

103-76-1343
MOTC-IOT-102-PEB011

公路坡度路段模擬模式 之發展及應用(1/3)

著者：蘇振維、鄭嘉盈、張舜淵、林豐博、曾平毅、
張筱瑜、顏于婷、黃昶融

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

公路坡度路段模擬模式之發展及應用. (1/3) / 蘇振維
等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民
103. 05

面 ; 公分

ISBN 978-986-04-1634-3(平裝)

1. 公路管理 2. 運輸規劃

557

103011803

公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)

著 者：蘇振維等

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 103 年 5 月

印 刷 者：連江印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：190 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：1010301151

ISBN：978-986-04-1634-3(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：公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-04-1634-3(平裝)	政府出版品統一編號 1010301151	運輸研究所出版品編號 103-76-1343	計畫編號 102-PEB011
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：蘇振維 計畫主持人：蘇振維 研究人員：鄭嘉盈、張舜淵 聯絡電話：(02)23486808 傳真號碼：(02)25450428	合作研究單位：中華民國運輸學會 計畫主持人：林豐博 研究人員：曾平毅、張筱瑜、顏于婷、黃昶融 地址：333 桃園縣龜山鄉大崗村樹人路 56 號 聯絡電話：(03)3282321ext 4619		研究期間 自 102 年 2 月 至 102 年 11 月
關鍵詞：容量，高速公路，坡度路段，服務水準，模擬模式			
摘要： <p>國內交通界甚少涉獵公路坡度路段車流特性與容量相關研究，2011年版公路容量手冊係沿用2000年版內容，並無充分的本土資料與數據可作為調整公路坡度路段規劃、設計及服務水準評估之分析方法。而就過去國內公路容量研究經驗，若以現場調查資料發展模式，既耗時又耗經費，且無法建立廣泛適用之容量及服務水準分析方法，在此情況下，歐美國家常利用電腦模擬模式所產生的模擬結果來發展公路設計及容量分析方法。</p> <p>本所前期研究已進行坡度路段模擬模式發展的準備工作，例如發展坡度路段大型貨車（大貨車、聯結車）瞬間自由速率模擬模式，以及蒐集高速公路坡度路段車流特性資料。民國102年起，本所繼續展開一為期3年的研究工作，發展公路坡度路段模擬模式，並利用模式，建立相關之容量及服務水準分析方法。</p> <p>本計畫為此研究之第1年期工作，著眼於發展高速公路坡度路段（沒有上匝道或下匝道影響之路段）車流之微觀模擬模式，包括坡度路段模擬模式(Traffic-on-Grade Simulation, TGS)與坡度路段速率模式(Speed-on-Grade, SOG)。SOG模式可應用於公路幾何設計，且運用於TGS模式中探討容量與服務水準分析。本報告亦呈現可應用於公路幾何設計之聯結車、大貨車、大客車及小車的代表性車輛質量/馬力比分別為125、64、75及50kg/kW。TGS模式將於接續的兩年期計畫中改良，以期應用於有交流道的高速公路路段及郊區雙車道公路。本報告詳細說明第1年期計畫之研究發現，以及SOG與TGS模式的使用介紹。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
103 年 5 月	243	190 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： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：1.本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 2.本研究係使用交通部公路總局經費辦理。			

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

TITLE: Development and Applications of a Model for Simulation of Traffic on Highway Grade Segments (1/3)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-04-1634-3(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010301151	IOT SERIAL NUMBER 103-76-1343	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-102-PEB011
DIVISION: Planning Division DIVISION DIRECTOR: Cheng-Wei Su PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei Su PROJECT STAFF: Chia-Ying Cheng, Shuenn-Yuan Chang PHONE: 886-2-23486808 FAX: 886-2-23450428			PROJECT PERIOD FROM February 2013 TO November 2013
RESEARCH AGENCY: Chinese Institute of Transportation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Feng-Bor Lin PROJECT STAFF: Pin-Yi Tseng, Xiao-Yu Chang, Yu-Ting Yen, Chang-Rong Huang ADDRESS: 56 Shuhren Rd., Dahgang, Kueishan, Taoyuan, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-3-3282321 ext. 4619			
KEY WORDS: capacity, freeway, grade segment, level of service, simulation model			
ABSTRACT: <p>An ongoing effort by the Institute of Transportation (IOT) to revise the Taiwan Highway Capacity Manual is hampered by the lack of a suitable tool for analyzing the grade segments on various highways. To address this problem, the IOT initiated a 3-year research project to develop the needed tool. The first phase of this project, carried out in 2013, is aimed at developing a microscopic model capable of simulating the traffic operations on freeway grade segments that are far from ramp junctions. It involves the following tasks: (1) review literature; (2) identify the general flow characteristics of freeway segments based on existing data; (3) develop simulation models; (4) test and calibrate the models; and (5) describe procedures for using the models to assist in the geometric design and capacity analysis of freeway grade segments. The models developed in this phase include Traffic-on-Grade Simulation (TGS) Model and Speed-on-Grade (SOG) model. The SOG model is useful for geometric design applications. It also has to be used with the TGS model to facilitate capacity and level-of-service analysis. This research also shows that, for geometric design, tractor-trailer trucks, single-unit trucks, buses, and small vehicles can be represented by vehicles with a weight/horsepower ratio of 125, 64, 75, and 50 kg/kW, respectively. The TGS model will be enhanced in the next two phases of the IOT project so that it can also be used for analysis of the operations of freeway ramp junctions and two-lane rural highways. This report details the findings of the aforementioned Phase 1 tasks and provides instructions on the use the SOG and the TGS models.</p>			
DATE OF PUBLICATION May 2014	NUMBER OF PAGES 243	PRICE 190	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> 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

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
第二章 文獻回顧.....	5
第三章 坡度路段車流特性.....	11
3.1 三義坡度路段車流特性.....	12
3.1.1 路段簡介.....	12
3.1.2 平均自由旅行速率.....	13
3.1.3 自由速率之分布.....	18
3.1.4 車種及車流之車道分布.....	21
3.1.4.1 小車分布.....	26
3.1.4.2 大車分布.....	27
3.1.5 流率與速率之關係.....	27
3.1.5.1 上坡對小車車流(大車比例 0%)之影響.....	29
3.1.5.2 車道位置對小車車流(大車比例 0%)之影響.....	29
3.1.5.3 上坡對混合車流之影響.....	30
3.1.5.4 大車比例之影響.....	32
3.1.6 容量.....	34
3.2 林口路段自由速率及流率與速率關係的特性.....	37
3.2.1 自由速率.....	37
3.2.2 流率與速率關係.....	39
3.2.2.1 北上車流.....	39
3.2.2.2 南下車流.....	42
3.2.3 容量.....	44
3.3 國道 3 號公路流率與速率關係.....	44

3.3.1 北上 63K+990.....	44
3.3.2 南下 66K+015.....	46
3.4 大型貨車車重.....	48
3.5 小結.....	51
第四章 坡度路段的車流模擬(TGS)模式之基本架構及邏輯.....	53
4.1 TGS 之性質.....	53
4.2 坡度路段車流模擬(TGS)模式基本架構.....	53
4.2.1 模擬路網.....	53
4.2.2 節線設施.....	54
4.2.3 節點與節線之串連.....	55
4.2.4 基本模擬程序.....	57
4.2.5 主要模擬邏輯.....	61
4.2.5.1 訂定節線之模擬次序.....	61
4.2.5.2 產生車輛之邏輯.....	62
4.2.5.3 自由旅行車輛與跟車車輛之區分.....	68
4.2.5.4 跟車邏輯.....	69
4.2.5.4.1 緩衝時間之調整.....	71
4.2.5.4.2 避免撞車之調整.....	72
4.2.5.4.3 平坦路段自由旅行加速率及跟車最高加速率..	73
4.2.5.4.4 坡度路段上加速率之模擬.....	81
4.2.5.6 基本模式之應用.....	89
4.2.6 變換車道之邏輯.....	91
第五章 TGS 模式之微調及測試.....	97
5.1 坡度路段加速率模式.....	97
5.1.1 代表性聯結車.....	99
5.1.2 代表性大貨車.....	101
5.1.3 代表性大客車.....	102
5.1.4 代表性小車.....	103

5.1.5 個別車輛質量及馬力之變異性.....	104
5.1.6 下坡速率之人為因素.....	105
5.2 跟車邏輯.....	106
5.2.1 跟車狀況減速率 d_1 及 d_2	106
5.2.2 緩衝時間.....	108
5.2.2.1 停等車疏解特性.....	109
5.2.2.1 高速公路車輛緩衝時間.....	116
5.3 車流之車道分布及車道變換邏輯.....	120
第六章 TGS 模式之應用.....	129
6.1 坡度路段幾何設計之應用.....	129
6.1.1 代表性車輛.....	129
6.1.2 SOG 模式執行檔、輸入檔及輸出檔.....	130
6.1.2.1 輸入檔.....	130
6.1.2.2 輸入檔範例.....	133
6.1.2.3 輸出檔.....	135
6.1.3 代表性車輛在均勻上坡之速率.....	137
6.2 交通運作分析之應用.....	140
6.2.1 績效指標及服務水準.....	141
6.2.2 分析車道之選擇.....	142
6.2.3 評估地點之選擇.....	143
6.2.4 分析程序.....	143
6.2.4.1 訂定瓶頸地點.....	144
6.2.4.2 估計平坦路段平均自由速率及容量.....	144
6.2.4.3 估計瓶頸及其他分析地點之容量.....	145
6.2.4.4 模擬並評估作業績效及服務水準.....	147
第七章 結論及建議.....	149
7.1 結論.....	149
7.2 建議.....	150

參考文獻.....	153
-----------	-----

附錄

- 附錄 A 三義坡度路段南向車流與車種之車道分布
- 附錄 B 三義坡度路段北向車流與車種之車道分布
- 附錄 C 三義坡度路段流率與速率關係圖
- 附錄 D TGS 模式輸入檔(TGS.txt)之建立
- 附錄 E 期中座談會紀錄與回應表
- 附錄 F 期末審查會議紀錄與回應表
- 附錄 G 期末簡報檔案

表目錄

表 3.1	三義南下路段平均自由速率(公里/小時).....	13
表 3.2	三義北上路段平均自由速率(公里/小時).....	14
表 3.3	三義路段南下 151K+735 處車種及車流之車道分布 (2012 年 2 月 29 日).....	22
表 3.4	三義路段南下 151K+735 處車種及車流之車道分布 (2012 年 1 月 23 日).....	23
表 3.5	林口路段自由速率調查地點.....	38
表 3.6	通過高速公路地磅站大型貨車之平均總重量(kg)及樣本數.....	48
表 4.1	圖 4-6 模擬流程之註解.....	61
表 4.2	車種分類及代表.....	63
表 4.3	坡度路段瞬間加速率不分車種影響因素之代表值.....	90
表 4.4	坡度路段瞬間加速率車種相關影響因素之代表值.....	91
表 4.5	變換車道行為參數代表值.....	94
表 5.1	模擬自由速率與德國公路設計值之比較.....	97
表 5.2	減速期間自由速率模擬值與 AASHTO 設計值之比較.....	98
表 5.3	三義路段北上大車平均自由速率之現場值及模擬值.....	100
表 5.4	三義路段南下大車平均自由速率之現場值及模擬值.....	100
表 5.5	林口路段北上外車道聯結車平均自由速率之現場值及模擬值..	100
表 5.6	林口路段南下外車道聯結車平均自由速率之現場值及模擬值..	101
表 5.7	林口路段北上外車道大貨車平均自由速率之現場值及模擬值..	102
表 5.8	林口路段南下外車道大貨車平均自由速率之現場值及模擬值..	102
表 5.9	三義路段北上大客車平均自由速率之現場值及模擬值.....	103
表 5.10	三義路段北上外車道小車平均自由速率之現場值及模擬值.....	103
表 5.11	林口路段北上外車道小車平均自由速率之現場值及模擬值.....	104
表 6.1	代表性車輛.....	130
表 6.2	SOG 模式輸入資料之安排順序.....	130
表 6.3	模擬聯結車上坡速率之輸入檔案範例.....	134

表 6.4	模擬上下坡速率之輸入檔範例.....	135
表 6.5	SOG 模式輸出檔之樣本.....	135
表 6.6	依據 V/C 比值之服務水準等級劃分標準.....	141
表 6.7	根據速限與平均速率差距之服務水準等級劃分標準.....	141
表 6.8	無隧道、匝道及大車影響時，平坦內車道容量之估計值.....	145
表 6.9	高速公路隧道內平坦內車道只有小車時之容量.....	145
表 6.10	容量及 V/C 比值估計範例(95%小車;5%聯結車及大貨車).....	146

圖目錄

圖 2-1	基本狀況下之流率與速率關係.....	7
圖 2-2	三義路段坡度對純大車車流之流率與速率關係的影響.....	8
圖 2-3	三義上坡路段大車比例對流率與速率關係的影響.....	9
圖 3-1	國道 1 號高速公路三義路段之縱切面.....	13
圖 3-2	三義路段的縱切面及北上小車自由速率.....	14
圖 3-3	三義路段的縱切面及北上大客車自由速率.....	15
圖 3-4	三義路段的縱切面及北上大型貨車（大貨車及聯結車）自由速率.....	15
圖 3-5	三義路段的縱切面及南下小車自由速率.....	16
圖 3-6	三義路段的縱切面及南下大客車自由速率.....	16
圖 3-7	三義路段的縱切面及南下大型貨車（大貨車及聯結車）自由速率.....	17
圖 3-8	三義路段北上 155K+200 處自由速率的分布.....	19
圖 3-9	三義路段南下 146K+948 處自由速率的分布.....	19
圖 3-10	三義路段北上 151K+496 處自由速率之分布(接近坡頂).....	20
圖 3-11	三義路段南下 149K+898 處自由速率之分布(接近坡頂).....	21
圖 3-12	南下小車在低流率時之車道分布.....	23
圖 3-13	北上小車在低流率時之車道分布.....	24
圖 3-14	南下小車在高流率時之車道分布.....	24
圖 3-15	北上小車在高流率時之車道分布.....	24
圖 3-16	南下大車在低流率時之車道分布.....	25
圖 3-17	北上大車在低流率時之車道分布.....	25
圖 3-18	南下大車在高流率時之車道分布.....	25
圖 3-19	北上大車在高流率時之車道分布.....	26
圖 3-20	三義路段北上第 3 車道 150K+980，第 3 及第 4 車道 151K+195 處之流率與速率關係(大車比例 20%~30%).....	28
圖 3-21	上坡對三義南下小車流率與速率關係的影響.....	30

圖 3-22 上坡對三義北上小車流率與速率關係的影響.....	30
圖 3-23 上坡對三義混合車流（大車比例 20%~30%）流率與速率關係的影響.....	31
圖 3-24 上坡對三義混合車流（大車比例 40%~50%）流率與速率關係的影響.....	32
圖 3-25 三義南下大車比例對流率與速率關係的影響.....	32
圖 3-26 三義北上大車比例對流率與速率關係的影響.....	33
圖 3-27 三義南下第 2、3 車道大車比例對速率與流率關係的影響.....	33
圖 3-28 三義北上第 2、3 車道大車比例對速率與流率關係的影響.....	34
圖 3-29 國道 1 號公路三義北上 147K+520 內側兩車道之流率與速率關係.....	36
圖 3-30 國道 1 號公路三義北上 147K+520 第 3 車道之流率與速率關係.....	36
圖 3-31 林口路段高程隨地點之變化.....	37
圖 3-32 林口路段北上自由速率隨地點的變化.....	38
圖 3-33 林口路段南下自由速率隨地點的變化.....	39
圖 3-34 林口路段北上在 49K+230 地點之流率與速率關係 （坡度接近 0%；離上坡起點約 170 公尺）.....	40
圖 3-35 林口路段北上在 45K+300 地點之流率與速率關係 （坡度約 4.72%；離上坡起點約 4 公里）.....	41
圖 3-36 林口路段北上第 2 車道在上坡起點附近（49K+230）及上坡之後 在 45K+300 之流率與速率關係.....	41
圖 3-37 林口路段北上在 36K+690 地點之流率與速率關係 （坡度約 2.94%）.....	42
圖 3-38 林口路段南下在 40K+700 地點之流率與速率關係 （坡度約 2.3%；距離上坡起點約 4 公里）.....	43
圖 3-39 林口路段南下第 3 車道在上坡起點附近 36K+690 地點及上坡之後 在 40K+700 地點之流率與速率關係.....	44
圖 3-40 國道 3 號公路北上 63K+990 內二車道之流率與速率關係.....	45
圖 3-41 國道 3 號公路北上 63K+990 第 3 車道之流率與速率關係.....	45

圖 3-42 國道 3 號公路北上 63K+990 第 4 車道之流率與速率關係.....	46
圖 3-43 國道 3 號公路南下 66K+015 內二車道之流率與速率關係.....	47
圖 3-44 國道 3 號公路南下 66K+015 外車道之流率與速率關係.....	48
圖 3-45 大貨車(單體)總重量之分布.....	50
圖 3-46 半聯結車總重量之分布.....	50
圖 3-47 全聯結車總重量之分布.....	51
圖 4-1 實際網路與模擬網路之簡例.....	54
圖 4-2 車道上設施示意圖.....	55
圖 4-3 連貫車道示意圖.....	56
圖 4-4 基本模擬流程.....	58
圖 4-5 類型 2 短車道車流之模擬流程概況.....	59
圖 4-6 主車道之每一車道車輛模擬之流程概況.....	60
圖 4-7 高速公路模擬路網之一例.....	62
圖 4-8 模擬時段及模擬單位時間示意圖.....	62
圖 4-9 平坦路段正常化自由速率之代表性累積分布.....	66
圖 4-10 停等小車正常化疏解車距之累積分布樣本.....	67
圖 4-11 專用道停等公車正常化疏解車距之累積分布樣本.....	68
圖 4-12 跟車狀況示意圖.....	70
圖 4-13 VPI 測試場小車最大加速率範圍.....	74
圖 4-14 本所測試車實地加速率與車速的關係.....	75
圖 4-15 桃園忠義路號誌化路口第 1 部停等車疏解時間與行車距離的關係.....	76
圖 4-16 模擬之代表性小車加速率特性.....	76
圖 4-17 個別車輛加速率與平均加速率比值之分布.....	77
圖 4-18 AASHTO 設計重車在平坦路段加速時旅行距離與速率之關係.....	79
圖 4-19 AASHTO 設計重車在平坦路段加速率與速率的模擬關係.....	80
圖 4-20 Volvo D13-425Eco-Torque 1750/1450 大貨車引擎之扭力與馬力 近似曲線($1\text{ hp} = 745.7\text{ W}$; $1\text{ lb}\cdot\text{ft} = 1.356\text{ N}\cdot\text{m}$)	83
圖 4-21 TGS 模擬所用之馬力/最大馬力比與速率的關係.....	86

圖 4-22 瞬間車輛地點及速率之示意圖.....	93
圖 5-1 大型貨車代表性質量分布.....	105
圖 5-2 靜態緩衝時間估計值與平均速率之關係.....	109
圖 5-3 停等車與偵測區示意圖.....	110
圖 5-4 個別車輛緩衝時間之代表性分布.....	111
圖 5-5 不同道路之速率與平均緩衝時間關係.....	112
圖 5-6 現場及模擬平均疏解車距與停等位置之關係(西濱快速公路在縣道103交叉口).....	112
圖 5-7 現場及模擬疏解車距分布(西濱快速公路在縣道103交叉口).....	113
圖 5-8 現場及模擬平均滯留時間與停等位置之關係(西濱快速公路在縣道103交叉口).....	113
圖 5-9 現場及模擬滯留時間之分布(西濱快速公路在縣道103交叉口)...	114
圖 5-10 現場及模擬平均疏解車距與停等位置之關係(臺北市敦化北路與民權東路口).....	114
圖 5-11 現場及模擬疏解車距之分布(臺北市敦化北路與民權東路口).....	115
圖 5-12 現場及模擬平均滯留時間與停等位置之關係(臺北市敦化北路與民權東路口).....	115
圖 5-13 現場及模擬滯留時間之分布(臺北市敦化北路與民權東路口).....	116
圖 5-14 微調後之高速公路車輛緩衝時間與速率之關係.....	118
圖 5-15 模擬所產生之流率與速率關係(平均自由旅行速率=110 公里/小時;容量≈2,200 輛/小時).....	118
圖 5-16 雪山隧道北上 21K+066 模擬及偵測流率與速率關係.....	119
圖 5-17 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較(坡度:~0%;流率:1,700 輛/小時).....	122
圖 5-18 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較(坡度:~0%;流率:3,000 輛/小時).....	123
圖 5-19 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較(坡度:~0%;流率:~5,000 輛/小時).....	123

圖 5-20 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+2.7~+3.3%;流率:1,700 輛/小時).....	124
圖 5-21 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+3.3%;流率:~3,000 輛/小時).....	124
圖 5-22 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+2.7%;流率:~5,000 輛/小時).....	125
圖 5-23 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+0%;流率:~300 輛/小時).....	125
圖 5-24 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:~0%;流率:~500 輛/小時).....	126
圖 5-25 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+2.7~+3.3%;流率:~500 輛/小時).....	126
圖 5-26 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較 (坡度:+2.7~+3.3%;流率:~300 輛/小時).....	127
圖 6-1 三義路段北上半聯結車速率模擬值.....	137
圖 6-2 代表性小車速率與上坡坡度及行車距離的關係.....	138
圖 6-3 代表性大客車速率與上坡坡度及行車距離的關係.....	138
圖 6-4 代表性大貨車速率與上坡坡度及行車距離的關係.....	139
圖 6-5 代表性聯結車速率與上坡坡度及行車距離的關係.....	139
圖 6-6 圖 6-5 之應用範例.....	140

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）根據臺灣公路車流特性持續發展公路容量及服務水準的分析方法，以逐步修定公路容量手冊。本所最新版的容量手冊為「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]，而持續發展與修正的工作之一為公路坡度路段交通運作之分析。

因建造成本的考量，任何類型公路（如高速公路及雙車道公路等）皆有許多坡度路段。這些路段影響公路交通運作效率。長又陡的坡度路段尤其容易造成交通瓶頸，對一公路的經濟效益有嚴重的負面影響，但是如何估計坡度路段交通運作之效益以協助規劃及設計是一大挑戰。

坡度路段交通運作受許多因素的影響。這些因素包括公路類型、坡度、坡長、曲度、車道數、車種組成、車輛爬坡性能、速限、匝道或交叉口之位置及車流等。因為影響因素太多，不可能蒐集足夠的現場資料來探討各影響因素與交通運作績效的關係，然後建立分析性模式以做為分析工具。在這情況下，歐美國家常利用電腦模擬模式的模擬結果來發展公路設計及容量分析的方法。

國內交通界對臺灣公路上坡度路段車流特性及其影響因素的關係甚少從事調查研究。因此「2011 年臺灣公路容量手冊」沒有可靠的資料及工具以供分析坡度路段之交通運作。面對這問題，本所已進行一些發展坡度路段交通運作模擬模式的準備工作，例如民國 94 年，發展坡度路段大型貨車（大貨車、聯結車）瞬間自由速率模擬模式[2]；民國 99~101 年，分別在國道 1 號高速公路三義及林口附近的坡度路段蒐集車流特性資料[3,4,5]。民國 102 年起，本所繼續展開一為期 3 年的研究工作，發展公路坡度路段交通運作之模擬模式，並利用所發展的模式建立相關之容量及服務水準分析方法。本計畫為此研究之第 1 年期工作。

1.2 工作項目

本研究全程工作於民國 102~104 年分 3 年期執行，各年期的工作如下：

第 1 年期工作項目（民國 102 年）

本期工作重點為發展不受進出口匝道影響之高速公路坡度路段交通運作模擬模式，並利用模擬模式建立這種路段之容量及服務水準之分析方法。主要工作項目包括：

- 1.整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。
- 2.測試及改良高速公路無進出口匝道坡度路段之模擬邏輯。
- 3.整合模擬邏輯成一應用模式。
- 4.利用模擬模式發展高速公路無進出口匝道坡度路段之分析方法。

第 2 年期工作項目（民國 103 年）

本期工作重點為發展雙車道公路坡度路段非阻斷性車流模擬模式，並利用該模式建立雙車道公路坡度路段非阻斷性車流容量及服務水準分析方法，主要工作項目包括：

- 1.整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。
- 2.測試及改良雙車道公路坡度路段非阻斷性車流之模擬邏輯。
- 3.整合模擬邏輯成為一應用模式。
- 4.利用模擬模式發展雙車道公路坡度路段非阻斷性車流之分析方法。

第 3 年期工作項目（民國 104 年）

本期工作重點為整合非阻斷性與阻斷性車流模擬，擴展第 1 年期及第 2 年期所建立的模式。其中高速公路模式將擴展至包括匝道交通運作，而雙車道模式則包括交叉路口交通運作，主要工作項目包括：

- 1.整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。

- 2.建立匝道車流之模擬邏輯。
- 3.建立雙車道公路交叉路口之模擬邏輯。
- 4.編訂容量手冊中高速公路及雙車道公路坡度路段章節之使用者手冊及模擬流程圖。

1.3 報告內容

本報告描述執行上述第 1 年期工作所得的結果。第二章回顧分析坡度路段交通運作之一些難題及相關研究。第三章根據臺灣高速公路坡度路段現場資料分析結果，歸納上下坡車流的一些特性。本計畫利用這些特性以測試及改良模擬邏輯。第四章介紹坡度路段車流模擬模式（Traffic on Grade Simulation Model，簡稱 TGS 模式）之基本架構及邏輯。第五章討論 TGS 模式於高速公路主線車流模擬邏輯的微調及測試。第六章說明分析工具之應用。最後一章歸納本年期工作之結果及後續研究之建議。

第二章 文獻回顧

為了協助公路規劃，設計及作業績效的評估，許多國家的公路設計規範及容量分析方法皆提供代表性大貨車在單純上坡及下坡之行車特性或對交通運作影響的資料。以美國為例，American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 的公路設計規範[6]提供代表性大貨車（質量/馬力比：120kg/kW）上下坡時速率與行車距離的關係，並建議大貨車上坡時速率的減低最好能在 15 公里/小時以下。美國 Transportation Research Board (TRB) 之公路容量手冊[7]亦採用 AASHTO 之資料並根據大貨車之比例、坡度及坡長訂定大貨車之小客車當量以衡量大貨車對交通運作績效的影響。

因為不同公路上大車之性能及載重可能不同，所以 TRB 公路容量手冊所訂定之大貨車的小客車當量是否適用於某些區域也令人質疑。因此美國 Florida 及 Alaska 州交通部曾展開研究工作[8,9]，以訂定適用於各州之大貨車的小客車當量。德國在發展其公路容量手冊[10,11]時，亦曾考慮使用小客車當量來評估大貨車的影響。但大貨車的小客車當量不僅受坡度、坡長、大貨車比例的影響，也受到其他因素（如流率等）的影響。因此德國交通界認為小客車當量不適用。

坡度路段交通運作與每一影響因素在廣泛狀況下的關係，不可能從現場資料來深入探討。雙車道公路的車流因有超車行為及交叉路口車流及交通管制的影響，更不容易用現場資料來探討交通運作績效與影響因素之間的關係。因此，國外交通界常利用模擬模式(simulation model)協助建立設計規範或分析方法。TRB 公路容量手冊所訂定大貨車的小車當量乃根據 CORSIM 5.0 [12]之模擬結果。該手冊用來分析雙車道公路的分析方法則依賴 TWOPASS [13,14]模擬模式。德國發展其公路容量手冊時利用 LASI 模擬模式[15]來訂定大貨車在不同比例時對平均旅行速率的影響。

郊區雙車道公路兩旁因土地使用日漸密集，因此常有號誌化路口阻斷車流。TRB 公路容量手冊沒有適用的方法來分析這種有阻斷性車流之雙車道公路。美國交通界常用於模擬雙車道公路之 TWOPASS 模式沒有分析號誌化路口之功能。能用於模擬號誌化路口之 CORSIM 模式則沒有模擬雙車道超車行為之功能。在這情形下，Florida 州的交通界只好展開一研究計畫，將 CORSIM 改良以供分析該州的雙車道公路[16]。

目前世界各國在分析坡度路段時皆忽視坡度及坡長對小車速率的影響。但是本所在國道 1 號高速公路三義坡度路段蒐集的資料[17]顯示小車從平坦路段進入一坡度在 4%~4.9%之上坡路段之後，其平均自由速率在 2 公里之行車距離內從 105 公里/小時降到 88 公里/小時。

如果這種速率的下降也發生在高流率之狀況，則其所產生的衝擊波可能向上游傳遞而造成嚴重的塞車。因此坡度及坡長對小車速率的影響有必要進一步探討。

歐美國家對坡度路段，車流及作業績效的研究雖然歷史悠久，但目前用在公路容量分析的方法仍然有嚴重的缺陷。其中一例是 TRB 公路容量手冊分析高速公路坡度路段的方法。此方法分析坡度路段之一般程序如下：

- 1.估計自由旅行速率。
- 2.根據自由旅行速率，訂定一在基本狀況下適用之流率與速率關係。
- 3.估計大車之小車當量，然後將分析之需求轉換成在基本狀況下之對等小車流率。
- 4.根據對等小車流率及在基本狀況下適用之流率與速率關係估計在基本狀況下之平均旅行速率。
- 5.根據基本狀況下之小車流率及平均旅行速率估計基本狀況下之密度。
- 6.根據密度及服務水準劃分標準評估服務水準。

上述的分析程序須根據分析性模式及圖表之資料。例如在分析高速公路之路段時，TRB 之 *HCM 2010* 建議用下式估計自由速率：

$$S = 75.4 - f_{cw} - f_{cc} - 3.22TRD^{0.84} \quad (1)$$

此式中，

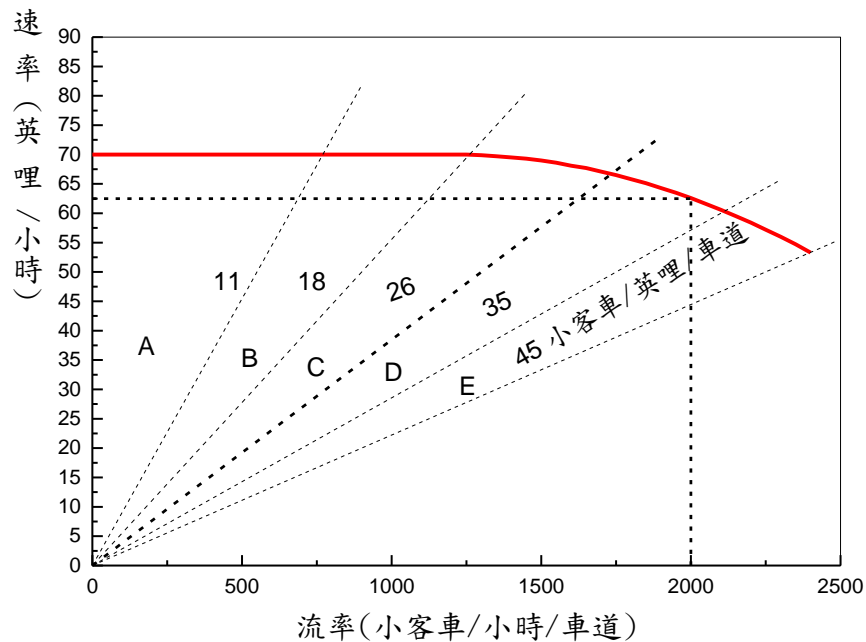
S ：自由旅行速率（英哩/小時）；

f_{cw} ：車道寬調整因素；

f_{cc} ：橫向淨距調整因素；

TRD ：匝道密度（每英哩匝道數）。

這模式在估計坡度路段上之自由速率時並沒有考慮到坡度的影響。如果一坡度上之車道的自由速率是 40 英哩/小時，從式 1 估計的自由速率可能是 70 英哩/小時。假設估計的自由速率是 70 英哩/小時，則 *HCM 2010* 指出在基本狀況下之流率與速率關係應如圖 2-1 所示。



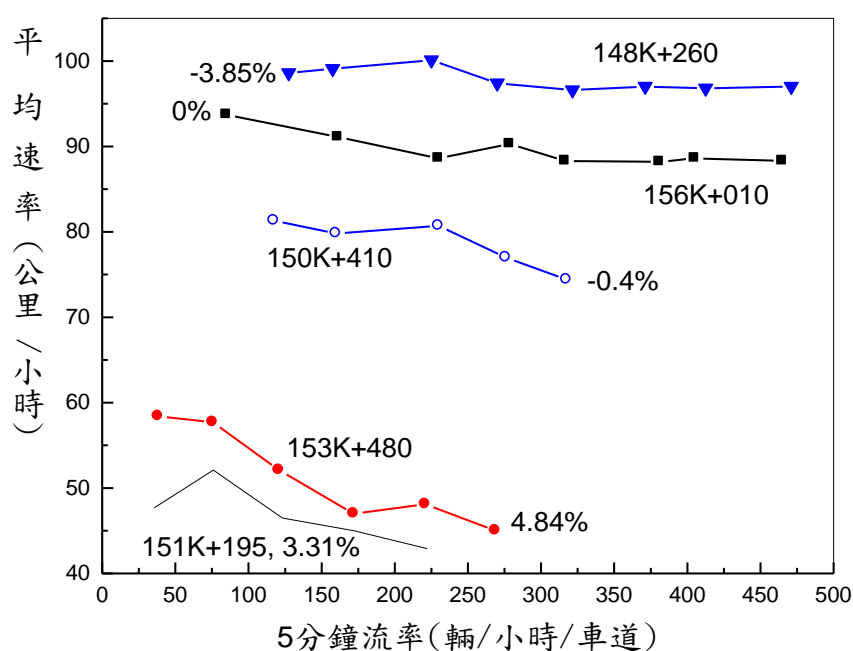
資料來源：[7]。

圖 2-1 基本狀況下之流率與速率關係

另外假設上坡路段的車輛都轉換成基本狀況下之小車之後之流率為 2,000 小車/小時/車道，則從圖 2-1 所估計得的平均速率為 62.5 英哩/小時。事實上，上坡車流之平均速率會受到坡度及大車比例之影響。以三義坡度路段為例，圖 2-2 顯示平均速率在只有大車之情況下，隨坡度之增高而顯著的下降。在 4.84% 上坡路段，平均速率可能不到 60 公里/小時。圖 2-3 也顯示一爬坡道上之大車比例增加時，平均速率隨著

