約 41 公里/小時之平曲線，其現場平均自由速率則高達 61 公里/小時。平衡速率與平均自由速率的關係尚不能斷論。本章用下列的關係估計平均自由速率：

$$V_{fc} = 1.5V_e < V_{fs} \quad (12.10)$$

此式中，

$$V_{fc} = \text{平曲線上之平均自由速率(公里/小時)，}$$

V_e = 從式 12.9 所估計之平衡速率(公里/小時) ,

V_{fs} = 從式 12.6 所估計之平均自由速率(公里/小時)。

12.4.4 估計容量及 V/C 比

平均自由速率(式 12.6 之 V_{fs} 或式 12.10 之 V_{fc})的估計值可用在表 12-3 之容量 Q_{max} 公式。

12.4.5 估計平均速率及與速限之差距

根據估計的平均自由速率(式 12.6 或式 12.10)，圖 12-3 可用來訂定該平均自由速率之相關近似流率與速率關係。例如平均自由速率如果是 73 公里/小時，則流率與速率的大約關係如圖 12-6 之點狀線所示。這近似關係及尖峰 15 分鐘對等小車流率可用來估計平均速率。

估計平均速率之另一方法是用表 12-2 所列的流率與速率之關係模式。例如平均自由速率為 55 公里/小時，尖峰 15 分鐘對等小車流率為 950 小車/小時，則平均自由速率在 50 及 60 公里/小時之間。從表 12-2 平均自由速率各為 50 及 60 公里/小時之模式，並用 $Q=950$ 小車/小時，相關的平均速率估計值各為 46 及 56 公里/小時。因此，平均自由速率為 55 公里/小時之平均速率可內插估計為 $46+(56-46)/(60-50) \times (55-50)=51$ 公里/小時。如果速限為 50 公里/小時，則平均速率比速限高 1 公里/小時。

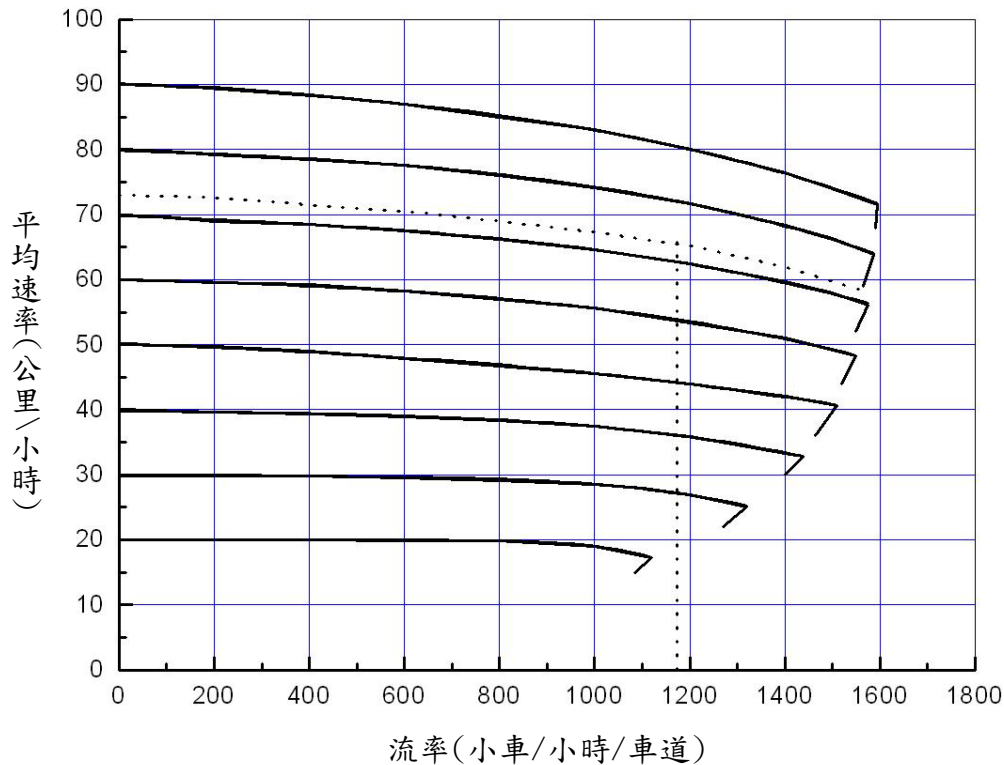


圖 12-6 平均自由速率 73 公里/小時之相關流率與速率關係

12.4.6 訂定服務水準等級

根據上述所估計之 V/C 比及平均速率與速限的差距，表 12-1 可用來訂定服務水準的等級。例如 V/C 比為 0.65，平均速率比速限高 1 公里/小時，則路段的服務水準為 C3。

12.5 複雜路段之分析

分析路段如有坡度、有超車行為或有一連串的平曲線，則前述分析單純路段的方法不適用。例如一曲率半徑 100 公尺之平曲線與下游一曲率半徑 40 公尺之平曲線的距離很短，則在上游平曲線的速率會受到下游平曲線的限制，因此不能獨立分析上游平曲線。本章提供 2016HTSS 模式做為分析複雜路段的工具。

2016HTSS 模式是一微觀模擬模式。應用此模式需有一模式之執行檔(檔名為 2016htss.exe)及一輸入檔(檔名必須訂為 htss.txt)。此兩檔需放在一用 Windows 為平台(如 XP, Windows 10 等)的電腦的同一子目錄(folder)內。欲執

行模擬時，只要在執行檔的圖案(icon)快速按兩次(double click)。輸出檔(檔名為 htssout.txt)會出現在同一子目錄。

輸入檔必須根據本章附錄的使用者手冊建立。執行檔及使用者手冊可從臺灣公路容量分析專區網站 <http://thcs.iot.gov.tw:8080/Thcs/> 下載。

2016HTSS 模式可用來分析有快車道(或只有混合車道)、機慢車道、超車區、爬坡道或為了方便超車增設之短車道。模擬的路段可有坡度及平曲線。這些設施可用如表 12-4 所示之輸入檔來設定。輸入檔包括不同檔型(data type)之資料。設定模擬設施之主要檔型如下：

1. 檔型 1 (Type 1)：設定單向車道數。
2. 檔型 5 (Type 5)：設定在分析路段兩端之間附設的短車道。
3. 檔型 10 (Type 10)：設定超車區。
4. 檔型 11 (Type 11)：設定專用道(機、慢車道)的性質。

2016HTSS 模式不能模擬有專用機慢車道及附設短車道的狀況。表 12-4 之輸入檔因設定有機、慢車道，所以沒用檔型 5 設定附設短車道。

模擬的雙車道公路須用兩單方向行車之節線(link)來代表。一節線可能只有混合車道，也可能有一快車道及一機慢車道，此外，一節線也有可能有多個短車道。根據節線及車道的安排，模擬所得的輸出資料內容如表 12-5 的樣本所示。這些資料分成下列 5 項：

1. 從每一節線離開的車輛之相關流率、平均旅行速率(節線長度除以平均旅行時間)、耗油量及車種組成。
2. 每一節線之平均速率與速限的差距及相關服務水準等級。
3. 每一節線車輛之平均停等延滯時間。
4. 通過各車道上偵測站之車輛的流率、平均速率及車種組成。
5. 各節線之超車率。超車率代表總超車數與進入各節線車輛之比例。

表 12-4 2016HTSS 模式輸入檔樣本

5555 0	simulation controls												
4 2	120	1040	0.5	150	1100	19138							
5555 1	read type 1 data, upstream/downstream nodes, lanes												
1 610	611	0	NO	2	3.5	1.5	1 1.2	0.0	4.00				
2 611	610	0	NO	2	3.5	1.5	1 1.2	0.0	4.00				
5555 10	2-L HWAY, Link, start/end of 5 passing zones												
1 1	1.0	3.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.		
1 2	1.0	3.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.		
5555 11	Exclusive/reserved lane												
1 1	3	0.0	4.0	2	0	0							
2 1	3	0.0	4.0	2	0	0							
5555 20	Type 20 data, link,turn type allowed, ids of lanes												
1 5	1	2	0	0	0	0							
2 5	1	2	0	0	0	0							
5555 21	Type 21 data, turning movements at end of link for veh type												
1 1	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
1 2	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
1 4	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
2 1	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
2 2	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
2 4	5	100.0	0	00.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
5555 30	Type 30 data, flow rates at source nodes, to in/out,period												
610 1	1	850.	90.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
610 1	2	850.	90.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
611 1	1	450.	75.0	25.0	000.0	000.0	000.0	000.0	0.0				
611 1	2	450.	75.0	25.0	000.0	000.0	000.0	000.0	0.0				
5555 45	Type 45 data, Speed Zones												
1 0.0	50.	50.	50.										
2 0.0	50.	50.	50.										
5555 46	TYPE 46 data, change free-flow speed for each zone												
1 1	50.	50.	50.										
2 1	50.	50.	50.										
5555 47	TYPE 47 data, free-flow speed at entry point(Small, motor, heavy)												
610 50	50	50											
611 50	50	50											
5555 50	Type 50 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, change, critical speed												
1 1	1500	0	40.0										
2 1	1500	0	40.0										
5555 60	Type 60 data Link grade ID Start ,end slope												
1 1	0.0	5.0	0.0										
2 1	0.0	5.0	0.0										
5555 81	Type 81 data proportion of non-passing drivers												
0.63	5.0	25	4.0	10.0	1.0	160.							
5555 86	vehicle weight, horsepower, and engine efficiency												
1 2000.	40	0.92	weight/power=50 for rural										
2 180	5.5	0.92	32.8										
3 15000	180	0.85	83.3										
4 10000	135	0.85	74										
5 20000	190	0.85	ratio= 105.2										
5555 95	Type 95 data, detector stations(km)												
1 0.010	1.0	2.0	3.0	3.2	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2 0.010	1.0	2.0	3.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
99999	99999												

表 12-5 2016HTSS 模式輸出檔之樣本

*****NOTATIONS*****											
Vehicle Types:											
1 = small vehicle											
2 = motorcycle											
3 = bus											
4 = single-unit heavy truck											
5 = semi-trailer truck											
6 = full-trailer truck											
gasoline density: 0.71~0.77 kg/l											
***** LINK STATISTICS*****											
LINK	Flow	Average	Fuel Consumption		% of Vehicle type						
	vph	Speed(km/h)	liter	liters/veh-km	1	2	3	4	5	6	
1	826.	45.5	46.	0.053	91.4	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	423.	47.1	21.	0.046	76.5	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
**** SPEED LIMIT minus AVERAGE SPEED****											
	Speed Limit	Average Speed	Speed-Limit		Level of Service						
LINK	(km/h)	(km/h)	(km/h)								
1	50	45.5	-4.5		3						
2	50	47.1	-2.9		3						
**** AVERAGE STOPPED DELAY ****											
LINK	LANE	Average Stopped Delay(s/veh)									
1	1	0.0									
1	2	0.0									
2	1	0.0									
2	2	0.0									
DETECTOR STATION STATISTICS											
Link	Station	Lane	Flow	Speed (km/h)		% Vehicle Type					
	at km		vph	Time-Mean	Space-Mean	1	2	3	4	5	6
1	0.010	1	63.	49.3	49.1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.010	2	794.	46.5	46.1	97.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1.000	1	69.	48.2	48.1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1.000	2	794.	45.3	45.2	98.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3.000	1	63.	47.6	47.5	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3.000	2	782.	45.2	45.1	97.4	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4.000	1	60.	47.3	47.2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4.000	2	777.	44.8	44.6	97.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.010	1	84.	49.4	49.2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.010	2	371.	48.1	47.9	92.7	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.000	1	76.	47.7	47.6	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.000	2	378.	47.3	47.1	91.9	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.000	1	70.	47.1	47.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.000	2	381.	47.0	46.8	90.8	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.000	1	60.	47.0	46.9	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.000	2	369.	46.5	46.2	89.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0
*****PASSING RATE (number of passing maneuvers per DEPARTURE x 100%)*****											
LINK	PASSING	Departure	Opposing	Passing							
	Zone	Flow(vph)	Flow(vph)	Rate(%)							
1	1	826.	423.	8.7							
2	1	423.	826.	5.0							

2016HTSS 模式沒有直接的容量估計值，但是分析路段須根據 V/C 比及平均速率與速限的差距來評估，因此須估計容量。容量是一不穩定的估計值。此外，雙車道公路上有慢車擋快車的現象，因此除非有許多超車動作，分析路段的容量會從上游端點開始，逐漸下降。下降的程度受下游慢車速率的影響。

為了避免困擾，本章將容量定義為能從一節線下游端點離開之最大流率的期望值。容量的估計必須用在輸入檔設定的狀況下多次模擬的結果來估計。每次模擬使用不同的隨機亂數以產生不同的車流狀況。因此模擬所得的最大流率通常不是固定值，各次模擬所得之最大流率的平均值代表容量之期望值。

下一節的範例四進一步說明容量之估計程序。使用者手冊有比較詳細的應用範例。

設計公路時可能需要有一簡便的方法估計上坡路段對速率的影響。例如 AASHTO 之公路設計規範建議上坡路段最好不要讓設計車(如車重/馬力比為 120kg/kW 之重貨車)之速率降低 15 公里/小時以上。適用於分析臺灣郊區雙車道公路的代表性車輛屬性如表 12-6 所示[9]。

表 12-6 郊區雙車道公路代表性車輛之車重及馬力

車種	車重(kg)	馬力(kW)	車重/馬力比(kg/kW)
小車	2,000	40	50.0
機車	180	5.5	32.8
大客車	15,000	180	83.3
大貨車	10,000	135	74.0
聯結車	20,000	190	105.2

公路設計可能用小車、大客車、大貨車或聯結車當設計車。根據 2016HTSS 模式之模擬結果，這些車種之代表性車輛在單純上坡的速率變化如圖 12-7~圖 12-10 所示。這些圖的應用很簡單。例如設計車為大貨車，上坡路段之長度及坡度各為 1 公里及 4%，而且進入上坡路段時之速率為 70 公里/小時，則大貨

車進入上坡路段瞬間的速率及地點相當於圖 12-9 中，4%曲線上之 A 點(旅行距離 0.6 公里)。該點之相關速率大約為 50 公里/小時。因此車速下降了 14 公里/小時。

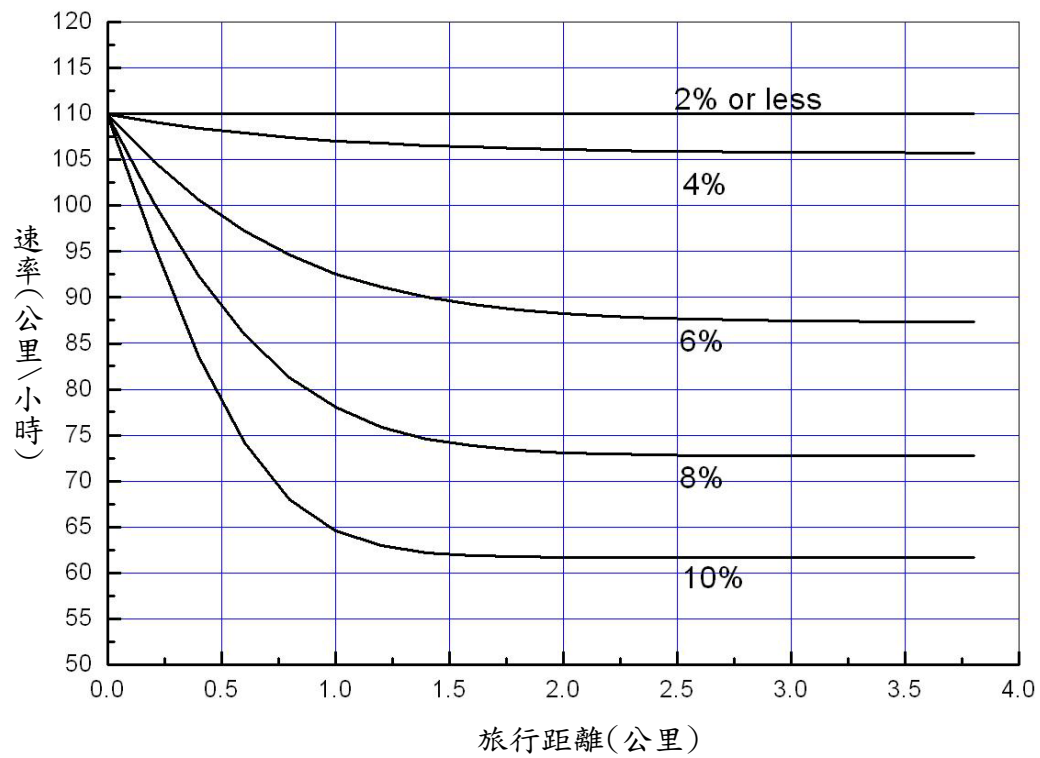


圖 12-7 代表性小車上坡時速率與旅行距離之變化

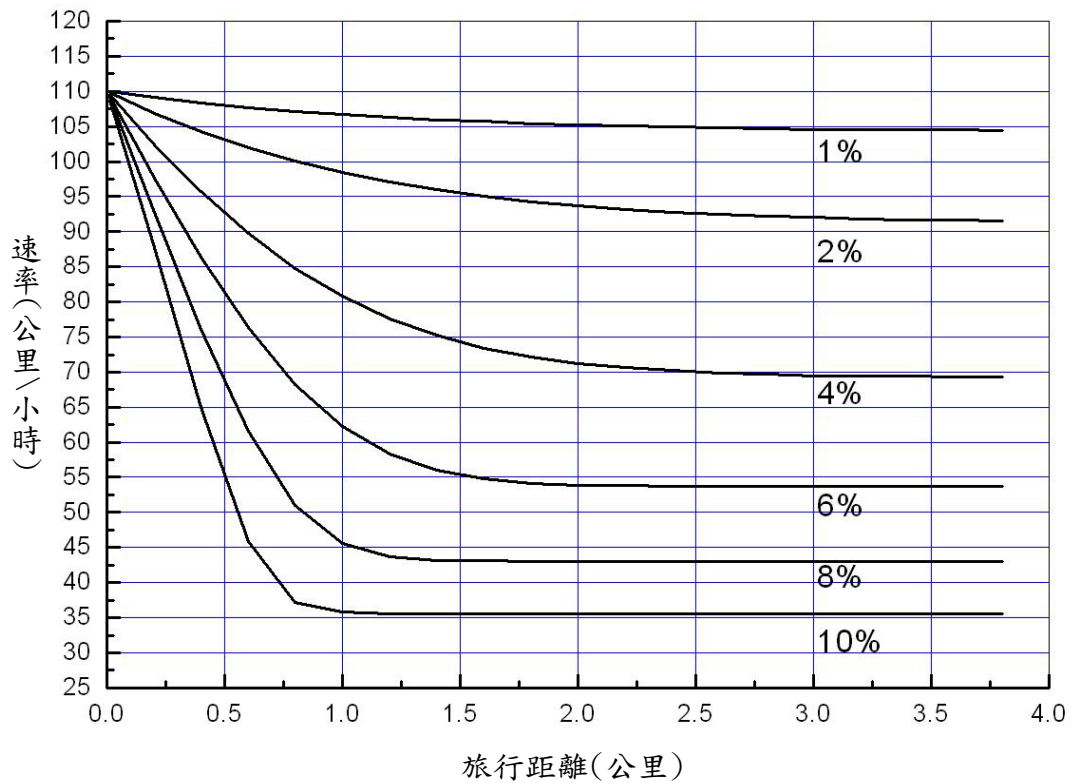


圖 12-8 代表性大客車上坡時速率與旅行距離之變化

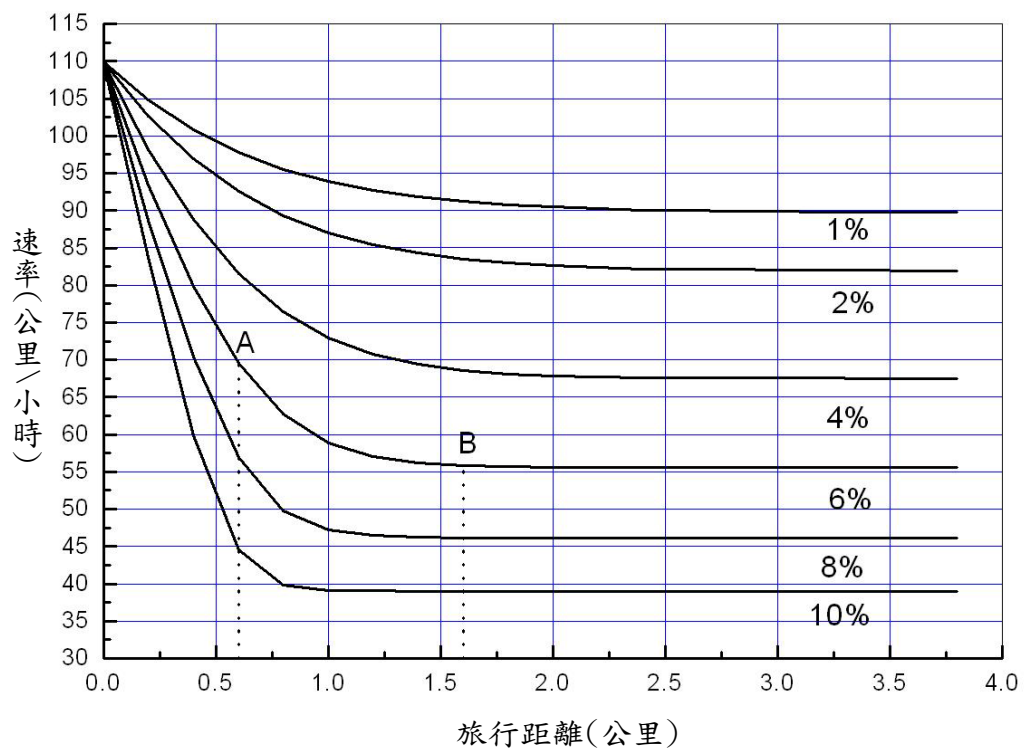


圖 12-9 代表性大貨車上坡時速率與旅行距離之變化

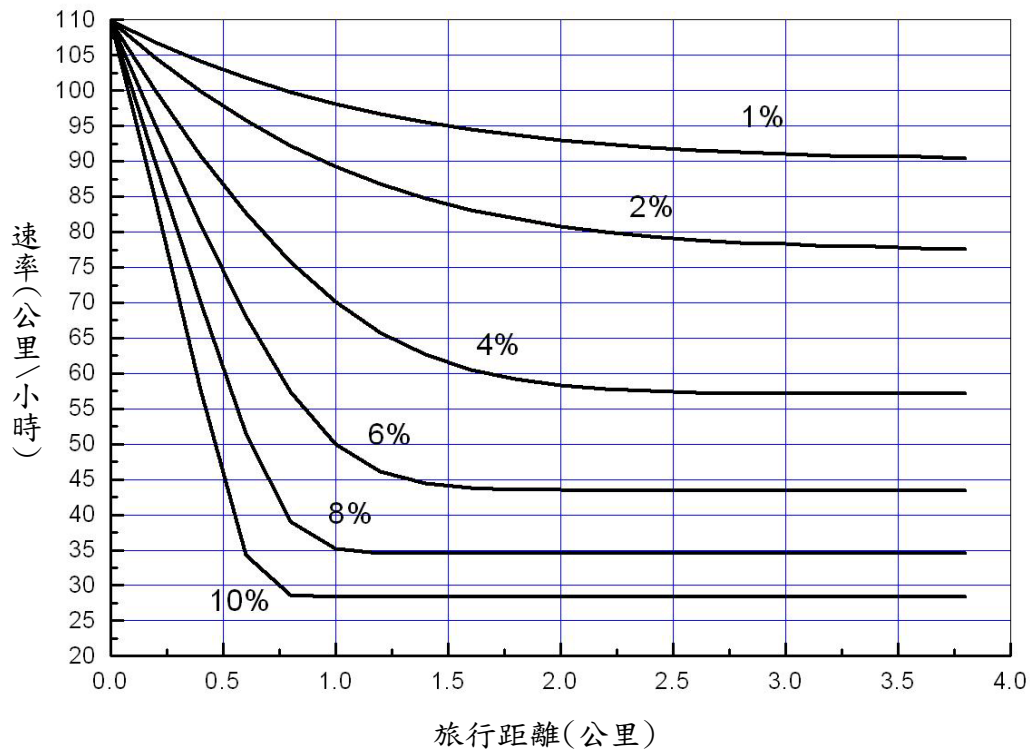


圖 12-10 代表性聯結車上坡時速率與旅行距離之變化

上述各圖所示的關係存在於馬力不變的狀況下。但是機車及小車爬坡時可用之馬力比大車有彈性。速率明顯的降低之後，駕駛員可能增加馬力以克服坡度所產生的阻力及減速率。在國道 1 號三義坡度路段(坡度大約 4.5%)的小車速率降低大約 15 公里/小時之後，駕駛員有增加馬力讓車速回升之現象。大車爬坡時可用的馬力比較沒彈性，所以沒有這種現象。

12.6 應用範例

12.6.1 範例一

一郊區雙車道公路有一長 4 公里之平直路段。此路段有下列狀況：

- 雙方向各有一 3.5 公尺寬的混合車道
- 雙向尖峰小時流量 = 2,000 輛
- 車流方向係數 = 0.52
- 尖峰小時係數 = 0.90

- 3%機車，5%大車，92%小車
- 速限 60 公里/小時

試評估此路段之服務水準。

解：

假設此路段之交通運作不受上下游路段的影響，則服務水準的評估工作如下：

1. 估計需求流率 $(Q_{15})_e$

- 估計車流較大方向尖峰小時流率 Q_{60}

$$Q_{60} = 2,000 \times 0.52 = 1,040 \text{ 輛小時}$$

- 訂定式 12.1 中機車之比例 P_m

$$P_m = 0.03$$

- 訂定式 12.1 中機車使用快車道之比例 U_m

$$U_m = 1.0$$

- 訂定式 12.1 中之尖峰小時係數 PHF

$$PHF = 0.9$$

- 從式 12.1 估計尖峰 15 分鐘流率

$$Q_{15} = 1,156 \text{ 輛/小時}$$

- 從式 12.4 估計機車佔混合車道總車輛之比例 P_{m2}

$$P_{m2} = 0.03 \times 1.0 / [1 + 0.03(1-1)] = 0.03$$

- 從式 12.5 訂定式 12.3 中之 E_m

$$E_m = 0.304 + 0.435e^{-0.03/0.325} = 0.70$$

- 訂定式 12.3 中之 P_t 及 E_t

$$P_t = 0.05,$$

$$E_t = 1.5$$

- 從式 12.3 估計尖峰 15 分鐘對等小車流率 $(Q_{15})_e$

$$(Q_{15})_e = 1,156[1 + 0.03(0.7-1) + 0.05(1.5-1)] = 1,174 \text{ 小車/小時}$$

2. 估計平均自由速率 V_f

因為分析路段為平直路段，從式 12.6 可得：

$$V_f = V_{fs} = 0.9 \times 60 + 19 = 73 \text{ 公里/小時}$$

3. 估計容量及 V/C 比

從表 12-3，容量 Q_{max} 之估計值等於：

$$Q_{max} = -2,775 + 4,379 / (1 + e^{-\frac{73+16.222}{17.356}}) = 1,579 \text{ 小車/小時}$$

$$V/C = (Q_{15})_e / Q_{max} = 1,174 / 1,579 = 0.74$$

4. 估計平均速率與速限之差距

方法一：利用圖 12-3

平均自由速率 73 公里/小時之相關小車流率與速率關係如前述圖 12-6 中之曲線所示。因為尖峰 15 分鐘之對等小車流率 $(Q_{15})_e$ 等於 1,174 小車/小時，所以流率與速率關係顯示相關之平均速率大約為 66 公里/小時。此平均速率比速限高 6 公里/小時。

方法二：利用表 12-2 之模式

平均自由速率為 70 公里/小時， $(Q_{15})_e$ 等於 1,174 小車/小時，則從表 12-2 之模式所估計得的平均速率大約等於 63 公里/小時。平均自由速率若為 80 公里/小時，則從表 12-2 之模式所估計得之平均速率大約等於 73 公里/小時。因為分析路段之平均自由速率等於 73 公里/小時，所以其相關之平均自由速率等於 $63 + (73 - 63) / (80 - 70) \times (73 - 70) = 66$ 公里/小時。此平均速率比速限高 6 公里/小時。

5. 訂定服務水準等級

分析路段之 V/C 比為 0.74，其平均速率比速限高 6 公里/小時，因此從表 12-1 可知服務水準屬 C2 級。

12.6.2 範例二

如果範例一之平直路段用一曲率半徑為 80 公尺之平曲線來替代，而且平曲線之超高率為 4%，試估計平均自由速率及容量。

解：

- 從式 12.6 估計只受速限控制之平均自由速率 V_{fs}

$$V_{fs} = 0.9 \times 60 + 19 = 73 \text{ 公里/小時}$$

- 從式 12.9 估計平衡速率 V_e

$$V_e = \frac{-2.792 + \sqrt{2.792^2 + 4 \times 2286 \times 1.0406}}{2 \times 1.0406}$$

$$= 46 \text{ 公里/小時}$$

- 從式 12.10 估計在平曲線上之平均自由速率 V_{fc} (此速率不能超過 V_{fs})

$$V_{fc} = 1.5 \times 46 = 69 \text{ 公里/小時} < 73 \text{ 公里/小時}$$

- 根據表 12-3 及 $V_f = V_{fc} = 69$ 估計容量 Q_{max}

$$Q_{max} = 1,572 \text{ 小車/小時}$$

12.6.3 範例三

一規劃中之郊區雙車道公路單向有一快車道及一機、慢車道，其預測的狀況如下：

- 2018 年 ADT = 10,000 輛
- 方向係數 = 0.52
- 設計年 = 2038 年
- ADT 之年成長率 = 2%
- 尖峰小時流率係數 = 0.12
- 尖峰小時係數 = 0.9
- 機車比例 = 5%
- 大車比例 = 5%

- 小車比例 = 90%
- 25%之機車佔用快車道

試估計尖峰 15 分鐘快車道之對等小車需求流率。

解：

- 從式 12.2 估計車流較高方向之尖峰小時流率 Q_{60}

$$Q_{60} = 10,000(1+0.02)^{20}(0.12)(0.52) = 927 \text{ 輛/小時}$$

- 訂定式 12.1 之 P_m 、 U_m 及 PHF

$$P_m = 0.05$$

$$U_m = 0.25$$

$$PHF = 0.9$$

- 從式 12.1 及 $Q_{60}=927$ 估計尖峰 15 分鐘流率 Q_{15}

$$Q_{15} = 991 \text{ 輛/小時}$$

- 訂定式 12.3 中之 P_{m2} 、 E_m 、 P_t 及 E_t

從式 12.4，

$$P_{m2} = \frac{0.05 \times 0.25}{1 + 0.05(0.25 - 1)} = 0.013$$

從式 12.5，

$$E_m = 0.304 + 0.435e^{\frac{0.013}{0.325}} = 0.72$$

此外，

$$P_t = 0.05$$

$$E_t = 1.5$$

- 從式 12.3 估計對等小車流率 $(Q_{15})_e$

$$(Q_{15})_e = 991[1 + 0.013(0.72 - 1) + 0.05(1.5 - 1)]$$

$$= 1,012 \text{ 小車/小時}$$

12.6.4 範例四

一郊區雙車道公路有一長 1.2 公里，坡度為 6%之坡度路段。表 12-4 之輸入檔範例顯示此路段之狀況。簡言之，此路段上 95%之車輛為小車，其他車輛為半聯結車。在模擬路網中，上坡方向設定為節線 1(Link 1)。試估計此上坡路段終點之容量。

解：

此範例的目的在於說明估計容量之原則，所以不說明輸入檔的細節。輸入檔建立之後，估計容量的過程中只須變更檔型 30(Type 30)之輸入需求流率。表 12-4 中檔型 30 之節線 1 的輸入需求流率暫時設定為 1,000 輛/小時。此流率也可能低於容量，所以可當作估計容量的出發點。

如果根據 1,000 輛/小時的模擬結果顯示節線 1 之輸出流率也在 1,000 輛/小時左右(註：輸出流率顯示在如表 12-5 輸出檔之 Link Statistics 下方)，這表示容量可能超過 1,000 輛/小時。在這情形之下，可逐漸增加檔型 30 內節線 1 之輸入流率並重新模擬，直到輸出流率開始下降或不再上升，如圖 12-11 所示。此圖顯示輸入流率從 1,000 輛/小時增加到 1,400 輛/小時，節線 1 之輸出流率隨著增加，但是輸入流率等於 1,400 輛/小時的輸出流率(1,374 輛/小時)，顯著的低於輸入流率。這現象表示節線 1 可能無法容納 1,400 車/小時之車流。在此情況下，應稍微提高輸入流率，重新模擬以確定車流已呈不穩定狀況，而且輸入流率沒有再持續上升之可能。進入不穩定狀況之前的最高流率代表容量之一估計值。

圖 12-11 是根據 8 次模擬的結果。此圖顯示分析路段的容量大約在 1,370 輛/小時左右。如果將分析路段改為平坦路段，則容量可提高到 1,460 輛/小時。

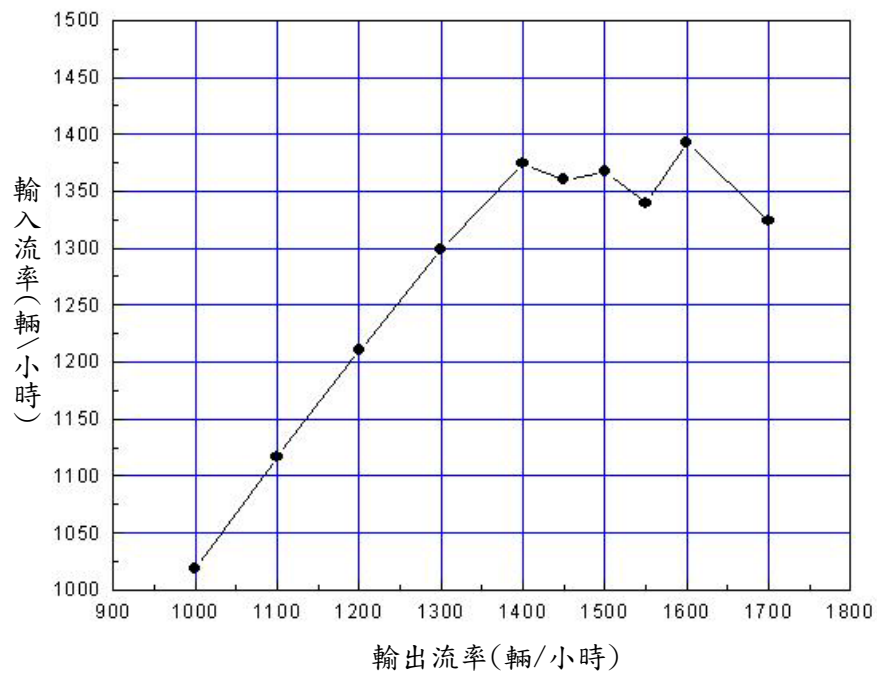


圖 12-11 範例四之輸入流率與輸出流率之模擬

參考文獻

1. St. John, A.D., and Harwood, D.W., *A User's Guide to TWOPAS – A Microscopic Computer Simulation Model of Traffic on Two-Lane, Two-Way Highways* (Performing Organization Report No. 7533-S(6)), Federal Highway Administration , Washington, D.C., 1986.
2. Brannolte, U., *Simulation Program LASI*. Bauhaus-University of Weimar, 1996.
3. Hoban, C., Shepherd, R., Fawcett, G., and Robinson, G., *A Model for Simulating Traffic on Two-Lane Roads: User Guide and Manual for TRARR*, Version 3.2, Australian Road Research Board, Technical Manual ATM10 B, 1991.
4. Tapani, A., “Versatile Model for Simulation of Rural Road Traffic,” *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1934, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., 2005, pp. 169-178.
5. 交通部運輸研究所，「2011 年臺灣公路容量手冊」，100-132-1299，民國 100 年 10 月。
6. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
7. *HCM2010 Highway Capacity Manual*, Volume 1: concepts, Volume 2: Uninterrupted flow, and Volume 3: interrupted Flow, TRB of the National Academies, Washington, D.C., 2010.
8. 交通部運輸研究所，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(2/3)」，104-86-1353，民國 104 年 7 月。
9. 交通部運輸研究所，「公路系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂(1/3)」，民國 106 年*月。

10. 交通部公路總局，公路交通量調查統計表，
http://www.thb.gov.tw/sites/ch/modules/download/download_list?node=bcc520be-3e03-4e28-b4cb-7e338ed6d9bd&c=83baff80-2d7f-4a66-9285-d989f48effb4
11. *FGSV: Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual)* HBS 2001, Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2002 (revised edition: 2005).
12. Catbagan, J. L., “Evaluation of Performance Measures for Two-Lane Expressway in Japan,” *Transportation Research Record: J. of Transportation Research Board*, No. 1988, 2006, pp.111-118.
13. 交通部運輸研究所，「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(1/3)」，100-78-1292，民國 100 年 5 月。
14. Hegeman, G., Brookhuis, K., and Hoogendoorn, S., “ Opportunities of Advanced Driver Assistance Systems Towards Overtaking,” *European Journal of Transportation Infrastructure Research*, Volume 5, No. 4, 2005, pp.281-296.
15. Romana, M. G., “Passing Activity on Two-Lane Highways in Spain,” *Transportation Research Record: J. of Transportation Research Board*, No. 1678, National Research Council, 1999, pp.90-95.
16. *NCHRP Report 605*, Passing Sight Distance Criteria, Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
17. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, fifth edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2011.