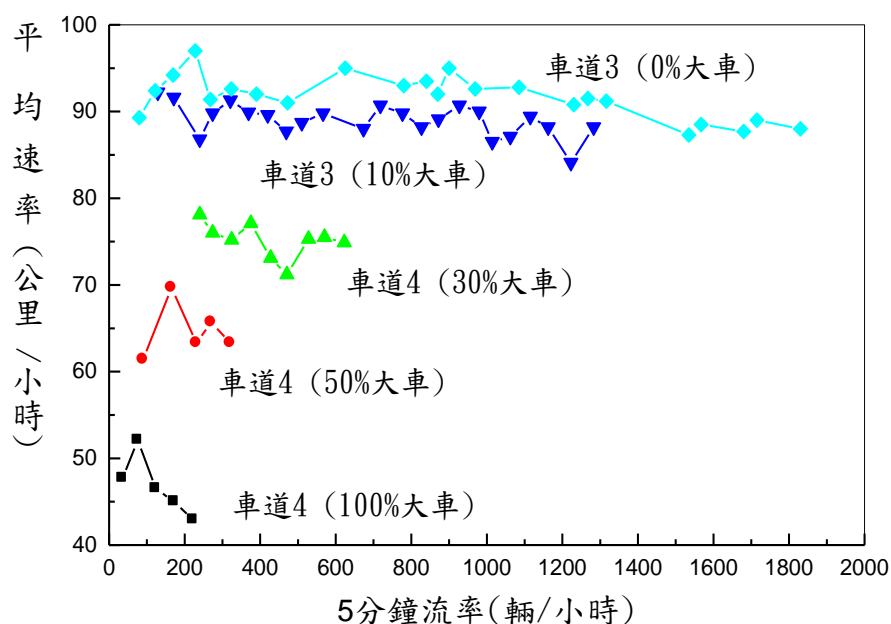
下降。因此如果從 *HCM 2010* 分析方法所估計得之平均速率為 62.5 英里/小時，實際狀況下之平均速率可能遠低於這估計值。從這簡單的例子可知 *HCM 2010* 的分析方法不宜用來分析臺灣的坡度路段。德國公路容量手冊直接用大車百分比建立分析用之函數的做法，在應用上比較簡單。

HCM 2010 另一明顯弱點是沒有考慮不同車道有不同的服務品質。以高速公路為例，通常內側車道的平均速率比外側車道高，爬坡道的服務品質更低。*HCM 2010* 之分析方法不能提供資料以協助爬坡道之設計。



資料來源：[17]。

圖 2-2 三義路段坡度對純大車車流之流率與速率關係的影響



資料來源：[17]。

圖 2-3 三義上坡路段大車比例對流率與速率關係的影響

為了發展一適用於分析臺灣公路坡度路段的模擬工具，民國 94 年，本所根據理論建立一估計大車在坡度路段瞬間自由速率的模擬模式[2]。此模式後來稱為「貨車速率模擬模式(Truck Speed Simulation Model)，簡稱 TSS 模式」[3]。本所曾陸續用國道 1 號高速公路三義坡度路段的現場資料測試 TSS 模式複製現場大車自由速率之功能[3,4]。測試結果顯示只要採用適當的馬力及載重之組合，TSS 模式可很合理的模擬大車在上坡之瞬間自由速率。下坡時，大車駕駛員可能剎車或換檔以控制速率。如不考慮這些人為因素，TSS 模式所產生的下坡速率在短距離內就會達到現場觀察到的最高值。這距離比實際距離明顯的短。但如將人為因素用來調整 TSS 模式所估計之下坡加速率，則模擬的下坡速率特性也很接近實際的特性。在不同下坡時是否能用相同的調整則須進一步探討。

TSS 模式雖然是為了模擬大車自由速率而建立。但是只要用適當的特性（如馬力、載重、正面面積等），此模式也可用來模擬小車在坡度路段的瞬間速率。因此有必要用不同坡度路段的現場資料來微調 TSS 模式，以讓此模式能適用於廣泛的狀況。因此之故，本所在民國 101

年，另外在國道 1 號高速公路林口坡度路段蒐集資料[5]。這些資料除了可用來微調 TSS 模式之外，也將用來測試及微調此 3 年期要發展之公路坡度路段模擬模式。

本所在民國 101 年之一研究計畫[17]已建立模擬坡度路段交通運作之基本架構。此架構適用於不同之車流特性，但是模式之邏輯必須根據各類型公路的車流特性來建立。本所決定在民國 102 年期間針對高速公路非阻斷性車流的坡度路段發展模式之相關邏輯及建立這種路段的分析方法。民國 103 年的工作對象則為雙車道郊區公路非阻斷性車流之坡度路段。因為坡度路段上或鄰近平坦路段可能有匝道或交叉路口，所以民國 104 年時本所準備擴展此模式之功能，以讓模式能應用在廣泛的狀況。

第三章 坡度路段車流特性

臺灣高速公路不同路段的坡度多數在 1% 及 5% 之間。國道 1 號公路上有顯著坡度及坡長的路段包括泰山及林口附近里程 38K 到 46K (最大坡度 5.3%)，三義附近 140K 到 143K (最大坡度 4.35%) 及 148K 到 154K (最高坡度 4.84%)。此外，87K，122K，136K 等地點附近也有 5% 左右之坡度。

國道 3 號公路的坡度不超過 3%。坡度為 3% 之路段中，在 96K 及 99K 之間的坡長達 2,500 公尺。其他有不少坡度接近 3% 而且坡長超過 1,000 公尺的路段。至於在臺北都會區及宜蘭之間的國道 5 號公路，其南下最大坡度在 5K+480 附近(5%)，北上最大坡度在 13K+380 附近(5.11%)。

為了建立一資料庫以供測試及微調 TGS 模式模擬高速公路不受匝道影響之作業的功能，本計畫選擇數個坡度路段訂定其車流特性並探討大型貨車總重量之特性。分析路段的選擇受車流資料適用性的限制。例如國道 5 號上坡度路段之交通運作常受到鄰近隧道及進出口匝道的影響，因此不適合用來探討坡度路段之影響。國道 5 號在南下 5K+780 及 6K+780 之間有比較不受到隧道及匝道影響的上坡路段，其坡度從 1.5% 增加到 4%。但是這路段上只有在 6K+498 處設有一車輛偵測器，而且偵測器資料不準確，因此沒有資料能顯示上坡對車流的影響。

本所在民國 99 年及 100 年期間曾在國道 1 號公路之三義路段 (147K 及 155K 之間) 蒐集小車、大客車、大貨車及聯結車的自由速率資料[3,4]。高速公路局 (簡稱高公局) 在這路段上設有許多偵測器。這些偵測器提供每 5 分鐘流量、平均速率及車種組成的資料。雖然偵測器之地點不很理想，但是上坡起點及坡頂附近有偵測器，而且多數的偵測器所提供的資料合理，所以本計畫將三義路段列為主要的分析對象。

其他分析對象包括國道 1 號林口附近的坡度路段（43K 及 49K 之間）及國道 3 號公路在大溪-龍潭 63K 及 67K 之間的路段。民國 101 年期間，本所以人工在林口路段蒐集自由速率資料及流率與速率關係的資料[5]。這些資料所顯示的車流狀況可能稍受調查期間施工（五楊高架工程封閉路肩）的影響，但仍有參考價值。國道 3 號公路南下在龍潭交流道（68K+300）上游 66K+015 處及北上大溪交流道（62K+200）上游 63K+990 處的偵測器能提供合理的車流資料。

根據地磅站及上述路段之相關資料，本計畫訂立下列車流特性：

- 1.三義路段之自由速率、車種及車流之車道分布、流率與速率關係。
- 2.林口路段自由速率、流率與速率之關係。
- 3.國道 3 號數地點之流率與速率關係。
- 4.大型貨車車種及總重量(gross weight)分布。

本章歸納這工作所得之結果。

3.1 三義坡度路段車流特性

3.1.1 路段簡介

三義坡度路段在國道 1 號高速公路里程 147K 及 155K 之間。此路段的主線南北向各有 3 車道。北上在 154K+290 及 151K+500 之間有一爬坡道。南下爬坡道在 147K+700 及 151K+290 之間。小車之速限為 100 公里/小時，大車之速限為 90 公里/小時。

三義坡度路段的平曲線(horizontal curve)沒有大曲度(curvature)，曲度最大的平曲線在 147K 及 148K 之間，但其曲率半徑仍有 1,400 公尺。其他平曲線的曲率半徑最少有 1,800 公尺。這些平曲線對車速的影響微不足道。

如圖 3-1 之縱切面(vertical profile)所示，南下在 147K 及 150K 之間有一坡度在 2.2% 及 3.825% 之間的上坡，北上在 151K 及 155K 之間的上坡坡度較大，在 4% 及 4.84% 之間。因為南下及北上有不同之上坡及下坡狀況，所以南北向車流有不同的特性。

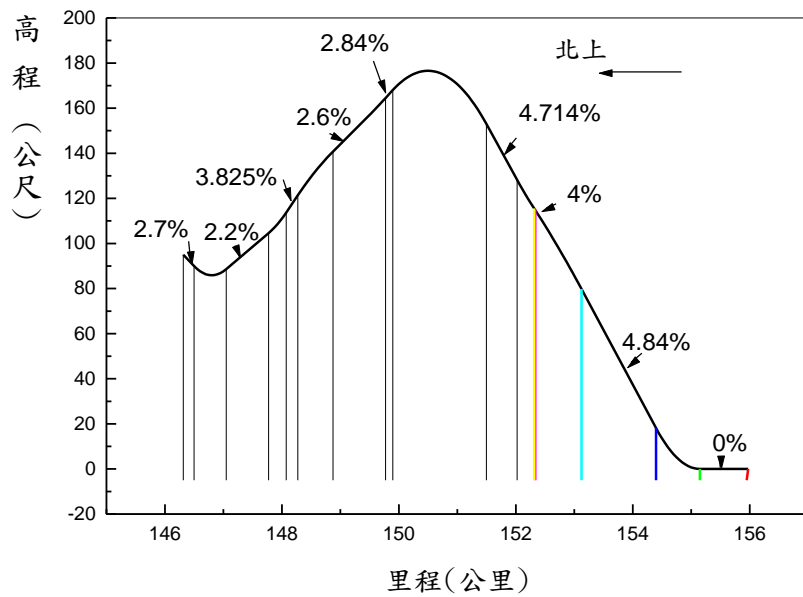


圖 3-1 國道 1 號高速公路三義路段之縱切面

3.1.2 平均自由旅行速率

本所在三義路段所蒐集的自由速率資料只曾用來探討大貨車及聯結車自由速率隨地點而變化的特性。本計畫將各種車種的自由速率重新整理並列於表 3.1 及表 3.2。根據這兩表，圖 3-2～圖 3-7 分別顯示南北向各車種平均自由速率隨地點的變化。這些平均速率有下列特性：

表 3.1 三義南下路段平均自由速率（公里/小時）

位置	第 1 車道	第 2 車道			第 3 車道			第 4 車道		
	小車	小車	大客車	大型貨車	小車	大客車	大型貨車	小車	大客車	大型貨車
146K+948	105.8	98.6	97.7	94.2	96.4	93.7	87.1	—	—	—
148K+273	101.8	—	—	—	97.8	88.9	85.8	88.1	86.9	75.7
149K+898	102.8	—	—	—	96.5	89.6	85.5	86.8	88.5	69
152K+023	101.3	98.2	94.9	91.7	92.8	89.7	86.7	—	—	—
152K+323	105.4	101	95.9	97	95.6	91.5	87.2	—	—	—
153K+850	103.5	99.9	98.1	98.4	99.2	95.8	90.7	—	—	—
154K+000	103.4	99	96.8	97.8	97.4	95.6	87.2	—	—	—

註：1.大型貨車包含大貨車及聯結車。

2.第 1 車道為內側車道，第 4 車道為爬坡車道。

3.95%信賴區間：154K+000 處第 2 車道之大型貨車為 ± 5 公里/小時，其他皆為 ± 3 公里/小時。

表 3.2 三義北上路段平均自由速率（公里/小時）

位置	第 1 車道	第 2 車道			第 3 車道			第 4 車道		
	小車	小車	大客車	大型貨車	小車	大客車	大型貨車	小車	大客車	大型貨車
155k+200	107.1	104	100	98.5	105	101	92.2	—	—	—
153K+123	92.7	—	—	—	87.9	75.8	59.1	87.7	67.2	43.1
152K+318	97.3	—	—	—	91.4	75.9	59.4	88.6	68.4	46.5
151K+496	95.7	—	—	—	90.9	74.1	50.2	90.9	69.7	43.2
149K+773	106.3	101	92.7	91.4	93.9	90	83	—	—	—
148K+873	100.5	97.6	94.7	92	93.3	90.4	86.7	—	—	—
148K+173	103.7	101	98.8	98.4	97.1	96.2	91.7	—	—	—
147K+950	103.5	99.9	98.1	98	99.2	95.8	90.9	—	—	—

註：1.大型貨車包含大貨車及聯結車。

2.第 1 車道為內側車道；第 4 車道為爬坡車道。

3.95%信賴區間：151K+496 和 152K+318 處第 3 車道之大型貨車為±9 公里/小時，其他皆為±4 公里/小時。

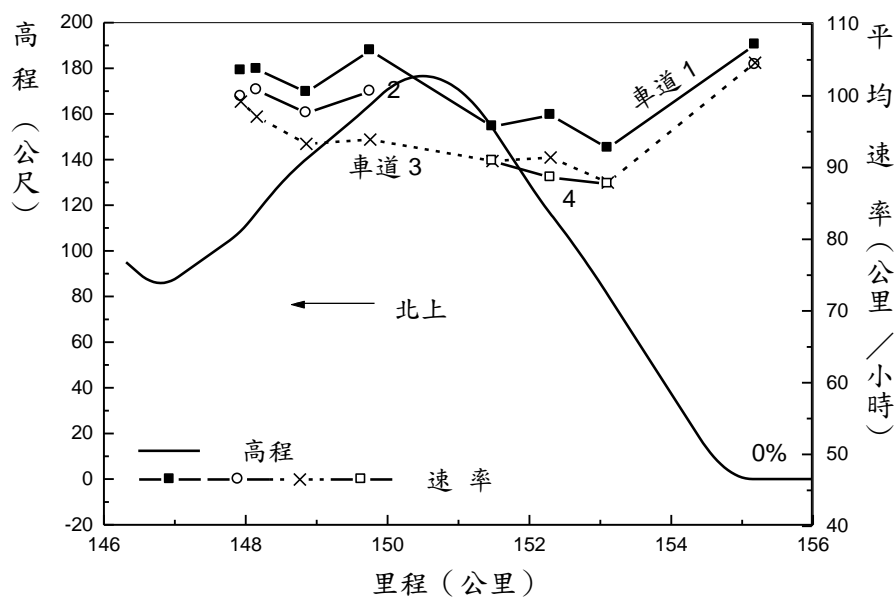


圖 3-2 三義路段的縱切面及北上小車自由速率

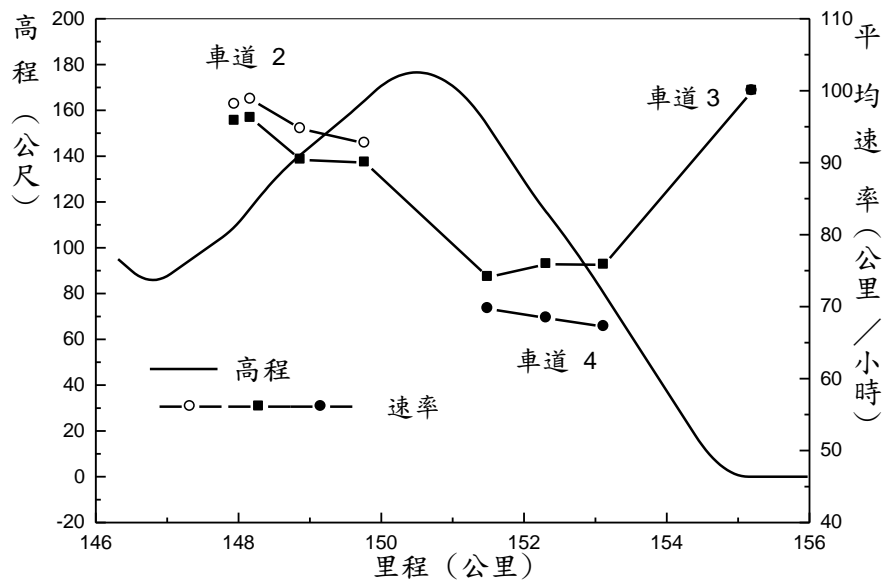


圖 3-3 三義路段的縱切面及北上大客車自由速率

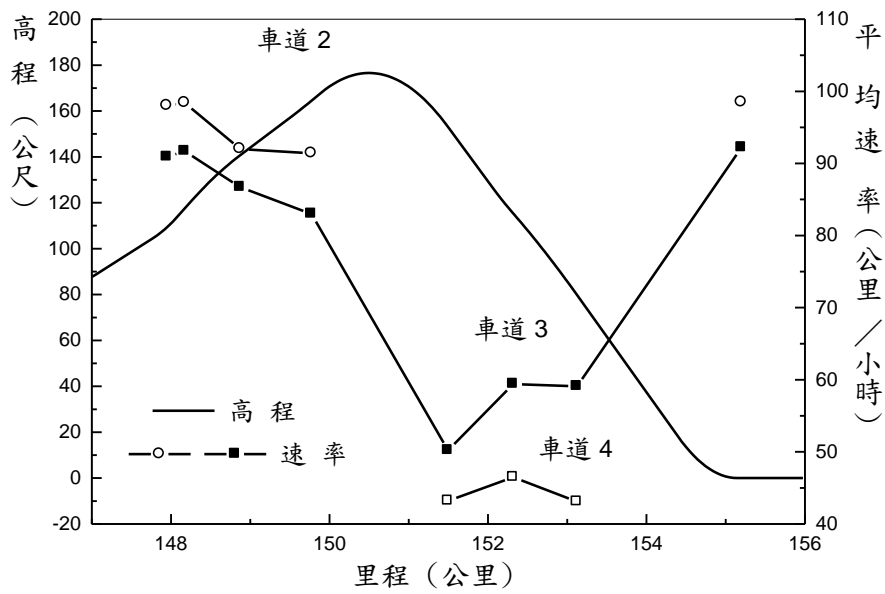


圖 3-4 三義路段的縱切面及北上大型貨車（大貨車及聯結車）自由速率

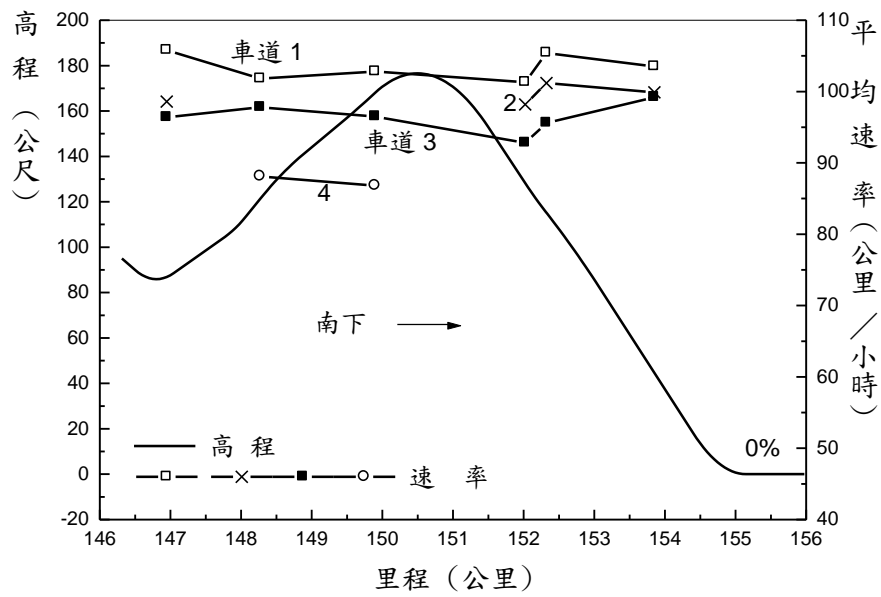


圖 3-5 三義路段的縱切面及南下小車自由速率

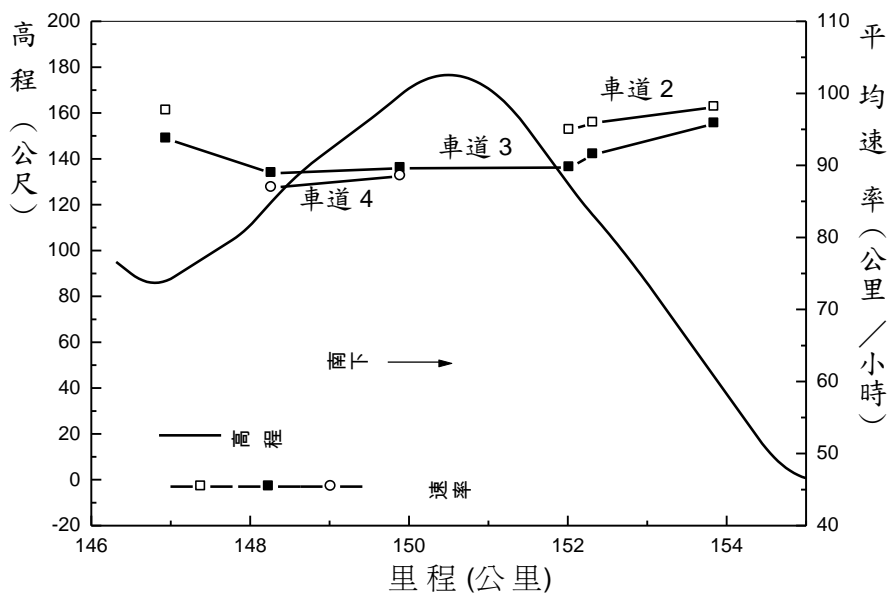


圖 3-6 三義路段的縱切面及南下大客車自由速率

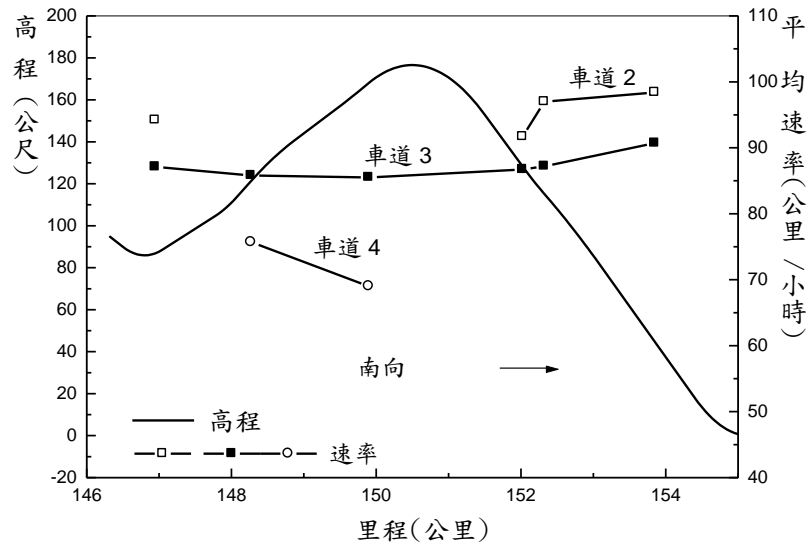


圖 3-7 三義路段的縱切面及南下大型貨車（大貨車及聯結車）自由速率

1. 同一車種在同一里程地點之平均自由速率有從第 1 車道（內車道）往外逐漸減少的趨勢。這現象很可能是因為多數駕駛員有遵守慢車右行之規則所造成。
2. 世界各國分析及設計高速公路時，皆假設坡度及坡長對小車的速率沒有影響。但是三義路段的資料顯示小車自由速率可能隨坡度及坡長而有顯著變化。以圖 3-2 之北上小車為例，從上坡起點附近 155K+200 地點行駛到上坡終點附近 151K+496 地點時，其平均自由速率約下降了 14 公里/小時。從現代公路設計標準的立場而言，這種幅度的速率變化不理想。
3. 上坡路段對大客車自由速率的影響比對小車的影響大，對大型貨車的影響又比對大客車的影響大。這現象主要是因為不同車種的馬力及總重量組合有顯著差異所造成。多數小車的總車重在 1,400kg~2,000kg 之範圍，其馬力則可能在 90kW 及 190kW 之間。因此多數小車每 1kW 之馬力只須牽引不到 25kg 之重量。相對而言，大客車的馬力可能在 150kW 及 225kW 之間，其總重量接近 18,000kg。因此每 1kW 之馬力須牽引 80~100kg 之重量。大型貨車每 1kW 所須牽引之重量更高。民國 92 及 96 年，臺灣車輛測試中

心合格發證之半聯結車總重量之中位數為 37,415kg，其馬力的中位數為 250kW[4]，因此，每 1kW 馬力所須承擔的重量大約在 150kg 左右。

- 4.在現場調查期間有不少小車使用第 4 車道（爬坡道）。這些小車之自由速率顯著的低於第 1 車道（內車道）之小車自由速率。
- 5.上坡時第 3 車道（主線外車道）及第 4 車道（爬坡道）上的大型貨車自由速率有相當大的差距（可達 15 公里/小時左右）。這現象表示爬坡性能較差（重量/馬力比較高）的大型貨車多數會利用爬坡道以減少對其他車輛的干擾。

3.1.3 自由速率之分布

不論大車或小車，車輛從平坦或下坡路段接近上坡路段起點時的自由速率接近速限，因此同一車種中，車與車之間自由速率的差異有限。上坡之後，因大車的爬坡性能有相當大的差異，所以坡度及坡長越大時，大車自由速率的變異性會隨著增高。三義路段車輛之自由速率反映這些現象。

圖 3-8 及圖 3-9 顯示在北上上坡起點附近(155K+200)及南下上坡起點附近(146K+948)第 1 車道（內車道）及第 3 車道（外車道）上小車，大客車及大型貨車正常化自由速率（亦即自由速率與平均自由速率之比值）的分布很類似，而且除了北上外車道上小車自由速率的分布有稍大的差異性之外，自由速率在平均自由速率的 80% 及 120% 之間。

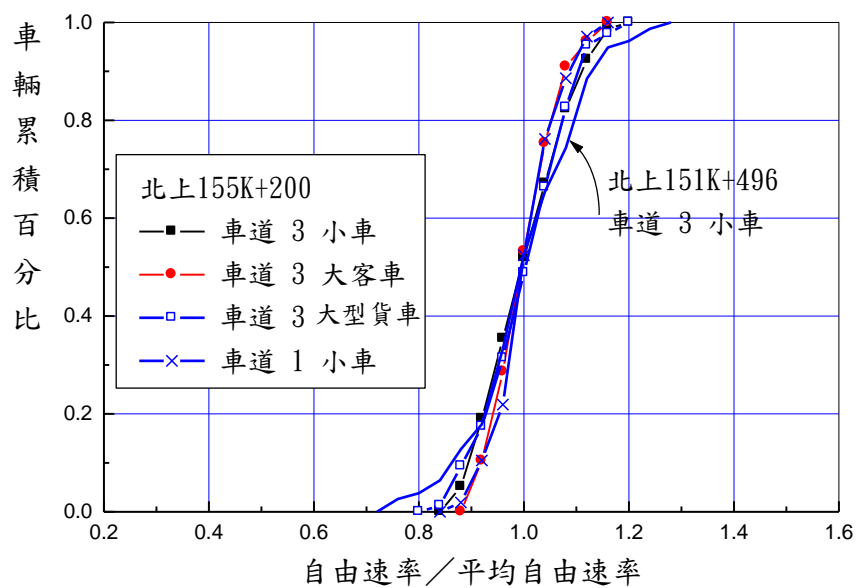


圖 3-8 三義路段北上 155K+200 處自由速率的分布

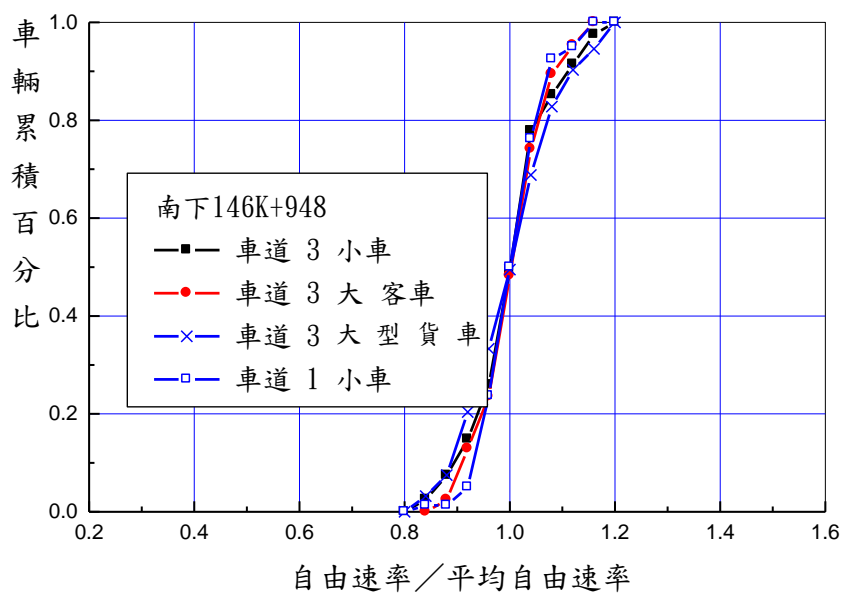


圖 3-9 三義路段南下 146K+948 處自由速率的分布

接近北上坡頂時，正常化自由速率之分布比在上坡起點附近的分布有較大的變異性。圖 3-10 顯示爬坡道（第 4 車道）上大型貨車自由速率的變異性特別高，個別自由速率在平均自由速率的 40% 及 150% 之間。圖 3-11 顯示南下在爬坡道上的大型貨車自由速率也有相當大的變異性，但其變異性比北上大型貨車自由速率的變異性稍低。此外，南下外車道上大型貨車正常化自由速率的分布接近內車道（第 1 車道）及外車道上小車及大客車之速率分布，但與爬坡道上大型貨車正常化自由速率的分布有很大的差別。這現象可能是進入爬坡道之大型貨車的爬坡性能有大差異所造成。

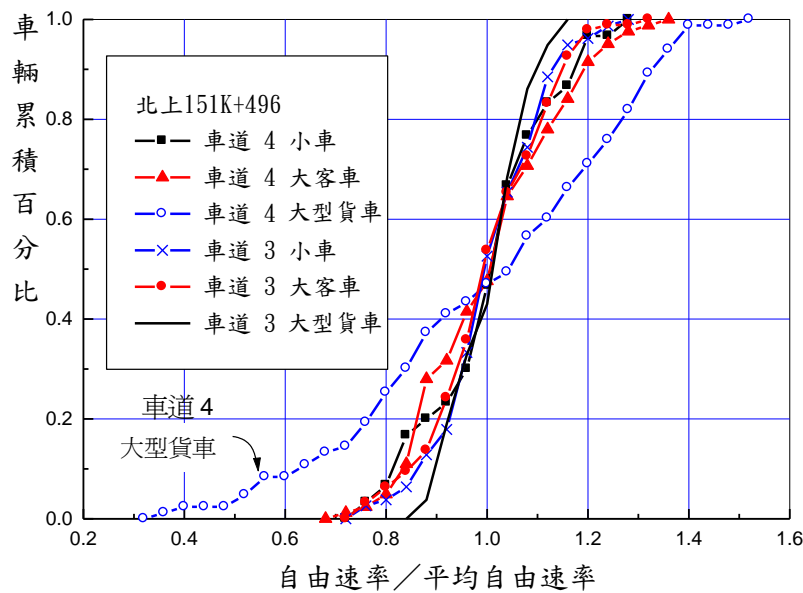


圖 3-10 三義路段北上 151K+496 處自由速率之分布（接近坡頂）

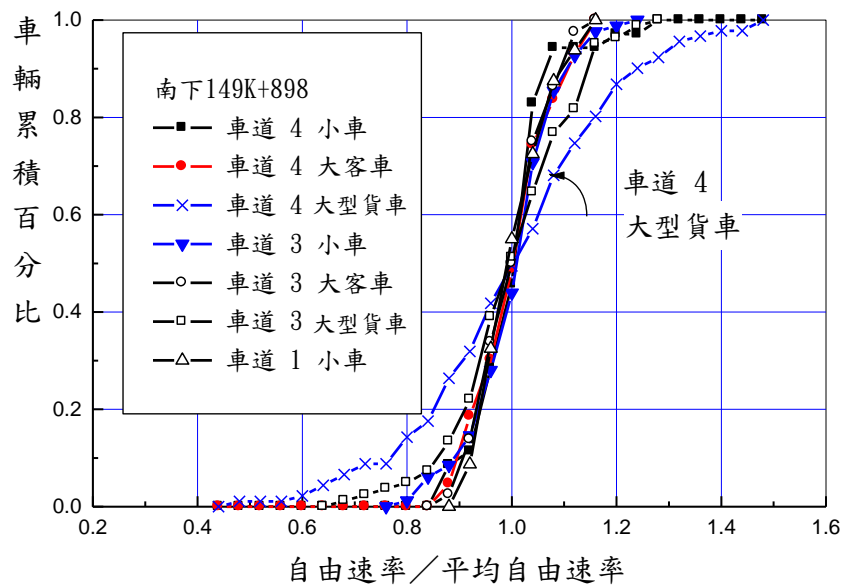


圖 3-11 三義路段南下 149K+898 處自由速率之分布（接近坡頂）

3.1.4 車種及車流之車道分布

車種及車流的車道分布受公路幾何設計、各方向總流率、車種組成、車道使用限制等因素的影響。本計畫利用高公局所提供的車輛偵測器資料探討小車及大車車流使用車道之特性。偵測器資料展示每 5 分鐘通過個別偵測站之車輛數、車種及車速。本計畫將 5 分鐘的資料整合成 15 分鐘資料以探討各車種在不同流率狀況下之車道使用特性。