附錄 D

公路容量手冊第十二章
修訂版附錄

2016HTSS模式使用者
手冊

附錄 D：公路容量手冊第十二章修訂版附錄

2016HTSS 模式使用者手冊

目 錄

	頁次
一、緒論.....	1
二、模擬路網.....	1
三、輸入檔之建立.....	5
3.1 輸入檔資料之檔型及資料安排.....	5
3.2 各檔型資料內容.....	6
四、輸出檔.....	26
五、應用範例.....	28
5.1 評估服務水準.....	28
5.2 評估上坡路段之設計.....	31
5.3 評估超車區.....	32
5.4 評估有平曲線之路段.....	32
5.5 評估附屬短車道.....	33

圖 目 錄

	頁次
圖 1 高速公路實際路段及模擬路網示意圖	3
圖 2 平面道路及模擬路網示意圖	4
圖 3 車道代號訂定之示意圖	4
圖 4 分析路段示意圖	5
圖 5 圖 4 分析路段之模擬路網	5
圖 6 附屬設施之代號	12
圖 7 節線終點附屬設施與非附屬設施之距離之定義	12
圖 8 節線起點及終點無縱切線（在曲線上）之示意圖	18
圖 9 節線起點及終點在縱切線上之示意圖	20
圖 10 車距與平均車距比之累積分布示意圖	25
圖 11 節例 5.1 輸入需求流率與輸入流率之關係	30

表 目 錄

	頁次
表 1 輸入資料檔之安排	6
表 2 2016HTSS 模式輸入檔樣本 1	7
表 3 2016HTSS 模式輸入檔樣本 2	8
表 4 單純路段快車道(或混合車道)之容量及臨界速率.....	17
表 5 代表性總重、馬力及牽引力傳輸效率	23
表 6 代表性後拉係數及正向面積	23
表 7 2016HTSS 模式輸出檔樣本.....	27
表 8 郊區雙車道公路服務水準劃分標準	28
表 9 應用範例輸入檔	29

一、緒論

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)正逐步發展一多功能之公路交通系統模擬模式(Highway Traffic Systems Simulation Model，簡稱 HTSS 模式)以分析各類型公路的交通運作。HTSS 模式是一微觀模擬模式。此模式每 0.5 秒到 1.0 秒將模擬車輛的位置、加速率及速率更新一次，並將模擬結果整合成一輸出檔以顯示公路設施之運作績效。

HTSS 模式的架構適用於模擬高速公路、快速道路、雙車道公路、多車道公路、號誌化路口、非號誌路口、市區幹道或路網等非阻斷性及阻斷性車流之公路設施。但在讓交通界使用此模式之前須進行適當的微調及測試。本所在 2016 年用現場資料進一步微調及改良 HTSS 模式模擬郊區雙車道公路之邏輯。雖然微調及改良的工作仍須加強，但 2016HTSS 模式已能解除目前缺乏適當工具以分析郊區雙車道公路的困境。有意使用此模式者可從臺灣公路容量分析專區網站(<http://thcs.iot.gov.tw:8080/THCS/>)下載模式之執行檔、輸入檔樣本及使用者手冊。本使用者手冊說明模擬路網及輸入檔之建立、輸入檔之性質及模式之應用。

應用 2016HTSS 模式之主要工作在於建立一輸入檔。此輸入檔之檔名必須設定為 htss.txt。2016HTSS 模式之執行檔檔名為 2016htss.exe，此檔可用於有 Windows 平台（如 XP、Windows 7、Windows 8）之電腦。執行模擬時只須將 htss.txt 及 2016htss.exe 兩個檔案放在同一子目錄(folder)中，然後快速按兩下(double click)執行檔之圖案(icon)就可進行模擬，模擬之輸出檔檔名為 htssout.txt。

二、模擬路網

建立輸入檔之前必須將實際的公路設施簡化，用一模擬路網來代表。模擬路網包括節點及節線。節線代表兩節點之間單向行車的路段。每一節線須依序給 1 到 50 之代號，節線總數不能超過 50。節點分成兩類：第一類

代表車輛進入或離開模擬路段之地點，此類節點依序用 600 到 620 之代號來註明。第二類節點代表讓車輛從一節線進入到另一節線的地點，其代號從 1 開始。節點之總數也不能超過 50。

2016HTSS 模式對一節線的狀況有下列的限制：

- 1.速限不同之區段不能超過 5。
- 2.平曲線的數目不能超過 50。
- 3.用縱切線設定路段之縱切面定線(vertical alignment)時，縱切線的數目不能超過 50。
- 4.用在不同地點的高程代表縱切面定線時，有高程輸入值的地點不能超過 500。
- 5.主線右側如有爬坡道或讓慢車避開快車用之短車道時，這種附屬設施的數量不能超過 3。
- 6.一路段有超車區及非超車區時，超車區之數量不能超過 5。

後續發展 HTSS 模式之過程中，上述限制可能隨需要加以放寬。

模擬之前必須將模擬路段分割成節線，節線與節線相交之地點用一節點來代表，以圖 1(a)為例，模擬高速公路時，將模擬路段劃分成節線的原則如下：

- 1.車輛進入模擬路段之地點須設為一節點，此節點為一節線之起點（如圖 1(a)之 A 點）。
- 2.車輛離開模擬路段之地點也須設定為一節點，此節點為一節線之終點（如圖 1(a)之 E 點）
- 3.有出口匝道時，出口匝道與主線分離完畢之地點（如圖 1(a)之 C 點），須設定為一節線之終點及下游節線之起點。
- 4.有進口匝道時，匝道主線剛匯合之的地點（如圖 1(a)之 B 點），須設定為一節線之起點及上游節線之終點。
- 5.一節線與下游節線之間沒有距離。

根據上述原則，圖 1(a)之實際路段可轉換成如圖 1(b)所示之模擬路網。

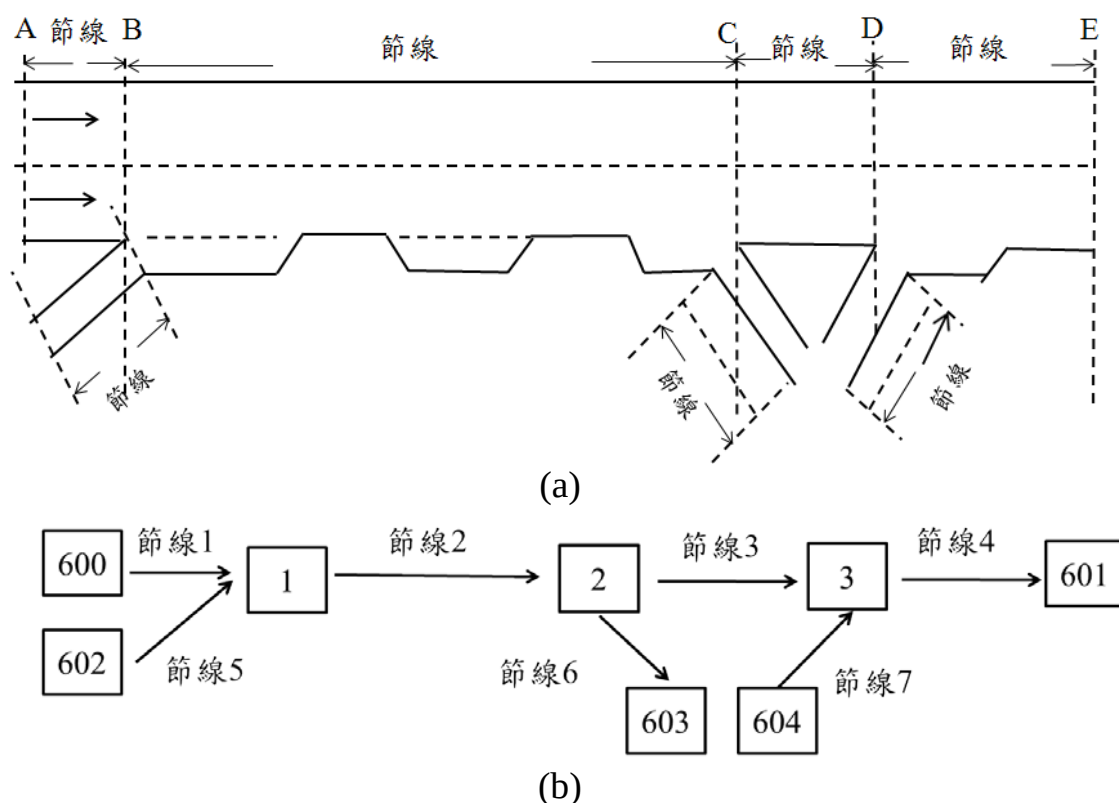
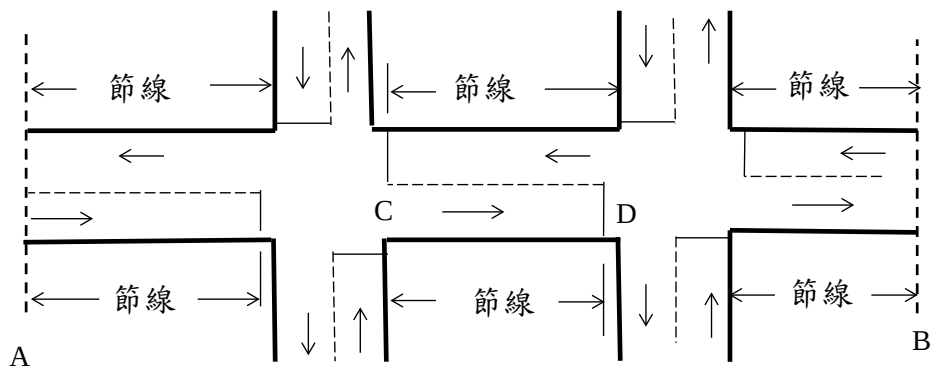


圖 1 高速公路實際路段及模擬路網示意圖

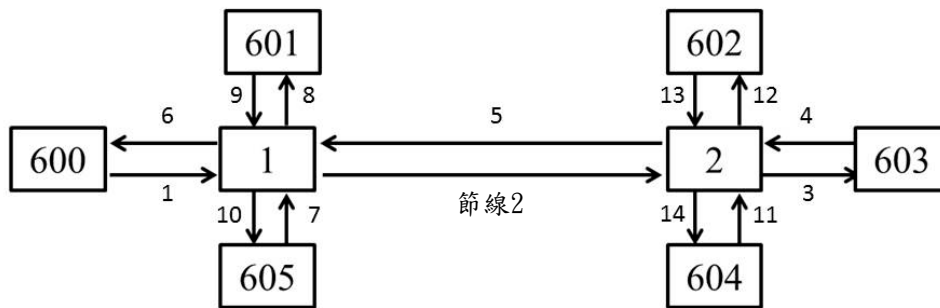
模擬平面道路時，設定節線及節點之原則可用圖 2(a)之路段來說明。

1. 每一路口一般須用一節點來代表。
2. 車輛進入模擬路段的地點須設定為一節點，此節點為一節線之起點(如圖 2(a)之 A 點)。
3. 車輛離開模擬路段的地點須設定為一節點，此節點為一節線之終點(如圖 2(a)之 B 點)。
4. 兩路口間之節線從上游路口之下游端延伸(如圖 2(a)之 C 點)到下游路口之停止線(如圖 2(a)之 D 點)。
5. 單向在 2 路口間最多可有 2 節線(例如一節線代表一快車道，另一節線代表慢車道)。

根據上述原則所訂定之模擬路網如圖 2(b)所示。



(a)



(b)

圖 2 平面道路及模擬路網示意圖

節線及節點設定之後須將每一車道用一代號來代表。以圖 3 之節線為例，全長車道從右到左須訂為車道 1、2、.....、N，附屬設施內的車道另從上游到下游，從右到左繼續設定為 N+1、N+2、.....等。每一節線的車道數不能超過 10。如超過 10 車道，則該節線必須分成 2 節線來模擬。

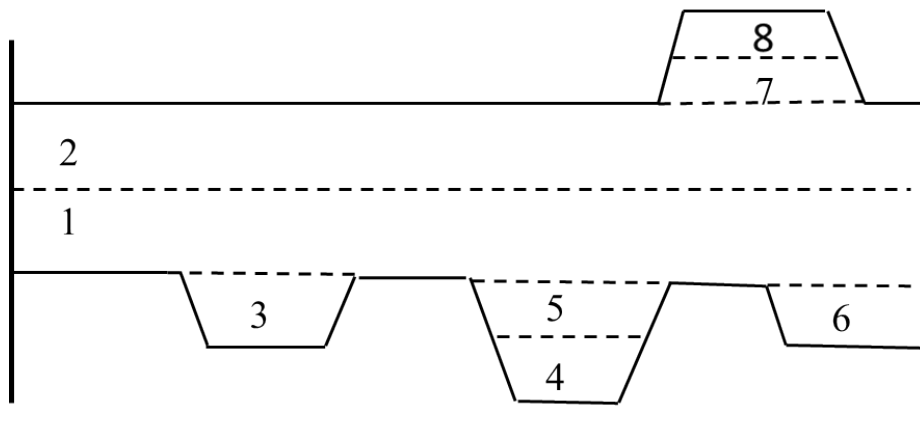


圖 3 車道代號訂定之示意圖

郊區雙車道公路之模擬路網很單純。例如一分析路段為雙向道路。一行車方向有一快車道及一機慢車道。另一方向有一混合車道及 2 爬坡道(車道 2 及車道 3)；則分析路段及其模擬路網可如圖 4 及圖 5 所示。

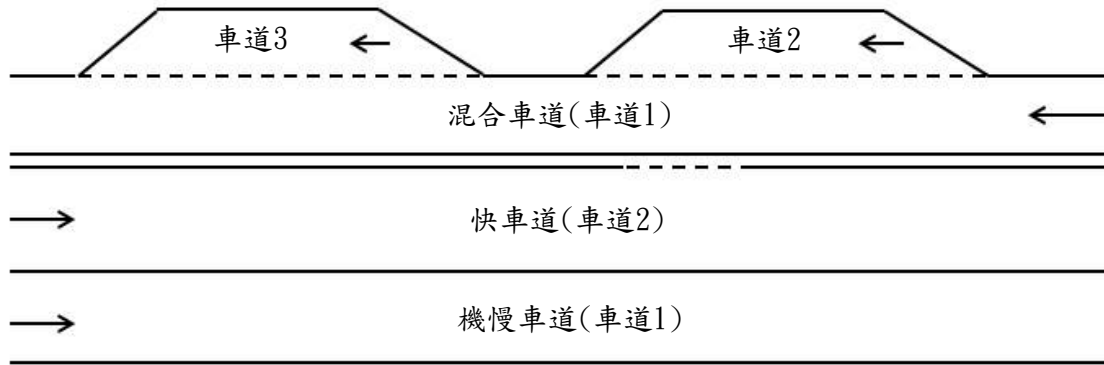


圖 4 分析路段示意圖



圖 5 圖 4 分析路段之模擬路網

三、輸入檔之建立

3.1 輸入檔資料之檔型及資料安排

HTSS 模式將輸入資料分成不同檔型。欲輸入某檔型資料之前必須在資料檔加入下列檔型之代號資料：

5555 N

此行中，5555 告訴 HTSS 模式有資料要輸入，N 則代表欲輸入之資料所屬的檔型。

輸入檔最後一行必須如下：

9999 9999

此行告訴 HTSS 模式已沒有其他輸入資料。

輸入檔各檔型資料的安排如表 1 所示。

表 1 輸入資料檔之安排

5555	0	檔型 0 資料
...		
5555	1	檔型 1 資料
...		
5555	2	檔型 2 資料
...		
5555	30	檔型 30 資料
...		
9999	9999	輸入檔最後一行

註：所有輸入數據須在第 1 到第 70 欄位之間。

3.2 各檔型資料內容

2016HTSS 模式的架構可讓使用者模擬許多類型的公路設施，所以輸入檔的架構有許多與模擬郊區雙車道公路非阻斷性車流路段無關的資料檔。本手冊只說明與模擬郊區雙車道公路非阻斷性車流路段有關之資料檔。

本節用表 2 及表 3 之輸入檔樣本說明輸入資料之內容。此兩樣本之分析路段及模擬路網如前述圖 4 及圖 5 所示。

HTSS 模式的輸入檔資料有三種型式：整數 (integer number)、浮點數 (floating number) 及文字 (character)。整數用來設定如平曲線之代號、車道代號、或節線及節點之代號等狀況。浮點數用來設定如速限、距離、高程、車道寬等狀況。如果浮點數其實也是整數，則該數據也可當作整數（不必有小數點）輸入。例如速限為 60 公里/小時之輸入值可設定為 60，不必用 60.00。

HTSS 模式之輸入資料是根據自由格式 (free format) 來設定。每一行有固定數目的輸入值。兩輸入值之間最少須有 1 空格。所有輸入值必須在第 1 及第 70 欄位之內。如一行輸入值須有 6 個數據，但模擬路段的狀況只須 3

個數據，則該行最後 3 個數據須用 0 來代表，不能空白。

表 2 2016HTSS 模式輸入檔樣本 1

```

5555 0      Number of runs, # periods, data collection period, seed,etc.
4   2   120 1040 0.5 150 1100 19138
5555 1      read type 1 data, upstream/down nodes, # of lanes, etc.
1   601 602 0      NO   2      3.5 1.5 1 1.0 0.0 3.20
2   602 601 0      NO   1      3.5 0.0 0 1.0 0.0 3.20
5555 5      read type 5 data, short lane
2   1      MID 2      0      0 0.5 1.2 3.5 0.0
2   1      MID 3      0      0 2.0 2.6 3.5 0.0
5555 10 2-L HWAY, Link, start/end of 5 passing zones
1   1      0.0 0.8 1.7 2.2 0. 0. 0. 0. 0.
1   2      0.0 3.2 0.0 0.0 0. 0. 0. 0. 0.
5555 11 Exclusive/reserved lane
1   1      3      0.0 3.2 2      0      0
5555 20 Type 20 data, link,turn type allowed, ids of lanes
1   5      1      2      0      0      0      0
2   5      1      0      0      0      0      0
5555 21 Type 21 data, turning movements at end of link for veh type
1   1      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
1   2      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
1   3      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
1   4      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
1   5      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
2   1      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
2   2      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
2   3      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
2   4      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
2   5      5      100.0 0      0.0 0 0.0 0 0.0 0.0 0.0 0.0
5555 30 Type 30 data, flow rates at source nodes, to in/out,period
601 1      1      1400. 90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
601 1      2      1400. 90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
602 1      1      1500. 90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
602 1      2      1500. 90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
5555 45 Type 45 data, Speed Zones
1   0.0 50. 50. 40. first zone of link 1
1   1.3 60 60 50 2nd zone of link 1
2   0.0 45. 45. 45. firstand only zone of link 2
5555 46 TYPE 46 data, change free-flow speed for each zone
1   1 50. 50. 50.
2   1 50. 50. 50.
5555 47 TYPE 47 data, Vfree at entry point(Small, motorcycle, heavy)
610 50 50 50
611 50 50 50
5555 50 Type 50 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, critical speed
1   1 1500 40.0
1   2 1550 45.0
2   1 1500 40.0
5555 60 Type 60 data Link grade ID Start ,end slope
1   1 0.0 2.0 6.0
1   2 2.5 3.2 0.0
2   1 0.0 0.7 0.0
2   2 1.2 3.2 -6.0
5555 81 Type 81 data proportion of non-passing drivers
0.63 5.0 25 4.0 10.0 1.0 160.
5555 86 vehicle weight, horsepower, and engine efficiency
1   2000. 40 0.92 weight/power=50 for rural
2   180 5.5 0.92 32.8
3   15000 180 0.85 83.3
4   10000 135 0.85 74
5   20000 190 0.85 105.2
5555 95 Type 95 data, detector for flow data
1   0.010 0.200 0.400 0.600 0.800 1.000 1.200 2.0 3.0 3.2
2   0.010 0.200 0.400 0.600 0.800 1.000 1.200 2.0 3.0 0.0
99999 99999

```

表 3 2016HTSS 模式輸入檔樣本 2

```

5555 0    number of runs, # periods, data collection period, seed,etc
4  2  120 1040 0.5  150  1100 19138
5555 1    read type 1 data, upstream/down nodes,# of lanes,etc
1  601 602 0    NO  2    3.5  1.5  1 1.0  0.0 3.20
2  602 601 0    NO  1    3.5  0.0  0 1.0  0.0 3.20
5555 5    read type 5  data, short lane
2  1    MID  2  0  0  0.5 1.2 3.5 0.0
2  1    MID  3  0  0  2.0 2.6 3.5 0.0
5555 10 2-L HWAY, Link, start/end of 5 passing zones
1  1    0.0 0.8 1.7 2.2  0.  0.  0.  0.  0.  0.
1  2    1.0 3.2 0.0 0.0  0.  0.  0.  0.  0.  0.
5555 11 Exclusive/reserved lane
1  1    3    0.0 3.2 2  0  0
5555 20 Type 20 data, link,turn type allowed, ids of lanes
1  5    1  2  0  0  0  0
2  5    1  0  0  0  0  0
5555 21 Type 21 data, turning movements at end of link for veh type
1  1    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
1  2    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
1  3    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
1  4    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
1  5    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
2  1    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
2  2    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
2  3    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
2  4    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
2  5    5  100.0 0  0.0 0  0.0  0  0.0  0.0 0.0 0.0
5555 30 Type 30 data, flow rates at source nodes, to in/out,period
601 1    1  1400.  90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
601 1    2  1400.  90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
602 1    1  1500.  90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
602 1    2  1500.  90.0 5.0 000.0 00.0 5.0 0.0
5555 45 Type 45 data, Speed Zones
1  0.0  50.  50.  40.  first zone of link 1
1  1.3  60  60  50  2nd zone of link 1
2  0.0  45.  45.  45.  firstand only zone of link 2
5555 46 TYPE 46 data, change free-flow speed for each zone
1  1  50. 50.  50.
2  1  50. 50.  50.
5555 47 TYPE 47 data, Vfree at entry point(Small, motorcycle, heavy)
610 50  50  50
611 50  50  50
5555 50 Type 50 data, Link, Speed Zone ID, Capacity,  critical speed
1  1  1500  40.0
1  2  1550  45.0
2  1  1500  40.0
5555 60 Type 60 data  Link grade ID Start ,end slope
1  1    0.0  2.0  6.0
1  2    2.5  3.2  0.0
2  1    0.0  0.7  0.0
2  2    1.2  3.2  -6.0
5555 61 Type 61 data, Link elevation
1  1    0.0  100.0
1  2    1.6  196.0
1  3    3.2  205.0
2  1    0.0  205.0
2  2    1.6  196.0
2  3    3.2  100.0
5555 62 Type 62 data, horizontal curves
1  1    1.8  2.4  120.0 4.5
2  1    0.8  1.4  120.0 4.5
5555 81 Type 81 data proportion of non-passing drivers
0.63 5.0 25 4.0 10.0 1.0 160.