因車道使用特性可能深受一行車方向總流率之影響，本計畫先根據民國 101 年 1 月及 2 月期間的偵測器資料找出南北各方向一流率較高及一流率較低的一小時，然後分析該小時內每 15 分鐘車流通過上下坡各 5 偵測站時的車道使用率。因為偵測器分別大車車種的可靠性不能確定，本計畫雖將大客車、大型貨車（貨車及聯結車）兩種大車的車道使用狀況個別統計，然於探討車道使用分布時，以所有大車整合進行分析。結果列於附錄 A 及 B 中。

附錄 A 及 B 所列的車道使用分布顯示在同一小時內，每 15 分鐘各車種的車道使用率很類似。以表 3.3 所列在低流率狀況下的分布為例。每 15 分鐘內小車使用第 1 車道（內車道）之比例在 34% 及 39% 之

間，使用第 2 車道（中內車道）之比例在 44%及 49%之間，使用第 3 車道（外車道）之比例則經常最低，在 14%及 19%之間。此外，每 15 分鐘內經常有 77%到 88%之大車佔用外車道。使用內車道之大車比例則最低。表 3.4 所列在較高流率狀況之車道使用分布也不隨 15 分鐘時段而有大的變化。因此本計畫將一小時內 4 個 15 分鐘時段之小車及所有大車的車道使用率分別取平均值，並將結果展示於圖 3-12~圖 3-19。本節將這些圖所顯示的車道使用特性歸納成小車分布及大車分布。

表 3.3 三義路段南下 151K+735 處車種及車流之車道分布（2012 年 2 月 29 日）

時間	車道	小車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)
14:35 14:50	1	488	37.7	20	4.7	20	6.8	0	0
	2	576	44.4	32	7.5	32	11	0	0
	3	232	17.9	376	87.9	240	82.2	136	100
合計		1296	100	428	100	292	100	136	100
14:50 15:05	1	620	38.3	12	2.4	12	3.2	0	0
	2	764	47.2	72	14.6	48	12.8	24	20.7
	3	236	14.6	408	82.9	316	84	92	79.3
合計		1620	100	492	100	376	100	116	100
15:05 15:20	1	532	35	24	5.8	24	7	0	0
	2	744	48.9	44	10.7	28	8.1	16	23.5
	3	244	16.1	344	83.5	292	84.9	52	76.5
合計		1520	100	412	100	344	100	68	100
15:20 15:35	1	600	34.8	36	8.6	36	11.1	0	0
	2	800	46.4	60	14.3	48	14.8	12	12.5
	3	324	18.8	324	77.1	240	74.1	84	87.5
合計		1724	100	420	100	324	100	96	100

表 3.4 三義路段南下 151K+735 處車種及車流之車道分布 (2012 年 1 月 23 日)

時間	車道	小車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)
14:35 	1	1744	36.2	0	0	0	0	0	0
	2	1868	38.7	24	21.4	12	23.1	12	20
14:50	3	1212	25.1	88	78.6	40	76.9	48	80
合計		4824	100	112	100	52	100	60	100
14:50 	1	1884	36.7	16	11.8	16	23.5	0	0
	2	1952	38	32	23.5	4	5.9	28	41.2
15:05	3	1300	25.3	88	64.7	48	70.6	40	58.8
合計		5136	100	136	100	68	100	68	100
15:05 	1	1724	37.4	4	2.5	4	3.7	0	0
	2	1752	38	48	30	20	18.5	28	53.8
15:20	3	1132	24.6	108	67.5	84	77.8	24	46.2
合計		4608	100	160	100	108	100	52	100
15:20 	1	1856	36.7	4	3.3	4	5.6	0	0
	2	1880	37.2	24	20	16	22.2	8	16.7
15:35	3	1316	26	92	76.7	52	72.2	40	83.3
合計		5052	100	120	100	72	100	48	100

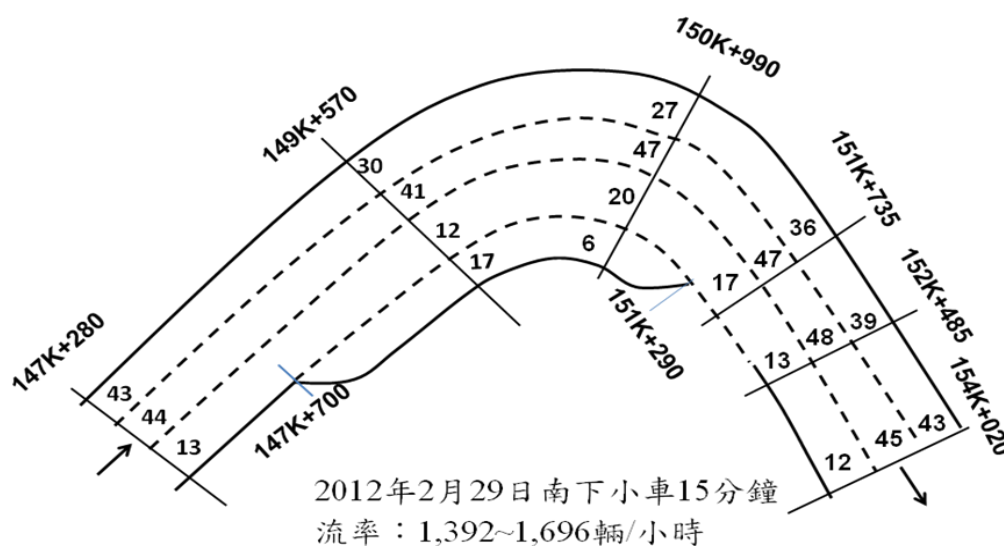


圖 3-12 南下小車在低流率時之車道分布

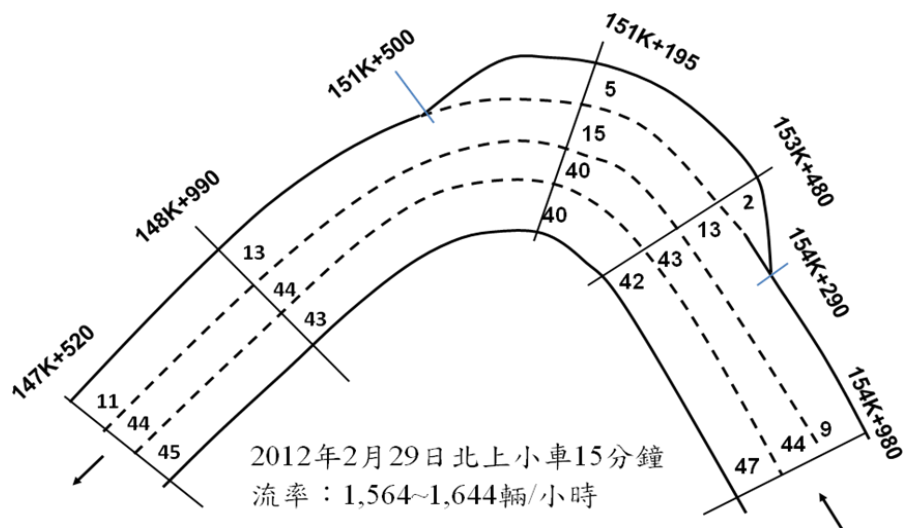


圖 3-13 北上小車在低流率時之車道分布

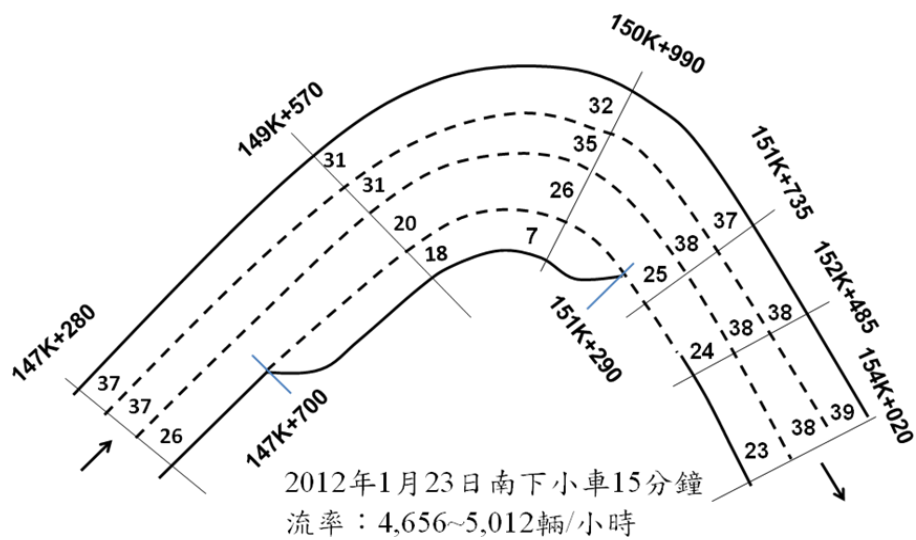


圖 3-14 南下小車在高流率時之車道分布

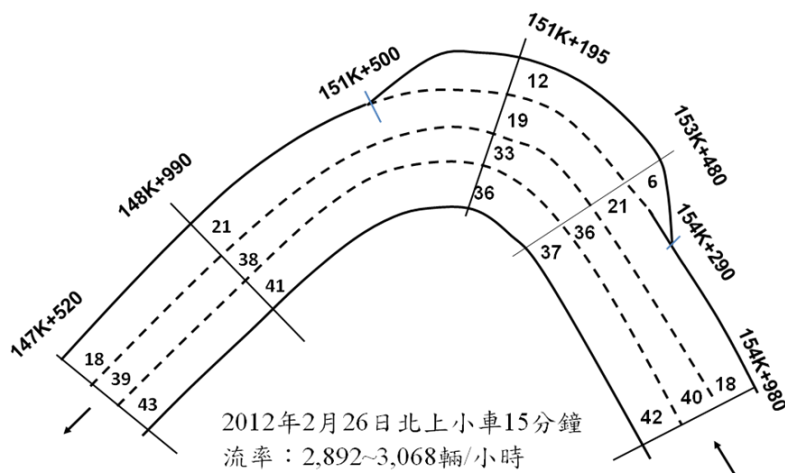


圖 3-15 北上小車在高流率時之車道分布

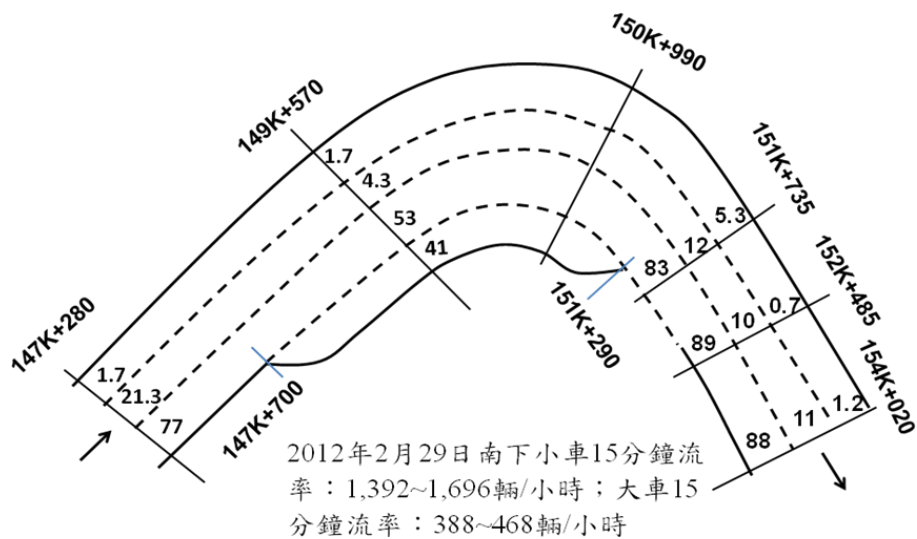


圖 3-16 南下大車在低流率時之車道分布

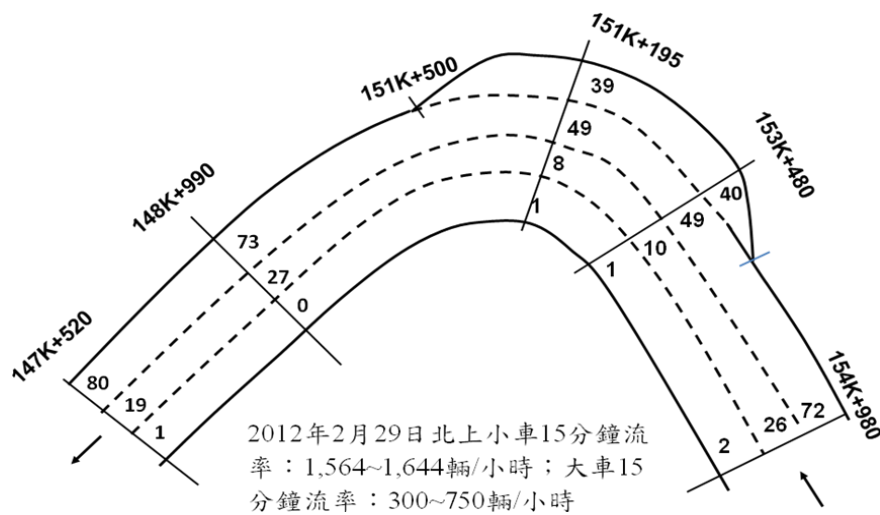


圖 3-17 北上大車在低流率時之車道分布

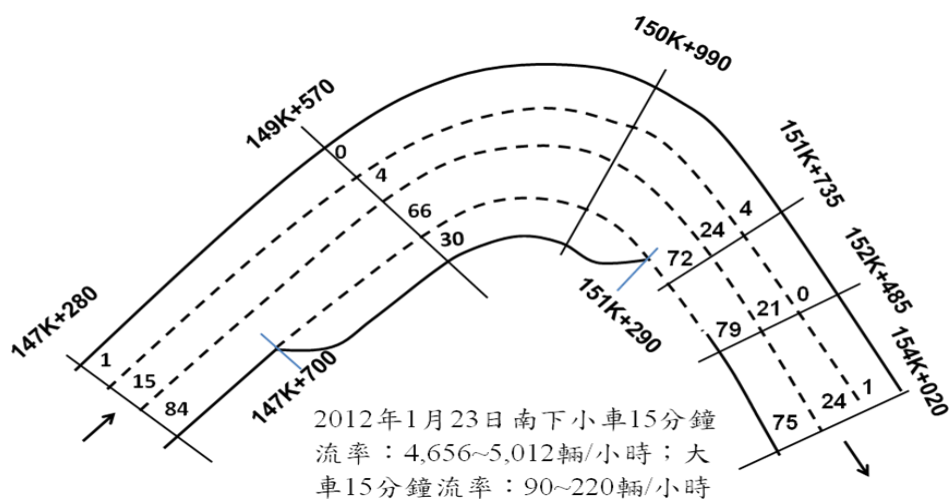


圖 3-18 南下大車在高流率時之車道分布

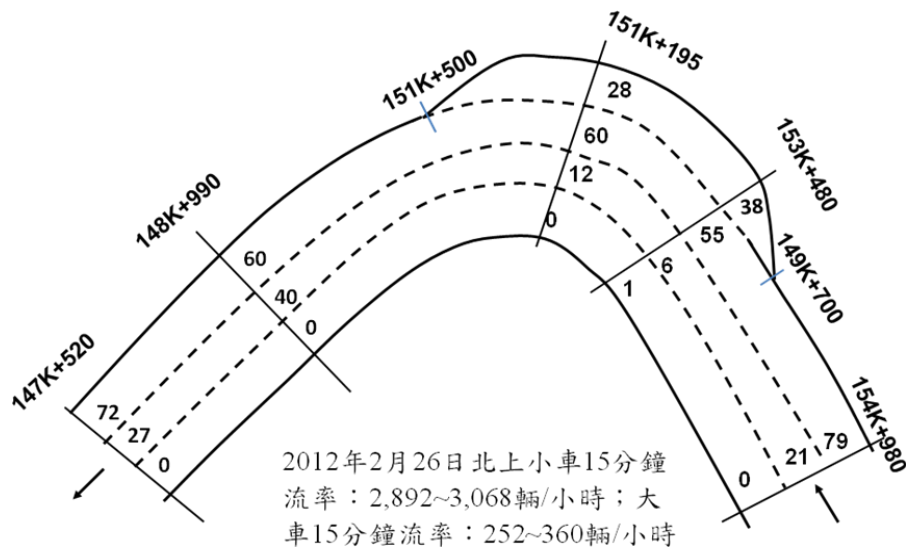


圖 3-19 北上大車在高流率時之車道分布

3.1.4.1 小車分布

上坡起點附近（南下 147K+200；北上 154K+980）

從圖 3-12 及圖 3-13 可知，在低流率時段中，絕大多數的小車避開外車道（第 3 車道），使用外車道之小車只佔總小車數之 9%~13%。圖 3-14 及圖 3-15 顯示在較高的流率狀況下，外車道之使用率增高。北上流率在 2,800~3,500 輛/小時之範圍時，18% 之小車使用外車道。南下流率有 4,500~5,100 輛/小時之範圍時，有 26% 之小車使用外車道。因駕駛員會選擇車道以維持良好之行車空間，所以流率增高時，使用外車道的小車比例應很可能隨著增高。

上坡

三義路段之最高點在 150K+499，但是在 150K+069 及 150K+920 之間的路段已相當平坦，坡度在 2% 之內。圖 3-12 及圖 3-14 顯示，不論流率之高低，南下車流上坡抵達有爬坡道之路段，但尚未進入上述比較平坦之路段的 149K+570 地點時，有 17%~18% 小車使用爬坡道，多數的小車(62%~71%)仍均勻的使用最內側之車道。

圖 3-13 及圖 3-15 顯示在有爬坡道之北上路段上，大約 70% 到 85% 的小車仍均勻的分布在最內側 2 車道。使用爬坡道的小車比例比南下低得多。這現象可能是因為北上流率低於南下流率所造成。

下坡

下坡時，爬坡道中斷，因此該車道的車輛左移到第 3 車道，導致許多其他車輛轉換到較內側的車道，接近坡底附近時（南下 154K+020；北上 147K+520），南北向小車之車道分布幾乎與在上坡起點附近的分布相同。

3.1.4.2 大車分布

根據偵測器資料，單向流率在 2,000 輛/小時左右時，大車之比例在 20% 及 25% 之間。單向流率在國定假日期間增高到 5,000 輛/小時左右時，大車比例降到 2.3% 左右。

從圖 3-16~圖 3-19 可知，使用內車道（第 1 車道）之大車比例非常低。通常不超過 2%。絕大多數的大車使用外車道、第 3 車道及爬坡道。在上坡起點及下坡起點附近，有 72%~88% 之大車使用外車道。在有爬坡道之地點，使用第 3 車道及爬坡道之大車比例常接近或超過 90%。

使用爬坡道之大車佔總大車數的比例只在 28% 及 41% 之範圍，這比例比使用第 3 車道之大車比例(49%~66%)低得多。從這現象可推測三義路段上多數大車因重量不很高，爬坡性能不很差，因此駕駛認為不必要進入爬坡道以避免妨礙後面來車之行進。

大車下坡接近坡底時，其車道的分布也逐漸趨近在上坡起點附近的車道分布。這現象跟小車之車道分布一樣。

3.1.5 流率與速率之關係

本計畫分析民國 101 年 1 月及 2 月期間共 12 天的偵測器資料以探討上坡路段流率與速率關係的變化。分析地點如下：

南下：146K+530（接近上坡起點；坡度-2.4%）

149K+570（接近坡頂，坡度+2.7%）

北上：154K+980（接近上坡起點；坡度+1%）

151K+195（接近坡頂；坡度+3.3%）

南下 146K+530 之分析地點在一下坡上，其下游約 300m 處為上坡起點。如圖 3-1 所示，南下上坡直到 149K+570 分析地點的坡度大部分

在 2.2% 及 2.8% 之間。北上 154K+980 之分析地點距離上游平坦路段(坡度 0%) 大約 800m。從此一地點到下游 151K+195 分析地點的大部分坡度在 4% 及 4.8% 之間。

流率與速率之關係會隨大車的比例而變化。本計畫先用偵測器資料建立在沒有大車，大車比例 20%~30%，及大車比例 40%~58% 三種狀況下，每 5 分鐘之流率與速率關係。第 1 車道（內車道）及第 2 車道很少有大車比例在 20% 以上的 5 分鐘時段，第 3 車道（主線外車道）及第 4 車道（爬坡道）則缺乏只有小車之 5 分鐘時段。因此不能探討這些缺乏樣本情況下之流率與速率之關係。分析其他狀況的結果列於附錄 C 之圖 C-1~圖 C-12。

圖 3-20 為附錄 C 中之一圖。此圖顯示大車比例為 20%~30% 時，在北上上坡起點附近(154K+980)第 3 車道及坡頂附近(151K+195)第 3 車道及第 4 車道的流率與速率關係。從這一圖可知，在同一流率時，每分鐘時段之平均速率有顯著的變異性，但這些速率隨流率的變化仍有明顯的趨勢。這些趨勢用圖中粗線來代表。

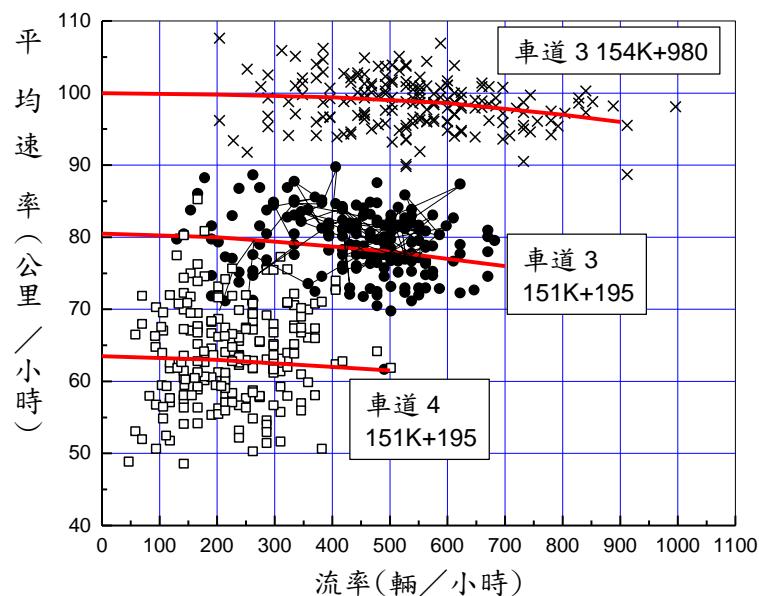


圖 3-20 三義路段北上第 3 車道 154K+980，第 3 及第 4 車道 151K+195 處之流率與速率關係（大車比例 20%~30%）

根據圖 3-20 及附錄 C 各圖所示之代表性流率與速率關係，本節指出一些流率與速率之特性。

3.1.5.1 上坡對小車車流（大車比例 0%）之影響

圖 3-21 顯示南下第 1 及第 2 車道只有小車，車輛從上坡起點附近(146K+530)走到坡頂附近(149K+570)時，平均速率明顯地下降，而且下降幅度隨流率的增高而加大。圖 3-22 亦顯示北上之小車車流有相似的現象。從圖 3-21 及圖 3-22 亦可知北上上坡小車平均速率的降低程度比南下大。例如流率為 1,400 輛/小時時，南下第 1 車道小車的平均速率在上坡起點附近及坡頂附近之間大約下降了 13 公里/小時，北上小車的速率則下降了 16 公里/小時左右。這現象是因為北上之上坡坡度較大，而且上坡起點附近及坡頂附近兩分析地點之間的坡長較長之故。

從上述之現象可知，小車之流率與速率關係在某些上坡路段時，會受到顯著的影響。因此在設計公路及評估服務水準時不宜將上坡對小車車流之影響完全忽視。

3.1.5.2 車道位置對小車車流（大車比例 0%）之影響

從圖 3-21 及圖 3-22 可知，在同一流率及里程地點（如 151K+195）時，第 1 車道小車之平均速率通常高於第 2 車道小車，而且流率增高時這兩車道的平均速率逐漸減低。但是圖 3-22 顯示流率超過 1,200 輛/小時，北上坡度起點附近(154K+980)第 1 車道上之小車平均速率反而比第 2 車道之小車速率還低。這現象的起因不詳。

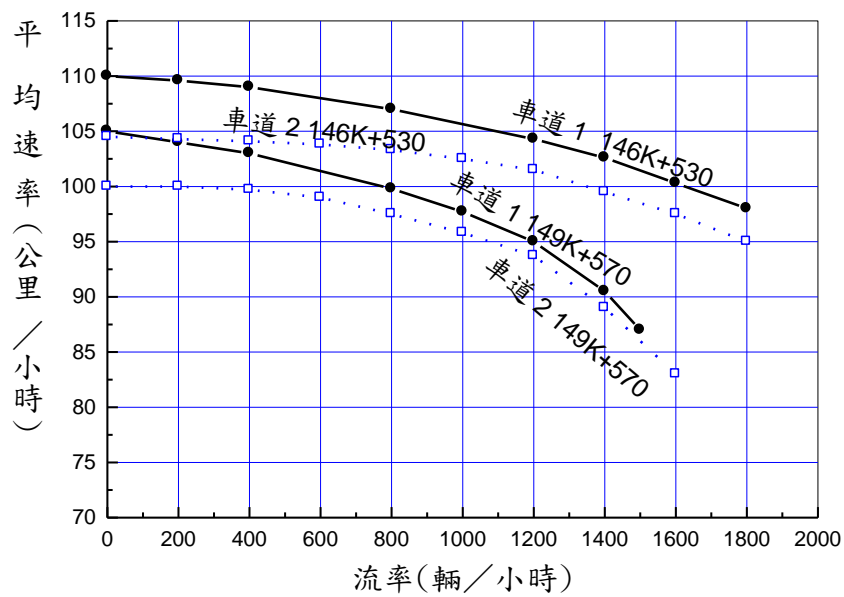


圖 3-21 上坡對三義南下小車流率與速率關係的影響

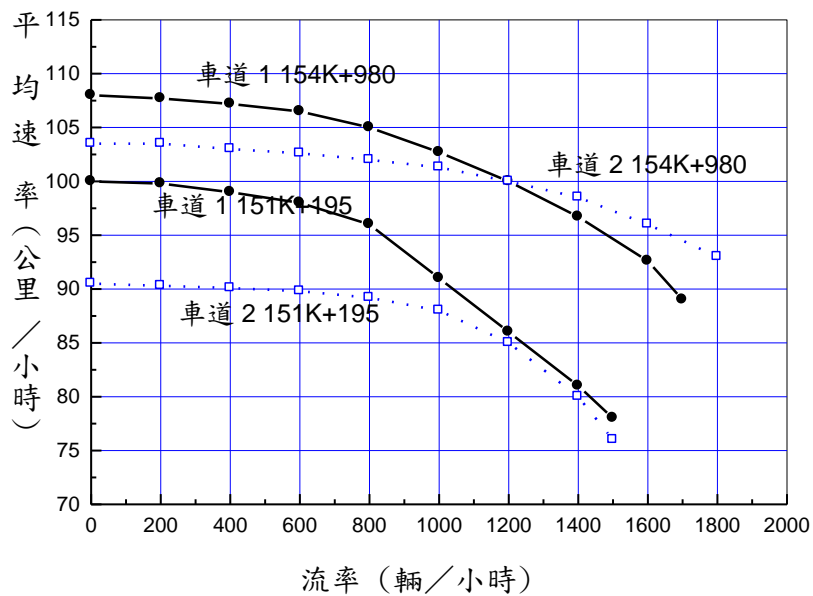


圖 3-22 上坡對三義北上小車流率與速率關係的影響

3.1.5.3 上坡對混合車流之影響

圖 3-23 及圖 3-24 分別顯示第 3 車道在大車比例為 20%~30%及 40%~50% 之狀況下，流率與速率關係在上坡起點附近（南下 146K+530；北上 154K+980）及在坡頂附近（南下 149K+570；北上

151K+195) 的差異。從這兩圖可知上坡可導致混合車流大幅的降低速率。北上上坡因坡度及分析之坡長比南下較陡又長，所以上坡時速率降低的程度較大。

第 4 車道（爬坡道）在上坡之後數百公尺處才設置，此車道上之車輛從其他車道轉入。從圖 3-23 及圖 3-24 也可知爬坡道上之速率遠低於上坡起點附近第 3 車道上之速率。在同一里程地點時（如南下 149K+570 或北上 151K+195），爬坡道上的平均速率比相鄰的第 3 車道上的平均速率約低 15 公里/小時，可見爬坡道上大車之爬坡性能比第 3 車道的大車差得多。

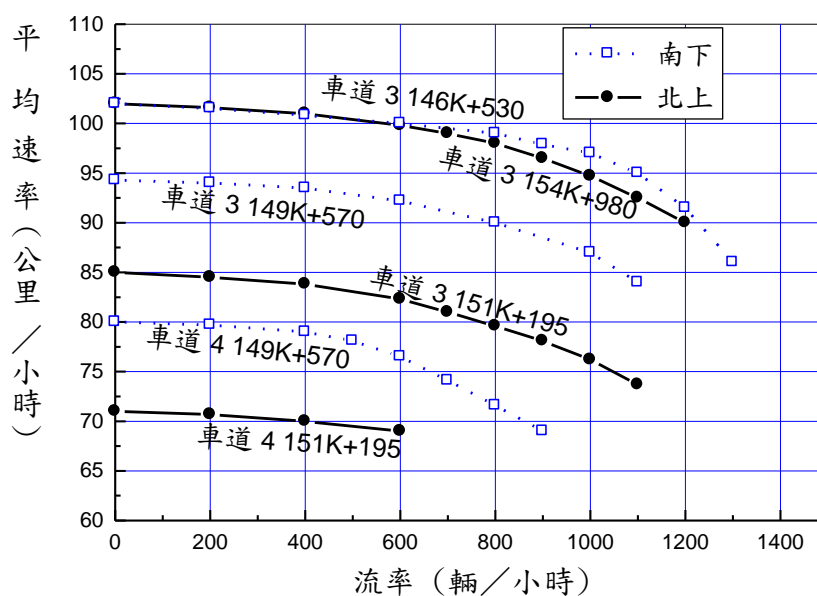


圖 3-23 上坡對三義混合車流（大車比例 20%~30%）流率與速率關係的影響

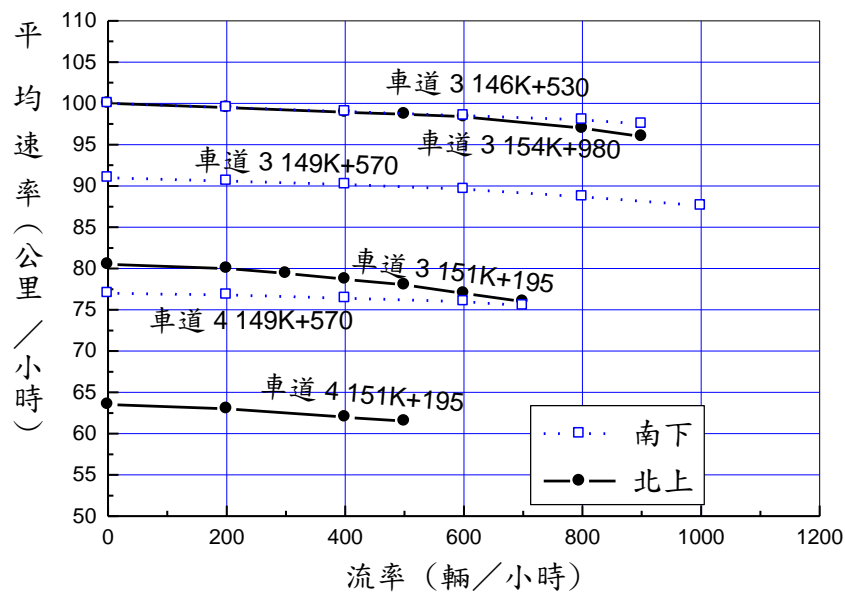


圖 3-24 上坡對三義混合車流 (大車比例 40%~50%) 流率與速率關係的影響

3.1.5.4 大車比例之影響

大車比例從 20%~30% 增加到 40%~45% 時，圖 3-25 顯示南下第 3 車道及第 4 車道在同一里程地點的平均速率最多只降 2~3 公里/小時。圖 3-26 則顯示北上的平均速率在坡頂附近(151K+195)的降幅比較大，大約 5~7 公里/小時。

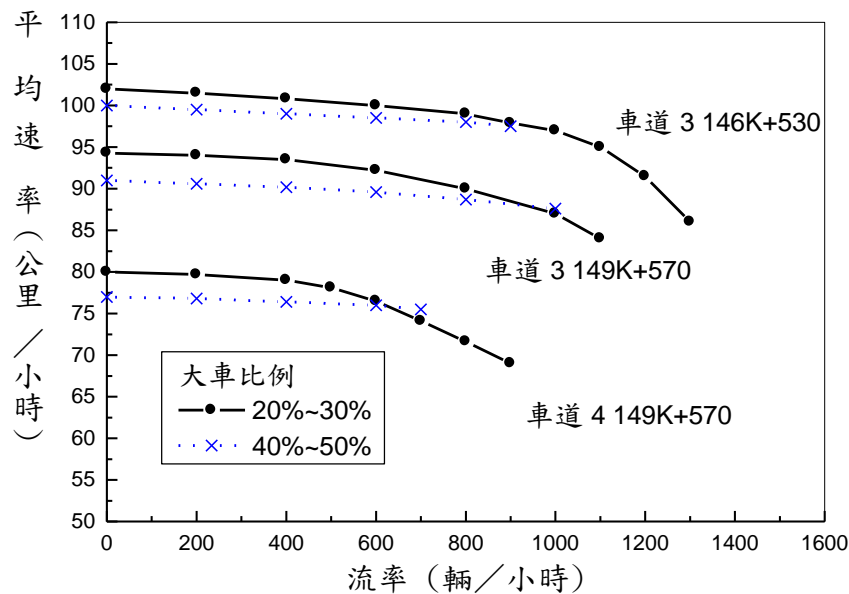


圖 3-25 三義南下大車比例對流率與速率關係的影響

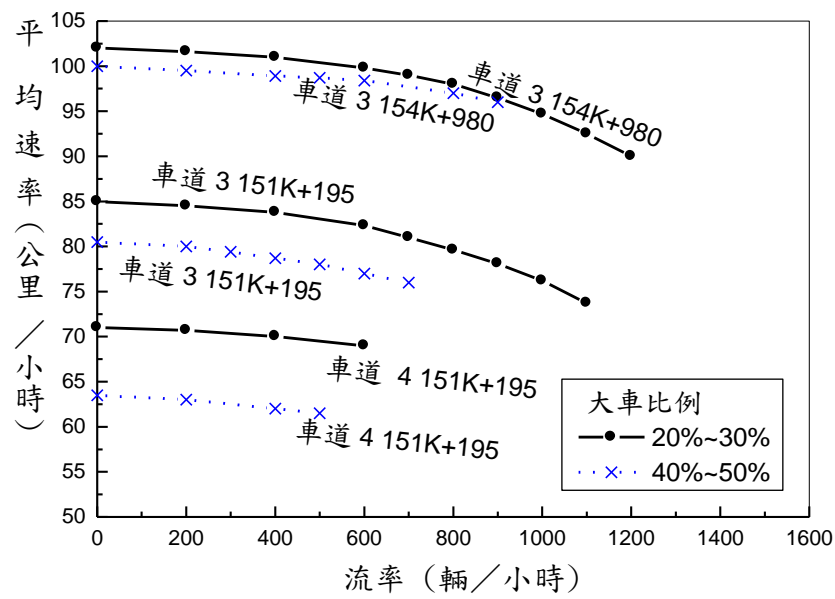


圖 3-26 三義北上大車比例對流率與速率關係的影響

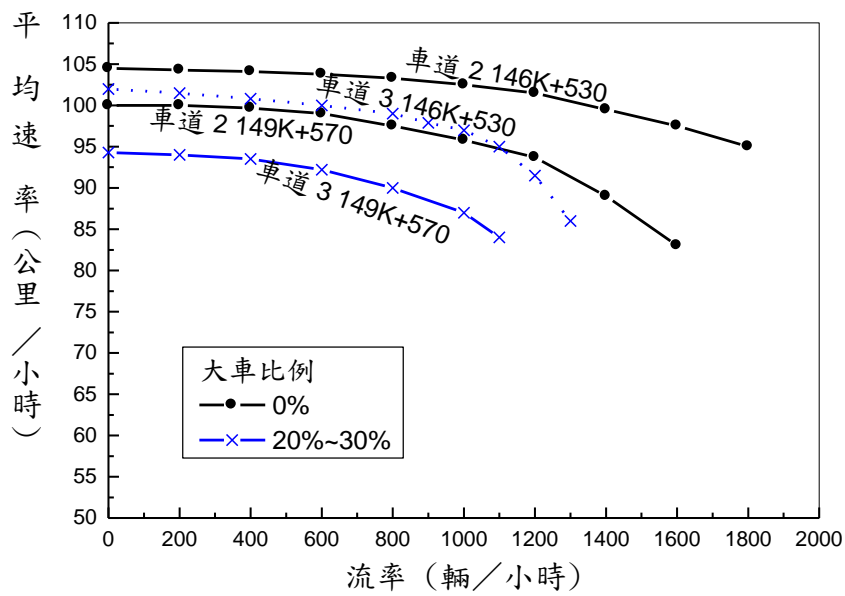


圖 3-27 三義南下第 2、3 車道大車比例對速率與流率關係的影響

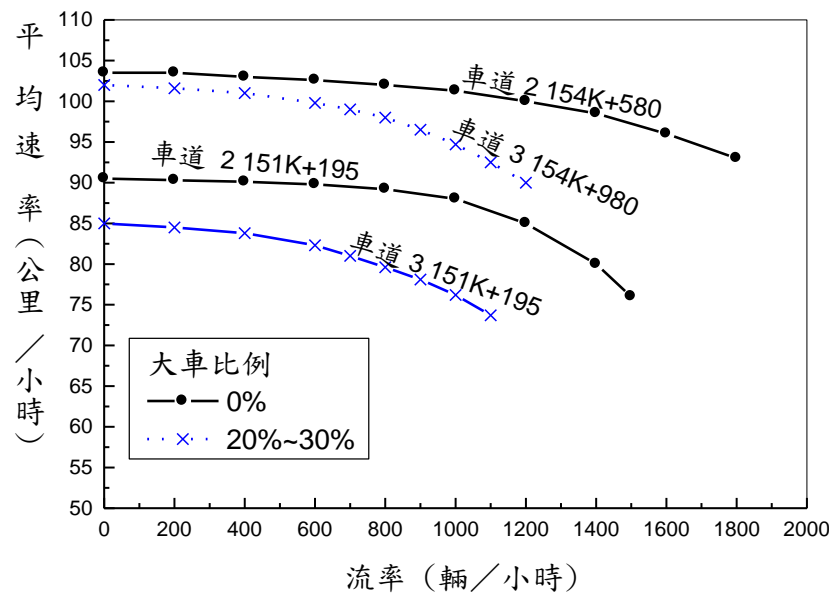


圖 3-28 三義北上第 2、3 車道大車比例對速率與流率關係的影響

圖 3-25、圖 3-26、圖 3-27、圖 3-28 顯示大車比例從 20%~30% 增高到 40%~50% 時對南下流率與速率關係的影響

因缺少資料樣本，同一車道上大車比例從 0% 增加到 20%~30% 對流率與速率關係的影響不能直接探討。但第 2 車道沒有大車時之流率與速率關係可能近似第 3 車道上之關係，所以比較第 2 車道沒有大車及第 3 車道有 20%~30% 大車時之流率與速率關係可幫助了解大車比例之影響。

從圖 3-27 及圖 3-28 可知，流率相同，而且大車比例從 0% 增加到 20%~30% 時，在同一地點的平均速率會下降，而且下降的幅度隨流率而增加，這現象與圖 3-25 及圖 3-26 所示，大車比例從 20%~30% 增加到 40%~50% 時之速率下降特性相似。此外，大車比例從 0% 增加到 20%~30% 之速率降幅比從 20%~30% 增加到 40%~50% 時高，可見大車比例越高時，各別大車對車流的影響減低。

3.1.6 容量

從 3.1.5 節描述的車流特性可預期上坡地點的容量會隨大車比例、坡度及坡長而變化。至於不受坡度及坡長影響之地點的容量，三義路

段的車流率不高，很少有塞車的狀況，因此其容量不易估計。本計畫只能用北上 147K+520 地點的資料探討可能的容量。

國道 1 號公路北上在 147K+520 的地點接近一長下坡之坡底(見圖 3-1)，其坡度為-2.2%。此地點有三車道。第 1 車道(內車道)很少有大車，有大車之 5 分鐘時段很少，有大車時單體大貨車占總車輛的比例多數不到 1%，聯結車則幾乎不存在。第 2 車道(中間車道)上大貨車占每 5 分鐘總車輛的比例也不高，多數在 0%及 2.5%之間；聯結車的比例較高，但多數在 5%以下。第 3 車道(外車道)之大貨車及聯結車占每 5 分鐘總車輛數的經常比例各在 10%~25%及 5%~15%之範圍。在這種狀況下，民國 101 年春節期間偵測器資料顯示車流有下列現象：

- 1.各車道之流率與速率關係如圖 3-29 及圖 3-30 所示。
- 2.第 1 車道 15 分鐘流率為 2,031 輛/小時，而且沒有大車時，隨後 15 分鐘內車流沒有進入壅塞狀況之傾向，每分鐘平均速率可維持 100~102 公里/小時。但是受慢行大車之影響時，15 分鐘流率在 1,920 輛/小時之情況下，就可能進入壅塞狀況。
- 3.第 2 車道 15 分鐘流率在 1,920 輛/小時(1.1%大貨車及 2.9%聯結車)之情況下，車流仍能保持穩定狀況。但第 1 車道進入壅塞狀況時，第 2 及第 3 車道也進入壅塞狀況。進入壅塞狀況前之第 2 車道流率低於 1,920 輛/小時。
- 4.第 3 車道上偵測器的最高 15 分鐘流率只有 1,080 輛/小時(21%大貨車及 4.5%聯結車)。進入壅塞狀況之後的疏散流率比較高(見圖 3-30)。

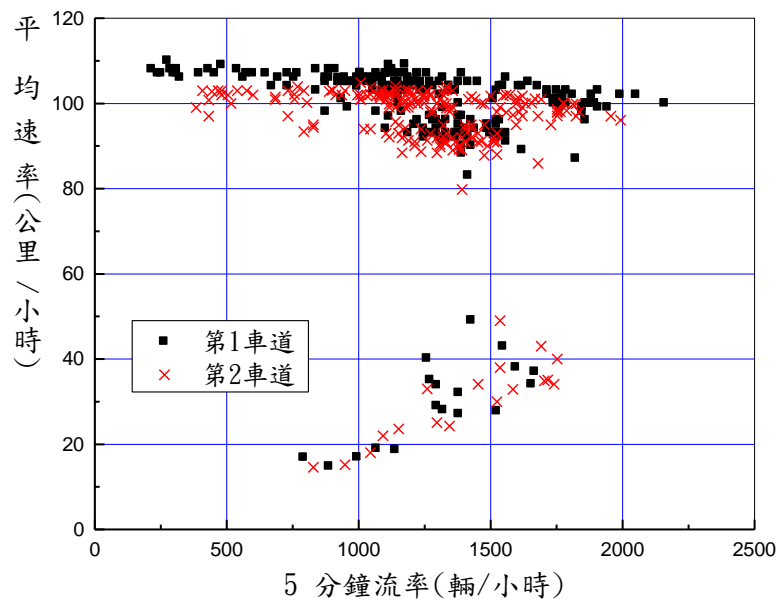


圖 3-29 國道 1 號公路三義北上 147K+520 內側兩車道之流率與速率關係

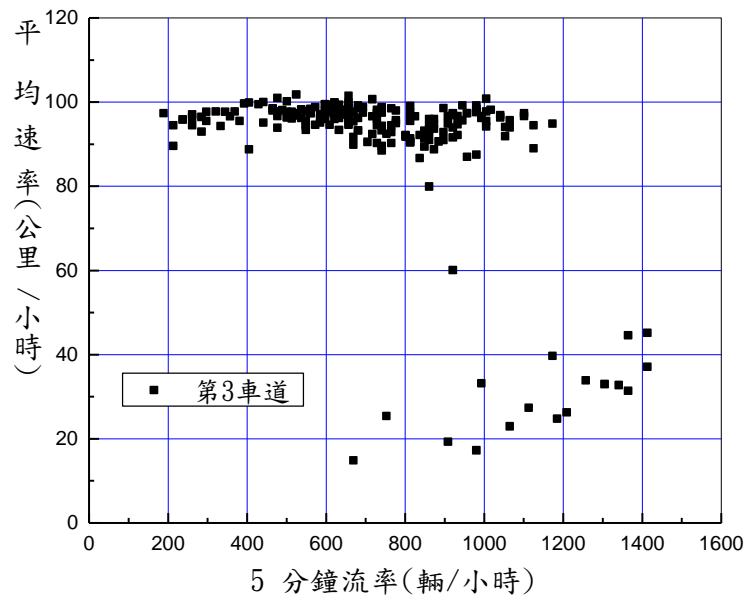


圖 3-30 國道 1 號公路三義北上 147K+520 第 3 車道之流率與速率關係

3.2 林口路段自由速率及流率與速率關係的特性

國道 1 號林口坡度路段在里程 35K 及 48K 之間，其高程的變化如圖 3-31 所示。坡度比較高的地點在 39K 及 40K 之間，其坡度大約在 5.2% 及 5.4% 之間。林口路段的流率比三義路段高，個別車道的 5 分鐘流率有時超過 2,200 輛/小時。

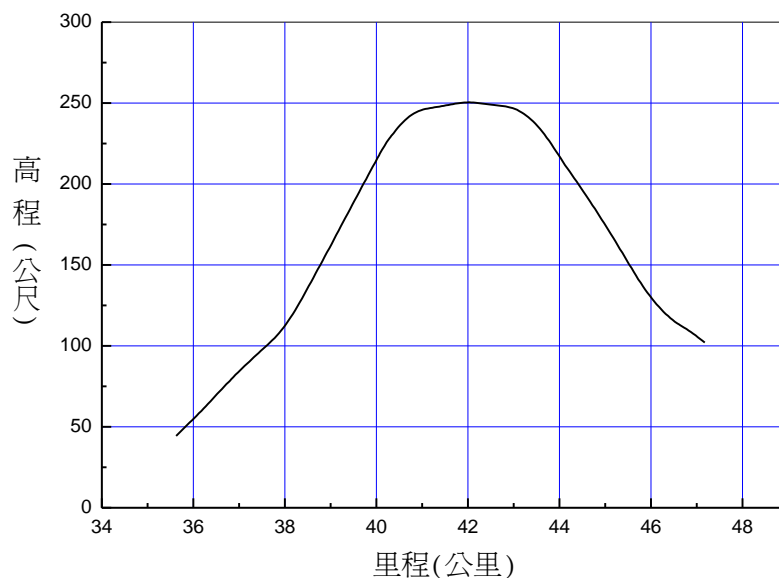


圖 3-31 林口路段高程隨地點之變化

3.2.1 自由速率

民國 101 年期間本所在林口路段北上 9 地點及南下 6 地點蒐集自由速率資料。資料蒐集地點及相關之坡度及曲率半徑如表 3.5 所示。資料調查期間高公局正在該路段施工。所以速率有可能受到影響。此外，速率的估計是根據影像資料，車頭抵達一 10 公尺長偵測區上、下游端點之時間所推估。相關的估計誤差可能顯著。但是這些資料仍能顯示自由速率隨地點而變化的趨勢。

表 3.5 林口路段自由速率調查地點

方向	里程地點	坡度(%)	曲率半徑(公尺)
北上	48K+000	0.80	10,000
	46K+800	1.68	1,400
	46K+400	1.64	1,400
	45K+500	4.25	1,400
	44K+650	4.59	2,800
	43K+500	0.35	2,000
	39K+600	-5.20	1,000
	38K+000	-2.66	2,700
	37K+000	-2.66	700
南下	36K+500	2.94	700
	39K+300	5.30	500
	40K+000	5.20	700
	43K+300	-3.70	3,000
	45K+500	-5.30	1,400
	48K+100	-0.80	10,000

北上及南下小車、載重單體(Single Unit)大貨車及聯結車自由速率隨地點的變化各如圖 3-32 及圖 3-33 所示。一般而言，坡度及坡長對林口路段大車之自由速率有顯著的影響。坡度及坡長也造成小車自由速率相當顯著的變化。

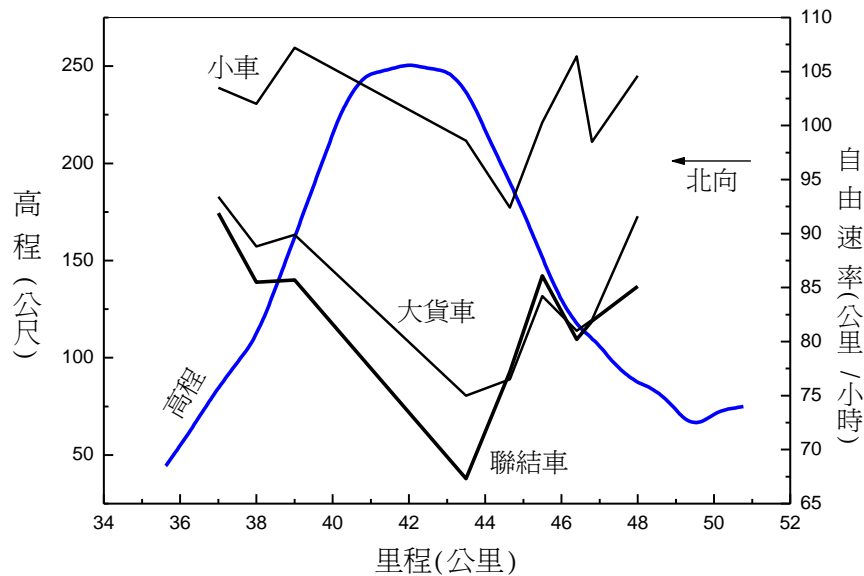


圖 3-32 林口路段北上自由速率隨地點的變化

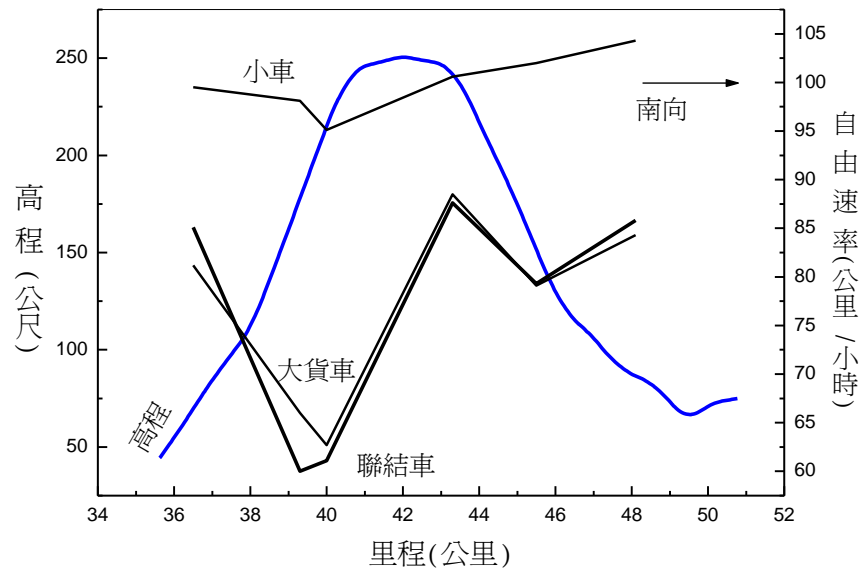


圖 3-33 林口路段南下自由速率隨地點的變化

3.2.2 流率與速率關係

3.2.2.1 北上車流

根據民國 96 年 2 月及 4 月國定假日期間的偵測器資料，圖 3-34 顯示北上之上坡起點（約 49K+400）附近在 49K+230 處的流率與速率關係。此地點的坡度接近 0% 而且距離上坡起點很短，所以車流受坡度及坡長的影響不顯著。

從圖 3-34 可知個別車道有不同的車流特性。在沒有壅塞狀況之情形時，第 1 車道（內車道）上偵測到的 15 分鐘最高流率達 2,152 輛/小時（5 分鐘大車比例： $< 3.2\%$ ；平均速率：90~92 公里/小時）。最高 45 分鐘的流率也達 2,060 輛/小時（平均速率：88~92 公里/小時）。但是流率在 1,600 輛/小時左右時，車流就可能進入壅塞狀況。

第 2 車道上偵測到的 15 分鐘最高流率達 2,028 輛/小時（大車：0%~2.4%；平均速率：88~94 公里/小時）。車流進入不穩定狀況之前的流率通常在 1,600 及 1,800 輛/小時（大車比例： $< 2.4\%$ ；平均速率：88~94 公里/小時）。

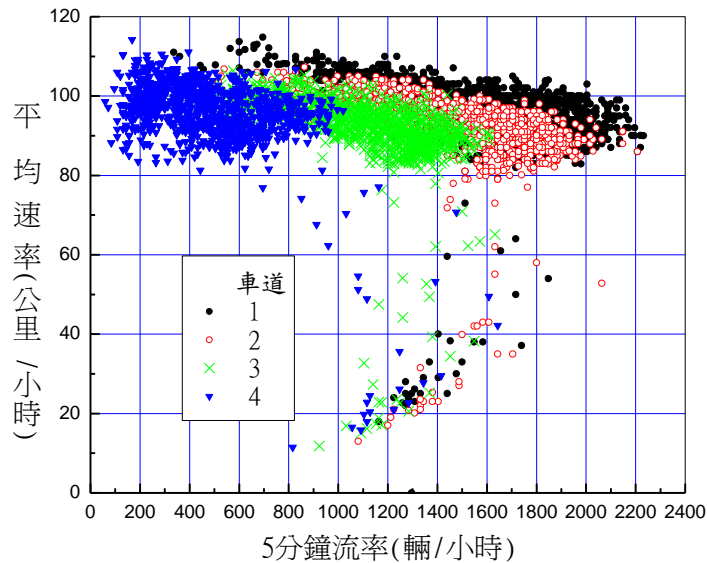


圖 3-34 林口路段北上在 49K+230 地點之流率與速率關係
(坡度接近 0%；離上坡起點約 170 公尺)

第 3 車道上偵測到的 15 分鐘流率更低，很少超過 1,500 輛/小時。車流進入不穩定狀況之前的流率在 1,400 輛/小時以下（大車比例：4.8%~10.3%；平均速率：84~88 輛/小時），這些流率比第 1 及第 2 車道低。

第 4 車道的流率經常很低，而且 5 分鐘流率在 540~888 輛/小時的範圍時（大車比例：5.9%~11.1%；平均速率：84~92 公里/小時）就有可能進入不穩定狀況。

北上上坡車流行駛大約 4 公里抵達 45K+300 地點時之流率與速率關係如圖 3-35 所示。此地點的坡度大約為 4.72%。如將圖 3-34 與圖 3-35 比較，顯然在同一速率時，45K+300 地點的流率比上坡地點附近 49K+230 地點的流率低得多。以圖 3-36 所示之第 2 車道的流率速率關係為例，坡度起點附近的 5 分鐘流率常超過 2,000 輛/小時，但在 45K+300 地點的 5 分鐘流率很少超過 1,650 輛/小時。其中一原因是 45K+300 地點多了一車道，所以車輛分散。但是第 5 車流（爬坡道）所吸引的流率通常不到 100 輛/小時。另一原因是此地點的第 2 車道有較高的大車比例（常在 10% 及 20% 之間）。但另一主要原因是上坡時旅

行距離及坡度的影響。因此在 45K+300 地點的第 2 車道流率常在 1,300 輛/小時以下時，車流就近入不穩定狀況。

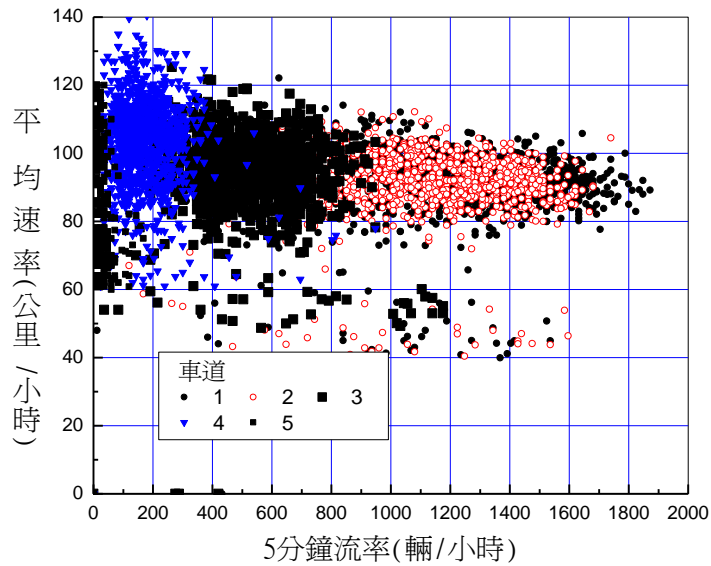


圖 3-35 林口路段北上在 45K+300 地點之流率與速率關係
(坡度約 4.72%；離上坡起點約 4 公里)

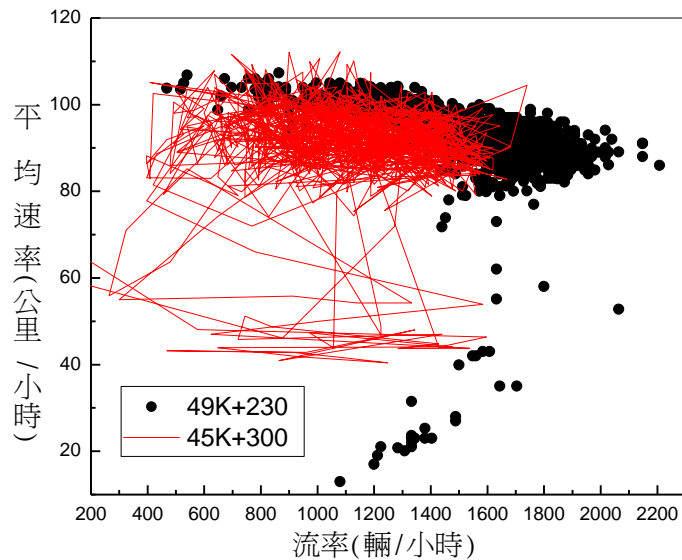


圖 3-36 林口路段北上第 2 車道在上坡起點附近 (49K+230)
及上坡之後在 45K+300 之流率與速率關係

3.2.2.2 南下車流

南下上坡起點之下游在 36K+690 地點有一車輛偵測器。此地點距上坡起點約 400 公尺，其坡度大約為 2.94%。圖 3-37 顯示此地點之流率與速率關係。

36K+690 地點的流率相當高。第 1 車道 15 分鐘的流率可達 2,336 輛/小時（大車比例： $< 1.6\%$ ；平均速率：89~92 公里/小時）。連續 40 分鐘內每 5 分鐘之流率可維持在 2,208 及 2,460 輛/小時。但是進入壅塞之前的 5 分鐘流率較低，在 1,692 及 2,172 輛/小時之範圍（大車比例： $< 2.8\%$ ；平均速率：82~91 公里/小時）。

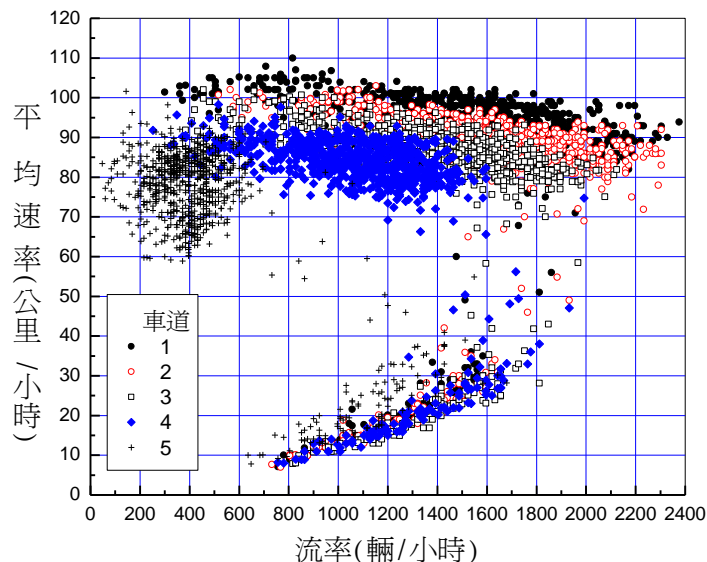


圖 3-37 林口路段北上在 36K+690 地點之流率與速率關係（坡度約 2.94%）

其他車道上偵測到的各車道流率從內側往外，逐漸減少。第 2 車道的 15 分鐘最高流率達 2,288 輛/小時（大車比例： $< 2.6\%$ ；平均速率：83~86 公里/小時）。連續 50 分鐘內每 5 分鐘之流率可維持在 2,052~2,232 輛/小時（平均：2,190 輛/小時；大車比例： $< 0.6\%$ ；平均速率：72~86 公里/小時）。第 3 車道之最高 15 分鐘流率只達 1,880 輛/小時（大車比例：4.4%~5.7%；平均速率：78~80 公里/小時）。而且車流常在 5 分鐘

流率不到 1,800 輛/小時就進入壅塞狀況。第 4 車道進入壅塞狀況之前的流率更低，一般在 1,400 輛/小時（大車比例：14%~28%；平均速率：78~93 公里/小時）。

南下車流從 36K+690 一路上坡到 40K+700 地點時(坡度約 2.3%)，各車道的流率減低。此上坡地點之上游 700 公尺處的坡度為 5.2%，因此其流率與速率關係很可能仍受到 5.2%坡度之影響。這地點的流率與速率關係如圖 3-38 所示。第 1 車道（內車道）的 5 分鐘流率很少超過 2,000 輛/小時。

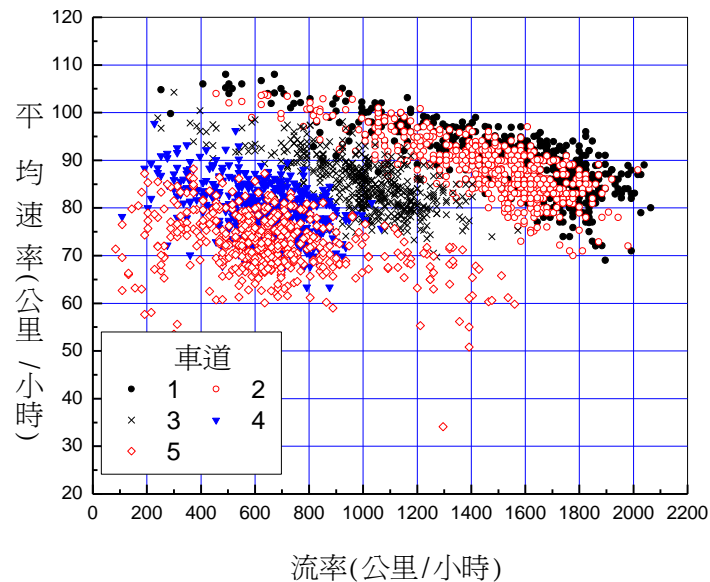


圖 3-38 林口路段南下在 40K+700 地點之流率與速率關係
（坡度約 2.3%；距離上坡起點約 4 公里）

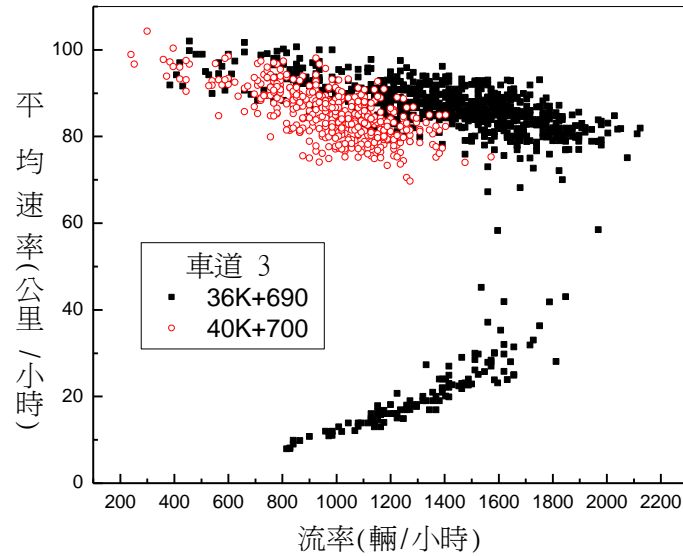


圖 3-39 林口路段南下第 3 車道在上坡起點附近 36K+690 地點及上坡之後在 40K+700 地點之流率與速率關係

3.2.3 容量

根據上述偵測器資料，坡度及坡長影響很小時（如上坡起點附近），林口路段的第 1 車道容量大約在 2,100~2,300 輛/小時之範圍。大車比例不超過 2.6% 時，第 2 車道之容量大約在 2,000~2,250 輛/小時之範圍。其他車道重車比例較高，容量則較低。上坡地點的容量預期會隨坡度、坡長及大車比例而變化。圖 3-39 顯示從 36K+690 行駛到 40K+700，第 3 車道流率與速率關係的變化。

3.3 國道 3 號公路流率與速率關係

3.3.1 北上 63K+990

國道 3 號公路北上 63K+990 地點在一 0.5% 下坡路段。此地點有 4 車道，大溪交流道在此地點下游約 1.2 公里。在民國 102 年春節期間內，北上 63K+990 之車流有下列現象：

1. 各車道之流率與速率關係如圖 3-40、圖 3-41 及圖 3-42 所示。第 1 及第 2 車道之流率與速率關係相近。第 3 及第 4 車道則有獨特的流率與速率關係。