```

表 3 2016HTSS 模式輸入檔樣本 2(續)

5555 86	vehicle weight, horsepower, and engine efficiency									
1	2000.	40	0.92	weight/power=50 for rural						
2	180	5.5	0.92	32.8						
3	15000	180	0.85	83.3						
4	10000	135	0.85	74						
5	20000	190	0.85	105.2						
5555 87	Type 87 data, change vehicle attributes									
1	0.4	1.5								
5555 95	Type 95 data, detector for flow data									
1	0.010	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	2.0	3.0	3.2
2	0.010	0.200	0.600	0.800	1.000	2.0	3.0	0.0	0.0	0.0
5555 97	Type 97 Force every vehicle to become the same									
0	99									
99999	99999									

檔型 0 資料

Nrun	Np	Warm	Dur	T	Tbeg	Tend	Iseed
Nrun	= 欲重覆模擬的次數 (每次用不同亂數), $Nrun \leq 30$;						
Np	= 模擬時段 (simulation interval) 數, $Np \leq 30$;						
Warm	= 熱機時間 (秒);						
Dur	= 熱機之後每一模擬時段 (simulation interval) 之長度 (秒);						
T	= 模擬單位時間 (0.5 或 1.0 秒);						
Tbeg	= 開始蒐集時間之瞬間 (秒);						
Tend	= 結束資料蒐集之瞬間 (秒);						
Iseed	= 產生亂數之種子 (seed number, 20991~999999)。						

如果模擬過程中車流狀況 (流率、車種組成等) 不變, 則模擬時段應包括熱機時段及一熱機時段後的時段。在此情況下, $Np = 2$ 。如果車流狀況隨時間而變, 則每一模擬作業 (simulation run) 最多可設定 29 個熱機時段之後的時段。熱機時段之後每一時段的長度一樣 (如 $Dur = 300$ 秒)。模擬開始不久之期間內, 車流尚未達正常狀況, 在這熱機時段內, 不宜蒐集資料。原則上, 熱機時間最少須等於一車輛走完全程所需的時間。例如模擬路段的長度為 2 公里, 預期之速率為 40 公里/小時, 則熱機時間最少要有 2/40 小時, 亦即大約 180 秒。

HTSS 模式之使用者可選用 0.5 秒或 1 秒之單位時間進行模擬。模擬單位時間為 0.5 秒時, HTSS 模式每 0.5 秒訂定每一車輛的新加速率、速率及

位置。所以其模擬所需電腦時間（CPU time）比用 1 秒之模擬單位時間長，但可減少估計誤差。

在每一不同之模擬作業時，HTSS 模式會用輸入之亂數種子來產生另一套種子。然後用每一套種子產生亂數來訂定一車輛之屬性（如車長等）。輸出資料是 Nrun 次模擬作業結果之平均值。資料蒐集結束瞬間 Tend 不能超過總模擬時間（Warm + Np*Dur）。例如熱機時間為 200 秒，模擬時段數為 2，熱機後每模擬時段之長度為 300 秒，則資料結束之瞬間必須小於或等於 $200 + (2-1) \times 300 = 500$ 秒。

從表 2 檔型 0 之資料(5555 0 下方第一行)可知：模擬作業須重複模擬 4 次；有 2 個模擬時段(第 1 時段為熱機時段)；熱機時段為 120 秒；熱機時段後每模擬時段的長度為 1,040 秒；模擬單位時間為 0.5 秒；資料蒐集開始及結束時間各為第 150 秒及第 1,100 秒；用來產生亂數之種子為 19138。

檔型 1 資料

Link Nup Ndn In Cont N Wid W2 ID SHR SHL Alen

Link = 一節線之代號（如 1 或 2）；

Nup = 節線 Link 上游節點的代號（如 610 或 2）；

Ndn = 節線 Link 下游節點的代號（如 611 或 3）；

In = 單向在 2 節點之間可能有 2 節線。如節線在內側，則 In 值為 1，其他情況之節線（惟一節線或在外側之節線）的 In 值為 0；

Cont = Link 下游端點之主要交通控制類型，NO=無控制(註：模擬無阻斷性車流時，Cont 須設定為 NO)，YD=讓，ST=停，SIG=路口用之號誌控制，METER=匝道用之號誌控制。如端點車道的控制類型與其他車道不同，則用檔型 6 資料來修訂(註：本手冊不說明此檔型)；

N = 全長車道數(若只有一快車道或混合車道，則 N=1；若有一快車道或混合車道，並且有一機、慢車道，則 N=2)；

Wid = 車道寬（公尺）；

W2	= 寬度與 Wid 不同之特定車道之寬度 (公尺)；
ID	= 車道寬為 W2 之特定車道代號；
SHR	= 右側路肩寬(公尺)；
SHL	= 左側路肩寬(公尺)；
Alen	= 節線長度(公里)。

表 2 檔型 1 資料顯示：節線 1 上游及下游端點之節點代號各為 601 及 602；節線 2 上下游端點之節點則各為 602 及 601；節線 1 為節點 601 下游惟一的節線(In=0)；節線 2 為節點 602 下游惟一的節點(In=0)；節線 1 及 2 下游端點沒有交通控制(如號誌或停讓標誌)；節線 1 有 2 車道；節線 2 有一車道；節線 1 之車道 1 寬度為 1.5 公尺，另一車道寬度為 3.5 公尺；節線 2 之車道寬為 3.5 公尺；節線 1 及 2 的長度皆為 3.2 公里；節線 1 及節線 2 右側有 1 公尺寬的路肩；左側無路肩。

檔型 5 資料

Link Iside Aux L₁ L₂ L₃ Start Ex XW off

此檔型資料只用在左右側有附屬短車道（如爬坡道或慢車用之避車道）之情況。

Link	= 一節線之代號；
Iside	= 附屬車道在節線右側時 Iside = 1，否則 Iside = 2；
Aux	= 附屬設施種類之代號，如圖 6 之 up、MID 及 END 所示；
L1, L2, L3	= 附屬設施之車道之代號（見圖 3），如果只有一車道時，則將 L2 及 L3 設定為 0；
Start	= 附屬設施起點與節線起點之距離（公里）；
Ex	= 附屬設施終點與節線起點之距離（公里）；
XW	= 附屬設施車道之寬度（公尺）；
off	= 附屬設施終點與非附屬設施車道之距離（見圖 7）。模擬非阻斷性車流時，off 須設定為 0.0 公尺。

根據表 2 之檔型 5 資料，節線 2 右側有 2 附屬車道。最上游的附屬車道為第 2 車道，另一附屬車道為第 3 車道。第 2 車道從里程 0.5 公里到里程

1.2 公里(里程從節線起點開始)；第 3 車道從里程 2.0 公里到里程 2.6 公里。
兩附屬車道的寬度皆為 3.5 公尺。

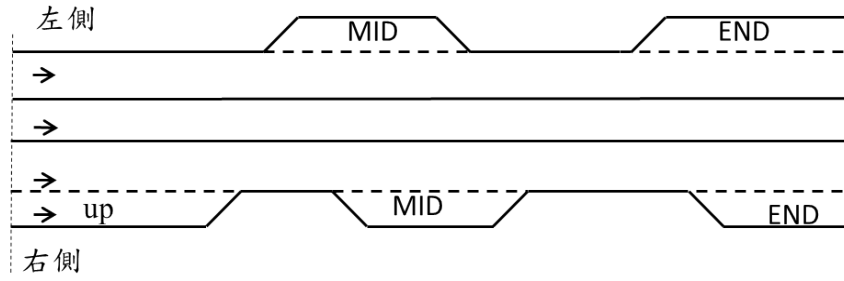


圖 6 附屬設施之代號

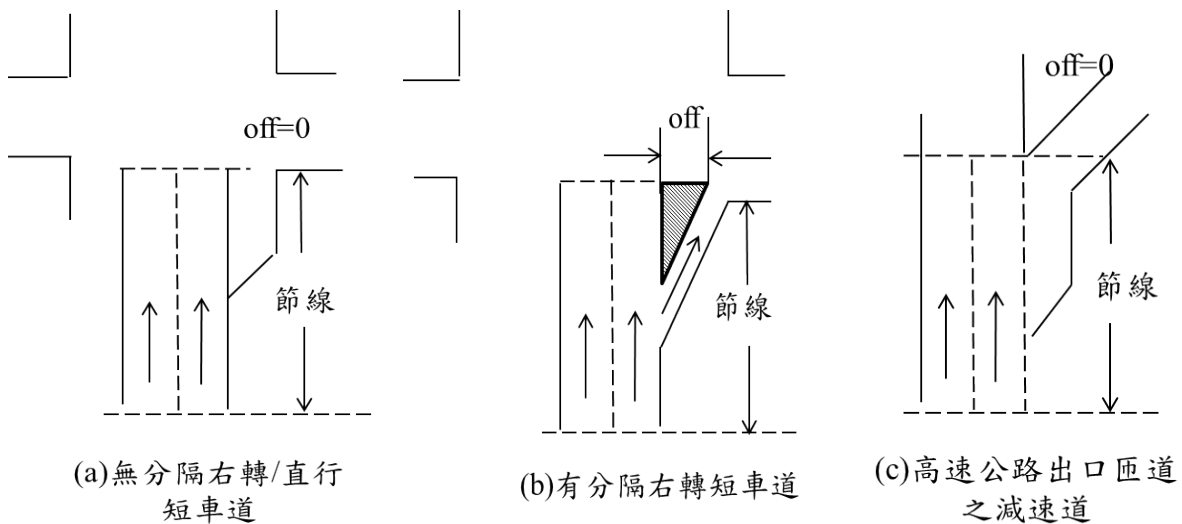


圖 7 節線終點附屬設施與非附屬設施之距離之定義

檔型 10 資料

Hwy Link XP(1) YP(1) XP(2) YP(2) ... XP(5) YP(5)

此檔型資料只用於有超車區之狀況。車輛超車時須占用對向車道。

Hwy = 雙車道公路之代號(1, 2, ...);

Link = 一節線之代號;

XP(i), YP(i) = 從上游到下游第 i 超車區 (i = 1, 2, ..., 5) 起點及終點之里程，亦即與節線起點之距離 (公里)。

如一模擬路段的超車區數目超過 5，則須要有 2 節線或更多節線代表該路段。

表 2 檔型 10 資料顯示第 1 條雙車道公路(Hwy=1)所屬之節線 1 有從里程 0.0 公里到 0.8 公里及里程從 1.7 公里到 2.2 公里之超車區。節線 2 則只有從里程 0.0 公里到 3.2 公里之超車區，因節線 2 的長度也是 3.2 公里(見檔型 1 資料)，所以節線 2 全長皆可超車。

檔型 11 資料

Link Lane Ku X_1 X_2 L(1) L(2) L(3)

此檔型只用於一車道之全部或一部分長度為專用/保留的情況。

Link = 一節線之代號；

Lane = 車道代號；

Ku = 1 (特定車種必須使用之車道，其他車種不能進入)；
= 2 (特定車種可用也可不用之車道，但一進入必須走完全程，其他車種不能使用)；
= 3 (特定車種可隨意進出之車道，其他車種不能使用)。

X_1, X_2 = 專用/保留車道之起點及終點 (公里) ；

L(i) = 能使用專用/保留路段之 3 車種的代號 ($i = 1, 2, 3$)，只有一車種能用時， $L(2) = L(3) = 0$ 。

HTSS 模式之車種代號如下：

- 1 = 小車；
- 2 = 機車；
- 3 = 非排班之大客車；
- 10 = 排班公車；
- 4 = 大貨車；
- 5 = 半聯結車；
- 6 = 全聯結車。

表 2 檔型 11 資料顯示節線 1 之車道 1 為專用/保留車道，此車道只讓機車使用($L(1)=2$)，而且機車可隨意進出此車道($Ku=3$)。此專用/保留車道的長度(3.2 公里)等於節線 1 之長度。

檔型 20 資料

Link Itu L(1) L(2) ... L(6)

Link = 一節線之代號；

Itu = 從節線端點離開時之一行車方向之代號；

L(i) = 以行車方向 Itu 離開節線時能使用之一車道的代號 ($i = 1, 2, \dots, 6$)；

如節線 Link 端點有 3 個行車方向，則需有 3 行此檔型資料。

HTSS 模式將行車方向用下列代號來設定：

迴轉=1、急左轉=2、左轉=3、斜左轉=4

直行=5、斜右轉=6、右轉=7、急右轉=8

模擬非阻斷性車流時，所有車輛皆視為直行車輛，因此行車方向代號訂為 5。

表 2 檔型 20 資料表示從節線 1 直行離開的車輛可用車道 1 及車道 2，從節線 2 直行離開的車輛可用車道 1(因為只有一車道)。

檔型 21 資料

Link ITY L(1) X(1) L(2) X(2) ... L(6) X(6)

Link = 一節線之代號；

ITY = 車種代號 (1=小車、2=機車、3=不包括市區公車之大客車、4=大貨車、5=半聯結車、6=全聯結車，9=所有車種)。

L(i) = 在節線下游端點的 6 種行車方向之一 ($i = 1, 2, \dots, 6$) 的代號，分析非阻斷性車流時，所有車輛是為直行車，所以 L(1)須設定為 5，L(2), L(3), ..., L(6)則為 0；

X(i) = 行車方向 L(i)之百分比 (%)。

每一車種需有一檔型 21 的資料。

表 2 檔型 21 資料顯示從節線 1 及節線 2 之車道離開的車輛皆為直行車輛。

檔型 30 資料

Node Iget IP IQ X(1) X(2) ... X(6)

- Node = 讓車輛進入模擬路段之一節點的代號 (如圖 1(b)之 602) ;
- Iget = 進入之節線為內側節線時, Iget=0, 否則 1 ;
- IP = 模擬時段之代號, 熱機時段為第 1 時段 (IP=1), 隨後時段之代號為 2, 3, ..., 30) ;
- IQ = 時段 IP 之流率 (輛/小時) ;
- X(1) = 小車之百分比 (如 80.6) ;
- X(2) = 機車之百分比 ;
- X(3) = 大客車之百分比 ;
- X(4) = 單體大貨車之百分比 ;
- X(5) = 半聯結車之百分比 ;
- X(6) = 全聯結車之百分比 ;

各車種百分比之總和必須等於 100。

表 2 檔型 30 資料顯示在第 1 模擬時段(IP=1, 亦即熱機時段)從節線 601 進入下游惟一的節線(非內側節線)的流率為 1,400 輛/小時, 其中 90%為小車、5%為機車、5%為全聯結車。第 2 模擬時段的車流狀況相同, 從節點 602 進入下游節線的流率為 1,500 輛/小時。

檔型 45 資料

Link Post L(1) L(2) L(3)

Link = 一節線之代號 ;

Post = 一速限區起點離節線起點之距離 (公里), 每一節線之第 1 速限區從節線的起點 (0 公里) 開始 ;

L(1) = 速限區內小車之速限 (公里/小時) ;

L(2) = 速限區內機車之速限 (公里/小時) ;

L(3) = 速限區內大車之速限 (公里/小時) ;

從上游到下游, 每一速限區須有一行檔型 45 之資料。

表 2 檔型 45 資料顯示節線 1 有 2 速限區(有 2 行輸入資料)。第一速限區從節線起點開始, 第二速限區從節線里程 1.3 公里處開始。第一速限區之大車速限為 40 公里/小時, 其餘車輛的速限為 50 公里/小時。第二節線只有

一速限區。所有車輛的速限皆為 45 公里/小時。

檔型 46 資料

Link Zone V_1 V_2 V_3

Link = 一節線之代號；

Zone = 速限區之代號（從上游到下游依序訂為 1, 2, 3, 4, 5）；

V_1 = 速限區 Zone 內小車之平均自由速率（公里/小時）；

V_2 = 速限區 Zone 內機車之平均自由速率（公里/小時）；

V_3 = 速限區 Zone 內大車之平均自由速率（公里/小時）；

HTSS 模式根據檔型 45 資料之速限估計平直路段上之平均自由速率如下：

$$V_f = V_L + \beta \Delta \quad (1)$$

此式中，

V_f = 平均自由旅行速率(公里/小時)，

V_L = 速限(公里/小時)，

β = 車種調整係數(小車及機車： $\beta=1$ ；大客車： $\beta=0.85$ ；大型貨車： $\beta=0.8$)，

Δ = 20 公里/小時，如 $V_{L1} \leq 40$ 公里/小時，

= $24 - 0.1V_{L1}$ ，如 $V_{L1} > 40$ 公里/小時。

V_{L1} = 小車速限(公里/小時)

如果這些設定值不適用，則用檔型 46 資料加以調整。

表 2 檔型 46 資料將根據檔型 45 設定之速限所訂定之平均自由速率更改。節線 1 第一速限區所有車輛之平均自由速率皆設定為 50 公里/小時。節線 2 所有車輛之平均自由速率也設定為 50 公里/小時。

檔型 47 資料

Node V_1 V_2 V_3

Node = 讓車輛進入模擬路網之一節點的代號（如圖 2 之 600、601）；

V_1 = 從 Node 進入路網時小車之平均自由速率（公里/小時）；

V_2 = 從Node進入路網時機車之平均自由速率（公里/小時）；

V_3 = 從Node進入路網時大車之平均自由速率（公里/小時）；

如進入路網之平均自由速率與檔型 45 或 46 設定的自由速率相同，則不必有檔型 47 的資料。

表 2 檔型 47 資料顯示從節點 601 及 602 進入模擬路網時，所有車種之各別平均自由速率皆為 50 公里/小時。

檔型 50 資料

Link Zone Cap VC

Link = 一節線之代號；

Zone = 一速限區代號；

Cap = 假設速限區 Zone 為平直路段之小車容量（小車/小時/車道）；

VC = 臨界速率（公里/小時）。

表 4 單純路段快車道(或混合車道)之容量及臨界速率

平均自由速率 (公里/小時)	容量 Q_{max} (小車/小時)	臨界速率 (公里/小時)
90	1594	71.6
80	1587	63.9
70	1574	56.1
60	1550	48.3
50	1510	40.6
40	1439	32.8
30	1319	25.1
20	1120	17.3
$Q_{max} = -2775 + 4379 / (1 + e^{\frac{V_f + 16.222}{17.356}})$ $V_c = 1.792 + 0.776V_f$		

郊區雙車道公路之容量及臨界速率隨路段平均自由速率而變。HTSS 模式根據表 4 之平直路段的容量及臨界速率模擬平直路段之跟車行為。此外，HTSS 模式考慮平曲線及坡度的影響來模擬非平直路段的車流行為。目前臺灣沒有其他車流資料來更新表 4 所示之資料，所以設定檔型 50 資料時，宜根據表 4。

表 2 檔型 50 資料顯示節線 1 兩速限區之容量各設定為 1,500 及 1,550 小車/小時，其相關臨界速率各為 40.0 及 45.0 公里/小時。節線 2 只有一速限區，其設定的容輻及臨界速率各為 1,500 小車/小時及 40 公里/小時。

檔型 60 資料

Link ID Begin Over Slope

Link = 一節線之代號；

ID = 在節線 Link 上，從上游到下游依序之縱切線 (vertical tangent) 代號 (1, 2, 3, ..., 50)；

Begin = 縱切線起點與節線起點的距離 (公里)；

Over = 縱切線終點與節線起點的距離 (公里)；

Slope = 縱切線之坡度 (%), 上坡為正值，下坡為負值。

HTSS 模式讓使用者選擇代表縱切面定線 (vertical alignment 或 profile) 之性質。如一路段是根據現代公路設計標準所建造，因此有一連串的縱切線及豎曲線，則用檔型 60 資料訂定縱切面之性質比較方便(見表 2)。否則使用者必須用檔型 61 資料(見表 3)。

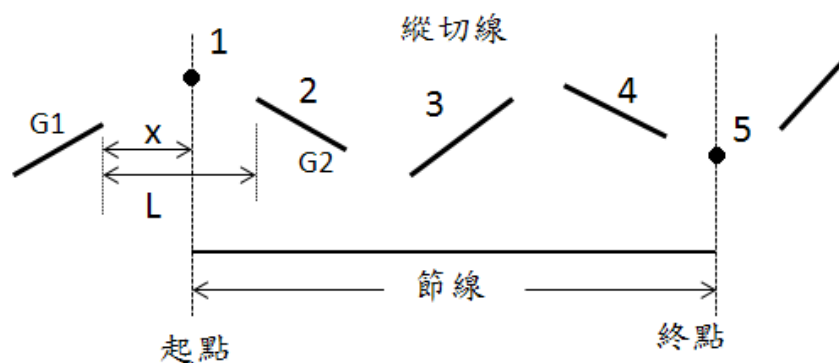


圖 8 節線起點及終點無縱切線（在曲線上）之示意圖

另一方面，如果模擬路段沒有坡度，則不須用檔型 60 或 61 之輸入資

料。設定檔型 60 之資料時，一節線的第一縱切線從節線的起點開始，最後一縱切線也須終止在節線的終點。但事實上節線的起點及終點可能沒有在一縱切線上，如圖 8 示。在這情況下，在節線起點及終點處必須設定一沒有長度的虛擬 (virtual) 縱切線。模擬使用者必須估計此縱切線之坡度。