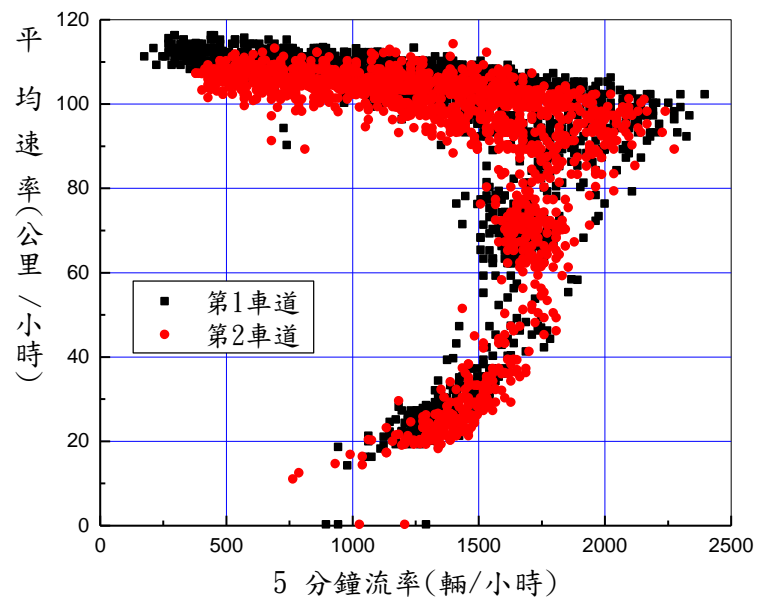


圖 3-40 國道 3 號公路北上 63K+990 內二車道之流率與速率關係

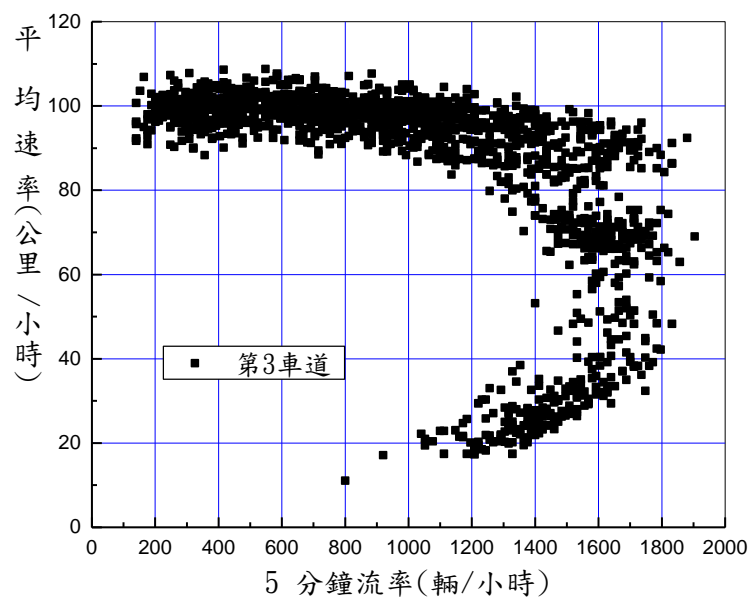


圖 3-41 國道 3 號公路北上 63K+990 第 3 車道之流率與速率關係

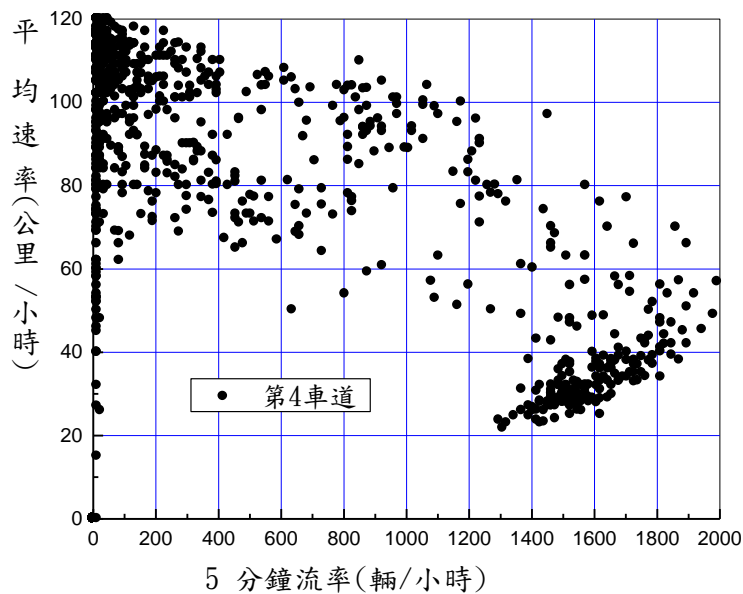


圖 3-42 國道 3 號公路北上 63K+990 第 4 車道之流率與速率關係

2. 第 1 車道偵測到的最高 15 分鐘流率為 2,100 輛/小時 (0.6% 大貨車，無聯結車)，其每 5 分鐘維持在 94 及 96 公里/小時之間。
3. 第 2 車道偵測到的最高 15 分鐘流率為 2,096 輛/小時 (無大貨車，0.4% 聯結車)，其每 5 分鐘速率在 93 及 97 公里/小時之間。
4. 第 3 車道偵測到的最高 15 分鐘流率達 1,786 輛/小時 (1.9% 大貨車及 1.7% 聯結車)，其每 5 分鐘速率在 86 及 92 公里/小時之間。隨後車流進入壅塞狀況。
5. 使用第 4 車道 (外車道) 的車輛不多，而且第 4 車道之車流在 1,200 及 1,600 輛/小時之情況下，就可能進入壅塞狀況。壅塞之後的疏解流率大約為壅塞前之最高流率 (見圖 3-42)。

3.3.2 南下 66K+015

國道 3 號公路南下 66K+015 地點在一長 925 公尺，坡度為 3% 之上坡端點。龍潭交流道在其下游 2.3 公里處。此地點有 3 車道。在民國 102 年春節假期的車流有下列現象：

1. 各車道之流率與速率關係如圖 3-43 及圖 3-44 所示。第 1 及第 2 車道之流率與速率關係，類似前述在北上 63K+990 處第 1 及第 2 車

道的車流特性（見圖 3-40）。第 3 車道的流率與速率關係，則類似北上 63K+990 處第 3 車道上的關係。

2. 第 1 車道偵測到的最高 15 分鐘流率為 2,088 輛/小時（0.6% 大貨車，無聯結車），其每 5 分鐘維持在 86 及 92 公里/小時之間。
3. 第 2 車道偵測到的最高 15 分鐘流率為 2,128 輛/小時（0.6% 大貨車，0.6% 聯結車），其每 5 分鐘速率在 79 及 81 公里/小時之間。
4. 第 3 車道在進入壅塞之前偵測到的最高流率為 1,664 輛/小時（1.9% 大貨車及 2.7% 聯結車），其每 5 分鐘速率在 70 及 74 公里/小時之間。

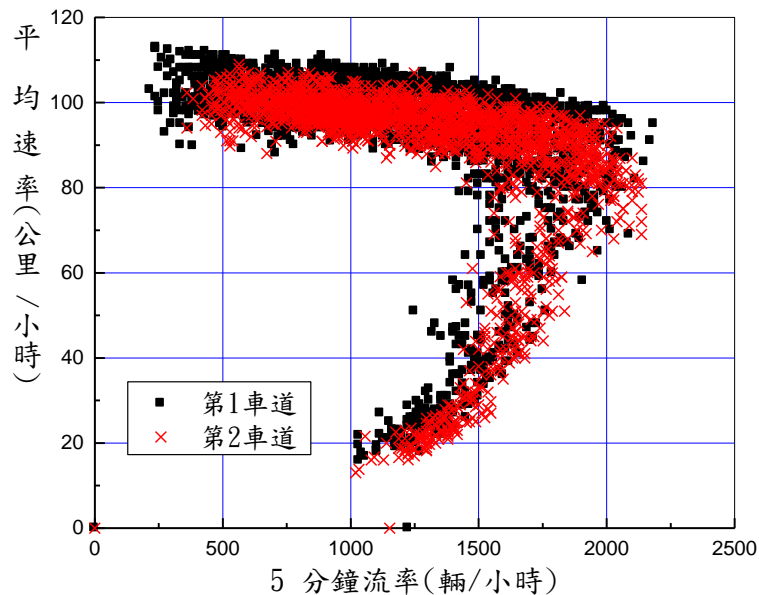


圖 3-43 國道 3 號公路南下 66K+015 內二車道之流率與速率關係

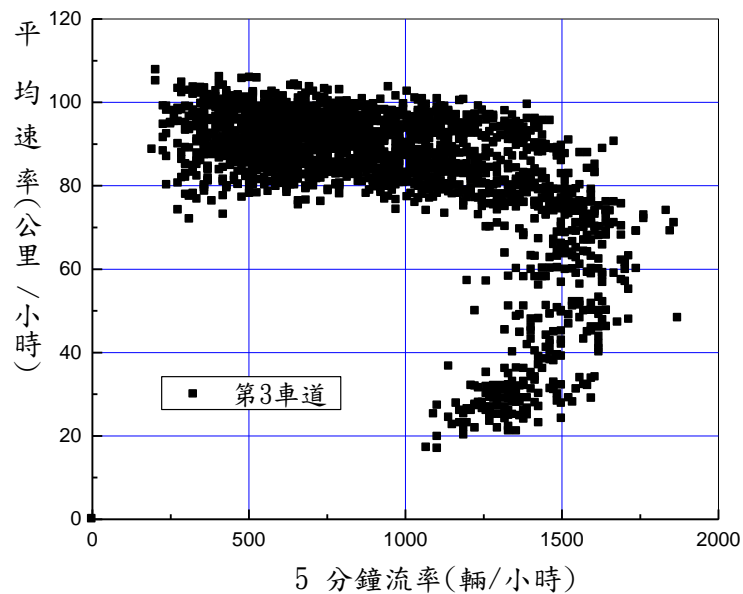


圖 3-44 國道 3 號公路南下 66K+015 外車道之流率與速率關係

3.4 大型貨車車重

本計畫分析國道 1 號公路員林、后里、岡山、造橋收費站及國道 3 號樹林及大甲收費站所提供的大型貨車總重量(gross weight)資料。這些資料涉及大貨車（單體）、半聯結車及全聯結車。各種大型貨車之平均總重量及不分車種之平均總重量如表 3.6 所示。

表 3.6 通過高速公路地磅站大型貨車之平均總重量(kg)及樣本數

公路	收費站	大貨車	半聯結車	全聯結車	所有大型貨車
國 1	員林	10,224 (3,636)	26,328 (5,650)	35,237 (714)	21,109 (10,000)
	后里	10,860 (4,290)	28,881 (4,870)	38,998 (210)	20,227 (9,370)
	岡山	10,834 (3,026)	36,828 (6,308)	45,845 (666)	29,563 (10,000)
	造橋	11,837 (4,701)	31,391 (5,046)	35,225 (235)	22,289 (9,982)
國 3	樹林	9,691 (4,616)	33,859 (5,213)	41,810 (317)	22,839 (10,146)
	大甲	10,722 (3,780)	35,869 (5,891)	37,397 (239)	26,400 (9,910)

註：()內之數據為樣本數。

圖 3-45、圖 3-46 及圖 3-47 顯示不同類型大型貨車正常化(normalized)總重量之分布。大貨車之分布幾乎不隨地磅站而變，各地磅站大貨車平均總重量的變異範圍也不大，在 9,691kg 及 11,837kg 之間（見表 3.6）。半聯結車及全聯結車正常化總重量之分布，隨地點之變異較顯著。各地磅站聯結車平均總重量的變異範圍也較大。例如半聯結車的平均總重量在員林地磅站只有 26,328kg，在造橋的平均總重量則高達 36,828kg。

模擬大型貨車行為時也須考慮馬力。目前沒有個別大型貨車馬力及重量組成的資料。根據民國 92 年及 96 年，臺灣車輛測試中心合格發證的大型貨車資料[4]，大貨車、半聯結車及全聯結車之馬力各在 160 及 220kW、160 及 340kW、及 170 及 340kW 之間。本計畫將在這些馬力範圍及上述總重量之範圍內，尋找能合理模擬大型貨車車流之馬力及車重的組成。

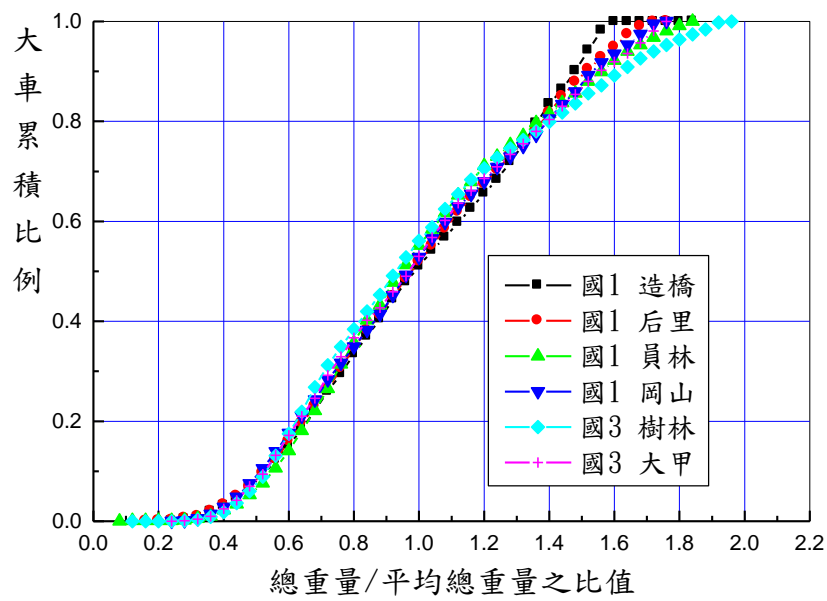


圖 3-45 大貨車(單體)總重量之分布

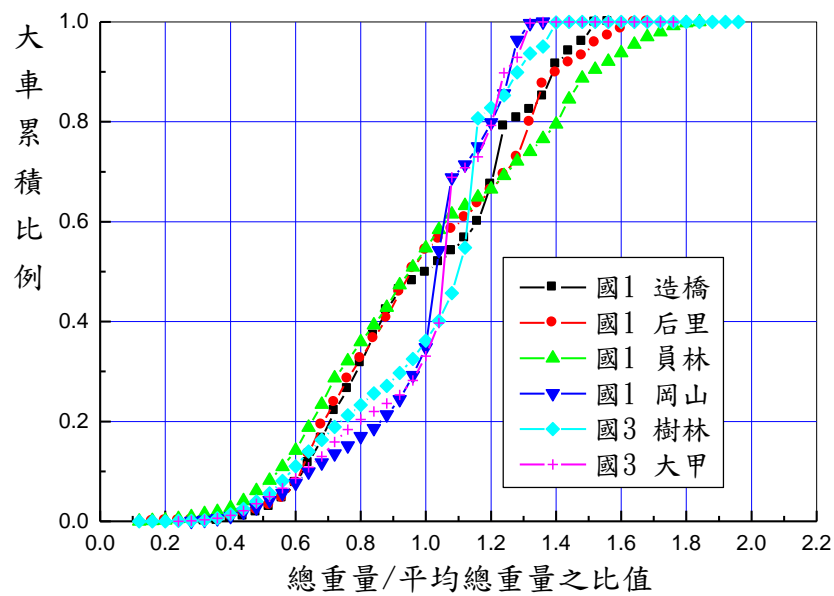


圖 3-46 半聯結車總重量之分布

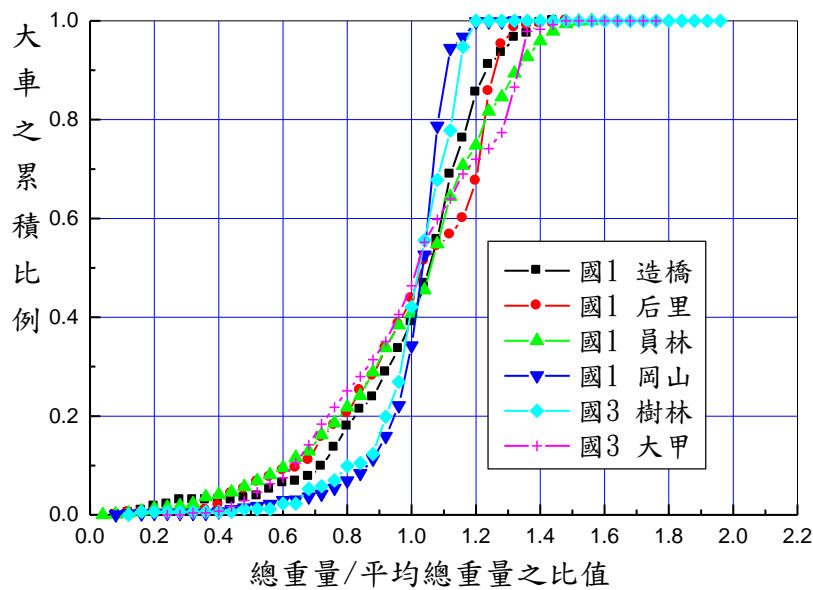


圖 3-47 全聯結車總重量之分布

3.5 小結

1. 車輛行駛在上坡路段的自由速率受坡度及坡長的影響。長及陡的上坡能嚴重降低大車的速率，對小車的速率也有顯著的負面效果。
2. 上坡地點的車道容量受坡度、坡長及大車比例之影響。在不受坡度、坡長及大車影響的地點，內車道（第 1 車道）容量在 2,000~2,300 輛/小時之範圍。流量大的路段預期會有較高的 15 分鐘流率及容量。但是車流進入壅塞狀況之前的流率常低於潛在容量，這現象可能是因下游車輛干擾之故。
3. 在低流率時接近 90% 小車會避開外車道。在高流率時，使用外車道之小車比例則增高。
4. 不論總流率的高低，很少大車（<2%）會使用內車道（第 1 車道），絕大多數（>64%）的大車則使用外側車道。
5. 在高流率時，可能有 10%~20% 的小車會使用爬坡道，另外有 30%~40% 的大車可能使用爬坡道。低流率時，大約有 40% 之大車也會使用爬坡道。

6.國道 1 號及 3 號公路上 6 個地磅站的資料顯示單體大貨車、半聯結車及全聯結車的平均總重量範圍各為 9,691~11,837 公斤、26,328~36,828 公斤及 35,237~45,845 公斤。大貨車約佔所有大型貨車之 30%~47%，半聯結車佔總大型貨車之 50%~63%，全聯結車只佔 2%~7%。

第四章 坡度路段的車流模擬(TGS)模式之基本 架構及邏輯

4.1 TGS 之性質

TGS 之模式利用 FORTRAN-77 語言建立微觀之模擬邏輯。此模式每 Δt 秒推進模擬之車輛一次。模擬單位時段 Δt 之長短由使用者設定，但以不超過 1 秒或短於 0.5 秒為原則。模擬單位時間越長，模擬車輛行為之精度會降低。模擬單位時間越短，模擬之精度可增高但是模擬時間會增長。

為了滿足將來國內交通界之需要，TGS 模式之架構可用來建立模擬不同公路設施之作業，這些設施包括高速公路、郊區多車道公路、雙車道公路、市區道路之平坦路段及坡度路段。但是本計畫之重點在於發展一模擬高速公路主線，車流不受進出口匝道影響之車流作業。

本章先說明 TGS 模式模擬不同類型的公路所提供之架構，然後說明模擬高速公路主線車流之主要邏輯。預計於民國 104 年完成 3 年期工作後，本所將另案於臺灣地區公路容量分析專區網站提供 TGS 模式有關高速公路及雙車道公路之模擬流程說明，及 TGS 模式執行檔，使用者無須 FORTRAN 編譯器(Compiler)即可下載使用。

4.2 坡度路段車流模擬(TGS)模式基本架構

4.2.1 模擬路網

TGS 模式將實際公路網用一近似的模擬路網來代表。模擬路網是節線(link)及節點(node)之組合。節線代表單向行車之路段。節點代表交叉路口或幾何設計因路段分差或匯合而有顯著變化之地點。以圖 4-1a 之高速公路路段為例，在 C 點有一進口匝道與主線匯合，在 D 點主線與一出口匝道連接，因此 C 點及 D 點須用節點來代表。此外，主線之上下游端點，進口匝道上游端點及出口匝道下游端點，也須用一節點

來代表。這些節點及其間之節線所造成的模擬路網如圖 4-1b 所示。模擬有交叉路口之路段時，每一交叉路口須用一節點來代表。

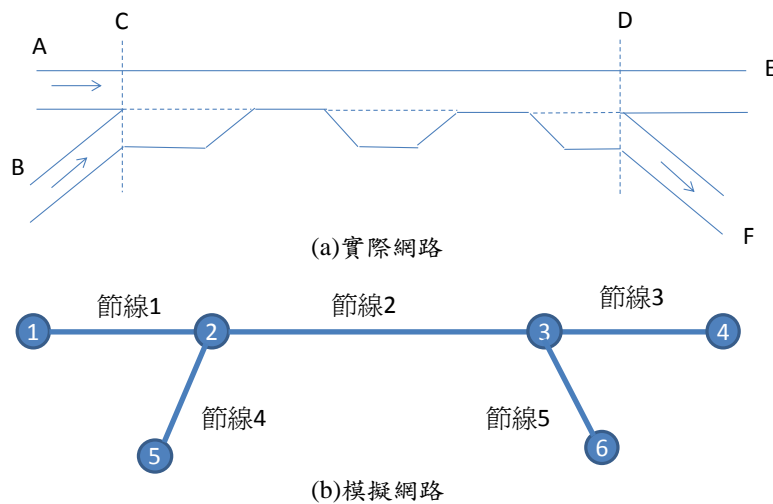


圖 4-1 實際網路與模擬網路之簡例

4.2.2 節線設施

TGS 模式能模擬的節線設施可分成主線全長車道，在主車道左右兩側之短車道及車道上或車道間之設施。左右兩側之短車道有下列 3 類型：

- **類型 1 短車道**

此類車道為在節線上游端點左右兩側增設之短車道。這些車道讓從節線上游來的車輛匯入主車道。圖 4-1a 進口匝道下游之加速道為這類型車道之一例。

- **類型 2 短車道**

此類車道為在節線兩端點之間，但不與端點連接之短車道。這些車道可能是高速公路上之爬坡道，也可能是在雙車道公路上讓慢車避開快車以利超車之車道。

- **類型 3 短車道**

此類車道為在節線下游端點左右兩側增設之短車道。在號誌化路口上，這些車道可能是左轉或右轉專用車道。在高速公路上，這些車

道代表讓車輛減速進入出口匝道之設施，如圖 4-1a 出口匝道上游之短車道所示。

TGS 模式可模擬之車道上設施包括下列數項：

1. 分隔島或柵欄。
2. 迴轉(u-turn)可用之缺口（見圖 4-2a）。
3. 同方向變換車道可用之缺口及增設車道（見圖 4-2b 及 4-2c）。
4. 封閉之車道（見圖 4-2d）。
5. 公車站（有站台或無站台；有停車彎或無停車彎）。
6. 兩段式機車待轉區（見圖 4-2e）。
7. 機車停等區（見圖 4-2f）。

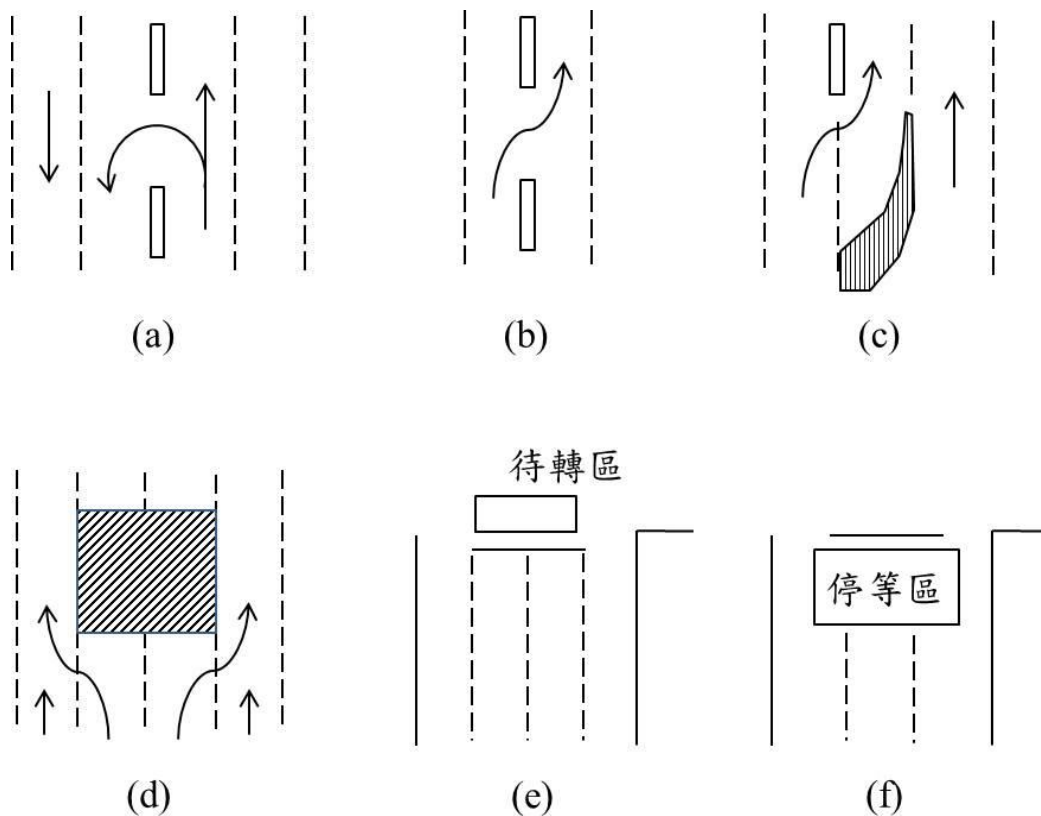


圖 4-2 車道上設施示意圖

4.2.3 節點與節線之串連

為了建立模擬路網，TGS 模式之使用者必須給每一節線、節點、路旁設施及車道上設施一代號，然後設定下列關係：

- 1.每一節線上游及下游之節點。
- 2.一車輛通過一節線之下游節點時，不同行車方向會進入之節線。
- 3.路旁進口及出口之節點及位置。
- 4.從一節線進入另一節線時之連貫車道。

TGS 模式可模擬 8 種行車方向，包括直行、左轉、右轉、急左轉、急右轉、斜左轉、斜右轉及迴轉。因為一節點上游節線之車道數可能與下游節線之車道數不同，或上下游車道不對齊，所以模式之使用者必須在建立輸入檔時設定上下游節線之一對連貫車道。從一節線 i 之任何一車道 Li 進入另一節線 j 時，如果最可能進入的車道為 Lj ，則 Li 及 Lj 可設定為兩節線之間的連貫車道。

以圖 4-3 的直行車為例，從節線 i 之車道 2 直行進入節線 j 時最可能使用的車道為車道 1。因此節線 i 之車道 2 及節線 j 之車道 1 可設為從節線 i 直行進入節線 j 之連貫車道。

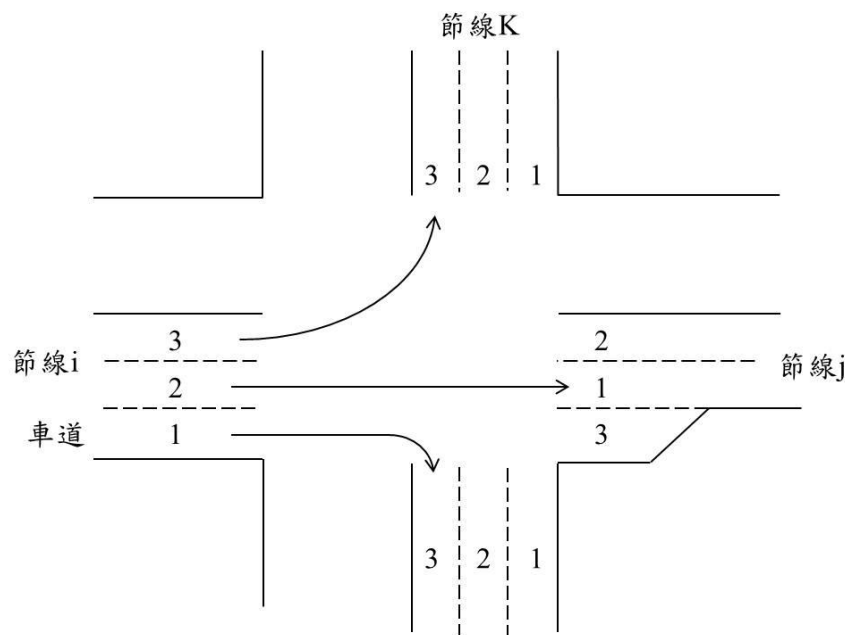


圖 4-3 連貫車道示意圖

TGS 模式根據節點與節線的關係、連貫車道之設定、車種及車道使用之限制，將一車輛從出發節點導引到下游節點。在這過程中，TGS 模式不預先設定每一車輛之起點、終點及路徑。換言之，TGS 模式沒

有交通指派(Traffic Assignment)之功能。每一車輛在通過一節點時的行車方向乃根據個別行車方向百分比隨機訂定。

4.2.4 基本模擬程序

TGS 模式之基本模擬流程如圖 4-4 所示。模擬之第一步驟是訂定模擬過程中所用之參數或變數之原始值。例如模擬車輛上下坡之加速率時須知某一車種之代表性質重、馬力等特性。針對這些參數或變數，TGS 模式設定了一些代表值，然後讓模式之使用者用輸入檔更改代表值。

輸入資料涉及節點與節線之關係、節線之路旁及車道上設施、節線及節點之關係、節線及節點之幾何設計、交通狀況（如流率，車種組成、行車方向比例等）、交通控制（如號誌控制、速限、車道使用之限制、超車區等）及駕駛行為等。

根據輸入資料，TGS 模式先測試資料之合理性。資料有誤時，TGS 模式會展示錯誤信息並終止模擬。沒有錯誤時，TGS 模式開始建立模擬路網並進行模擬。建立路網過程中，如 TGS 模式發現另有錯誤，則模式使用者必須根據 TGS 模式之建議修改輸入檔才能繼續模擬。

TGS 模式為一微觀模擬模式，但此模式之功能在於估計特定流率狀況下之平均交通運作績效。在相同流率狀況下，個別車輛駕駛員之行為，車距的分布等特性會影響到平均作業績效。因此 TGS 模擬讓使用者選擇在同一流率、車種組成、行車方向比例等狀況下欲模擬的次數。每一次模擬時，TGS 模式隨機訂定車輛到達出發節點之瞬間，並隨機訂定每一車輛及駕駛員的屬性，然後用多次模擬的結果估計平均作業績效。

因為在模擬過程中車流狀況可能隨時間而變。因此 TGS 模擬讓使用者訂定模擬時段數。但每一時段（如 5 分鐘）的交通狀況（如流率，車種組成等）不隨時間而變。

每一模擬時段又分成許多很短的模擬單位，每單位的長度不超過 1 秒。在每單位時間內，TGS 模式模擬每一車輛之行為一次，並更新車輛在單位時段結束時之位置及速率。

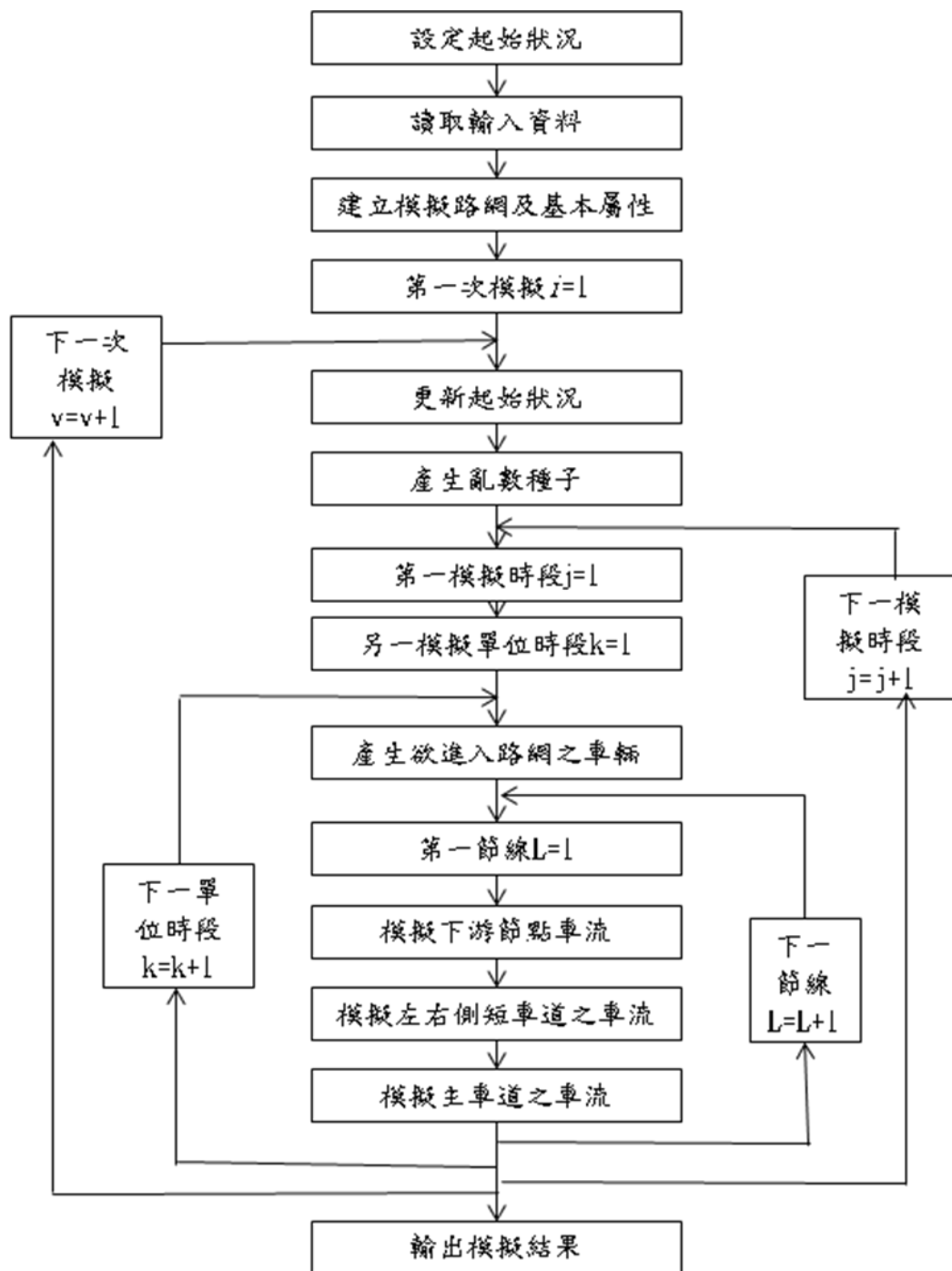


圖 4-4 基本模擬流程

圖 4-4 之流程指出模擬車流之主要工作在於模擬節點、左右側短車道及主車道之車流。模擬工作的細節相當複雜，不宜在本報告交代。此外，類型 1 短車道（如高速公路進口匝道之匯流加速道），類型 3 短車道（如高速公路出口匝道之減速道），及其上下游車道之作業的模擬工作為後續 2015 年研究工作之重點。所以本章只簡單的描述模擬高速

公路上類型 2 之短車道（如爬坡道）及主車道車流之模擬流程。

圖 4-5 顯示模擬類型 2 短車道之大約流程。TGS 模式將該類型車道上之車輛分成強迫性變換車道之車輛及選擇性變換車道之車輛。強迫性變換車道之車輛指接近短車道下游端點，或車道下游有被封閉之路段，而必須轉換車道之車輛。其他車輛屬非強迫性（亦即選擇性）變換車道之車輛。

強迫性變換車道之車輛必須根據欲轉入之車道的車流狀況決定是否能變換車道。如果不能變換車道則必須根據車輛與下游可用車道之端點的距離減速，並在必要時停車以等待變換車道的機會。

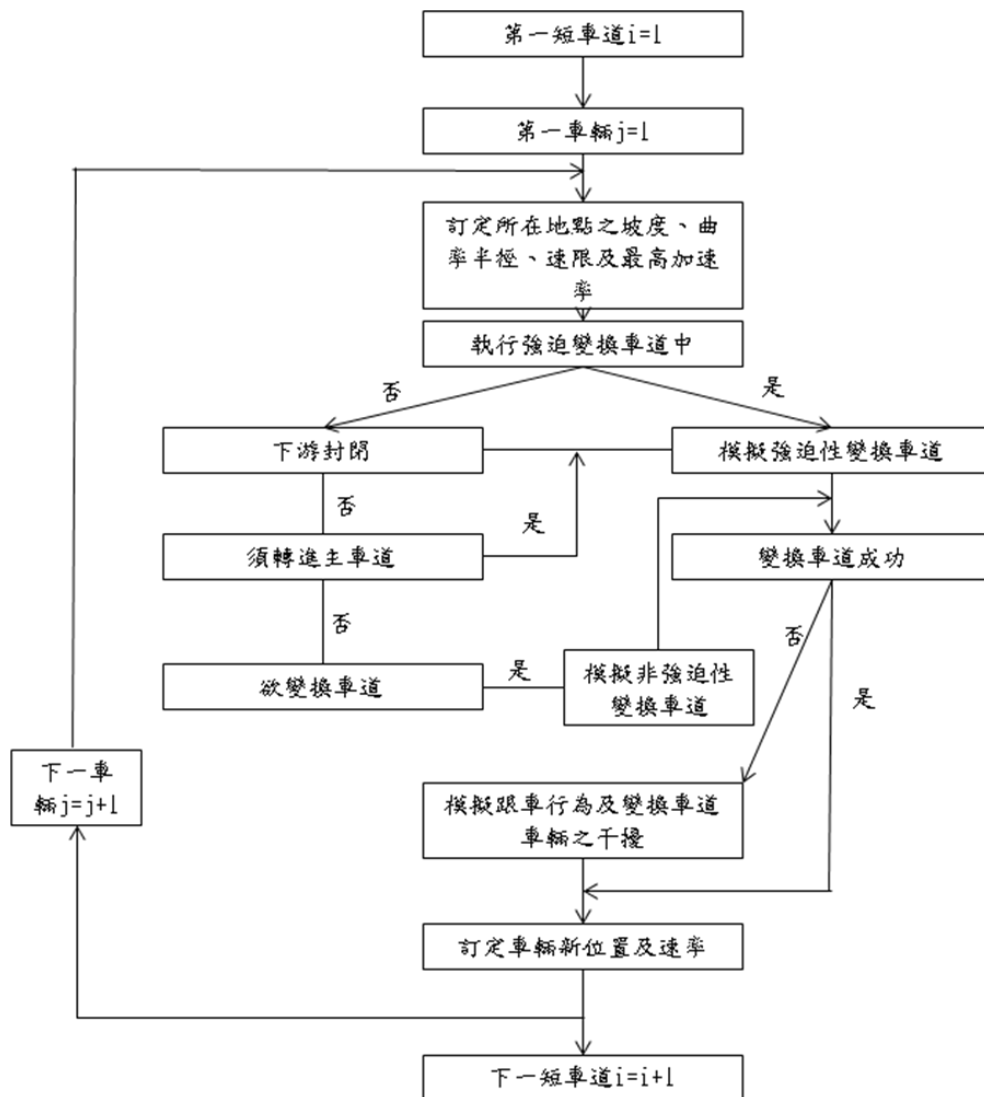


圖 4-5 類型 2 短車道車流之模擬流程概況

選擇性變換車道之車輛可根據附近之車流狀況決定是否變換車道。如果不能變換車道，這些車輛不必考慮車輛下游端點之限制以調整行車行為。但是不論是否有變換車道的行為，TGS 模式皆考慮跟車行為及下游變換車道之車輛的干擾來訂定每一車輛的加減速率，然後訂定在每一模擬單位時間結束時之新的位置及速率。

模擬主車道車流的流程比較繁雜。圖 4-6 顯示此流程之概況，其相關單元之意義列於表 4.1。此流程牽涉到專用道及特種車道之模擬。專用道指供特定車種使用之車道。一節線如有這種車道，則特定車種不能使用其他車道。特種車道指只有特定車種可用，但這些車種不一定須要使用之車道。高乘載(High Occupancy)車道為特種車道之一例。

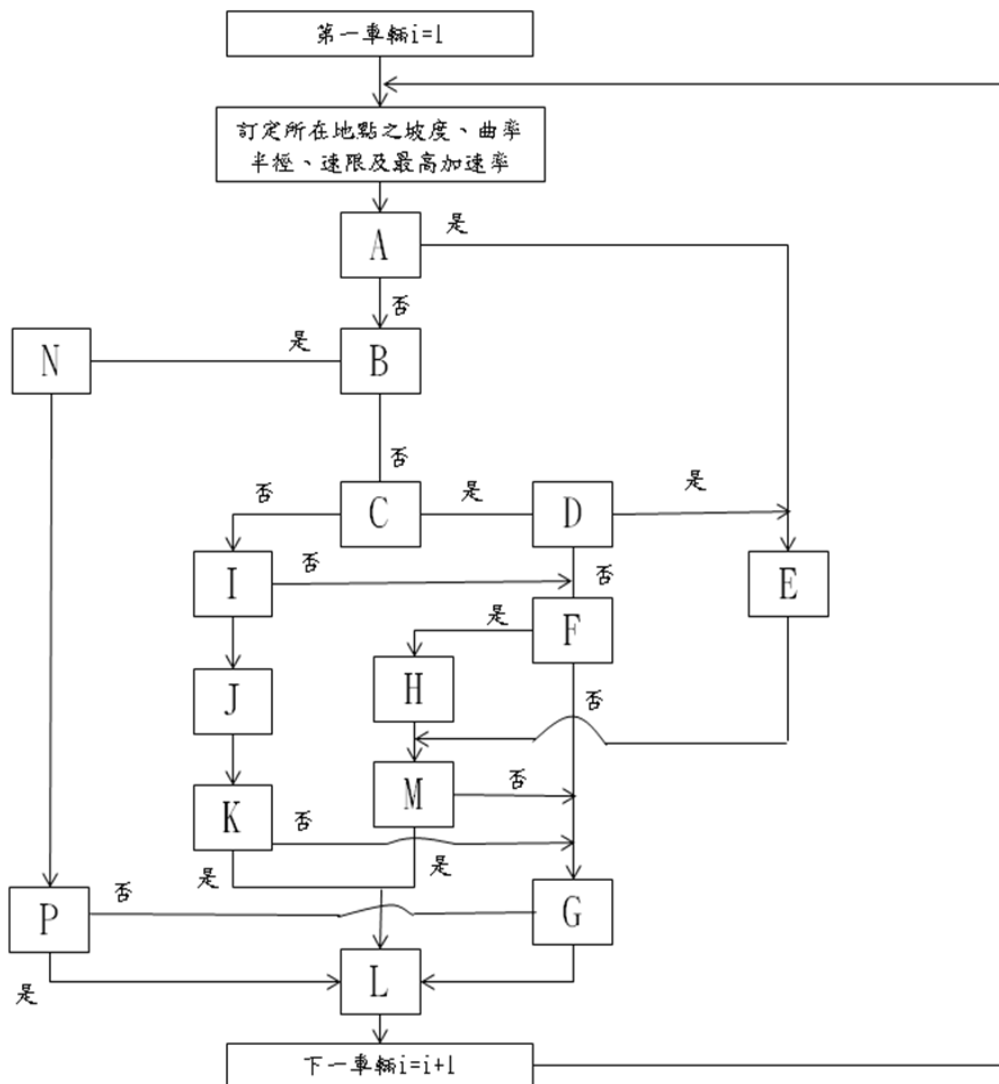


圖 4-6 主車道之每一車道車輛模擬之流程概況（註節：見表 4.1）

表 4.1 圖 4-6 模擬流程之註解

項目	註 解
A	車道封閉，執行強迫性車道變換中，接近車道下游端點，或須進入專用道
B	欲進入特種車道（如 HOV 車道）
C	接近節線下游端點
D	車道使用有誤
E	模擬強迫性變換車道
F	欲變換車道（選擇性）
G	模擬交通控制之影響、跟車行為，下游變換車道之車道之干擾。
H	模擬選擇性變換車道
I	欲進入左右兩側之一短車道
J	模擬移向或進入短車道之行為
K	能進入短車道
L	訂定新位置及速率
M	變換車道成功
N	模擬進入特種車道之行為
P	能進入特種車道

4.2.5 主要模擬邏輯

前述模擬流程使用到許多模擬邏輯。本章只說明模擬高速公路主線車流的主要邏輯。

這些邏輯的功能包括：

1. 訂定節線之模擬次序。
2. 產生欲進入模擬路網之車輛。
3. 訂定車輛在平坦路段之自由旅行及跟車加速率。
4. 訂定車輛在坡度路段之自由旅行及跟車加速率。
5. 模擬變換車道之行為。

4.2.5.1 訂定節線之模擬次序

一車輛之行動主要受到其下游車輛之行動的影響。所以模擬車流時理應先模擬下游之車輛。一般而言，模擬高速公路之車流時，可等下游的車輛皆模擬完畢之後再模擬上游的車輛。以圖 4-7 之高速公路模

擬路網為例，節線 1 及 2 之車輛模擬完成之後，可模擬節線 3 之車輛。節線 3 之車輛模擬完之後可先模擬節線 4 或節線 5 之車輛。節線 7 車輛的模擬則可等節線 4 及節線 6 之模擬完成之後才執行。模擬市區路網時則經常不能將一節線下游所有車輛皆模擬之後才模擬該節線之車輛，在此情況下，以先模擬多數下游車輛已模擬之節線為原則。TGS 模式用一邏輯以自動安排各節線之模擬次序。

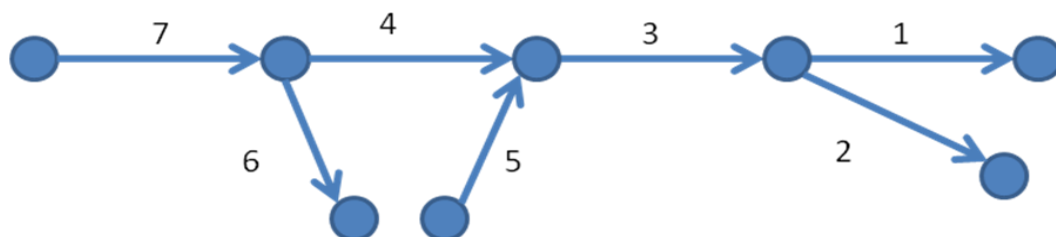


圖 4-7 高速公路模擬路網之一例

4.2.5.2 產生車輛之邏輯

假設圖 4-8 中 T_K 及 T_{K+1} 各代表模擬時段 K 及 $K+1$ 開始的瞬間， t 為正要執行之模擬單位時間開始之瞬間， Δt 為每一模擬單位時間之長度（如 1 秒）。此外，假設模擬時段 K 中到達出發節點的流率為 Q 輛/小時，車種 i 之百分比為 P_i ，時段 K 的長度為 T 秒。在這情況下，應在時段 K 產生（到達）的車輛數為 $N = QT / 3,600$ （取最接近的整數），應產生之 i 種車數為 NP_i （取最接近之整數），所有車種之車數總和須等於 N 。

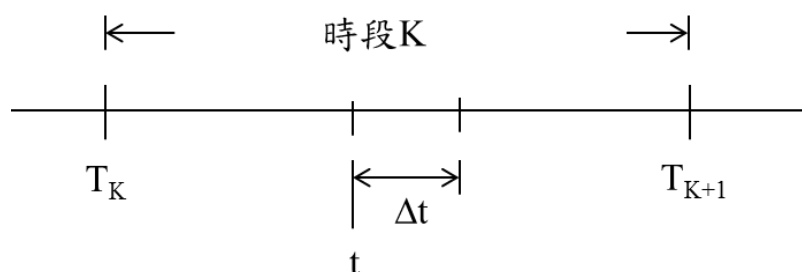


圖 4-8 模擬時段及模擬單位時間示意圖

TGS 模式將車種分成表 4.2 所列之 8 種。

表 4.2 車種分類及代表

車種	車種代號
小車	1
機車	2
大客車	3
大貨車	4
半聯結車	5
全聯結車	6
特種車 1	7
特種車 2	8

為了在時段 K 中產生 N 輛車及相關之車種，TGS 模式假設欲從一出發節點進入模擬路網的車輛隨機抵達出發節點。因此任何一車輛抵達出發節點的瞬間為：

$$A_j = A_{j-1} + \beta - (H - \beta) \ln(1 - R) \quad (4.1)$$

此式中，

A_j ：車輛 j 抵達出發節點的瞬間（秒）；

A_{j-1} ：前一車 $j-1$ 抵達節點的瞬間（秒）；

β ：兩車抵達出發節點之最小車距（秒）；

H ：車輛抵達節點之平均車距($3600/Q$)（秒）；

\ln ：自然對數；

R ：隨機亂數(0~1)。

如有必要，車輛在每一模擬時段內之抵達型態可用一車距之累積函數來替代式 4.1，但模擬時間會增長。

式 4.1 中之最小車距隨出發節點下游的車道數而變。如下游只有一車道，TGS 模式將此最小車距設定為 0.7 秒。車道數超過 1 時，兩車輛可同時抵達出發點，因此最小車距為 0。

如果 A_{j-1} 為前一時段中最後一部車輛抵達出發點的瞬間，而從式

4.1 所訂定之 A_j 小於 T_K (換言之, 車輛 j 在前一時段中抵達出發點), 則 TGS 模式將 A_j 改設為 T_K 。產生一抵達的車輛之後, 仍須在時段 K 中產生的車數減少一輛, 但是能用來產生這些車輛的剩餘時間只有 $T_{K+1} - A_j$ 。因此, 尚未產生之車輛的平均車距變成:

$$H = \frac{T_{K+1} - A_j}{M} \quad (4.2)$$

此式中,

H : 尚未產生之車輛的平均車距 (秒);

M : 尚未產生之車輛數。

從式 4.2 所得之平均車距必須用在式 4.1 來訂定下一輛車之抵達時間。在模擬過程中, 一隨機亂數 R 有可能非常接近或等於 1.0, 因而從式 4.1 所訂定之抵達瞬間與前車之抵達時間有很大的車距。在這情形下, 可能沒有足夠的剩餘時間來產生尚須抵達的車輛。為了避免這現象, TGS 模式將一車輛的抵達時間用下列條件來限制:

$$A_j \leq T_{K+1} - 0.3(T_{K+1} - A_{j-1})M / (M + 1) \quad (4.3)$$

此式中,

M : 尚未產生之車數。

如果 A_j 沒有超過目前模擬單位終止的時間 $t + \Delta t$, 則 TGS 模式先衡量出發點下游的車況。如有空間, 則 TGS 模式讓剛產生的車輛進入路網, 如剛產生的車輛不能進入路網, 則 TGS 模式暫時停止產生另一車輛。

如果 A_j 等於或超過目前模擬單位終止的時間, 則剛產生的車輛必須在 $t + \Delta t$ 之後才能進入路網。因此 TGS 模式也暫時停止在同一節點產生新車輛。車輛 j 進入路網之後, TGS 模式才重新產生車輛。到達出發點的時間 A_j 及同一車進入路網之時間的差距為該車旅行時間之一部分。

TGS 模式產生一車輛之後, 隨著產生一隨機亂數 R (0~1), 然後根據各車種之百分比 P_i 訂定該車所屬之車種。訂定車種之規則如下:

$$\text{如 } \sum_{i=1}^{n-1} P_i < R \leq \sum_{i=1}^n P_i, \text{ 則車種為 } n \quad (4.4)$$

以 $P_1=0.7$, $P_2=0.2$, $P_3=0.1$, 及 $R=0.73$ 為例。 R 不小於或等於 P_1 , 所以不是車種 1 (亦即小車, 見表 4.1)。但是 R 大於 P_1 而且小於或等於 P_1+P_2 , 所以是車種 2 (亦即機車)。

如果剛產生之車輛屬車種 i , 則仍須產生的車種 i 車數減少一輛。因此, 在尚未產生之車輛中, 各車種的百分比為:

$$P'_i = \frac{M_i}{M} \quad (4.5)$$

此式中,

P'_i : 尚未產生之車輛中, 車輛屬車種 i 之百分比;

M_i : 尚未產生之車種 i 車輛數;

M : 尚未產生之總車輛數。

TGS 模式在設定下一輛車之車種時, 用式 4.5 中之 P'_i 替代式 4.4 中之 P_i 。

TGS 模式產生一車輛之後也訂定該車輛之相關基本屬性。這些屬性包括車長、停車時欲與前車保持之距離、在平坦路段上欲維持之自由速率、車輛之重量及馬力、及駕駛員冒險性等。一般而言, 個別車輛之屬性乃根據一平均屬性及屬性之累積正常化分布來隨機訂定。

以平坦路段上之自由速率為例。本所最近幾年來蒐集之現場資料顯示不論車種 (小車、機車、大貨車、大客車), 在平坦路段上正常化自由速率 (速率與平均速率之比) 之累積分布沒有顯著差別。根據 2011 公路容量手冊第十一章所提供之資料, 這些分布可用圖 4-9 所示之曲線來代表。在模擬過程中, 累積比例可用在 0 及 1 之間的隨機亂數來代表。因此, 根據圖 4-9 之累積分布, 一車輛在平坦路段之自由速率可訂定如下:

如 $R < 0.0013$,

$$V_f = 0.77V_m \quad (4.6a)$$

如 $0.013 \leq R \leq 0.999$,

$$V_f = V_m [0.986 - 0.05 \ln(\frac{1.011}{R + 0.012} - 1)] \quad (4.6b)$$

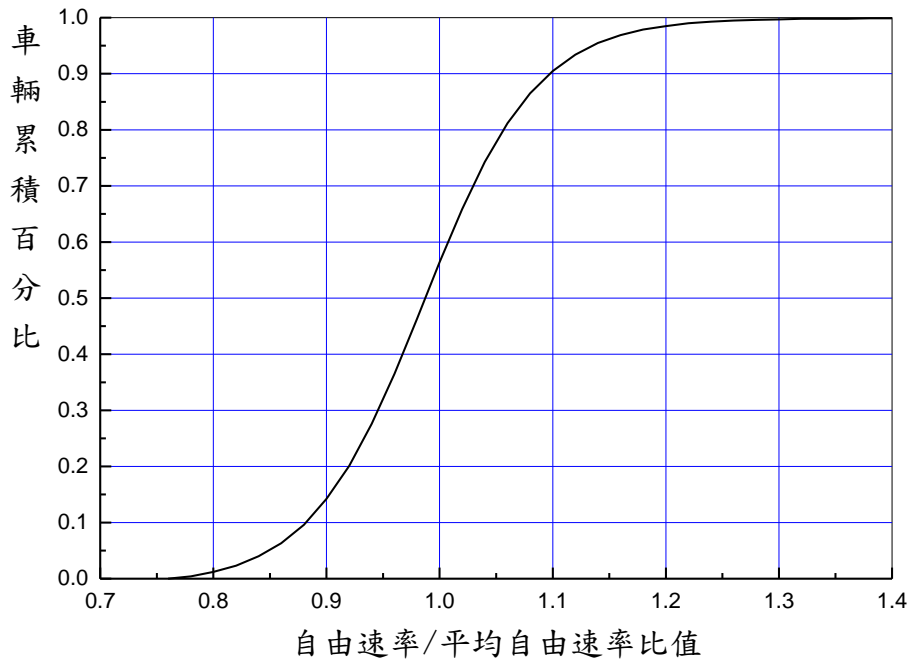


圖 4-9 平坦路段正常化自由速率之代表性累積分布

如 $R > 0.999$,

$$V_f = 1.4V_m \quad (4.6c)$$

此式中，

R ：隨機亂數(0~1)；

V_f ：個別車輛在平坦路段之自由速率；

V_m ：平均自由速率。

在坡度路段上，車輛之加減速及自由速率特性深受車重、馬力、坡度、坡長及駕駛行為之影響。因此這些特性隨地點之變化可能顯著。TGS 模式用一邏輯直接估計每一車在坡度路段上任何一點之瞬間加減

速率，而不用如圖 4-9 所示之固定分布來訂定速率。模擬坡度路段上車輛加減速率之邏輯說明於本章第 4.2.5.4.4 節。

TGS 模式用駕駛員冒險性來反映駕駛行為的差異性。此冒險性是根據現場觀察的停等車疏解車距來訂定。停等車疏解進入號誌化路口時之車距有長有短。小車正常化疏解車距的分布都近似於圖 4-10 所示之分布。個別小車之車距大約是平均車距的 50%~220%。專用道上公車的疏解車距稍有不同，如圖 4-11 所示。個別公車之車距大約是平均車距之 55%~170%。疏解車距較短時，表示駕駛員比較沒耐心，或冒險性較高。因此 TGS 模式將疏解車距與平均車距之比值當作駕駛員冒險性指數(aggressiveness index)，並用如圖 4-10 及圖 4-11 之分布分別代表小車及大車駕駛員冒險性之分布。駕駛員之冒險性決定駕駛員在平坦路段上自由速率之選擇、反應時間、跟車距離、間距接受的行為。

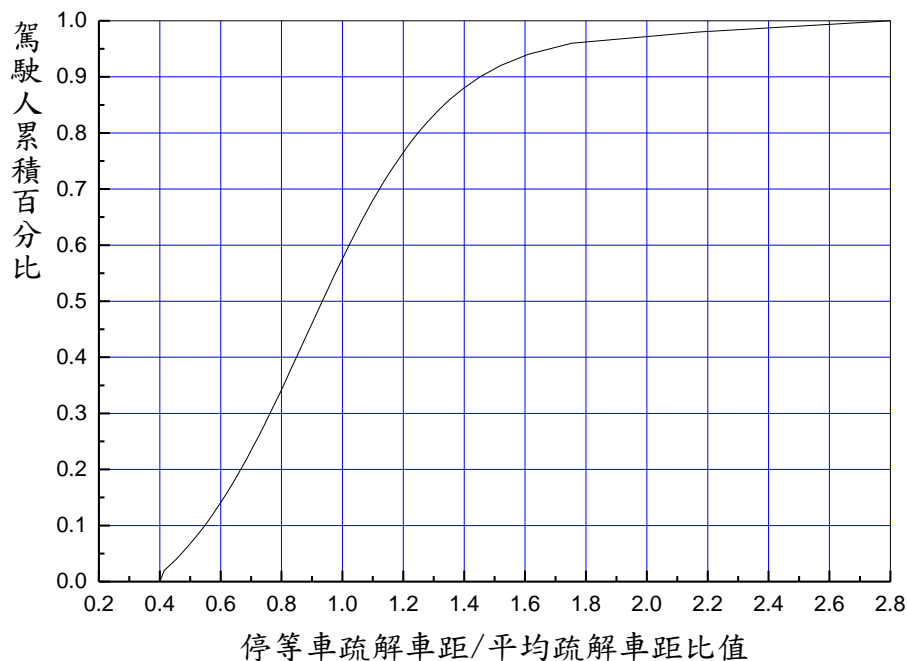


圖 4-10 停等小車正常化疏解車距之累積分布樣本

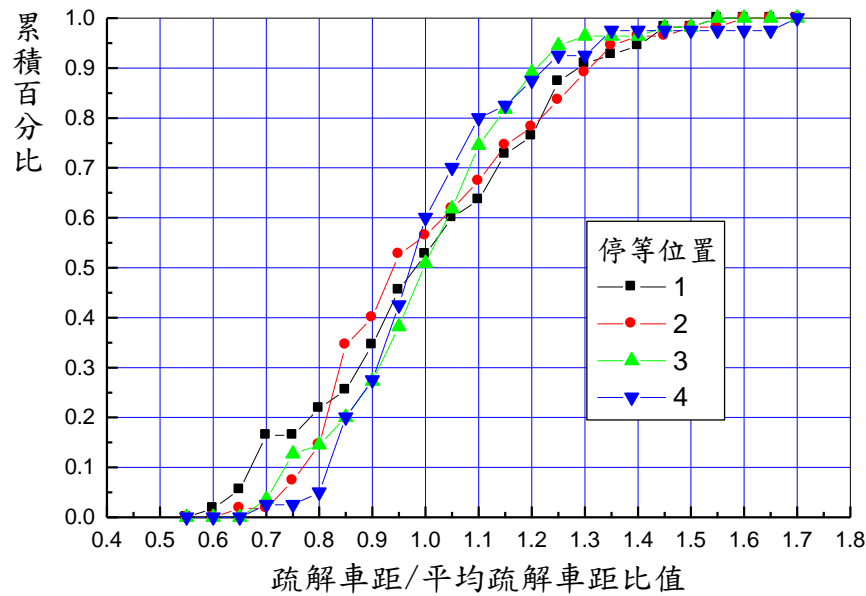


圖 4-11 專用道停等公車正常化疏解車距之累積分布樣本

4.2.5.3 自由旅行車輛與跟車車輛之區分

為了減少模擬個別車輛所需的資料處理時間(CPU time)，TGS 模式將車輛分成自由旅行車輛及跟車車輛。

自由旅行車輛為車速不受前車影響的車輛，但這些車輛仍受交通控制（如速限、號誌控制等）及幾何設計的約束。假設在某一瞬間前車緊急剎車並停車，但後車能在隨後 5 秒內保持原來的速率，然後以一舒適的減速率安全的停在前車之後，則 TGS 模式將該車訂為自由旅行車輛。

根據上述定義，TGS 模式將符合下列條件的後車訂為自由旅行車輛：

$$X_2 + 5V_2 - \frac{V_2^2}{2d_2} < X_1 - L_1 - S - \frac{V_1^2}{2d_1} \quad (4.7)$$

此式中，

X_1, X_2 ：在同一瞬間時，前車及後車與上游參考點之個別距離(公尺)；

V_1, V_2 ：在同一瞬間時，前車及後車之個別速率（公尺/秒）；

d_1 ：前車之緊急剎車減速率（公尺/秒²）；

d_2 ：後車之舒適減速率（公尺/秒²）；

L_1 : 前車車長 (公尺);

S : 前後車皆停下時, 前車車尾到後車車頭之距離 (公尺)。

緊急剎車之減速率有可能超過 6 公尺/秒², 但通常駕駛員不太可能採用如此高的減速率。TGS 模式用 -4.8 公尺/秒² 之減速率代表式 4.7 中之 d_1 值。舒適的減速率隨駕駛員個性及其面臨之車流狀況而異。一般駕駛員因紅燈而需停車時的減速率大約在 2~3 公尺/秒² 之範圍。美國運輸交通工程師協會(Institute of Transportation and Traffic Engineering) 出版之交通工程手冊(Transportation and Traffic Engineering Handbook) 指出, 速率在 50 公里/小時以下時的正常減速率大約在 2.36 公尺/秒² 左右。速率超過 50 公里/小時的正常減速率大約為 1.48 公尺/秒²。為了避免將跟車車輛誤判為自由旅行車輛, 而導致一模擬車輛在短時間內必須以高減速率減速, TGS 模式假設式 4.7 中之舒適減速率為 $d_2 = -1.4$ 公尺/秒²。

平坦路段上之自由速率用前述式 4.6 之速率分布來訂定。坡度路段上之自由速率則根據車輛在坡度路段上加減速率隨地點的變化來估計。

4.2.5.4 跟車邏輯

跟車邏輯的用途在於模擬一車跟隨另一車時, 後車駕駛員根據前車速率的變化而調整車速的行為。理想的跟車邏輯必須簡單但又能合理的模擬不同公路上, 在不同車流狀況下(如穩定及壅塞狀況)的跟車行為。事實上, 不同公路及不同車流狀況時的駕駛行為不會相同。因此任何跟車邏輯必須讓使用者能微調(Calibrate)跟車邏輯所用之參數(parameter)或函數(function)。

假設在一瞬間 t 時, 一車跟隨在另一車之後面, 如圖 4-12 所示。在這瞬間時兩車之關係可用下列參數來訂定:

X_1, X_2 : 前車及後車之各別位置;

V_1, V_2 : 前車及後車之各別速率 (公尺/秒);

a_1 : 前車之加減速率;

L_1 : 前車之車長;

D_2 :前後車停下之後，後車車頭與前車車尾欲維持的最短距離。

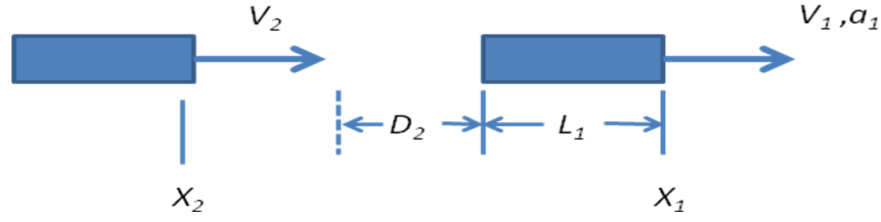


圖 4-12 跟車狀況示意圖

圖 4-12 中 $X_1 - L_1 - D_2 - X_2$ 代表緩衝距離。在這距離中後車必須調整速率以維持一安全而且舒適的速率。跟車邏輯的目的在於訂定瞬間 t 之後一短暫時段 Δt 之內，後車應採用的加減速率。此短暫時段 Δt 亦即模擬單位時間。換言之，TGS 模式重新訂定每一車在每一 Δt 時間內的加減速率，然後估計每一車之新的速率及位置。

TGS 模式的跟車邏輯根據下列的假設行為訂定在模擬單位時間中個別車輛的加減速率：

1. 一車跟隨在另一車之後時，後車在一模擬單位開始之瞬間 t 會認為前車在 t 與 $t + \Delta t$ 之間會繼續以在瞬間 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：

$$\begin{aligned}
 & X_2 + V_2 \Delta t + \frac{1}{2} a_2 \Delta t^2 + (V_2 + a_2 \Delta t) T + \frac{1}{2} a_2 T^2 - \frac{[V_2 + (\Delta t + T) a_2]^2}{2 d_2} \\
 & \leq X_1 - D_2 - L_1 + V_1 \Delta t + \frac{1}{2} a_1 \Delta t^2 - \frac{(v_1 + a_1 \Delta t)^2}{2 d_1}
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

此式中，

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_1 : 後車駕駛員認為前車在 $t+\Delta t$ 瞬間的可能減速率（負值）。

如果讓

$$B = X_1 - D_2 - L_1 + V_1\Delta t + \frac{1}{2}a_1\Delta t^2 - \frac{(v_1 + a_1\Delta t)^2}{2d_1}$$

$$C = X_2 + V_2(\Delta t + T)$$

$$E = T^2 d_2 - 2V_2 T$$

$$G = 2d_2 C - 2Bd_2 - V_2^2$$

則式 4.8 可改寫為

$$T^2 a_2^2 + Ea_2 + G \leq 0 \quad (4.9)$$

如讓上式左側等於右側，則後車在 t 與 $t+\Delta t$ 之間的最大加速率可估計如下：

$$a_2 = \frac{-E + \sqrt{E^2 - 4T^2 G}}{2T^2} \quad (4.10)$$

4.2.5.4.1 緩衝時間之調整

但是式 4.10 中 $E^2 - 4T^2 G$ 如果小於零，則在假設之行車狀況下，沒有任何減速率能讓後車安全的停在前車之後。換言之，緩衝時間必須縮短或舒適的減速率必須提高。在這情況下，TGS 模式讓後車馬上在 t 與 $t+\Delta t$ 之間以緊急減速率（ $a_2 = -5$ 公尺/秒²）減速。

此外，因為後車的速率不能低於零，因此從式 4-10 所估計的 a_2 值須符合下列條件：

$$V_2 + (\Delta t + T)a_2 \geq 0 \quad (4.11)$$

如果 a_2 不符合此條件，後車必須迅速減速並在 $X_1 - D_2 - L_1 - X_2$ 之距離內

將速率降到前車在瞬間 t 時之速率。這種情況下的減速率可估計如下：

$$a_2 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2(X_1 - D_2 - L_1 - X_2)} \quad (4.12)$$

上述跟車模式所訂定的加速率必須根據下列情況加以調整：

1. 實際緩衝時間與欲維持之緩衝時間之調整。
2. 加速率不能高於避免撞車時能採用之最高加速率 A_a 。
3. 加速率不能高於欲採用之最高加速率 A_{\max} 。

本章下列數節說明在應用跟車模式時須採用之調整值及 d_1 , d_2 , T 之設定。式 4.8 中之緩衝時間代表前車及後車有同樣速率($V_1=V_2$)及減速率($d_1=d_2$)時, 後車駕駛員行走 $X_1 - L_1 - D_2 - X_2$ 距離時所欲維持之旅行時間。實際欲維持的緩衝時間受到前後車速率及減速率 d_1 及 d_2 的影響。一般而言, 若實際緩衝時間 $(X_1 - L_1 - D_2 - X_2)/V_2$ 大於欲維持的緩衝時間, 則後車須加速以縮短車距。如果從跟車模式所訂定之後車加速率 a_2 小於 0.5 公尺/秒², 而且後車速率不大於前車速率, 則 TGS 模式將 a_2 提高到 0.5 公尺/秒²。

另一方面, 如果實際緩衝時間比欲維持的緩衝時間短, 則後車必須維持一比前車速率低之速率來拉長緩衝時間。所以如跟車模式所訂定的 a_2 為正值(加速), 而且後車速率比前車速率高, 則 TGS 模式將 a_2 調降到 -0.5 公尺/秒²。

4.2.5.4.2 避免撞車之調整

如果前車突然以 d_e 之減速率(代表值: -4.8 公尺/秒²)緊急煞車, 則後車必須能在緩衝時間 T 之後以同樣之減速率煞車, 並在前後兩車皆停下時保持一適當的距離 D_2 。後車在緩衝時間內能滿足這條件的最高加速率 A_u 可根據下式來訂定：

$$X_1 - \frac{V_1^2}{2d_e} - L_1 - D_2 = X_2 + V_2T + \frac{1}{2}A_uT^2 - \frac{(V_2 + A_uT)^2}{2d_e} \quad (4.13)$$