以圖 8 在節線起點兩旁之縱切線為例。如果起點左側之縱切線的坡度為 G_1 ，右側縱切線之坡度為 G_2 ，兩切線之間曲線之長度為 L ，節線起點到上游切線之距離為 x ，則路段在起點之坡度可估計如下：

$$G = G_1 + \frac{G_2 - G_1}{L} x \quad (2)$$

此式中，

- G = 路段一定點之坡度（%，正值為上坡）；
- G_1 = 定點左側縱切線之坡度（%，正值為上坡）；
- G_2 = 定點右側縱切線之坡度（%，正值為上坡）；
- L = 兩縱切線之間縱曲線之長度；
- x = 定點與左側縱切線之距離。

節線之起點或終點的坡度估計完成之後，第一縱切線之相關檔型 60 資料可能如下所示：

```
1  1  0.0  0.0  -3.8
```

此例表示節線 1 上第一縱切線的起點及終點不在節線的起點，因此其長度等於 0 公里。此外第一縱切線之坡度以公式 2 估計為 -3.8%。

另一方面，如果一節線的起點或終點在一縱切線上，如圖 9 所示，第一縱切線（ID = 1）從第一節線之起點開始（Begin = 0.0），其終點離節線起點 0.5 公里（Over = 0.5），則檔型 60 資料為：

```
1  1  0.0  0.5  3.2
```

最後一縱切線（第 4 縱切線，坡度 -4.0%）自節線 1 之 1.8 公里處開始，其相關資料則為：

```
1  4  1.8  2.0  -4.0
```

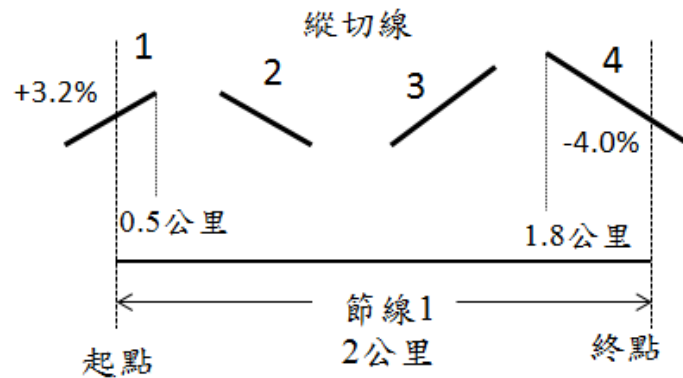


圖 9 節線起點及終點在縱切線上之示意圖

表 2 檔型 60 資料顯示節線 1 有 2 縱切線。第一縱切線從節線的起點開始直到里程 2.0 公里之處，其坡度為 6.0%(上坡)。第 2 縱切線從里程 2.5 公里開始直到節線 1 之下游端點，其坡度為 0%(平坦)。節線 2 之第一縱切線從里程 0.0 公里到 0.7 公里，其坡度為 0%(平坦)。第二縱切線從里程 1.2 公里到節線下游端點，其坡度為 -6%(下坡)。

檔型 61 資料

Link ID X E

Link = 一節線之代號；

ID = 一定點的代號，從上游到下游，依序為 1, 2, 3, ..., 500；

X = 定點 ID 與節線起點之水平距離（公里）；

E = 定點 ID 之高程（公尺）；

如果不用檔型 60 資料設定縱切面的狀況，而且節線有坡度，則須設定檔型 61 資料。此資料之第一定點及最後一定點必須各為節線之起點及終點。兩定點之間的距離越短越能較準確地代表實際的縱切面。

表 3 檔型 61 資料顯示節線 1 在里程 0.0 公里(節線起點)、1.6 公里及 3.2 公里(節線終點)處的高程各為 100 公尺、196 公尺及 205 公尺。節線 2 在里程 0.0 公里、1.6 公里及 3.2 公里處的高程各為 205 公尺、196 公尺及 100 公尺。分析實際路段時，如果坡度隨地點的變化很頻繁，最好沿公路中心線每 20 公尺左右有一高程的資料。

檔型 62 資料

Link ID Begin Over Radius Sup

Link = 一節線之代號；

ID = 一平曲線之代號，從上游到下游，依序訂為 1、2、3、...、50；

Begin = 平曲線 ID 起點與節線起點之距離（公里）；

Over = 平曲線 ID 終點與節線起點之距離（公里）；

Radius = 平曲線 ID 之曲率半徑（公尺）；

Sup = 平曲線之超高率(%)。

表 3 檔型 62 資料顯示節線 1 及節線 2 各有一曲率半徑為 120 公尺之平曲線。節線 1 之平曲線從里程 1.8 公里到里程 2.4 公里。節線 2 之平曲線從里程 0.8 公里到里程 1.4 公里。平曲線之超高率為 4.5%。

檔型 81 資料

Link P Gap Diff ACC Dmin Beta Lmin

Link = 一節線之代號；

P = 不願意超車駕駛員的百分比（代表值：0.63）；

GAP = 被超越車輛與其前車最少應有之車距才能提供超車機會(代表值：5 秒)；

Diff = 超車車輛最高速率與被超越車輛車速之差距(代表值：25 公里/小時)；

ACC = 超車時之加速率(代表值：4 公里/小時/秒)；

Dmin = 超車車輛超過被超越車輛之後，兩車須有的最小距離才能讓超車車輛回到原來車道(代表值：10 公尺)；

Beta = 緩衝距離之調整係數(代表值：1.0)；

Lmin = 能被利用之超車區最小長度(代表值：160 公尺)。

從表 3 可知檔型 81 資料與上述代表值相同。緩衝距離代表超車車輛回到原來車道時與對向車輛應保持之最小安全距離。2016HTSS 模式係用美國 AASHTO 公路設計規範所用之緩衝距離作為代表性距離。此距離可估計為：

$$S = 5.67 + \frac{95.46}{1 + e^{\frac{V_{\max} - 70}{14.654}}} \quad (3)$$

此式中，

S = AASHTO 之緩衝距離(公尺)，

$V_{\max}$ = 超車時之最高速率(公里/小時)。

如果實際的緩衝距離與 AASHTO 所定的距離不同，則可用上述 Beta 輸入值更改。Beta 等於 0.8 表示緩衝距離是式 3 值之 80%。

檔型 85 資料

Alt Const

Alt = 模擬路段之高程（公尺）；

Const = 99 或任何 0 到 999 之數據（不能空白）。

HTSS 模式將每一模擬路段的高程設定為 200 公尺。此高程對坡度路段上車輛加速率的估計值有輕微的影響。如果 200 公尺之高程可接受，則不須用此檔型資料加以修改。

檔型 86 資料

Kind Mass Power Eff

Kind = 車種之代號（1=小車、2=機車、3=大客車、4=單體大貨車、5=半聯結車、6=全聯結車）；

Mass = 車種 Kind 之總重（kg，公斤）；

Power = 車種 Kind 之馬力（kW）；

Eff = 車種 Kind 之牽引力傳輸效率。

HTSS 模式將各車種的總重、馬力及牽引力傳輸效率設定如表 5 所示。

如果表 5 之設定值適用，則不必用檔型 86 資料更改設定值。

表 3 檔型 86 的資料與表 5 之代表值相同。所以檔型 86 資料可不必放在輸入檔中。

表 5 代表性總重、馬力及牽引力傳輸效率

車種	總重(kg)	馬力(kW)	牽引力傳輸效率	kg/kW
小車	2,000	40	0.90	50.0
機車	180	5.5	0.90	32.8
大客車	15,000	180	0.85	83.3
大貨車	10,000	135	0.85	74.0
半聯結車	20,000	190	0.85	105.3
全聯結車	20,000	190	0.85	105.3

檔型 87 資料

Kind Drag Area

Kind = 車種之代號 (1=小車、2=機車、3=大客車、4=單體大貨車、5=半聯結車、6=全聯結車)；

Drag = 車種 Kind 氣流後拉係數 (drag coefficient)；

Area = 車種Kind之正向面積 (frontal area) (m^2)。

HTSS 模式將各車種的後拉係數及正向面積，設定如表 6 所示。

表 6 代表性後拉係數及正向面積

車種	後拉係數	正向面積 (m^2)
小車	0.3	2.0
機車	1.8	0.8
大客車	0.7	7.0
大貨車	0.7	10.7
半聯結車	0.7	10.7
全聯結車	0.7	10.7

如果表 6 所列之代表值不適用，則可用檔型 87 資料加以改正。

表 3 檔型 87 資料將小車之後拉係數及正向面積各改為 0.4 及 1.5 平方公尺。

檔型 95 資料

Link D(1) D(2) ...D(10)

Link = 一節線之代號；

D(i) = 從上游到下游，第 i 車輛偵測站與節線起點之距離（公里）；

HTSS 模式讓使用者在每節線上最多設置 10 個車輛偵測器，以利於進行交通分析，這些偵測器蒐集通過偵測站車輛的流率、空間平均速率、時間平均速率及各車種之百分比，如一節線無偵測站，則不須設定檔型 95 資料，如果一節線之偵測站數少於 10，則不存在之偵測站須用 0 代表 $D(i)$ 之值。

表 3 檔型 95 資料顯示節線 1 有 10 個偵測站，節線 2 則只有 7 個偵測站。

檔型 97 資料

Fixed Const

Fixed = 0 或 1；

Const = 99 或任何 0 到 999 之數據（不能空白）。

HTSS 之模擬車輛各有不同之行為（如加速率及欲維持之最高速率）。如模式之使用者欲使用代表性車輛（亦即有平均行車行為之車輛）估計自由速率隨坡度及坡長之變化，則須將 Fixed 設定為 1。否則不可用此檔型或必須將 Fixed 設定為 0。

應用 2016HTSS 模式時，一般不宜將檔型 97 資料放在輸入檔。因為如不小心將檔型 97 之 Fixed 設定為 1，則每一輛車完全有同樣的屬性(如車重)及行為。表 3 有檔型 97 之資料。因 Fixed 設定為 0，所以每一車輛的屬性及行為隨機變化。此檔型資料最好從輸入檔中刪掉以免發生錯誤。

檔型 98 資料

Node Iget h_0 h_1 h_2 h_3 h_4 h_5 h_6 h_7 h_8 h_9 h_{10} h_{11}

Node = 產生車輛之節線的代號(如 601)；

Iget = 進入之節線為內側節線時，Iget=0，否則 1；

h_0 = 車輛抵達Node時車距 h 與平均車距 H 比之最小值(如 0.7)；

h_1 = 第 10 百分位 h/H ；

h_2 = 第 20 百分位 h/H ；

h_3 = 第 30 百分位 h/H ；

h_4 = 第 40 百分位 h/H ；

h_5 = 第 50 百分位 h/H ;
 h_6 = 第 60 百分位 h/H ;
 h_7 = 第 70 百分位 h/H ;
 h_8 = 第 80 百分位 h/H ;
 h_9 = 第 90 百分位 h/H ;
 h_{10} = 第 100 百分位 h/H ;
 h_{11} = h/H 之最高值(如 1.5) 。

HTSS 模式假設車輛以隨機的型態進入模擬路網。如果車輛進入路網的型態非隨機，而且車距 h 與平均車距 H 比之分布已知，如圖 10 所示，則可用檔型 98 資料要求 HTSS 模式用近似的分布產生車輛。用這方法產生車輛所需的模擬時間會增長。

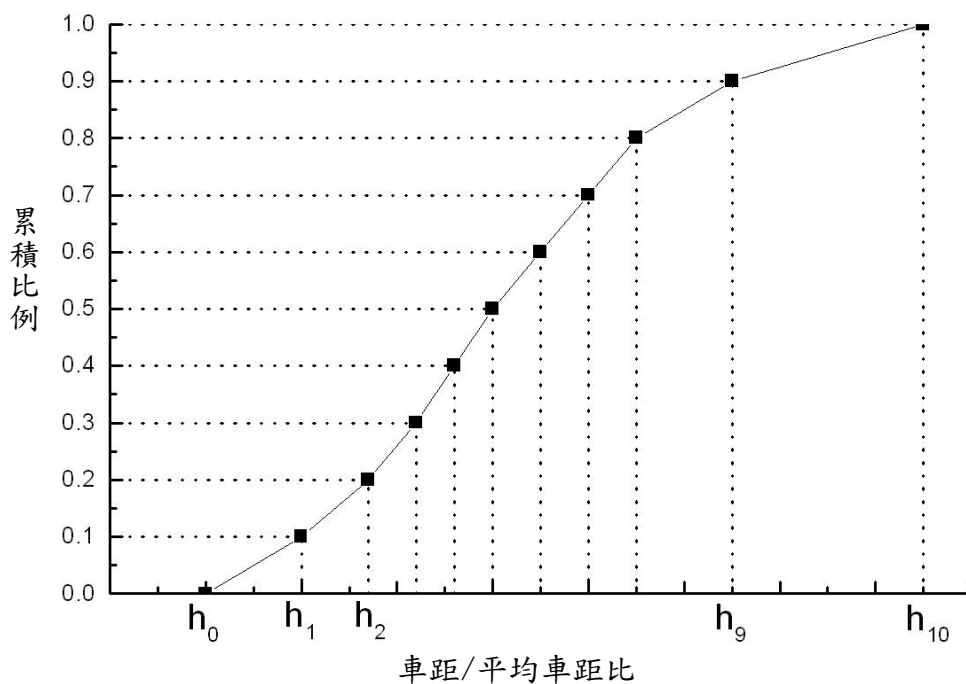


圖 10 車距與平均車距比之累積分布示意圖

表 2 及表 3 皆沒有檔型 98 的資料。這表示車輛以隨機的型態進入路網。

檔型 99 資料

Node Iget N

Node = 產生車輛之節點的代號；

Iget = 進入之節線為內側節線時，Iget=0，否則 1；

N = Erlang distribution 之參數(2,3,4,...)。

車輛抵達一定點之車距分布有時可用下列 Erlang distribution 來代表：

$$f(h) = \frac{(qN)^N}{(N-1)!} h^{N-1} e^{-Nqh} \quad (4)$$

此式中，

$f(h)$ = 車距等於 h 秒之或然率；

q = 流率(輛/秒)；

N = 參數。

式 4 中之 N 為整數，其值從 1 到無限大。 $N=1$ 代表隨機分布的車距。 N 值越大，車距越均勻。使用此檔型時， N 不可設定為 1。此外，使用 Erlang distribution 之前必須用現場資料確定此分布之適用性。如有現場資料，而且現場資料顯示車距分布非隨機，則最好用檔型 98 資料來訂定車距的分布。使用 Erlang distribution 會增加模擬時間。

表 2 及表 3 皆無檔型 99 資料，因此 HTSS 模式會隨機產生車輛。

四、輸出檔

2016HTSS 模式模擬郊區雙車道公路非阻斷性車流路段的輸出檔內容如表 7 所示。

第一項輸出內容包括每一節線(Line)之流率(Flow)、平均速率(Average Speed)、耗油量(Fuel Consumption，包括總量及每車公里平均消耗之油量)及車種組成。節線之流率是離開節線下游端點的流率。估計流率所用之時間從在資料蒐集期間第一輛車輛離開的瞬間算起(不分車道)到最後一輛車離開的瞬間為止。平均速率等於節線的長度除以平均旅行時間。

第二項輸出資料是根據各節線之速限及平均速率所估計之服務水準，如果一節線有不同速限區，則根據各速限區之長度及速限加權估計平均速限以跟平均速率比較。

郊區雙車道公路服務水準之劃分標準如表 8 所示。2016HTSS 模式不能

直接估計路段之容量。本手冊有一範例說明容量之估計方法。

表 7 2016HTSS 模式輸出檔樣本

*****NOTATIONS*****

Vehicle Types:
1 = small vehicle
2 = motorcycle
3 = bus
4 = single-unit heavy truck
5 = semi-trailer truck
6 = full-trailer truck
gasoline density: 0.71~0.77 kg/l

***** LINK STATISTICS*****

LINK	Flow	Average Speed(km/h)	Fuel Consumption liter	liters/veh-km	% of Vehicle type					
	vph				1	2	3	4	5	6
1	1366.	55.8	65.	0.050	95.2	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0
2	1208.	38.9	137.	0.122	95.6	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0

**** SPEED LIMIT minus AVERAGE SPEED****

LINK	Speed Limit (km/h)	Average Speed (km/h)	Speed-Limit (km/h)	Level of Service
1	50	55.8	5.8	1
2	50	38.9	-11.1	5

**** AVERAGE STOPPED DELAY **

LINK	LANE	Average Stopped Delay(s/veh)
1	1	0.0
1	2	0.0
2	1	0.0
2	2	0.0

DETECTOR STATION STATISTICS

Link	Station at (km)	Lane (vph)	Flow	Speed (km/h)		% Vehicle Type					
			Time-Mean	Space-Mean		1	2	3	4	5	6
1	0.010	2	1404.	36.7	33.2	95.1	0.	0.	0.	4.9	0.
1	0.200	2	1402.	50.5	50.3	95.1	0.	0.	0.	4.9	0.
1	2.000	2	1388.	58.6	58.3	94.9	0.	0.	0.	5.1	0.
1	3.000	2	1366.	58.1	57.7	95.2	0.	0.	0.	4.8	0.
1	3.200	2	1366.	57.9	57.6	95.2	0.	0.	0.	4.8	0.
2	0.010	2	1259.	17.4	17.1	94.9	0.	0.	0.	5.1	0.
2	0.200	2	1259.	47.3	46.9	95.0	0.	0.	0.	5.0	0.
2	0.400	2	1263.	46.3	46.0	95.0	0.	0.	0.	5.0	0.
2	0.600	2	1267.	45.5	45.4	95.0	0.	0.	0.	5.0	0.
2	0.800	2	1269.	45.2	45.0	95.0	0.	0.	0.	5.0	0.
2	1.000	2	1269.	44.7	44.5	95.0	0.	0.	0.	5.0	0.