此式中 X_1 、 V_1 、 L_1 、 D_2 、 X_2 、 V_2 及 T 與式 4.8 中之參數有相同之定

義； A_u 為避免撞車能採用的最高加速率； d_e 為緊急剎車時之減速率。

如果讓

$$A = 2V_2T - T^2d_e$$

$$B = X_1 - \frac{V_1^2}{2d_e} - L_1 - D_2 - X_2 - V_2T + \frac{V_2^2}{2d_e}$$

則在 $A^2 - 4T^2B < 0$ 之情況下，沒有 A_u 能滿足式 4.13 之條件，後車須緊急剎車。

因此，

$$A_u = d_e \text{ (或 } -4.8 \text{ 公尺/秒}^2\text{)} \quad (4.14)$$

如果 $A^2 - 4T^2B \geq 0$ ，則 A_u 為下列兩值之最大值：

$$(A_u)_1 = (-A + \sqrt{A^2 - 4T^2B}) / (2T^2) \quad (4.15a)$$

$$(A_u)_2 = (-A - \sqrt{A^2 - 4T^2B}) / (2T^2) \quad (4.15b)$$

4.2.5.4.3 平坦路段自由旅行加速率及跟車最高加速率

TGS 模式用下式來模擬在平坦路段上自由旅行車輛之瞬間加速率：

$$a = a_m \beta \quad (4.16)$$

此式中，

a ：駕駛員欲採用瞬間自由旅行加減速率（公尺/秒²）；

a_m ：個別車種平均（代表性）加減速率（公尺/秒²）；

β ：加減速之變異指數，亦即個別車輛加減速與平均加減速之比值。

從上式訂定之加速率除了隨車種及駕駛行為而變化之外，也受速率的影響。適用於式 4.16 之 a_m 及 β 可從現有資料來探討。

平坦路段小車 a_m

Snare[18] 曾在美國 Virginia Polytechnic Institute (VPI) and State University 之測試場蒐集小客車最高加速率的資料。他的研究利用不同

駕駛員及在 1995 年及 2001 年之間出廠，不同品牌的小客車從停等位置以最大加速率加速，直到車速達到一穩定值。根據 Snare 所提供的資料，小客車最高加速率與速率的關係有大約如圖 4-13 所示之範圍。在平常車流中，駕駛員欲採用的最高加速率應顯著低於這範圍之值。

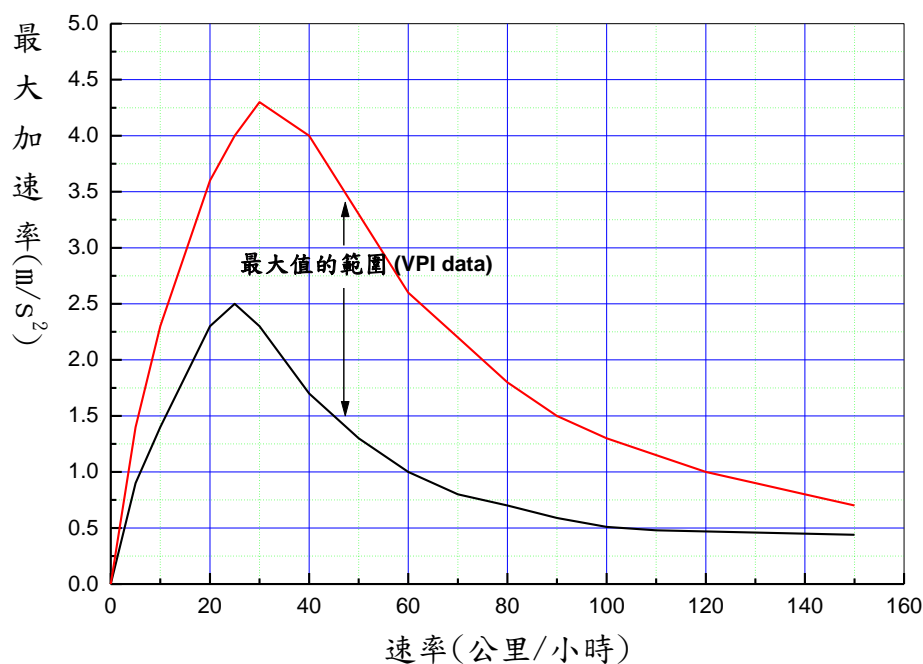


圖 4-13 VPI 測試場小車最大加速率範圍

民國 96 年，本所曾用 3 輛測試車記錄在平常車流中每一秒鐘之車速及加速度的關係[19]。圖 4-14 顯示測試車之設計質量/馬力比大約為 11.6kg/kW 時，從停等位置在車流中加速後速率與加速率的關係。測試車有時是停等車隊之第一輛車，有時則跟在其他車輛之後。所以加速率有相當大的變異性。因受速限及前車速率的限制，速率超過 45 公里/小時之後的測試車加速率常等於或接近零。

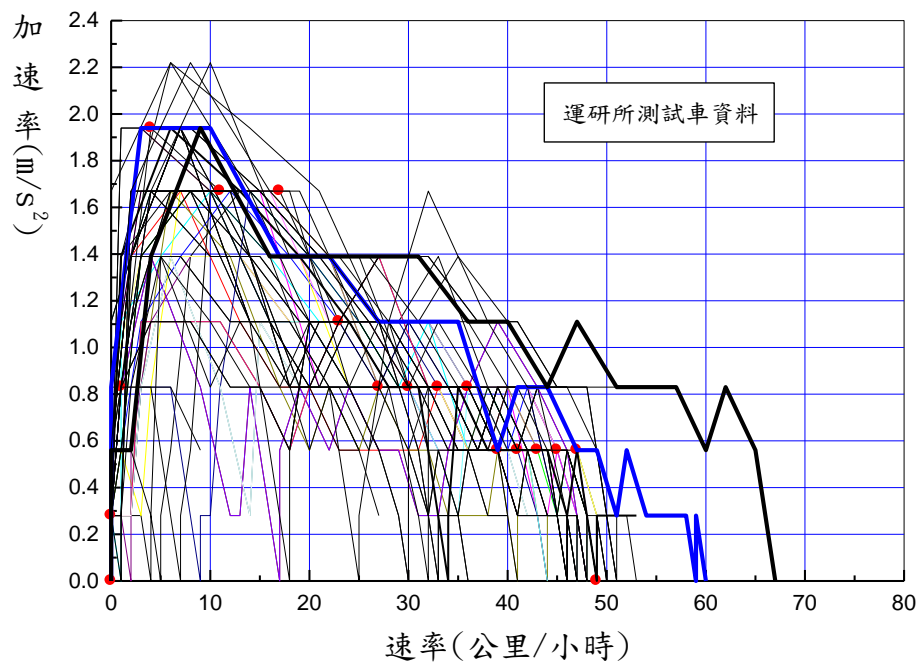


圖 4-14 本所測試車實地加速率與車速的關係

圖 4-13 及 4-14 皆顯示小車從停等位置加速之後，其加速率迅速的增高到一最高值，然後逐漸隨速率的增加而下降。本所測試車加速率最高時之速率大約在 5~10 公里/小時之範圍內。

圖 4-14 之加速行為是測速車在低速限之市區道路行駛所產生的現象。在速限較高的桃園忠義路上，不同號誌週期第一輛停等車疏解時之旅行距離與旅行時間的關係如圖 4-15 所示[20]。以平均加速率行進 20 秒後之速率約達 71 公里/小時。這些車輛的平均旅行距離與時間的關係可用圖 4-16 中曲線 1 所代表的加速率與速率的關係來訂定。

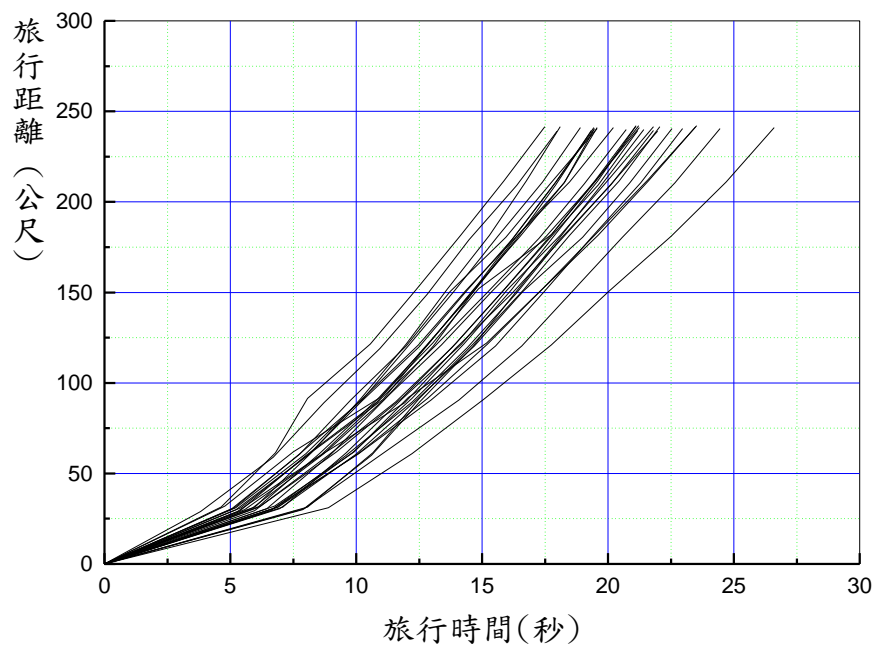


圖 4-15 桃園忠義路號誌化路口第 1 部停等車疏解時間與行車距離的關係

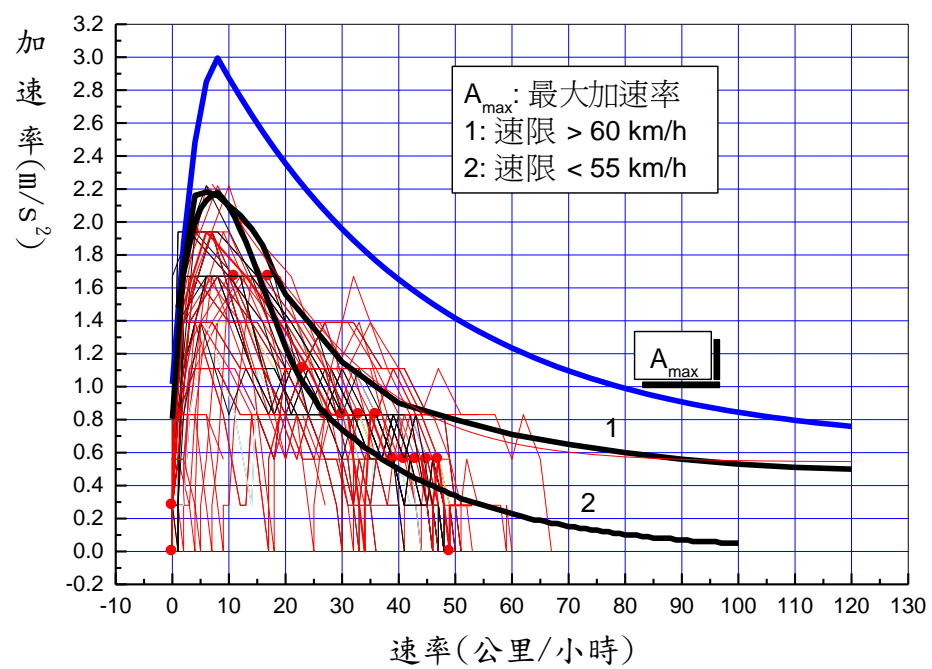


圖 4-16 模擬之代表性小車加速率特性

圖 4-15 中個別車輛之旅行時間與距離的關係可用來訂定個別車輛加速率與平均加速率之比值的分布。結果如圖 4-17 所示之小車相關分布所示。個別車輛的加速率大約在平均加速率 45% 及 165% 之間。

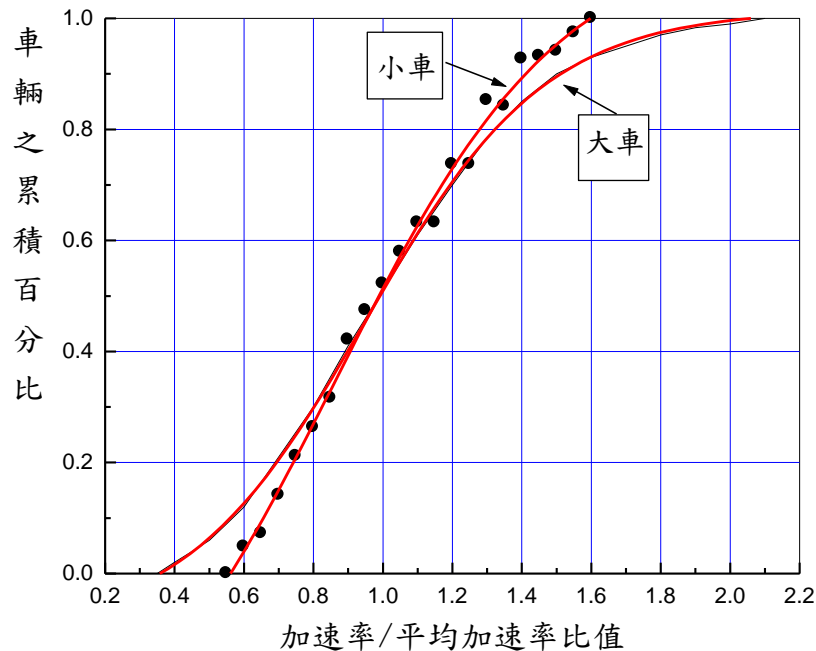


圖 4-17 個別車輛加速率與平均加速率比值之分布

根據圖 4-16 所屬之小車曲線 1，TGS 模式用下列函數訂定高速限 (>60 公里) 車道上小車之代表性自由旅行加速率：

如 $V < 8$ 公里/小時，則

$$a_m = (0.8455 + 0.4866V - 0.0410V^2)f \quad (4.17a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$a_m = \left(3.4349 - \frac{2.8915}{1 + e^{\frac{V-12035}{15016}}} \right) f \quad (4.17b)$$

上兩式中，

V = 車速 (公里/小時)

f = 隨公路型態而變之調整係數。(速限 60~80 公里/小時, $f=1.0$)。

目前沒有資料以建議隨公路類型而變化之調整值 f 。模擬高速公路平坦路段之小車時，TGS 模式暫時將 f 設定為 1.15。

至於速限較低的道路，TGS 模式根據圖 4-16 曲線 2 將 a_m 訂定如下：

如 $V = 0 \sim 0.89$ 公里/小時，則

$$a_m = -1.1888 + \frac{2.6533}{1 + e^{\frac{v-0.0355}{0.1706}}} \quad (4.18a)$$

如 $V = 0.89 \sim 8.0$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.3619 + \frac{1.8543}{1 + e^{\frac{v-0.2137}{1.9171}}} \quad (4.18b)$$

如 $V = 8.0 \sim 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 2.4048 - \frac{1.6923}{1 + e^{\frac{v-16.5010}{4.4304}}} \quad (4.18c)$$

如 $V > 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.8760e^{\frac{V-25.8140}{25.3642}} \quad (4.18d)$$

平坦路段大車之 a_m

目前本所沒有臺灣大車在平坦路段之加速特性資料，所以本計畫根據美國公布的資料探討大車加速率與速率的關係。

美國 AASHTO 之公路設計規範[6]將質量/馬力比為 120kg/kW 之貨車訂為代表性大車。此代表性大車在平坦路段從大約 52 公里/小時加速之後的速率及旅行距離的關係如圖 4-18 所示。此關係可用圖 4-19 之加速率與速率的關係來訂定。但是 AASHTO 代表性大車在平坦路段的最高速率大約只有 92 公里/小時。實際上大車在平坦路段的車速常超過 100 公里/小時。因此本計畫將圖 4-19 中速限超過 70 公里/小時的加速率稍微提高，讓車速 110 公里/小時之加速率仍可維持大約 0.09 公尺/秒²。調整後的代表性加速率與速率的關係可用下列函數來代表：

如 $V \leq 4.5$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.3 + 0.222V \quad (4.19a)$$

如 $4.5 \leq V \leq 17.4$ 公里/小時，則

$$a_m = 1.335 - 0.00775V \quad (4.19b)$$

如 $V > 17.4$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.0807 + 1.0665e^{\frac{V-17.4}{20.958}} \quad (4.19c)$$

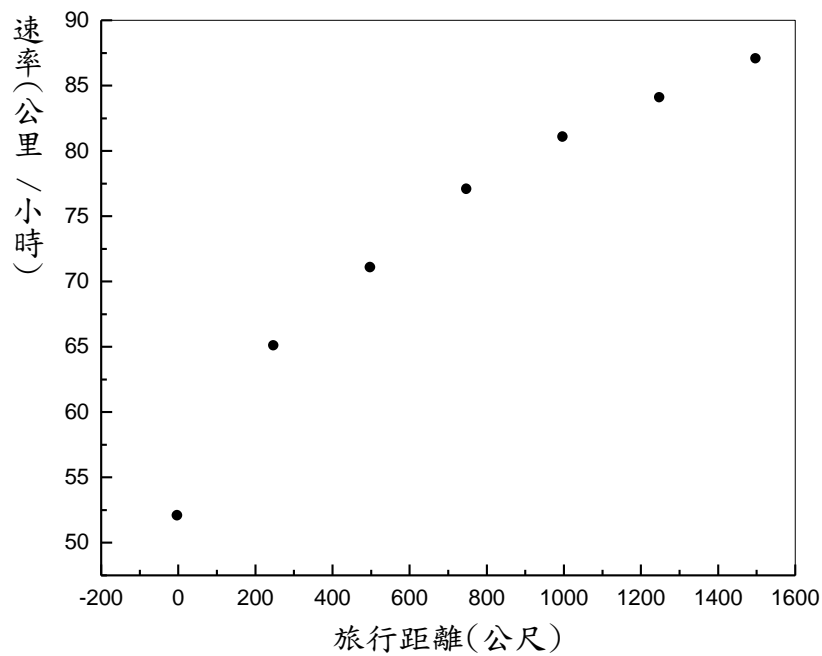


圖 4-18 AASHTO 設計重車在平坦路段加速時旅行距離與速率之關係

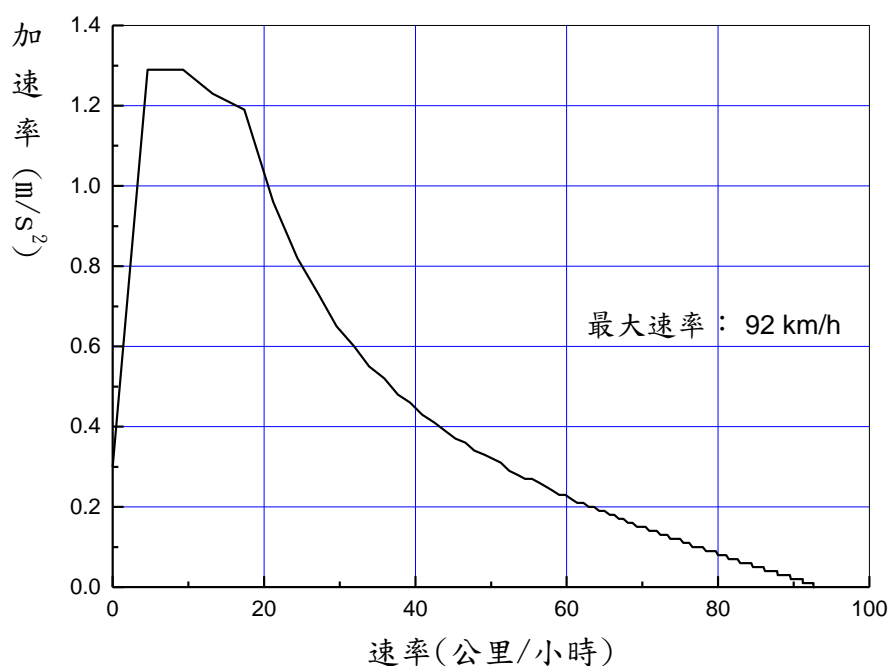


圖 4-19 AASHTO 設計重車在平坦路段加速率與速率的模擬關係

平坦路段加速率之變異性 β

從前述圖 4-17 可知平坦路段個別小車加速率在平均加速率之 55% 與 165% 之間。根據此圖所示的分布，TGS 模式用下式來訂定個別車輛之變異性：

$$\beta = 0.8644 - 0.3271 \ell_n \left(\frac{1.6121}{R + 0.4570} - 1 \right) \quad (4-20)$$

此式中之 R 為在 0 及 1 之間之隨機亂數。

目前沒有充分的資料可訂定臺灣大車加速率隨車輛之變異。根據在美國 South Carolina 州一地磅站所測式的資料[21]，圖 4-17 顯示大車加速率在高速公路上可能之變異性。如與小車比較，大車加速率之變異性較大。根據圖 4-17 分布，TGS 模式將平坦路段大車加速率之變異性可用下列函數來訂定：

$$\beta = 0.9501 - 0.2597 \ell_n \left(\frac{1.1197}{R + 0.1042} - 1 \right) \quad (4.21)$$

跟車最大加速率 A_{\max}

在跟車狀況下，為了達到所欲維持之緩衝時間或車距，後車有時須採用高於從式 4.13 所訂定之平常加速率。因此為了避免過度限制從跟車模式所訂定之瞬間加速率，TGS 模式用一較高之加速率做為跟車加速率之上限。小車之上限如前述圖 4-16 之 A_{\max} 曲線所示。此上限接近圖 4-13 所示最高加速率範圍之下限。

TGS 模式用下列函數以設定小車跟車時加速率的上限：

如 $V < 8$ 公里/小時，則

$$A_{\max} = 1.017 + 0.488V - 0.0304V^2 \quad (4.22a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$A_{\max} = 0.636 + 2.3589e^{-\frac{V-8}{37.951}} \quad (4.22b)$$

至於大車，因為其加速率之變異性大約在平均加速率之 35% 及 210% 之間。所以 TGS 模式將大車跟車時之加速率上限訂為從式 4-16 所得代表值之 210%。

4.2.5.4.4 坡度路段上加速率之模擬

TGS 模式根據坡度、車重、車輛性能及其他因素模擬大小車在坡度路段之加速行為。本所民國 100 年及 102 年之研究報告[3,17]曾說明估計坡度路段上車輛瞬間速率之理論基礎。本計畫進一步改良模擬牽引力(tractive effort)、平曲線阻力及下坡加速率之邏輯。為參考方面起見，本節先說明估計加速率之理論，然後討論 TGS 模式應用此理論來模擬車流之邏輯。

A. 加速率基本模式

一車輛在任何一瞬間之加速率或減速率主要受到車輛質量(mass)及車輛所受之外力之影響。外力包括從引擎傳送到輪胎而且可用之牽引力(tractive effort)、氣流阻力(aerodynamic resistance)、滾動阻力(rolling

resistance)、坡度阻力(grade resistance)及曲線阻力(curve resistance)。根據車輛之質量及上述各項外力，車輛之加速率或減速率可估計如下：

$$a = \frac{F - R_a - R_r - R_g}{M} - a_c \quad (4.23)$$

此式中，

a ：加速率（公尺/秒²）；

F ：傳動輪可用之有效牽引力(N)；

R_a ：氣流阻力(N)；

R_r ：滾動阻力(N)；

R_g ：坡度阻力(N)；

a_c ：平曲線所造成之額外減速率（公尺/秒²）；

M ：車輛之質量(kg)。

若在某一瞬間的車速為 V_0 ，車輛之位置為 S_0 ，加速或減速率為 a ，則 t 秒鐘之後車輛之速率 V 及新的位置 S 可估計如下：

$$V = V_0 + at \quad (4.24)$$

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (4.25)$$

從式 4.24 所估計之瞬間速率 V 不能超過因速限或其他因素所造成的最大速率 V_{max} 。因此如式 4.24 之 V 值大於 V_{max} ，則該式中之加速率 a 必須改為：

$$a = \frac{V_{max} - V_0}{t} \quad (4.26)$$

此外，因為速率 V 不能有負值，所以減速率 a 必須符合下列條件：

$$a \geq -\frac{V_0}{t} \quad (4.27)$$

式 4.23 中各項外力之性質，討論於下。

有效牽引力

車輪能用的牽引力受許多因素的影響，其中主要因素包括引擎的性能、傳輸(transmission)及傳動軸(drive axle)之齒輪比(gear ratio)、及輪胎與路面之摩擦力。

引擎的性能通常用扭力(torque)及馬力(power)與引擎轉速的關係來代表。圖 4-20 為這些關係之一例[22]。一般而言，引擎從怠速(idling)狀況開始加速之後，扭力及馬力會增加到最高值，然後開始下降。但是扭力及馬力之最高值存在於不同的引擎轉速。小車及大車引擎之怠速速率一般在 500rpm 到 800rpm 之範圍，大車最高的引擎轉速則在 2,100rpm 左右，小車引擎最高轉速則可超過 5,000 rpm。從引擎輸出到輪胎之牽引力可估計如下：

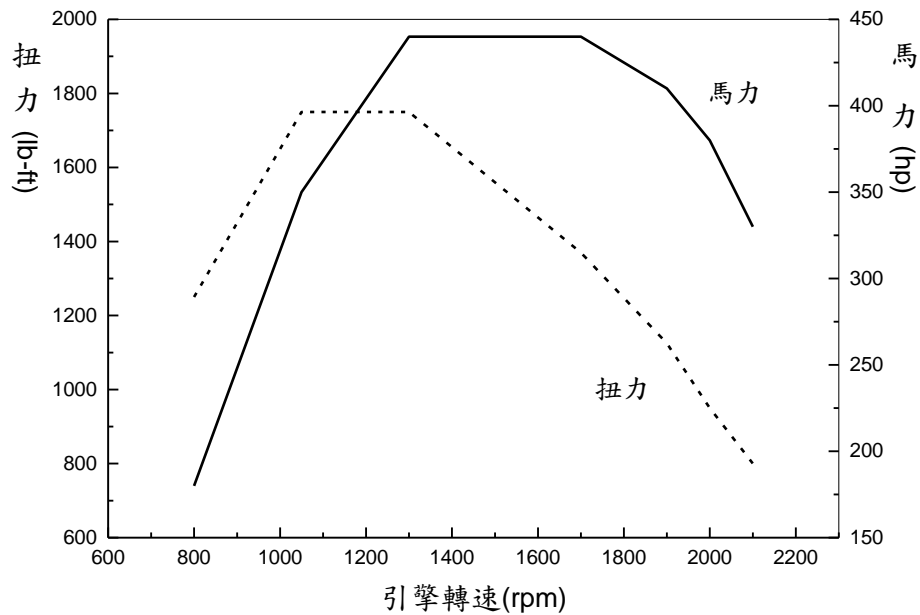


圖 4-20 Volvo D13-425Eco-Torque 1750/1450 大貨車引擎之扭力與馬力近似曲線(1 hp = 745.7 W; 1 lb-ft = 1.356 N · m)

$$F = \frac{TG\beta}{R} \quad (4.28)$$

此式中，

F ：輸出到輪胎之牽引力(N)；

T ：引擎產生之轉矩(N·m)；

G ：總體之齒輪比，亦即引擎轉數與輪胎轉數之比；

β ：牽引力傳輸之效率；

R ：輪胎之半徑（公尺）。

引擎之扭力為 T 時，引擎所產生之馬力可估計如下：

$$P = \frac{2\pi TV_t}{1000} \quad (4.29)$$

此式中，

P ：引擎所產生之馬力(KW)；

V_t ：引擎速率（轉數/秒）。

從式 4.28 及式 4.29 可知，輸出到車輪的牽引力與馬力有如下的關係：

$$F = \frac{1000 PG\beta}{2\pi V_t} = \frac{1000 P\beta}{2\pi R V_w} \quad (4.30)$$

此式中，

V_w ：輪胎速率（轉數/秒）。

式 4.30 中之 $2\pi R V_w$ 代表每秒之行車距離，所以式 4.30 可改寫為：

$$F = \frac{3600 P\beta}{V} \quad (4.31)$$

此式中，

V ：車輛之瞬間速率（公里/時）。

車輪可用之牽引力不能超過輪胎與路面之摩擦力，換言之，有效牽引力是傳送到車輪之牽引力（式 4.31 之 F ）與摩擦力之較小值。摩擦力可估計如下：

$$F_{\max} = 9.8MP_t\mu \quad (4.32)$$

此式中，

F_{\max} ：輪胎與路面間之摩擦力(N)；

M ：車輛之總質量(kg)；

P_t ：總質量分佈在傳動軸之比例；

μ ：輪胎與路面之摩擦係數。

利用式 4.31 及式 4.32 估計有效牽引力時須設定適當的參數值。協助公路規劃及設計的參數值可用常見或預期之代表值。傳動軸所承載之總質量比例（式 4.32 之 P_t ）受車種、車軸數、車軸位置及貨物裝設及載重法規的影響。一般而言，大貨車、半聯結車及全聯結車傳動軸所承載之質重比例大約各在 60%~80%、30%~45%及 20%~30%之範圍[23]。小車傳動軸所承載的總貨重大約在 50%左右。

輪胎與路面之間的摩擦係數（式 4.32 之 μ ）也受許多因素所影響。這些因素包括輪胎的設計及材料、路面狀況及鋪面材料。混凝土路面與輪胎之摩擦係數通常在 0.6~0.8 間，柏油路面的摩擦係數較低，在 0.4~0.6 之範圍[23]。至於重量及馬力，臺灣大型貨車有相當大的變異範圍。

估計在任何一瞬間之牽引力的一主要困難在於訂定式中馬力 P 之值。雖然圖 4-20 顯示 Volvo D13 - 425Eco 在 1,300 rpm 及 1,700 rpm 間的馬力為固定值，一般引擎的馬力隨引擎的轉速而持續變化。換言之，式 4.31 中馬力 P 隨車速而變。但兩者的關係又受到駕駛行為，車輛設計（如引擎及齒輪比）及其他因素的影響，例如在上下坡時常須換檔，換檔時引擎未能傳達馬力到傳動軸，車輛或駕駛員在任何速率時換檔也會影響到隨後之速率，因此準確的模擬一貨車之加減速很困難。為實用起見，式 4.31 中之 P 值須用一簡單的函數來代表。

Rakha 等人[22]之研究發現如將馬力設定為不隨車速而變之固定值，則模擬所得之速率與行車距離的關係很接近，但在從停止狀態啟動加速之後的最初 200 公尺內，模式估計的速率有超出現場值約 5~10

公里/小時之現象。因此，在一後續研究中，Rakha 等人將從怠速狀況加速數秒之馬力從低到高用一線型函數來代表。這修正後的 P 值顯著的減少估計速率與行車距離的差距。

為了比較合理的模擬從怠速狀況加速後前幾秒的加速行為，本計畫利用臺北市及桃園市蒐集之停等車疏解行為資料訂定馬力與車速的關係。結果如圖 4-21 所示。

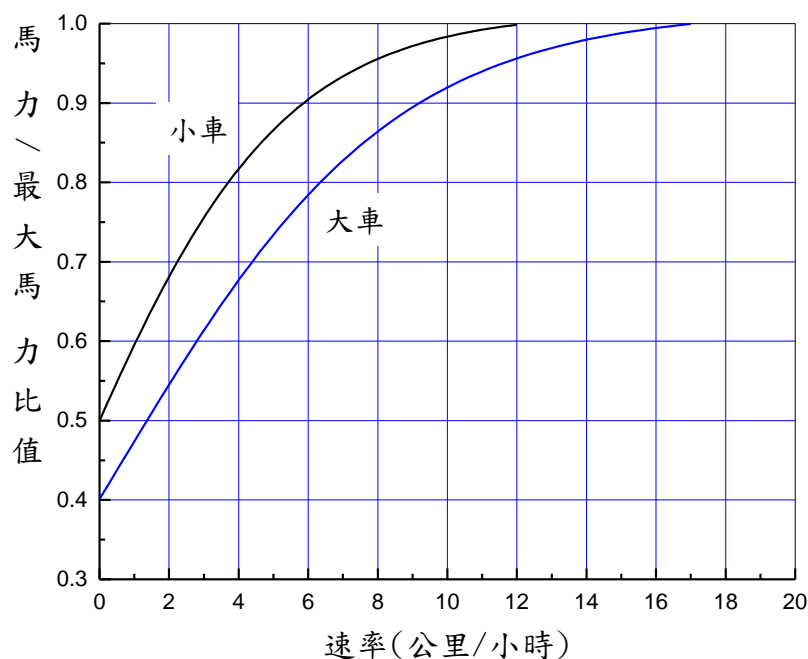


圖 4-21 TGS 模擬所用之馬力/最大馬力比與速率的關係

氣流阻力 R_a

氣流阻力主要受到空氣密度、氣流與車輛間之後拉(drag)係數、車輛正面面積及車速的影響。空氣密度隨氣壓及氣溫而變。氣壓又受高程的影響。Rakha 等人的研究指出高程不超過 5,000 公尺時，氣流阻力可合理的估計如下：

$$R_a = 0.047285 C_d (1 - 8.5 \times 10^{-5} H) A_f V^2 \quad (4.33)$$

此式中，

R_a ：空氣阻力(N)；

C_d ：後拉係數；

H ：高程（公尺）；

A_f ：車輛之正面面積（平方公尺）；

V ：車速（公里/小時）。

式 4.33 中之貨車的後拉係數大約在 0.58 與 0.78 間；小車之後拉係數在 0.25~0.45 之範圍。貨車之正面面積（高乘寬，但不包括底盤到路面的距離）一般在 6.8~10.7 平方公尺間；小車正面面積多數在 1.5m^2 及 3.5m^2 之間。

滾動阻力 R_r

滾動阻力是一相當複雜的現象，有許多模式曾被用來估計此阻力 [24,25,26]，但這些模式之估計值有相當大的差別。TGS 模式採用 Motor Truck Engineering Handbook [24] 所建議之模式：

$$R_r = 9.8C_r(C_2V + C_3) \frac{M}{1000} \quad (4.34)$$

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 ：貨車之總質量(kg)。

滾動係數 C_r 之值隨鋪面材料及路面狀況而變。水泥鋪面之 C_r 值在 1.0 與 2.0 間，路面狀況越差，其係數之值越高。瀝青鋪面之 C_r 值一般在 1.25 與 2.25 間。至於 C_2 與 C_3 之值，斜交層(Bias-ply)輪胎之 C_2 與 C_3 值各為 0.0438 及 6.100，輻射層胎之 C_2 與 C_3 值則各為 0.0328 及 4.575。