*****PASSING RATE
(number of passing maneuvers per DEPARTURE x 100%) *****

LINK	PASSING Zone	Departure Flow(vph)	Opposing Flow(vph)	Passing Rate(%)
1	1	1366.	1208.	0.3
2	1	1208.	1366.	0.0

表 8 郊區雙車道公路服務水準劃分標準

績效指標 V/C 比	服務水準等級	績效指標 U(公里/小時)	服務水準等級
≤ 0.35	A	≥ 8	1
$0.35 < V/C \leq 0.60$	B	$3 \leq U < 8$	2
$0.60 < V/C \leq 0.85$	C	$-2 \leq U < 3$	3
$0.85 < V/C \leq 0.95$	D	$-7 \leq U < -2$	4
$0.95 < V/C \leq 1.0$	E	$-12 \leq U < -7$	5
$V/C > 1.0$	F	< -12	6
U(公里/小時)=平均速率-速限			

第三項輸出資料包括每一節線、每一車道之平均停等延滯。除非有壅塞狀況，非阻斷性車流不會有停等延滯。

第四項輸出資料為偵測站(Detector Station)之統計資料(Statistics)。每一節線最多可有 10 個偵測站。每偵測站所蒐集的資料包括各車道(Lane)之流率(Flow)、時間平均速率(Time-Mean Speed)、空間平均速率(Space-Mean Speed)及車種組成。

如果 10 個偵測站的資料不夠用，可將原來偵測站移到新位置，然後重新模擬。

最後一項輸出資料是超車率(Passing Rate)。超車率等於一節線上所有超車次數佔使用該節線車輛數之百分比。如果一節線沒有超車行為，則不會有相關之輸出值。

五、應用範例

5.1 評估服務水準

一郊區雙車道公路的兩側各設有一 1.5 公尺寬之機、慢車道。不論車種，在此公路平直路段上的平均自由速率皆為 70 公里/小時。速限為 60 公里/小時。假設此公路設有平曲線但是有一長 3.2 公里、坡度 6%之路段，而且不同類型車輛進入此路段時之平均速率為 70 公里/小時。用 2016HTSS 模式分析此路段時可用如表 9 所示之輸入檔。

表 9 應用範例輸入檔

5555 0	number of runs, # periods, data collection period, seed, etc											
4 2	120	1040	0.5	150	1100	19138						
5555 1	read type 1 data, upstream node, down stream node, etc											
1 601	602	0	NO	2	3.5	1.5	1 1.2	0.0	3.20			
2 602	601	0	NO	2	3.5	1.5	1 1.2	0.0	3.20			
5555 10	2-L HWAY, Link, start/end of 5 passing zones											
1 1	5.0	5.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
1 2	5.0	5.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
5555 11	Exclusive/reserved lane											
1 1	3	0.0	3.2	2	0	0						
2 1	3	0.0	3.2	2	0	0						
5555 20	Type 20 data, link,turn type allowed, ids of lanes											
1 5	1	2	0	0	0	0						
2 5	1	2	0	0	0	0						
5555 21	Type 21 data, turning movements at end of link for veh type											
1 1	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
1 2	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
1 3	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
1 4	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
1 5	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
2 1	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
2 2	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
2 3	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
2 4	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
2 5	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
5555 30	Type 30 data, flow rates at source nodes, to in/out,period											
601 1	1	800.	100.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0		
601 1	2	800.	100.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0		
602 1	1	800.	100.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0		
602 1	2	800.	100.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0	000.0	0.0		
5555 45	Type 45 data, Speed Zones											
1 0.0	60.	60.	60.	first zone of link 1								
2 0.0	60.	60.	60.	firstand only zone of link 2								
5555 46	TYPE 46 data, change free-flow speed for each zone											
1 1	70.	70.	70.									
2 1	70.	70.	70.									
5555 47	TYPE 47 data, Vfree speed at entry point(Small, motorcycle, heavy)											
601 70	70	70										
602 70	70	70										
5555 50	Type 50 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, change, critical speed											
1 1	1575	0	56.0									
2 1	1575	0	56.0									
5555 60	Type 60 data Link grade ID Start ,end slope											
1 1	0.0	3.2	-6.0									
2 1	0.0	3.2	6.0									
5555 81	Type 81 data proportion of non-passing drivers											
0.63	5.0	25	4.0	10.0	1.0	160.						
5555 86	vehicle weight, horsepower, and engine efficiency											
1 2000.	40	0.92	weight/power=50 for rural									
2 180	5.5	0.92	32.8									
3 15000	180	0.85	83.3									
4 10000	135	0.85	74									
5 20000	190	0.85	105.2									
5555 95	Type 95 data, detector for flow data											
1 0.010	1.000	2.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
2 0.010	1.000	2.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
5555 97	Type 97 data, Fixed Constant											
0 88												
99999	99999											

此檔之檔型 30 資料顯示兩方向(節線 1 及 2)的流率皆為 800 輛/小時，而且車流中只有小車。此外，檔型 60 資料顯示節線 1 在下坡方向。試評估此路段的服務水準。

解：

從表 9 之檔型 0 資料可知重複模擬的次數設定為 4。一般而言，重複模擬的次數越大，估計值的準確性會增高。本例將重複模擬次數提高到 10，根據輸出檔在“Link Statistics”項目顯示的模擬結果，節線 1(下坡)及節線 2(上坡)的平均速率各為 64.1 及 62.1 公里/小時，比速限高 4.1 公里及 2.1 公里，其相關服務水準等級為第 2 級(見表 8 之服務水準劃分標準)。

服務水準也須從流率與流量比的角度衡量壅塞程度。但是 2016HTSS 模式不能直接估計容量，所以模式使用者須逐漸調高檔型 30 所設定的需求流率來探討能從各節線離開之最高流率(亦即容量)。容量是不容易準確估計之一車流特性。一減少估計誤差的方法是在檔型 0 資料檔中，將重複模擬的次數儘量增加(如 30 次)。另一方法是改變檔型 0 資料中產生亂數的種子，然後用不同種子所估計得之最高流率的平均值當作容量之估計值。本範例只用 10 次重複模擬之結果說明估計容量之原則。

如果將表 9 檔型 30 資料檔之流率從 1,200 輛/小時逐漸增加，則模擬的輸出流率如圖 11 所示。

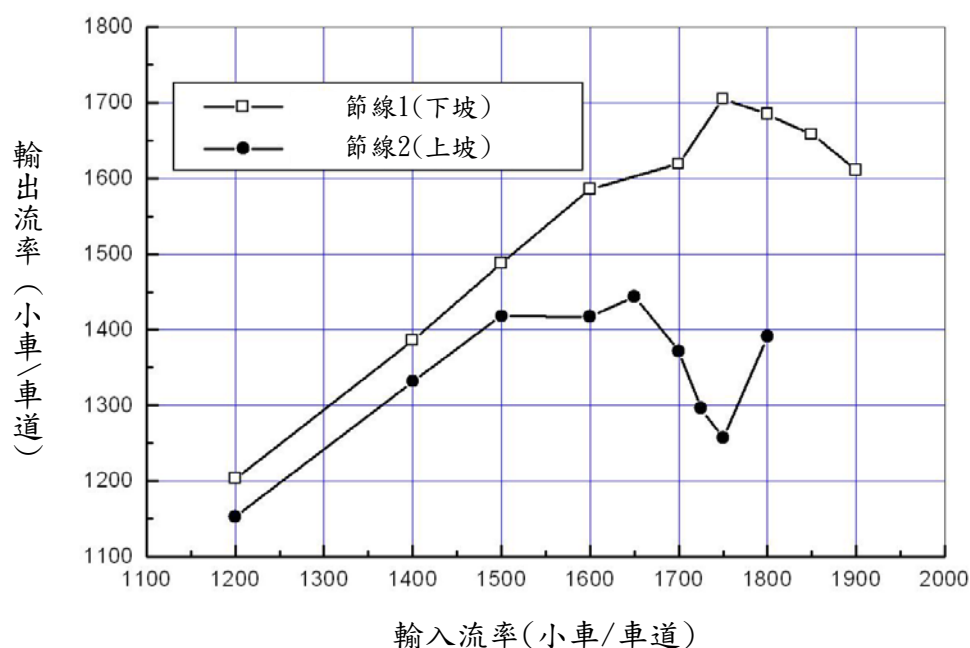


圖 11 範例 5.1 輸入需求流率與輸入流率之關係

從此圖可知需求流率從 1,200 輛/小時增高時，從節線 1 及 2 離開之流率也增高。但是節線 1 之需求流率達到 1,750 輛/小時，能從節線 1 離開之流率只有 1,705 輛/小時。需求流率再增高，則路段進入壅塞狀況，能從節線 1 離開之流率變低。相對而言，節線 2 最高只能容納大約 1,440 車/小時的車流。

根據圖 11，節線 1 的容量大約為 1,700 輛/小時，節線 2 之容量在 1,430 輛/小時左右。因此需求流率為 800 輛/小時之情況下，節線 1 及節線 2 之流率/容量比各為 0.47 及 0.56，從表 8 可知從流率/容量比之觀點而言，節線 1 及節線 2 之服務水準皆為 B 級。所以兩節線之服務水準同樣是 B2 級。

5.2 評估上坡路段之設計

一公路的設計車如為半聯結車，則半聯結車上坡之後的速率最好不要下降 15 公里/小時以上。假設前例的設計車是半聯結車，而且代表性半聯結車之屬性，如表 4 及表 5 所示，試評估 3.2 公里長、坡度 6%之上坡是否理想。

解：

評估上述狀況時宜用自由旅行速率，亦即低需求流率的速度。因此可將表 9 檔型 30 從節點 602 進入節線 2(上坡)之流率設定為 50 輛/小時，並將車種改為半聯結車。節點 602 之檔型 30 資料如下：

602 1 1 50 0.0 0.0 0.0 0.0 100.0 0.0

602 1 2 50 0.0 0.0 0.0 0.0 100.0 0.0

此外，因模擬的車輛為代表性半聯結車，每一輛車必須相同。所以必須將檔型 97 資料改為：

1 88

模擬結果顯示在節線 2(上坡)下游端點時的速率為 45.3 公里/小時。此速率比在節線起點之 70 公里/小時低了 24.7 公里/小時。從速率下降的程度而言，此坡度路度的設計不理想。

5.3 評估超車區

表 9 檔型 10 之資料將一起車區設在里程 5 公里之處。因為路段的長度只有 3.2 公里，所以沒有超車的動作。如果將全路段改為駕駛員在路段任何一點都有足夠的超車視距，則平均速率可能會改善。假設從節點 601 進入節線 1 之流率為 1,000 輛/小時，從節點 602 進入對向節線之流率為 400 輛/小時，所有的車輛皆為小車，試比較超車視距改善對平均速率的影響。

解：

先將檔型 30 之節線 1 流率改為 1,000，也將檔型 30 之節線 2 的流率改為 400。模擬的結果顯示節線 1 及節線 2 之平均速率各為 63.7 及 63.4 公里/小時。其次將檔型 10 之資料修正如下以讓全路段皆能超車：

1 1 0.0 3.2 0 0 0 0 0 0 0 0

1 2 0.0 3.2 0 0 0 0 0 0 0 0

模擬結果顯示節線 1 之超車率為 35.3%，其平均速率為 65.1 公里/小時。此速率只比沒有超車機會時之 63.7 公里/小時增加了 1.4 公里/小時。節線 2 之對向流率相當高(1,000 輛/小時)，其超車率只有 1.7%，但其平均速率也增加了 1.5 公里/小時。

5.4 評估有平曲線之路段

假設表 9 所設定的坡度路段有一曲率半徑為 50 公尺之平曲線。其起點在節線 1 里程 1 公里處，平曲線長度為 70 公尺。試修定表 9 以模擬有平曲線的狀況。

解：

平曲線的設定須使用檔型 62 資料。因為節線 1 及節線 2 在同一公路上，但是車流方向相反，所以上述平曲線的起點在節線 2 里程 $3.2-1.0-0.070=2.13$ 公里處。檔型 62 資料應如下：

5555 62

1 1 1.0 1.07 50.0

2 1 2.13 2.20 50.0

5.5 評估附屬短車道

表 9 資料所描述的雙車道公路重新設計之後從節點 601 到節點 602 之節線只剩下一混合車道(機、慢車道廢除)。但是節線 1 右側里程 2 公里到 2.5 公里之間增設一附屬車道。為了探討此附屬車道的使用率，節線 1 里程 2.25 公里處需設一偵測站。試修改表 9 以模擬上述的狀況。

解：

首先須將表 9 檔型 1 資料修正，讓節線 1 只有一車道。結果如下：

5555 1

1 601 602 0 NO 1 3.5 0.0 0 1.2 0.0 3.20

2 602 601 0 NO 2 3.5 1.5 1 1.2 0.0 3.20

其次，表 9 須加如下之檔型 5 資料(假設附屬車道寬度為 3.5 公尺)

5555 5

1 1 MID 2 0 0 2.0 2.5 3.5 0.0

因為有附屬短車道時，沒有機、慢專用車道，所以表 9 檔型 11 中與節線 1 機、慢車道有關之資料必須除掉。至於偵測站，表 9 檔型 95 顯示在節線 1 里程 0.01、1、2 及 3 公里處設有偵測站。附屬短車道之車流狀況最好不要用該車道剛開始(里程 2 公里)或中斷(里程 2.5 公里)地點的偵測器來探討。因為這兩處為車輛分流及合流之處，其車流難以顯示附屬車道使用狀況。如在里程 2.25 公里處另設一偵測站，並將原來在里程 2.0 公里處之偵測站移到里程 2.15 公里處，則節線 1 之檔型 95 資料如下：

1 0.01 1.0 2.15 2.25 3.0 0.0 0.0 0.0 0.0

附錄 E

期中座談會議紀錄與 回應表

附錄 E、期中座談會議紀錄與回應表

項次	座談意見	回應說明
VD 應用討論：		
黃承傳教授	VD 資料不準可能原因包括採購規範及驗收標準不夠嚴謹或事後維護不良，使得 VD 使用上誤差較大，此因素也導致警察單以 VD 執法之顧忌。也請林教授提供美國經驗給臺灣參考。	美國 VD 維修也曾是一大議題。早期紐約州的 VD 使用壽命僅約 3 年，經相關單位進行深入了解，發覺線圈埋設深度不足，造成線圈邊角亦損壞，是影響使用壽命一大主因，於是改良施工步驟並逐一記錄，爾後偵測器埋設皆依步驟施工，目前 VD 使用壽命可超過 10 年。而美國 VD 資料大多用於運輸管理（不用於執法）。
林大煜教授	圓形與矩形環路線圈蒐集之佔有率資料不能互相比較，兩者間是否有辦法校估？	線圈感應長度不一致，無校估技術能比較不同感應長度偵測之佔有率。因此，應用時須確認偵測器型式，未來安裝之偵測器，偵測範圍能一致最佳。
曾平毅教授	通常 VD 安裝之後，無編列檢修預算，導致 VD 不準、無法用於執法。另外承辦單位未能掌握 VD 技術細節，遇到問題還是要找承包廠商處理。	在美國，VD 使用上的問題，使用單位很清楚該如何處理，但在臺灣，VD 的問題通常要問廠商。
高公局	VD 在驗收、調校上都有確認合乎功能要求，但車速不在有效偵測範圍內時，VD 感應上易產生誤差。VD 資料若過於異常，我們會請廠商校估。	敬悉。
坡度及平曲線對速率之影響：		
運計組	坡度對小車速率之影響可能是駕駛人行為造成，因為常定速駕駛，行駛到坡度路段沒再踩油門，車速就下降。	美國假設坡度對小車無影響，但以高速公路三義路段為例，坡度路段小車速率約較平坦路段降低 15 kph，所以公路設計必須考慮坡度對小車的影響。而駕駛人對坡度的感覺不明顯，導致踩油門加速的動作延後。以三義路段為例，上坡行駛約 2 公里速率降至最低，隨後雖仍在上坡路段，速率有提升。
曾平毅教授	郊區雙車道平曲線速率調查實務上有困難，無適當地點架設器材。彎道內速率還好蒐集，但入彎前速率蒐集困難。而平曲線路段通常有坡	確實，很多道路沒適合地點架測速器。雷射槍也不適合讓駕駛人看到（影響車速）。

項次	座談意見	回應說明
	度，很難單純比較無坡度的平曲線對速率之影響。	
高公局	雪隧曾用過的是兩支固定式測速器。	敬悉。
公路容量後續研究重點與交通人才培育：		
主席	1. 臺灣是考試引導教學，若考試加入 HCM 或交通工程份量，教學(學生)自然會重視。 2. 現在寫模擬程式能力確實需要加強。大數據分析時代必須自己寫程式。	1. 敬悉。 2. 敬悉。
曾平毅教授	1. 現在學生對研究交通工程學的興趣不高，因為辛苦。 2. 承接運研所容量研究的案子經常要進行現場車流觀察以及資料蒐集，戶外工作時數長比較辛苦，接科技部的案子則多在研究室內進行，亦可增加教授升等資格，但研究內容與實務有落差。 3. 臺灣有許多無號誌化路口，理論上應於交通工程手段無法改善服務水準，才裝設號誌。而實務上，除了非號誌化路口分析本身即具挑戰性外，又與民眾不熟悉法令或守法程度相關，例如，臺灣有 85%的民眾不了解左方車讓右方車之涵義。法規內容與考照方式沒有搭配。 4. 行人設施之容量研究，人行道拓寬後之自行車空間與行人的關係模糊，建議先從法規及通行規則界定入手。 5. 目前臺灣的圓環已經很少，容量研究的優先順序可以挪後。 6. 路側用的移動式微波測速器，費用應不高，可做為未來速率調查之工具。	1. 敬悉。 2. 敬悉。 3. 敬悉。 4. 納入後續研究考量。 5. 納入後續研究考量。 6. 納入後續研究考量。
黃承傳教授	1. 現在學生對運輸工程、交通工程興趣不大，反而偏好物流。目前土木系(含交通系)志願後移，因	1. 敬悉。

項次	座談意見	回應說明
	為辛苦。人才斷層確實是問題。 2. 必須要找年輕人承接林教授的學問。 3. 非號誌化路口在臺灣很重要。 4. 建議整併高速公路入口匝道與出口匝道之章節。 5. 高速公路收費站章節建議拿掉。	2. 敬悉。 3. 納入後續研究考量。 4. 納入後續研究考量。 5. 納入後續研究考量。
林大煜 教授	1. 第二章初稿中，速率、密度、流率之關係中可增加密度、流率之關係圖。 2. 依第二章初稿之描述，警察測速結果(測速槍)與真實速率存在 $\cos\theta$ 關係，代表警察測速結果若沒經過換算(校估)，已經低於實際車速，因此測得超速開罰更具合理性。	1. 遵照辦理。已於附錄 B 容量手冊第二章修定稿之圖 2-7 補充說明。 2. 敬悉。
主席結論：		
1	本案依合約完成期中座談會議，請依合約規定續辦相關事宜。	遵照辦理。

附錄 F

期末審查會議紀錄與 回應表

附錄 F、期末審查會議紀錄與回應表

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
林大煜教授			
1	報告第 15 頁，HTSS 模式可讓使用者自由選用 0.5 秒到 1.0 秒之單位模擬時間，其影響精度如何？本研究是否有經多次模擬運算後之經驗分享，以提供使用者設定單位模擬時間的參考。	模擬複雜車流(如有號誌路口之設施)時，用 0.5 秒會比 1 秒準確。模擬非阻斷性車流時，用 0.5 秒或 1 秒的結果不會有顯著區別。模式使用者只要在輸入檔用 0.5 秒及 1 秒分別執行模擬就可了解差距。(P.11)	同意
2	報告第 18~19 頁，有關超車邏輯部分： 1.「假設大車不超車」是否符合現況？ 2.駕駛員之隨機指定之冒險性指數，其值在 0 到 1 之間(P.19)，是否有一統計分布以便做為隨機指定之依據？	1.大車也可能超車。但臺灣郊區雙車道公路幾何設計狀況不佳，而且大車比例又很小，所以假設大車不超車對分析結果不會有顯著影響。 2.冒險性指數本身是均勻分佈之亂數，但此指數用來訂定車輛屬性或駕駛行為時，是根據實際或微調所得之分佈。	同意
3	服務水準劃分部分： 1.表 5-1(P.72)對「U」的劃分是如何轉化為表 12-1(P.12-6)？ 2.「U」的級距 8、3、-2、-7 是怎麼劃分出來的？ 3. P.71「如一路段之服務水準為 A3，……其速率則比速限低 5-10 公里/小時」，與表 5-1(P.72)及表 12-1(P.12-6)均無法對照。 4. 附錄 C、表 12-1(P.12-6)內文字符號不完整，又「\」表何意？	1.表 5-1(P.72)內「U」的劃分範圍錯誤，應與表 12-1(P.12-6)，已修正。詳 P.57。 2.一般駕駛員的自由旅行速率高於速限的 10~15 公里/小時，所以將 1 級訂為 $U \geq 8$ ，其他等級以 5 公里/小時分別劃分。 3.文字敘述錯誤，已修正。詳 P.57。 4. 「U」已補上，「\」係誤植，已修正。詳 P.12-6。	同意
黃承傳教授			
1	報告用詞應一致，例如：單純路段、複雜路段分別意指為何？前者指平直路段？後者指坡度或者坡度+平曲線路段？	單純路段及複雜路段的定義於附錄 C 之 12.1、12.4 及 12.5 節說明。單純路段的定義再增加「沒有超車行為」之註解。	同意
2	訂服務水準績效指標時，採平均	設計速率常為未知數，其應用比速限	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	行駛速率與速限之差額，這可能見仁見智，有無將設計速率納入考慮之空間？	更為困擾。	
3	手冊修訂版第一、二章(報告附錄A、B)需做大幅度修改，可參考美國 HCM 之寫法，例如第一章手冊目的，其實目的不外乎三個：1.operation level，評估現有道路設施容量與服務水準等級。2.現有道路設施改善時，預期其效果。3.規劃設計新的道路設施。第 1.1 節提到土地開發，有點離題了。未來工作如空汙、油耗之評估，運研所未來的目標是要擴大容量手冊之功能嗎？	手冊的目的已包括黃教授所說的三項，至於土地開發的評估，在國外是容量分析之一大應用。臺灣應也會用容量分析評估土地開發對交通之衝擊。 未來工作如空汙、油耗之評估，運研所尚未決定未來是否要擴大容量手冊之功能。這些只是可加以考慮之事項。	同意
4	附錄 B，P.2-1，阻斷性車流與非阻斷性車流定義之後，建議將各道路設施分別歸類於阻斷性車流或非阻斷性車流中。讓基本觀念與手冊內容銜接。	多數道路設施包括阻斷性及非阻斷性路段，不宜將設施歸於上述兩類。HCM 各章有必要時已將分析對象分成阻斷性及非阻斷性路段。	同意
5	附錄 B，P.2-4，速率及平均速率不應放在一起，會誤導。速率可談旅行速率及行駛速率。時間平均速率及空間平均速率，為對平均速率之不同整理方式。	根據國內傾向採用美國名詞的習慣，空間平均速率不宜用在 HCM。通常的名詞是平均旅行速率。修正後第 2 章因此特別提到平均旅行速率就是空間平均速率。一般容量分析或公路設計很少用空間平均速率這名詞。	同意
6	附錄 B，P.2-26，2.4 節容量分析內又談到服務水準分析，章節標題與內容不貼切。	容量分析的重點其實是評估服務水準。第 2.4 節的用意是希望改變對容量分析本質的誤解，因此將容量分析與服務水準分析內容放置於同一節，以導正手冊使用者觀念。	同意
曾平毅教授(書面意見)			
1	今(105)年期工作內容與期末報告書，符合「研究主題與重點」之第一年期內容。報告內容完整、充實，成果良好。	敬悉。	敬悉
2	今(105)年期完成的各章節，是否	近期陸續更新之章節建議由運研所公	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	透過專案會議方式來確認新版內容，或是 貴所審核後而能儘速公布修訂版？	布於「臺灣公路容量分析專區」供相關單位參考，並藉由公路容量分析軟體（THCS）教育訓練讓相關人員熟悉新的分析方法，以對新版手冊出版後，分析方法之改變預作準備。	
3	期末報告的編輯、排版還有一些改善空間，請儘量改正。例如第 4 頁（中間）斷句錯誤。	已修正。	同意
4	報告的英文字體不一，建議全部改為 Times New Roman。	英文字體已改為 Times New Roman。	同意
5	第 13 頁圖 3-3 之最下面線條可能有誤，請檢核改正。	已修正。	同意
6	第 2 頁德國的模擬模式應為 LASI，請修正。	已修正。	同意
7	第 72 頁表 5.1 的「績效指標 U」欄位的「，」應該去除。附錄 C 之 p.12-6 表 12-1 也請一起修正。	已修正。	同意
8	附錄 C 第 12 章修訂稿，p.12-3 第 5 點，宜蘭縣台 9 線蘇澳及東澳之間的機車比例高達 20.6%，可能太高了，請檢核。	原始統計資料有誤，已修正。	同意
9	附錄 C 之 p.12-9 式(12.2)的 ADT=「現時平均每日流量」，建議改為「基年平均每日流量」，單位請改為(輛/日)。	已修正。詳.P.12-10。	同意
10	附錄 C 之範例一，是否能增加一應用 2016HTSS 的分析結果，並與分析性方法相比較？	模擬值會與分析性方法估計值稍有不同(見圖 4-8)。原則上，雖然分析性方法不一定比模擬準確，有分析性方法就不必用模擬。	同意
張建彥教授(書面意見)			
1	研究團隊已完成本年度工作項目，內容完整具體，並具有實用性。	敬悉。	敬悉
2	建議計畫摘要之關鍵詞應縮減至 3-5 個。	目前用的關鍵詞不多，而且勉強反應計畫之性質。	同意
3	報告第 3 頁，工作項目的寫法應與 RFP(研究主題與重點)一樣。	已修改。(P.2)	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
4	建議所修訂「第二章 基本觀念」(報告之附錄 B)之編排與內容可再審慎討論與修正，相關意見如下：	—	—
a	由於新修訂版已將部分微觀車流參數如 Gap、Headway 等加以納入，不只有原巨觀車流參數如流量、密度等，因此建議「2.3 基本車流參數」應先將巨觀(Macroscopic)車流參數與微觀(Microscopic)車流參數加以定義。	容量手冊之內容沒提到巨觀和微觀參數，從應用立場，也沒有必要將參數分成巨觀和微觀。	同意
b	流量與流率之定義與原美國 HCM 之定義有所出入，依 HCM 之定義，流量(Volume)應是”Number of vehicles that pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval”、“Typically expressed in terms of annual, daily, hourly, or subhourly periods”；流率(Flow Rate)應是”The equivalent hourly rate at which vehicles pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval of less than 1 h, usually 15 min.”，因此流量之時段一般可以年、日、小時或低於一小時來衡量，而流率之時段則是低於一小時，一般是 15 分鐘，並非是平均值，建議再詳細檢討。	流率是在一段時間內車流率或人流率的平均值。流率的時段也不一定是短於 1 小時。	同意
c	圖 2-1 之資料來源只寫「臺灣世曦」，過於簡略，建議再補充報告名稱及年份。	圖 2-1 是從設計圖提出來，有必要可以與臺灣世曦公司聯絡。	？
d	「2.3.5 設計小時流量及設計流率」建議調整至 2.3.2，與 2.3.1 之流量及流率較接近。	設計小時流量及設計流率有特殊的應用，宜與一般流量及流率分開另外說明。	同意
e	公式之變數說明有的有附加單	公式的變數有的需註明單位，有的並	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	位，有的沒有，建議均附加單位，可用通用之單位如平均速率(公里/小時)。	沒有單位，且如單位無限制，則沒有必要註明。	
f	附錄 2-5 頁，平均旅行速率之英文應是(average travel speed)。	P.2-5 之「time」已改為「speed」	同意
g	附錄 2-7 頁，自由旅行速率 V_f 請附註英文(free-flow speed)。	P.2-7，已加註「free-flow speed」。	同意
h	附錄 2-8 頁，「卡住密度」建議可改為「堵塞密度」。	P.2-8，已改為「堵塞密度」。	同意
i	附錄 2-14 頁公式(2.8)之變數說明，「平均每日流量」之單位應改為(輛/日)；「需求流量每年之增加率(%/100)」，其單位不容易理解，建議可改為「需求流量每年增加之百分比」，不寫單位即可。	單位已改為(輛/日)；「%/100)」不能改，「百分比」反而容易被誤解。	同意
j	附錄 2-16 頁之 2.3.7 缺 Spacing(車間距離)之定義；另「間隙為應用不方便之一參數」的推論似乎過於主觀武斷，建議刪除。	「間隙」於實務上難以應用，於容量分析之應用亦非常有限，其中之一為停等車隊內，車尾到後面車頭之距離，採空間間隙。另現場蒐集動態車流的間隙亦無實用可行之方法，因而利用價值很有限。	同意
k	附錄 2-17 頁，「臨界車距」應是「臨界間隙」。	臨界間隙(GAP)是說明方便的字眼(表示利用車與車之間的空間)，但因間隙難於使用，實際用來分析的是車距(heading)，所以中文還是用臨界車距為宜，以反映此參數之實質。	同意
l	附錄 2-18 頁，「黃燈時段警告駕駛員準備停車」，並非如此，應是「黃燈時段警告車輛駕駛人及行人，表示紅色燈號即將顯示，屆時將失去通行路權」(請參考「道路交通標誌標線號誌設置規則」之「圓形黃燈」之定義)，建議文字定義應加以修改。	已依照建議，改為法規的詞句。	同意
m	附錄 2-19 頁，飽和流率之英文應改為(Saturation Flow Rate)。	Saturation Flow 與 Saturation Flow Rate 通用，在國外常用的是 Saturation Flow。已將此兩英文皆放入。	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
n	附錄 2-20 頁，飽和流率之單位應改為(輛/小時/車道)。	單位也可能是輛/小時，已加入輛/小時/車道。(P.2-20)	同意
o	附錄 2-24 頁，有關小客車當量之說明缺機車之小客車當量分析，由於機車特性之影響分析為臺灣公路容量手冊之重要特性之一，因此，其小客車當量分析應於基本觀念中加以補充說明。	式 2.13 及 2.14 亦可用於訂定機車之小客車當量，已將詞句修飾。(P.2-24、2-25)	同意
p	請補充小客車當量數(Passenger Car Unit, PCU)之說明。	PCU 之說明已與小客車當量合併。	同意
q	附錄 2-27 頁，有關服務水準等級應說明服務品質 A、B、C、D、E、F 級與 1、2、3、4、5、6 級的具體意義，以下提供美國 HCM 有關 A、B、C、D、E、F 級之定義供參考： (1)A 級：自由車流，個別使用者不受其他使用者之影響，可自由地選擇其速率及駕駛方式；本級為最舒適與方便的狀況。 (2)B 級：穩定車流，個別使用者開始受其他使用者影響，其選擇速率及駕駛方式的自由程度不若 A 級者高，已開始逐漸喪失自主性；舒適及方便性亦不若 A 級者。 (3)C 級：穩定車流，個別使用者明顯受其他使用者影響，必須小心謹慎地選擇速率及駕駛方式，舒適及方便性已有明顯地下降。 (4)D 級：高密度且穩定的車流，速率及駕駛方式受其他使用者限制，駕駛人或行人感受到不舒適及不方便；交通量的少量增加，就會產生操作運行上的困難。 (5)E 級：近似容量之流量，速率降至某一較低的均勻值，駕駛方式受車隊控制，幾乎無法變換車	P.2-27，A、B、.... 等級的定義，隨機效指標而異，宜在各相關章節說明。美國的定義常與臺灣實際車流特性不同。	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	道，無舒適性及方便性可言，駕駛人或行人有高度的挫折感。此時車流存有高度的不穩定性，少量的車流增量將會造成整個車流的癱瘓。 (6)F 級：強迫性車流，流量的需求大於所能承受之容量，等候車隊出現在此區之前，且呈衝擊波方式運作。車隊可能在合理速率下前進百公尺後，突然停止。本級已無舒適性及方便性可言，駕駛人或行人有不安及焦躁的情緒出現。		
五	附錄 C 之 12-10 頁最上方之 PHF 定義請刪除。	PHF 已刪除。	同意
六	新版的公路容量手冊與 HTSS 模式如何加強推廣應用，應是後續必須努力的重點工作項目。	近期陸續更新之章節建議由運研所公布於「臺灣公路容量分析專區」供相關單位參考，並藉由公路容量分析軟體 (THCS) 教育訓練讓相關人員熟悉新的分析方法，以對新版手冊出版後，分析方法之改變預作準備。	同意
高速公路局			
1	P.34，坡道影響之加速率，「....式 3.24 之估計值調降約 45%~100%」，100%是歸零的意思，是指受坡度影響之加速率歸零還是整個加速率歸零？	指受坡度影響之加速度歸零。(P.28)	同意
2	HTSS 模擬時是重複 10 次進行模擬，有無可能做成批次檔，用一次操作來取代 10 次模擬？	在輸入檔檔型 0 設定欲模擬次數之後，只須操作一次。	同意
3	表 4.8(P.62)及表 12-6(P.12-19)郊區雙車道公路代表車輛之屬性內容請再確認。	表 4.8 有誤，已改成與表 12-6 之值一致。	同意
台灣世曦工程顧問公司			
1	舊版雙車道容量評估尚無涵蓋機、慢車道，新版有建議分析方法嗎？	P.12-7 已說明，如有機、慢車道，假設其服務水準與快車道(或混合車道)相近，無另外分析。新版 12 章範例	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
		三，說明有機、慢車道之情況下，需求流率估計方式。	
2	新版的雙車道評估，不同車種調整為小車對等流率，而目前第 11 章(多車道郊區公路)仍為小車及大車之「車輛」單位，建議各章的當量單位可一致化。	修訂容量手冊時，當量是否需一致，理應加以檢討。	同意
美商美聯科技公司			
1	舊版的郊區雙車道公路是兩個車道一起評估服務水準，新版回復到單車道的角度評估，請問新版中，服務水準與超車百分比有關嗎？	超車百分比對平均旅行速率稍有影響，所以有可能造成服務水準等級的差別。	同意
2	目前高速公路章節依速限來決定流率與速率曲線圖，但雙車道依平均自由速率決定，恐因無法明確得知某路段自由速率，而找不到對應曲線，造成應用困難。	新版 12 章範例一、二，說明以路段速限套用公式 12.6 計算平均自由速率之應用方法。	同意
鼎漢國際工程顧問公司			
1	HTSS 微調工作僅納入跟車邏輯與超車邏輯，選定這兩項邏輯之依據為何？	其實微調工作還有另一項：上下坡瞬間速率之邏輯。跟車邏輯決定模擬所得之流率與平均速度的關係，此關係需大致與現場關係一致，才能讓 HTSS 模式存在應用價值。超車行為是模擬郊區雙車道公路不能忽視的項目，所以必須微調超車邏輯。上下坡瞬間速率邏輯之微調有關模式應用的可靠性，而且微調結果產生適用之代表性車輛屬性。其他邏輯不是與本計畫的研究特性無關，就是已有充份的資料。	同意
2	單純路段建議定義清楚。如坡度不超過多少%、曲率不大於多少%。	已修定單純路段之定義。單純路段包括有平曲線之路段。	同意
3	荷蘭駕駛行為可能跟臺灣有差距，建議後續研究深入探討所引用參數與臺灣情況之差距。	如有資源，理應進一步研究。但最好先用 HTSS 模式評估超車區或超車行為的影響程度。	同意
4	少數調查點位之模擬值與現場值	了解差距原因的工作不簡單。首先需	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	差距較高，建議了解其背後差距原因。	確定現場資料之可靠性，也需瞭解現場資料並不是唯一的「實況」，而且模式邏輯是期望能產生「平均」的車流運作特性。	
5	行駛雙車道之代表性車輛屬性理論上應與行駛高速公路之代表性車輛屬性一致，如今將兩者代表性車輛屬性做一區分，讓人不了解其意義。	代表性車輛屬性會隨公路類型而變，也會隨公路所在地而變。本計畫建議的屬性只是一基礎資料。	同意
亞聯工程顧問公司			
1	P.42 圖 4-2 郊區雙車道公路可能之流率與速率關係與附錄 C 表 12-1 第十二章修訂版服務水準劃分標準之關係為何？	有平均自由速率的估計值之後，圖 4-2(亦即圖 12-3)可用來設定適用的流率與速率關係(見圖 12-6)。根據此關係可估計容量、V/C 及平均速率。	同意
2	P.55、56，通常機車機動性較小車好，機車平均速率會高於小車。但以 U2 髮夾彎為例，機車速率高於小車，而其他地點又低於小車，請說明。	真正原因不明。但曲率半徑對機車的影響較小。上下坡時，機車較不穩定，駕駛員可能比較保守是另一原因。	同意
運計組(書面意見)			
1	報告第 15 頁，HTSS 模式讓使用者選用 0.5 秒「到」1.0 秒之單位模擬時間，是否應修正為「或」？	不必修正。	同意
2	報告第 72 頁，表 5.1 績效指標 U 的劃分範圍數值錯誤，請修正。	表 5-1 已修正。	同意
3	報告第 72 頁及附錄 C「容量手冊第十二章修定稿」第 12-11 頁敘述「(參考)2011 年容量手冊第十一章將大車的小車當量訂為 1.44，……雙車道公路平坦路段上大車之小車當量訂為 1.5」。惟第十一章於不同情形下大車之小車當量設定不同，如 11.4.2.1 無衝突直行車道一節，大車之小車當量在 2.0~2.23 間；11.4.2.4 無衝突直行/右轉共用快車道一節，設定直行大車之右轉專用道小車當量	小車當量值隨車流性質而異。號誌化路口之大車當量是依據停等車紓解車距的比較，大車轉彎不易，所以其當量可能相當高。在非阻斷性車流路段上，大車當量是根據各車種之平均車距。國內外之值常在 1.5 左右。大車比例若相當低，所用的當量值不必(也很難)很準確。	同意

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	為 1.44；11.4.2.7 無衝突左轉/直行共用車道一節，設定直行大車之左轉小車當量為 1.70；11.4.2.8 其他無衝突車流車道一節，表 11.21 呈現直行大車之直行小車當量為 1.80。請說明雙車道公路平坦路段上大車之小車當量訂定之考量。		
4	報告第 73 頁及附錄 C「容量手冊第十二章修定稿」第 12-10 頁敘述「2011 年容量手冊分析多車道郊區公路時，所訂定的當量與機車比例關係如圖 5-1 所示」。該關係是否為 2011 年容量手冊第十一章公式 11.18，建議註明。	已註明為 2011 年手冊表 11.11，新的公式比較簡單。詳 P.59 及 P.12-11。	同意
5	報告第 73 頁公式 5.1 及附錄 C「容量手冊第十二章修定稿」第 12-10 頁公式 12.5 不一致，請檢視修正，並確認修定後附錄 C 應用範例之計算結果。	所用機車之相關單位不同而已，其實兩式相同。	同意
6	附錄 A「容量手冊第一章修定稿」內容有關未來執行工作之段落或文句，建議刪除。本案建議之未來執行工作或由本所其他研究辦理或與交通單位及學者專家討論新版容量手冊出版後之研究方向，不適合於手冊中定案。	已刪除。	同意
7	附錄 C「容量手冊第十二章修定稿」第 12-2 頁說明，未來路口分析方法建立後，分別納入手冊第十三、十四章。未來第十一章之路口分析方法有規劃一併納入嗎？	可納入未來手冊修訂方向，但還有相關工作需執行。	同意
8	附錄 C「容量手冊第十二章修定稿」第 12-10 頁公式 12.3，缺 Pt 說明。	已加註解。	同意
9	請再檢視報告校稿，如報告第 4 頁、附錄 C 第 12-6 頁表 12-1。	已檢視修正。	同意
主席結論			

項次	與會人員及所提意見	處理情形或說明	承辦單位 審查意見
1	報告第 15 頁，HTSS 模式運作時選用 0.5 秒到 1.0 秒之部分，請補充說明。	模擬複雜車流(如有號誌路口之設施)時，用 0.5 秒會比 1 秒準確。模擬非阻斷性車流時，用 0.5 秒或 1 秒的結果不會有顯著區別。模式使用者只要在輸入檔用 0.5 秒及 1 秒分別執行模擬就可了解差距。	同意
2	容量手冊主要內容為容量及服務水準分析。有關空汙或油耗為其他分析工作之應用(如經濟效益評估)，請增加文字論述。	已根據運計組建議，將該部分刪除。	同意
3	報告內名詞(如單純或平直路段)請檢視並統一。	已檢視並修改。	同意
4	本期末報告審查通過，各委員及單位代表提供之意見，請研究團隊檢討修訂並製表回應，並請於 12 月 19 日前提送修正定稿。	遵照辦理。	同意

附錄 G

期末審查會議簡報資料

期末簡報

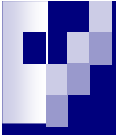


易緯工程顧問股份有限公司
中華民國105年12月12日



簡報大綱

- 壹、計畫背景及目的
- 貳、工作項目
- 參、研究成果
- 肆、結論與建議



壹、計畫背景及目的

- 一、計畫背景
- 二、計畫目的

2



一、計畫背景

1. 民國80年出版「台灣地區公路容量手冊」。
2. 2001年出版「2001年台灣地區公路容量手冊」。
3. 2011年出版「2011年台灣公路容量手冊」。

但下列章節尚未修訂

1. 第七章 高速公路交織區段
2. 第十章 市區地下道路
3. 第十二章 雙車道郊區公路
4. 第十四章 非號誌化交叉路口
5. 第十五章 圓環
6. 第十九章 行人設施

希望藉由公路交通系統模擬模式調校
來完成新版容量手冊研訂

3



二、計畫目的

計畫目的包括以下四大項：

1.修改容量手冊：

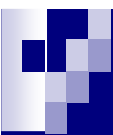
- (1) 第一章 緒論
- (2) 第二章 基本觀念
- (3) 第四章 高速公路基本路段
- (4) 第十章 「市區地下道路」
- (5) 第十一章 郊區多車道公路非阻斷性車流之部分
- (6) 第十二章 郊區雙車道公路

2.編定新章「公路隧道」

3.修訂2018HTSS模式及使用者手冊

4.協助出版2018年版「台灣公路容量手冊」

4



貳、工作項目

一、工作項目

二、主要工作內容

5



一、工作項目

1.第一期(2016年)工作項目

- ①修訂第一章 緒論
- ②修訂第二章 基本觀念
- ③修訂第十二章 郊區雙車道公路
- ④編定2015HTSS模式使用者手冊新版

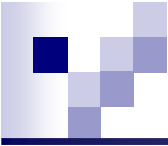
2.第二期(2017年)工作項目

- ①修訂第十一章 郊區多車道公路非阻斷性車流之部分
- ②核閱第十章「市區地下道路」修訂稿，召開討論會並定稿。
- ③修訂新版HTSS模式使用者手冊
- ④完成新版「台灣公路容量手冊」初稿

3.第三期(2018年)工作項目

- ①修訂第四章 高速公路基本路段
- ②編定新章「公路隧道」
- ③修訂新版HTSS模式使用者手冊
- ④協助出版2018年版「台灣公路容量手冊」

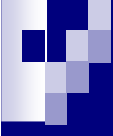
6



二、主要工作內容

- 1.整理及分析現場資料
- 2.微調2015HTSS模式
- 3.執行模擬
- 4.利用現場及模擬資料建立容量及服務水準之分析方法
- 5.編定容量手冊之新版
- 6.編定HTSS模式使用者手冊之新版

7



參、研究成果

- 一、修訂之第一章 緒論
- 二、修訂之第二章 基本觀念
- 三、修訂第十二章 雙車道郊區公路
- 四、2016HTSS模式之微調

8



修訂之第一章 緒論與第二章 基本觀念

一. 修訂之第一章 緒論

- 1.2011年手冊之缺陷
- 2.為出版2018年手冊所進行之工作
- 3.2018年手冊涵蓋範圍及尚未修訂之章節
- 4.後續工作

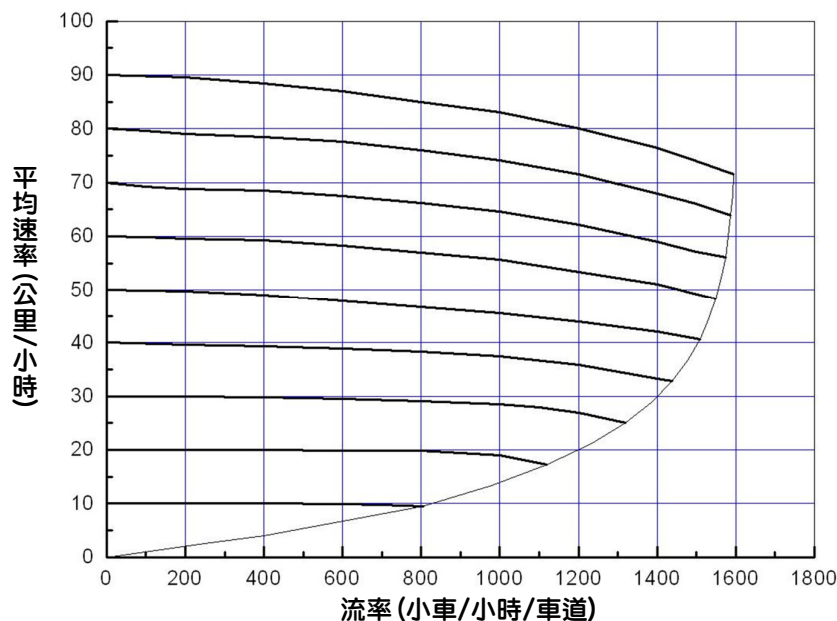
二. 修訂第二章 基本觀念

- 1.阻斷性及非阻斷性車流之區分
- 2.基本車流參數
- 3.容量分析之重點
- 4.績效指標之選擇所牽涉到的問題
- 5.服務水準等級劃分的問題
- 6.分析性模式及模擬模式之適用性

9

1. 單純路段之分析

以有代表性的 **速度-流率關係**及**分析方法**為基礎



郊區雙車道公路可能之流率與速率關係

10

2. 複雜路段之分析

以 **2016 HTSS模式**為基礎

- (1) 準備輸入檔 (輸入檔案名稱: htss.txt)
- (2) 下載 2016htss.exe (從 IOT 網站)
- (3) 執行及輸出 (輸出檔案名稱: htssout.txt)

2016 HTSS模式研討會預定於2017年5月上旬舉行

2016 HTSS模式將會於研討會結束後上傳至運研所網站

11

3.修訂版雙車道郊區公路服務水準劃分標準

績效指標 V/C比	服務水準等級	績效指標 U(公里/小時)	服務水準等級
≤ 0.35	A	≥ 8	1
$0.35 < V/C \leq 0.60$	B	$3 \leq U < 8$	2
$0.60 < V/C \leq 0.85$	C	$-2 \leq U < 3$	3
$0.85 < V/C \leq 0.95$	D	$-7 \leq U < -2$	4
$0.95 < V/C \leq 1.0$	E	$-12 \leq U < -7$	5
$V/C > 1.0$	F	< -12	6

U(公里/小時)=平均速率-速限

12

2016HTSS模式之微調

模式微調工作之重點：

- 1.微調超車邏輯.
- 2.微調跟車邏輯
- 3.探討適用的代表性車重及馬力

13

A. 超車邏輯

B. 瞬間加速率邏輯

訂為在下列加速率之最小值：

在平直路段上自由旅行時欲採用之加速率。

受欲維持之自由速率或平曲線上安全速率所限制之加速率。

受坡度、坡長、車重及車輛性能所限制之加速率。

受交通控制(如紅綠燈)及轉彎所限制的加速率。

受車輛之間互相影響之加速率。

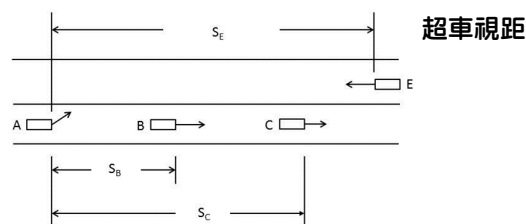
重點：

(1)跟車邏輯

(2)代表性車輛屬性

14

超車邏輯



超車開始瞬間車況示意圖

15

荷蘭：

超車所需之平均總時間為7.8秒。

流率在600及1000輛/小時之間，而且對向車流為450輛/小時之情況下，

超車之車輛佔總車輛之9.5%。

採用下列參數值，則模擬結果近似荷蘭的超車特性：

$R_{min} = 0.63$ (冒險性門檻值)

$T_2 = 5$ 秒 (下游車輛 B and C 之間之最小車距)

$\Delta V = 25$ 公里/小時 (超車車速與被超越車速之差距)

$S = 10$ 公尺 (回原車道時與被超越車輛 B 之最小距離)

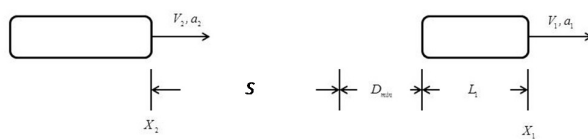
$B_p = 1.0$ (安全距離調整係數)

$A_p = 4$ 公里/小時/秒 (超車平均加速率)

$D_{min} = 160$ 公尺 (最短可用之超車區長度)

16

跟車邏輯



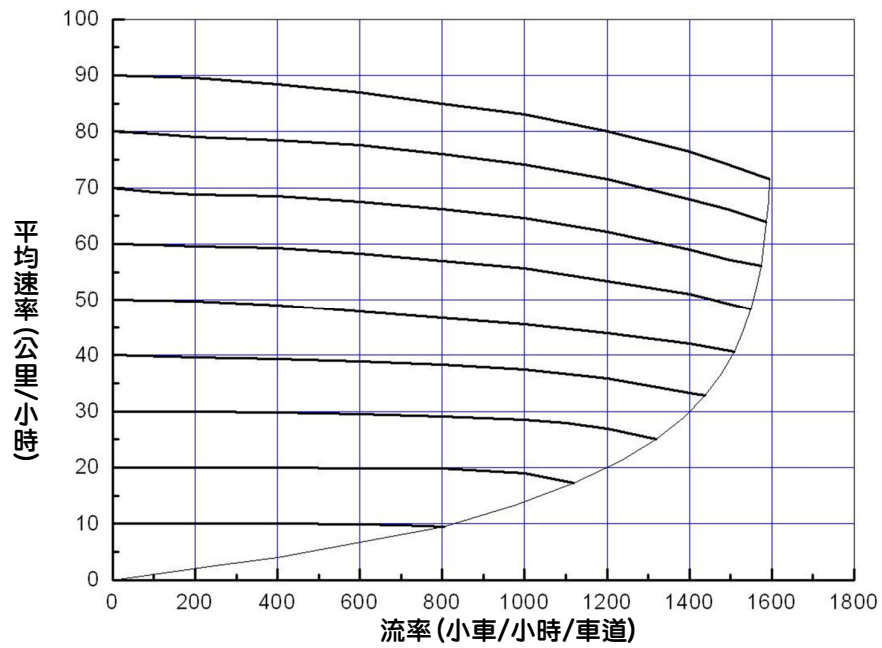
緩衝距離

$$S = \beta_1 f(V = V_1 + a_1) - \frac{(V_2 - V_1 - a_1)^2}{2d_2}$$

速度, 相對速度, 車輛型態, 公路型態, 駕駛者行為之函數

17

2016HTSS模式之微調

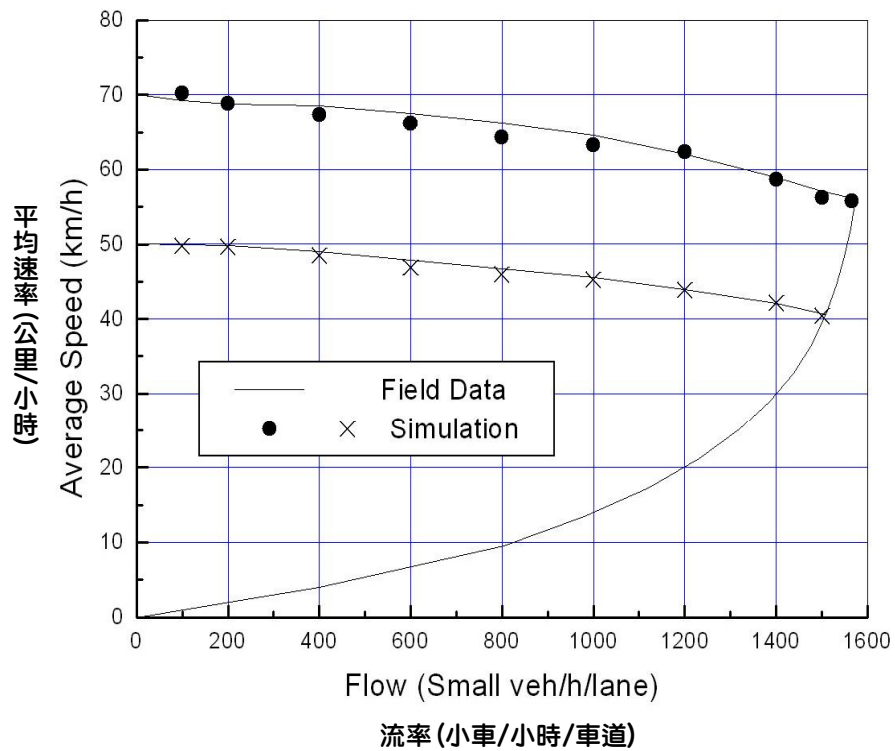


郊區雙車道公路可能之流率與速率關係

模式微調之依據

18

2016HTSS模式之微調



19

代表性車輛屬性：

車重, 馬力, 車重/馬力比

動力傳輸效率

後拉係數

正向面積

高程

駕駛行為

最重要屬性:車重/馬力比

20

現場資料調查點：林口區108線



微調之依據：

上坡及下坡之平均自流流速率

1. 機車
2. 小型車
3. 大客車
4. 大貨車
5. 半聯結車

21

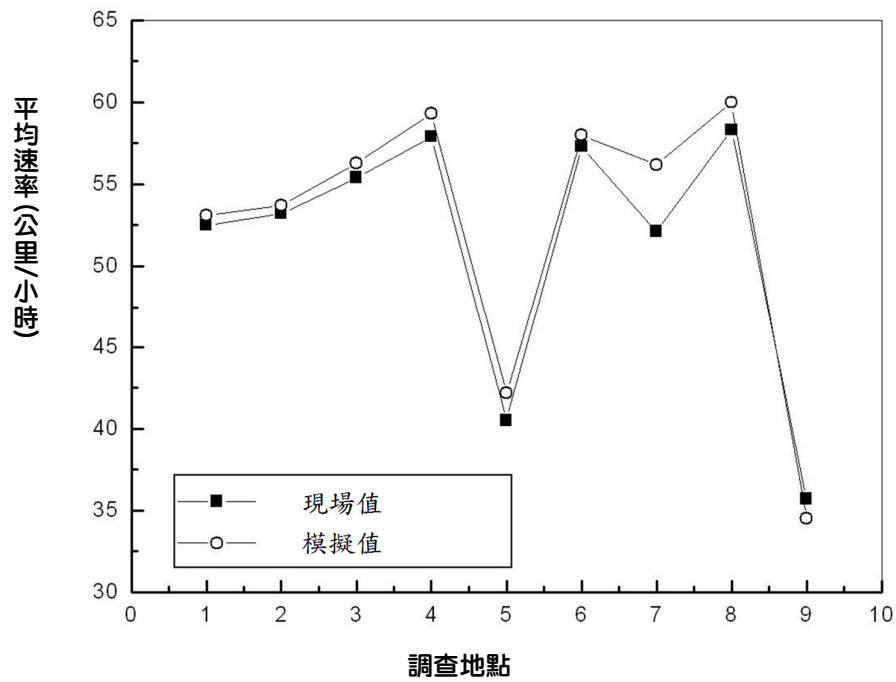
微調模擬邏輯之步驟：

1. 在資料檔中設定各模擬車種之代表性屬性如車重、馬力等。
2. 在資料檔中設定調查路段之高程及平曲線屬性(位置及曲率半徑)。
3. 模擬在自由旅行狀況下車輛從調查路段之一端行駛到另一端時速率的變化，並記錄車輛通過調查地點時的速率。
4. 比較現場及模擬速率，並更改車重、馬力或駕駛行為以期減少兩者之差異

雙車道郊區公路代表車輛之屬性

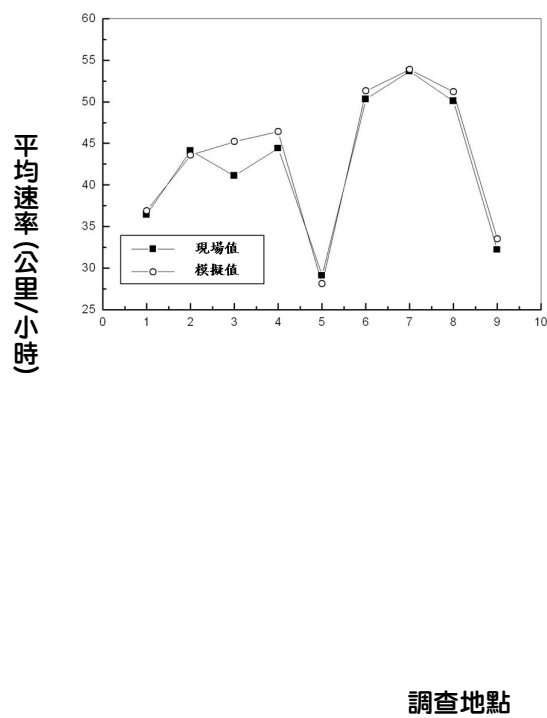
車種	車重(kg)	馬力(kW)	車重/馬力比 (kg/kW)	正向面積(m ²)	後拉係數	動力傳輸效率
機車	180	4.5	40	0.8	1.8	0.9
小車	2,000	27	75	2.0	0.3	0.9
大客車	15,000	130	115	7.0	0.7	0.85
大貨車	10,000	100	100	10.7	0.7	0.85
半聯結車	20,000	150	133	10.7	0.7	0.85

下坡小車自由速率現場值與模擬值之比較



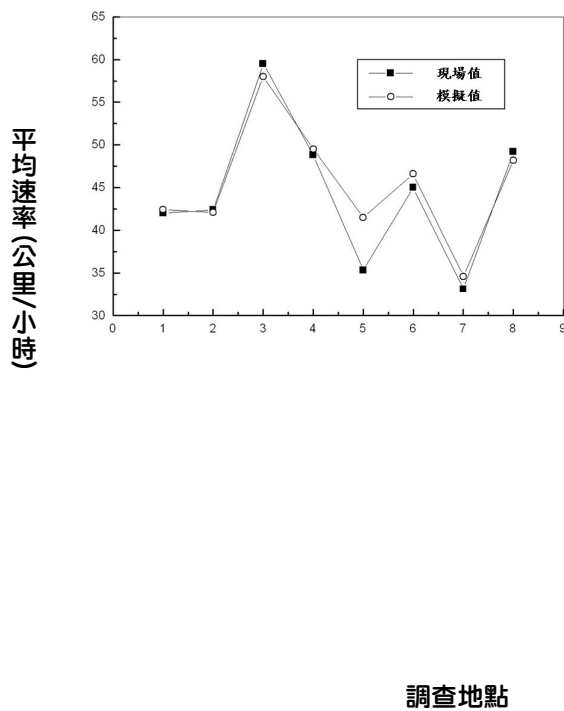
24

下坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較

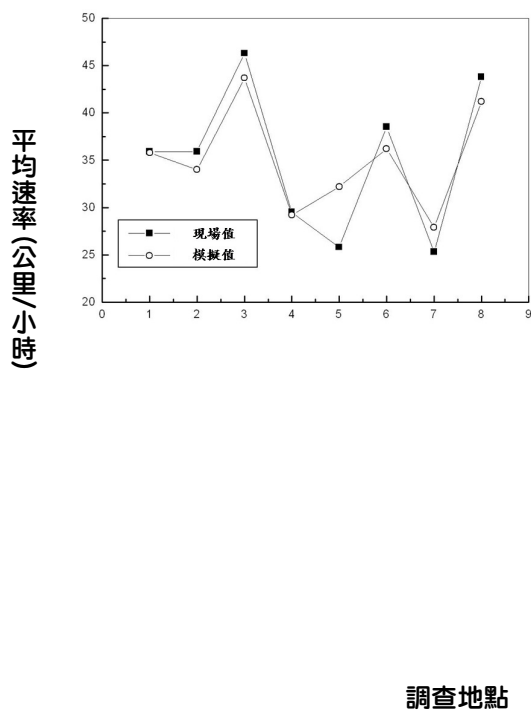


25

上坡小車自由速率現場值與模擬值之比較



上坡大貨車自由速率現場值與模擬值之比較





肆、結論與建議

28



一、結論

1. 運研所預計在2018年出版更新的臺灣公路容量手冊以替代2011年之手冊。為了協助此工作，本計畫修定2011年手冊之第一章緒論，第二章基本觀念及第十二章雙車道郊區公路。
2. 本計畫利用運研所提供的現場資料微調2016HTSS模式，並訂定分析雙車道郊區公路宜採用之代表性車輛的車重及馬力。
3. 一般雙車道郊區公路上的機車及各種大車的比例常在2.5%以下，對車流的影響很微弱，所以車流中的全聯結車可視同半聯結車。
4. 本計畫發展雙車道郊區公路的分析方法有兩種分析對象。一對象是平坦而且幾何設計均勻的路段。這種路段的分析可用分析性模式及圖表來分析。另一對象是有坡度或一連串平曲線之路段。這種路段的分析須依靠2016HTSS模式。

29

二、建議

本計畫修訂的第十二章奠定了分析郊區雙車道公路之基礎。但分析方法尚有許多缺陷。將來宜執行下列研發工作來改良分析方法：

1. 用更多的自由速率資料微調模擬車輛經過一連串上下坡及平曲線的行為，也有必要探討本計畫建議採用的代表性車重與馬力比是否適用在廣泛的情況下。
2. 目前沒有機車如何使用混合車道及機慢車道的資料。將來宜蒐集現場資料來探討機車之車道分佈與流率及車道寬之關係，也須探討在平坦路段時，機車及大車之適用小車當量。
3. 如何訂定合理的平均自由速率也須根據現場調查加以探討。



簡報完畢
敬請指教