坡度阻力 R_g

在一坡度路段的車輛會因地心引力的存在，而受到一與路面平行，但導向坡底之外力，此外力可減少上坡車輛之有效牽引力，也可增加下坡車輛之有效牽引力。此外力稱為坡度阻力。

如車重為 W ，路面與水平面之角度為 θ ，則坡度阻力等於 $W_{\sin\theta}$ 。因為坡度路段之 θ 通常不大，所以 $\sin\theta$ 相當於 $\tan\theta$ 。 $\tan\theta$ 則等於路段之坡度，因此坡度阻力可估計如下：

$$R_g = 9.81 \frac{MG}{100} \quad (4.35)$$

此式中，

R_g ：坡度阻力(N)；

M ：車輛之質量(kg)；

G ：坡度(%)，上坡為正值，下坡為負值。

曲線阻力 R_c

車輛行駛在有平曲線(horizontal curve)之路段時，輪胎之轉動方向與車行方向可能有差別。這兩方向的偏差稱為滑行角度(slip angle)。車速越高，滑行角度越大。平曲線之曲線半徑越大，滑行角度則越小。通常在一般公路上的滑行角度很少超過 5° [25]。臺灣高速公路之平曲線的曲率半徑、很少短於 1,000 公尺。在這情形下，滑行角度可能在 3° 以下。

一車輛之行進產生滑行角度時，車體會受到一側阻力(side force)，此側面力在行進方向造成一阻力，此阻力稱為曲線阻力。如果滑行角度不大，側面力可估計如下[26]：

$$F_s = k\theta_s \quad (4.36)$$

此式中，

F_s ：側面力(N)；

k ：轉彎剛性(stiffness)常數；

θ_s ：滑行角度（度）。

式 4.36 中之 k 值受載重量、輪胎性質、車輛設計等因素的影響。
大型貨車之 k 值大約在 890 N 至 2,225 N 之間，平均約 1,335 N [27]。

滑行角度不大時，曲線阻力可估計如下[27]：

$$R_c = F_s(W_f / W)\sin\theta_s \quad (4.37)$$

此式中，

R_c ：曲線阻力(N)；

W_f ：前輪所承載的質量(kg)；

W ：車輛之總質量(kg)。

式 4.37 之應用困難而且沒有考慮到駕駛員接近即進入平曲線之後的駕駛行為。一般而言，如果平曲線曲度顯著，則駕駛員在進入平曲線之前就會減速並在進入平曲線之後約 40 公尺左右就達到一穩定的速率。根據在美國 Texas 州蒐集的資料[28]，車輛從雙車道公路直線路段進入平曲線時的減速程度可估計如下：

$$\Delta V = \frac{1,750}{R} \quad (4.38)$$

此式中，

ΔV = 從直線路段進入平曲線時速率之降低程度（公里/小時），

R = 曲率半徑（公尺）

上式中之常數“1,750”可能跟隨公路型態而變。例如高速公路上的車輛因單向有多車道，所以駕駛員對曲率的反應可能較小，式 4.38 中之常數也可能隨著降低。因目前沒有高速公路曲度與速率關係的資料可參考，所以 TGS 模式暫用式 4.38 以推估因平曲線存在而造成之額外減速率 a_c 。此外，TGS 模式假設從原來之速率 V_0 （公里/小時）將速度降低 ΔV 所需之距離相當於以原來速率行走 6 秒之旅行距離。因此

$$a_c = \frac{(V_0 - \Delta V)^2 - V_0^2}{43.2V_0} \quad (4.39)$$

此式中， a_c 之單位為公尺/秒²，速率的單位為公里/小時。

4.2.5.6 基本模式之應用

上述模式可用來模擬小車、機車、大客車、大貨車及其他類型車輛在坡度路段上速率隨地點之變化。設計公路設施時，基本模式所屬的參數可用設計車之質重、馬力及其他相關屬性來訂定。但是微觀模擬模式必須能反映因個別車輛質重及馬力不同所造成的動態車流行為。實際車流中個別車輛之質重與馬力之組成為未知數。為了減少模擬之困難，但是又能反映個別車輛加速行為之差異 TGS 將個別車種之馬力特性固定，同時讓個別車輛有不同之質重。例如模擬三義坡度路段北上外車道之自由速率時，如將每一輛大車之馬力及質重各設定為 280kW 及 28,000 公斤，則模擬結果能合理的代表在現場觀察到之速率隨地點變化。如進一步將個別車輛之質重在 280kW 之 70%與 130%變化，則模擬所得之個別車輛的速率分布與現場之分布相似。

表 4.3 及表 4.4 顯示 TGS 在模擬坡度路段上瞬間加速率所用參數之代表值。除了數個參數之外（如摩擦係數及滾動係數等），TGS 之使用者可用輸入檔更改模擬用之參數值。

表 4.3 坡度路段瞬間加速率不分車種影響因素之代表值

項目	代表值
牽引力傳輸效率， β	小車及機車：0.90 其他車種：0.85
公路高程，H	200 公尺
滾動係數， C_r	1.25
輪胎阻力係數 1， C_2	0.0328
輪胎阻力係數 2， C_3	4.575
摩擦係數	0.75

表 4.4 坡度路段瞬間加速率車種相關影響因素之代表值

車種	影響因素項目			
	馬力(kW)	質重(公斤)	後拉係數(C_d)	正面積(公尺 ²)
小車	30	1,590	0.3	2.0
機車	3	80	1.8	0.8
大客車	200	18,000	0.7	7.0
單體大貨車	165	10,500	0.7	10.7
半聯結車	220	27,500	0.7	10.7
全聯結車	220	27,500	0.7	10.7

應用基本模式（式 4.23）來模擬車輛在下坡時之瞬間加速率有另一困擾之處。主要的問題是基本模式沒有考慮下坡時，駕駛員常須減小馬力或剎車以免因地心引力之影響，加速太大而造成行車安全的問題。目前有關下坡駕駛行為的資料很欠缺，TGS 模式將下坡時從式 4.23 所訂定之加速率調整如下：

$$a_d = af_d \quad (4.40)$$

此式中，

a_d = 下坡瞬間加速率，

a = 從 4-23 所訂定之加速率，

f_d = 下坡加速率調整值。

理論上 f_d 會受到瞬間速率、速限、下游連續下坡之坡度及坡長、車種，及其他因素的影響。本計畫根據在三義路段觀察到的自由速率特性訂定 f_d 並納入 TGS 模式。此工作在本報告第五章 5.1.6 節另有說明。

4.2.6 變換車道之邏輯

車輛變換車道的原因包括被慢車阻擋、讓路、準備進入另一路段或特殊車道（專用道或高乘載車道）、在路口改變行車方向、車道中斷等。TGS 模式將變換車道的行為分為強迫性(mandatory)及選擇性(optional)兩種。強迫性變換車道指在某一定點（如車道起點或終點）之前必須完成變換車道之行為。而在選擇性變換車道之狀況下，駕駛

員可不必變換車道，但變換車道之後有較理想的行車環境。TGS 模式用相似的邏輯模擬這兩種變換車道行為。但是選擇性變換車道必須有較大的空間才能執行。此外，強迫性變換車道如果不能執行，則車輛必須根據所剩之距離減速以等待下一次變換車道之機會。選擇性變換車道之車輛則不須減速。

在任何一模擬單位時間內，一模擬車輛是否能成功的變換車道須滿足兩條件。第一，變換車道之後不必採取過度的減速率就可以避免與前車有危險的衝突。第二，變換車道之後不會迫使後邊來車採取過度的減速率以避免撞車。一般而言，駕駛員不容易準確衡量與後邊來車之相對速度及位置，所以變換車道時與後車保持之安全距離比與前車之距離大。此外，選擇性變換車道時不必冒大險，因此所需之安全距離也較大。

假設圖 4-22 在瞬間 t 時有 3 輛車。A 車為欲變換車道之車輛，B 車及 C 車為在鄰近車道上，A 車前方及後方之車輛。 X_A 、 X_B 及 X_C 代表各車車頭之位置。 V_A 、 V_B 及 V_C 為各車之速率。 L_A 及 L_B 則為 A 車及 B 車之車長。根據車輛之相對位置及速率，TGS 模式訂定 A 車能以速度 V 安全進入鄰近車道之後車頭位置之上限 X_{max} 及下限 X_{min} 。因為駕駛員在變換車道之前可能已加速或減速以調整相對位置及速率，所以 TGS 模式先衡量 A 車是否能以 V_A 及 X_A 之組合轉入鄰近車道。如不能，TGS 模式在 $V_A \pm 10$ 公尺之範圍內探討是否有速率及位置的組合能讓 A 車使用在 X_{max} 及 X_{min} 之空間安全變換車道。

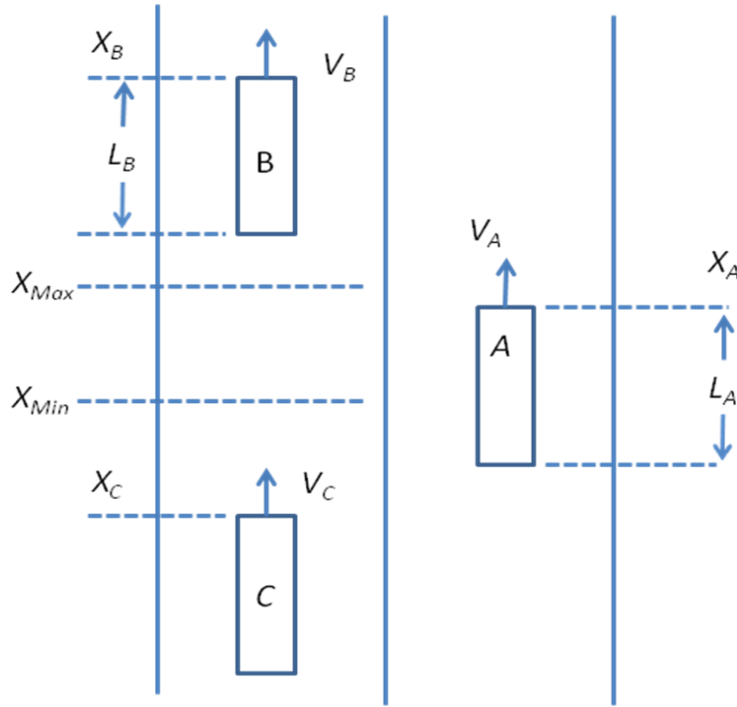


圖 4-22 瞬間車輛地點及速率之示意圖

A 車以速率 V 進入鄰近車道時，其位置的上限 X_{max} 乃根據 A 車及 B 車之關係來訂定。不論在何種情況，B 車車尾及 A 車車頭最少必須保持一距離 D_A 。如果 A 車之速率 V 小於前方車輛之速率，則 A 車進入鄰近車道時只須與前車保持最小間距 D_A 。變換車道完成之後，間距會逐漸拉大；A 車不必減速。在此情況下，

$$X_{max} = X_B - L_B - D_A \quad (4.41)$$

如果 A 車道之速率 V 大於前車之速率，則 A 車須能以速率 V 繼續行駛 t_A 秒（緩衝時間）之後，以 d_A 之減速率將車速降到與前車相同。因此，

$$X_{max} = X_B - L_B - D_A + t_A V - \frac{(V_B - V)^2}{2d_A} \quad (4.42)$$

變換車道後 A 車位置的下限 X_{min} 須根據 A 車及 C 車之相對速率及位置來訂定。如果變換車道時之速率 V 比 C 車速率高 10 公里/小時以上，則 TGS 模式假設 A 車車尾及 C 車車頭只需保持一最少間距 D_c 。因此，

$$X_{\min} = X_C + L_A + D_C \quad (4.43)$$

如果 A 車速率比 C 車高，但不超過 10 公里/小時，則 A 車變換車道之後，C 車須有一相當於 t_c 秒行車距離之額外間距。這情況下之 X_{\min} 為

$$X_{\min} = X_C + L_A + D_C + t_c V_c \quad (4.44)$$

另一方面，如果變換車道後 A 車之速率 V 比 C 車之速率低，則必須讓 C 車在 t_c 秒之緩衝時間之後以 d_c 減速率從 V_c 減速到 V 。因此，

$$X_{\min} = X_C + L_A + D_A + t_c V_c - \frac{(V - V_c)^2}{2d_c} \quad (4.45)$$

根據式 4.41~4.45 所訂定之 X_{\max} 及 X_{\min} 如果在 B 車車尾及 C 車車頭之間，而且 $X_{\max} \geq X_{\min}$ ，則 A 車可安全的進入鄰近車道。TGS 模式訂定 X_{\max} 及 X_{\min} 時所用參數之代表值如表 4.5 所示。

表 4.5 變換車道行為參數代表值

參數	變換車道之性質	
	選擇性	強迫性
最小間距	$D_A=4$ 公尺 $D_C=6$ 公尺	$D_A=4$ 公尺 $D_C=6$ 公尺
緩衝時間	$t_A=1.5$ 秒 $t_C=2.5$ 秒	$t_A=1.0$ 秒 $t_C=2.0$ 秒
減速率	$d_A=-2$ 公尺/秒 ² $d_C=-2$ 公尺/秒 ²	$d_A=-3$ 公尺/秒 ² $d_C=-3$ 公尺/秒 ²

車輛抵達出發節點之後，TGS 模式開始記錄每一車進入及離開一節線的時間、停等時間、車隊所形成之停等車車隊長度、車輛之耗油量等資料。此外 TGS 模式亦讓使用者利用輸入檔在不同地點設置車輛偵測站來蒐集這些地點之流率與速率資料。TGS 模式將模擬過程中所蒐集的資料整合建立一輸出檔。

不論一節線是否屬阻斷性車流或非阻斷性車流之路段，輸出資料皆包括：

1. 從各車道離開之車輛的平均旅行速率。
2. 進入及離開節線之流率，車種組成及行車方向。

3.各節線上車輛之耗油量。

此外，阻斷性車流之相關輸出資料也包括：

1.在交叉路口之平均延滯。

2.在交叉路口平均及第 85 分位停等車隊長度。

上述輸出值中，耗油量是根據車速的變化估計而得。本計畫利用本所於民國 98 年之一研究工作的結果[19]建立一估計耗油量之模式。該研究工作量測一重量 1,215 公斤，最大馬力為 140 馬力之小車在市區道路及公路行駛之耗油量。在怠速狀況下，該測試車的耗油量為 0.317 公克/秒。車速穩定時的耗油量可估計如下：

$$F = 0.127 + 0.193e^{\frac{V}{51.839}} \quad (4.46)$$

此式中，

F ：穩定車速時之耗油率（公克/秒），

V ：車速（公里/小時）。

車輛加速時會增加耗油量。耗油量的增加值可估計如下：

$$\text{如 } V_2 - V_1 > 5, \text{ 則 } J_a = 3.477e^{\frac{V_2 - V_1}{38.189}} \quad (4.47a)$$

$$\text{如 } V_2 - V_1 \leq 5, \text{ 則 } J_a = 0.8(V_2 - V_1) \quad (4.47b)$$

上兩式中，

V_2 ：加速後之最後速率（公里/小時）；

V_1 ：加速開始瞬間之速率（公里/小時）；

J_a ：與穩定速率 V_1 時之耗油量比較，在加速期間增加的耗油量（公克）。

本所民國 98 年之研究顯示車輛在持續減速期間，如果速率的變化不高過 60 公里/小時，則小車之耗油量與以穩定行車時耗油量沒有明顯的差別。速率變化超過 60 公里/小時的情況下，耗油量有呈線性減少的現象。但目前沒有適用於微觀模擬之減速耗油量之模式，因此

TGS 模式亦使用式 4.46 來估計減速時之耗油量。

美國大多小車在公路上行駛之耗油效率大約在 20~30 英哩/加侖之範圍內。重車之耗油率則大約在 6 英哩/加侖左右。根據這些資料，TGS 模式假設大車（大客車、大貨車、聯結車）之耗油量為小車之 4 倍。

第五章 TGS 模式之微調及測試

TGS 模式有許多須微調或測試之處。其中主要工作涉及坡度路段加速率模式、跟車邏輯及變換車道邏輯。本章針對這些工作加以說明。

5.1 坡度路段加速率模式

TGS 模式之坡度路段加速率模式提供一估計車輛在上、下坡時瞬間速率的工具。國外公路設計規範或容量分析手冊一般根據一代表性大車訂定大車在坡度路段上行車距離與速率的關係，然後用這些代表性關係評估公路設計或現有交通運作的好壞。本計畫先用美國 AASHTO[6]及德國設計雙車道公路[11]的代表性速率與行車距離的關係測試 TGS 模式，然後進一步探討適用於模擬臺灣坡度路段交通運作之車輛。

AASHTO 之代表性大車為質量/馬力比為 120kg/kW 之貨車。德國之代表性大車則每 kW 之馬力需承擔 143 公斤之質量。這些車輛以一特定速率進入一坡度不變之上坡路段之後，其代表性速率與行車距離的關係列於表 5.1 及 5.2 中。根據此兩表所示之代表性大車馬力、質量，及進入上坡起點之起始速率，TGS 模式之加速率模式可模擬這些代表車之速率與行車距離的關係。模擬結果亦列於表 5.1 及 5.2。

表 5.1 模擬自由速率與德國公路設計值之比較

行車距離 (公尺)	自由速率 (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	77.7	72	71.4	65	64.7
400	77	75.7	65	63.8	50	50.2
600	76	74.0	57	57.3	37	39.2
800	74	72.6	51	52.4	30	34.1
1,000	73	71.4	47	49.0	29	32.7

註：貨車質量 34,500kg，馬力 254kW，質量/馬力比 143kg/kW。

表 5.2 減速期間自由速率模擬值與 AASHTO 設計值之比較

行車距離 (公尺)	自由速率 (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	105.5	102	100.8	96	95.9
400	103	101.3	92	92.1	81	81.9
600	100	97.5	85	83.8	68	68.2
800	96	94.1	77	76.3	55	55.6
1,000	93	91.0	71	69.6	44	46.0
1,200	91	88.3	65	64.1	40	40.7
1,400	89	86.0	60	59.7	38	38.6
2,000	83	80.7	52	53.1	38	37.7

註：貨車質量 31,320kg，馬力 261kW，質量/馬力比 120kg/kW。

從上述兩表可知，TGS 模式之模擬速率與行車距離的關係，很接近 AASHTO 及德國所訂之代表性關係。但是國外的代表性大車並不一定適用於臺灣。因為臺灣大車之質量、馬力及駕駛行為可能異於國外之情況。AASHTO 及德國之代表性速率及行車距離的關係皆假設坡度不變。事實上設計或評估現有公路時，常遇到一路段有一連串上下坡之情形，因此坡度不變之代表性行車特性不易應用於廣泛的狀況下，此外，微觀模式必須考慮個別車輛行車特性的變異。

目前沒有臺灣各型車輛之質量及馬力組合之統計數據可參考。一般小車（包括小型貨車）的空車質量可能低於 800 公斤，也可能超過 3,000 公斤。其馬力也隨車而變。以在臺灣相當普遍的 Toyota Corolla 為例，其 2013 年型車輛在引擎速率 6,000 rpm（轉/分鐘）時的馬力為 132 hp (98.4kW)，空車質量大約有 1,370 公斤。Toyota Camry（2013 年型）之空車質量大約為 1,600 公斤，引擎速率為 6,000 rpm 時之馬力為 178hp (132.8kW)。相對而言，臺灣大客車之質量多數在 17,000 公斤以下，馬力則在 200kW 以下。

至於大型貨車，本報告第 3 章表 3.6 所列，在國道 1 號及 3 號高速公路 6 地磅站的資料顯示半聯結車所佔的比例超過 50%。全聯結車只

占 2%~7%，其他為單體大貨車。通過上述地磅站之大貨車、半聯結車及全聯結車之平均質量各為 10,700 公斤、32,400 公斤及 39,600 公斤。臺灣車輛測試中心合格發證的大貨車馬力在 160~220kW 之間。半聯結車及全聯結車之馬力各在 160~340kW 及 170~340kW 之範圍。半聯結車馬力之中間值為 250kW。從這些數據可知半聯結車及全聯結車每一 kW 馬力所須承擔之平均質量遠高於大貨車。因此，聯結車之爬坡特性一般比大貨車差。

駕駛員通常不會以一車輛所能供給的最大馬力行駛。例如在平坦路段上，一輛質量 1,400 公斤之小車只要有大約 20kW 之馬力就可以維持高於 110 公里/小時之速率。為了尋找能合理的模擬車速之質量與馬力的組合，本計畫用本所在國道 1 號高速公路三義及林口路段所蒐集的自由旅行速率資料做基準。這些資料所顯示之速率隨地點之變化已描述在本報告第三章。三義路段之資料是用雷射槍在不同地點取樣之結果。但是不同地點之調查並非同時進行。因此，各地點的資料代表不同車輛的平均速率。林口路段之資料是利用從路旁錄影車輛通過一長 10 公尺路段之影像，經人工閱讀之後估計所得。這些資料的正確性可能比三義路段資料差得多。

根據三義及林口路段資料，本計畫用 TGS 模式之坡度路段加速率模式及不同的馬力與質量之組合，以訂定能合理的模擬現場狀況之組合。下列數節討論模擬之結果及牽涉到的問題。

5.1.1 代表性聯結車

三義及林口兩路段上絕大多數（超過 70%）之大型車輛使用外車道及爬坡道。三義的現場資料沒將大型貨車分類。林口路段之大型貨車則分為大貨車及聯結車（包括半聯結車及全聯結車）。外車道及爬坡道上之大車多數為聯結車。這些車道上的車輛平均自由速率現場值及模擬值列於表 5.3~表 5.6。模擬值假設南下或北上起點之模擬速率與現場速率相同。下坡時之模擬最高速率，則大約等於現場觀察到之最高平均速率。

表 5.3 三義路段北上大車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值(公里/小時)		模擬值(公里/小時)	
		外車道	爬坡道	質量(公斤) 22,000	質量(公斤) 27,500
155K+200	0	92.2		92.2	92.2
153K+123	4.8	59.1	43.1	52.4	43.3
152K+318	4.0	59.4	46.5	55.6	43.0
151K+496	4.6	50.2	43.2	52.9	43.9
149K+773	-2.8	83.0		89.8	83.3
148K+873	-2.6	86.7		92.0	92.0
148K+173	-3.9	91.7		92.0	92.0
147K+950	-3.2	90.9		92.0	92.0

註：模擬車馬力=220kW；動力傳輸效率=85%。

表 5.4 三義路段南下大車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值(公里/小時)		模擬值(公里/小時)	
		外車道	爬坡道	質量(公斤) 15,000	質量(公斤) 21,500
146K+948	1.5	87.1		87.1	87.1
148K+273	3.9	85.8	75.7	83.2	72.5
149K+898	2.8	85.5	69.0	84.8	71.5
152K+023	-4.7	86.7		91.0	86.4
152K+323	-4.0	87.2		91.0	88.6
153K+850	-4.8	90.7		91.0	91.0
154K+000	-4.8	87.2		91.0	91.0

註：模擬車馬力=220kW；動力傳輸效率=85%。

表 5.5 林口路段北上外車道聯結車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值(公里/小時)	模擬值(公里/小時)
48K+000	1.1	85.1	85.1
46K+800	2.1	81.9	86.0
46K+400	2.4	80.2	86.0
45K+500	4.7	86.1	72.9
44K+650	4.2	77.2	67.5
43K+500	3.0	67.3	71.0
39K+000	-5.3	85.7	91.5
38K+000	-3.8	85.5	91.5
37K+000	-2.8	91.9	91.5

註：模擬車質量=16,500 公斤；馬力=220kW；動力傳輸效率=85%。

表 5.6 林口路段南下外車道聯結車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值 (公里/小時)	模擬值 (公里/小時)
36K+500	3.0	85.1	85.1
39K+300	5.1	60.0	61.2
40K+000	5.2	61.1	60.6
43K+300	-2.2	87.6	87.0
45K+500	-4.7	79.3	87.0
48K+100	-1.1	85.8	87.0

註：模擬車質量=16,500 公斤；馬力=220kW；動力傳輸效率=85%。

表 5.3 及表 5.4 顯示使用爬坡道之車輛的平均速率顯著的比一直使用外車道之車輛低。因此外車道在爬坡起點上游的車輛與起點下游的車輛有不同之爬坡特性。換言之，外車道在爬坡道起點上下游的車輛有顯著不同之馬力與質量組合。但是這種組合的差異無法從現場資料來分辨。因此，本計畫假設一直使用外車道之車輛有同樣的馬力與質量組合，進入爬坡車道之馬力與質量組合亦與爬坡道上游外車道之馬力與質量組合相同。

從表 5.3 可知，若將三義路段北上之模擬車（半聯結車）的馬力、質量及動力傳輸效率各設定為 220kW、22,000 公斤及 85%，則模擬車速率隨地點的變化近似外車道現場車輛之速率。如欲模擬進入爬坡道之車輛，則質量須增高到 27,500 公斤。另一方面，表 5.4 顯示三義南下路段模擬車的馬力如也設定 220kW，則質量須比北上車輛減輕 6,000~7,000 公斤才能合理的模擬南下大車之速率特性。表 5.5 及 5.6 則顯示林口路段南北向之聯結車可用 220kW 馬力，16,500 公斤質量及 85%動力傳輸效率之模擬車來代表。這質量比三義北上模擬車之質量輕得多。因此，可推測三義路段北上之現場大車樣本大多數為總重量較高的半聯結車或全聯結車。

5.1.2 代表性大貨車

表 5.7 及表 5.8 顯示林口路段外車道上大貨車上下坡時速率變化之現場值及模擬值。林口資料因為影像處理的精確度可能不理想，所以

有些地點之速率正確性有疑問。例如表 5.7 所示，在 45K+500 現場平均速率為 84.2 公里/小時，比在 46K+400 之 81.0 公里/小時高。但是從 46K+400 到 45K+500 之間的坡度從 2.4%增高到 4.7%，所以大貨車從 81.0 公里/小時之速率繼續上坡並進入較陡的路段時，應該會減速，而非加速。在這種資料正確性不能確定之情況下，表 5.7 及表 5.8 顯示 10,000~10,500 公斤質量、165kW 馬力及 85%動力傳輸效率之模擬大貨車的速率特性大致類似。

表 5.7 林口路段北上外車道大貨車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值 (公里/小時)	模擬值 (公里/小時)
48K+000	1.1	91.6	91.6
46K+800	2.1	82.0	89.4
46K+400	2.4	81.0	89.2
45K+500	4.7	84.2	76.0
44K+650	4.2	76.5	72.4
43K+500	3.0	75.0	75.7
39K+000	-5.3	89.9	93.0
38K+000	-3.8	88.8	93.0
37K+000	-2.8	93.4	93.0

註：模擬車質量=10,000 公斤；馬力=165kW；動力傳輸效率=85%。

表 5.8 林口路段南下外車道大貨車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值 (公里/小時)	模擬值 (公里/小時)
36K+500	3.0	81.2	81.2
39K+300	5.1	66.0	65.3
40K+000	5.2	62.7	65.1
43K+300	-2.2	88.5	88
45K+500	-4.7	79.1	88
48K+100	-1.1	84.3	88

註：模擬車質量=10,500 公斤；馬力=165kW；動力傳輸效率=85%。

5.1.3 代表性大客車

三義路段的資料顯示北上大客車上坡之後的速率顯著的下降，南下大客車上坡之後的速率則最多只降 4.8 公里/小時。本計畫只模擬北

上大客車之速率。結果列於表 5.9。從此表可知大客車可用 200kW 馬力，13,000~15,000 公斤質量及動力傳輸效率 85%之模擬車來代表。

表 5.9 三義路段北上大客車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值(公里/小時)		模擬值(公里/小時)	
		外車道	爬坡道	質量(公斤) 13,000	質量(公斤) 15,000
155K+200	0	100.0		100.0	100.0
153K+123	4.8	75.8	67.2	74.2	67.9
152K+318	4.0	75.9	68.4	76.2	67.5
151K+496	4.6	74.1	69.7	74.3	68.1
149K+773	-2.8	90.0		96.0	94.3
148K+873	-2.6	90.4		96.0	96.0
148K+173	-3.9	96.2		96.0	96.0
147K+950	-3.2	95.8		96.0	96.0

註：模擬車馬力=200kW；動力傳輸效率=85%。

5.1.4 代表性小車

世界各國在設計公路或分析容量及服務水準時，通常不考慮坡度路段對小車的影響。但是本所在三義及林口北上路段蒐集的資料顯示，長而且陡之上坡對小車的速率有顯著的影響。因此 TGS 模式之模擬車流也須反映這現象。表 5.10 及表 5.11 顯示小車可用 30kW 馬力、1,500~1,580 公斤質量及動力傳輸效率 90%之模擬車來代表。

表 5.10 三義路段北上外車道小車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值(公里/小時)	模擬值(公里/小時)
155K+200	0	105.0	105.0
153K+123	4.8	87.9	89.7
152K+318	4.0	91.4	91.4
151K+496	4.6	90.9	89.9
149K+773	-2.8	93.9	99.0
148K+873	-2.6	93.3	99.0
148K+173	-3.9	97.1	99.0
147K+950	-3.2	99.2	99.0

註：模擬車質量=1,580 公斤；馬力=30kW；動力傳輸效率=90%。

表 5.11 林口路段北上外車道小車平均自由速率之現場值及模擬值

地點里程 (公里)	坡度 (%)	現場值 (公里/小時)	模擬值 (公里/小時)
48K+000	1.1	104.6	104.6
46K+800	2.1	98.5	106.0
46K+400	2.4	106.4	106.0
45K+500	4.7	103.3	99.9
44K+650	4.2	92.4	95.1
43K+500	3.0	98.6	97.5
39K+000	-5.3	107.2	107.0
38K+000	-3.8	102.0	107.0
37K+000	-2.8	103.5	107.0

註：模擬車質量=1,500 公斤；馬力=30kW；動力傳輸效率=90%。

5.1.5 個別車輛質量及馬力之變異性

個別車輛之質量及駕駛員所採用之馬力異於代表性車輛之特性。但是上坡時的加速特性與質量/馬力比有深遠的關係。只要質量/馬力比相同，不同車輛的加速性能會類似。為了模擬方便，TGS 模式將同一車種之所有車輛的馬力用一常數來代表，但個別車輛有不同的質量。根據前述 6 地磅站的資料（第三章圖 3-45、圖 3-46 及圖 3-47），TGS 模式用圖 5-1 之質量分布來代表各大型貨車質量之分布。這些分布可用下列三式來代表：

大貨車

$$W = \{0.9807 - 0.3444 \ell_n \left(\frac{1.2655}{R + 0.1436} - 1 \right)\} W_a \quad (5.1)$$

半聯結車

$$W = \{1.0274 - 0.2285 \ell_n \left(\frac{1.1638}{R + 0.0667} - 1 \right)\} W_a \quad (5.2)$$

全聯結車

$$W = \{0.9811 - 0.3454 \ell_n \left(\frac{1.2682}{R + 0.1447} - 1 \right)\} W_a \quad (5.3)$$

上述三式中，

W ：個別車輛之質量（公斤）；
 W_a ：代表性質量（公斤）；
 R ：0~1 之間均勻分配之隨機亂數。

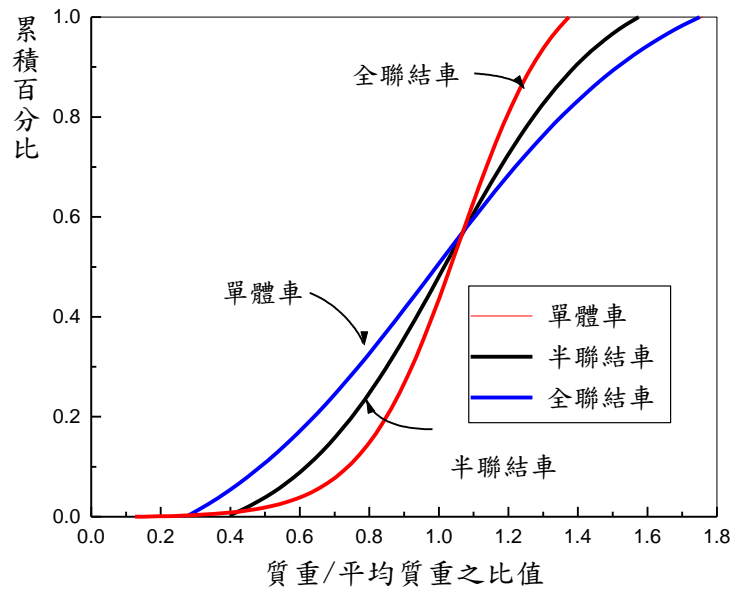


圖 5-1 大型貨車代表性質量分布

至於小車（包括小型貨車）及大客車（包括乘客）之質量，目前沒有參考資料。TGS 模式假設個別小車之質量為代表性質量之 50% 到 150%。個別大客車之質量則為代表性質量之 82% 到 118%。

5.1.6 下坡速率之人為因素

駕駛員面臨長而且陡的下坡時，很可能減低傳動馬力，甚至須剎車以免加速太快。在這種情形之下，用式 4.23 所估計的加速率會高於實際之加速率，因而模擬車在下坡時可能很快的加速到欲維持的最高下坡速率。為了得到比較合理的模擬速率，TGS 模式用下列函數調整從式 4.23 所估計之下坡加速率：

$$a_d = ae^{\alpha(-0.008G-0.052G^2)L} \quad (5.4)$$

此式中，

a_d ：用人為因素調整後之下坡加速率（公尺/秒²）；

a ：從式 4.23 估計而得之瞬間加速率（公尺/秒²）；

α ：車種調整因素（小車=2.0；大車=1.0）；

G ：車輛下游連續下坡之平均坡度（%）；

L ：車輛下游連續下坡之長度（公里）。

從前述各表可知，下坡方向第一調查地點之模擬速率通常比現場值大。有時候兩者之差距達 6 公里/小時。這現象的一原因是駕駛員在接近上坡坡頂附近時通常已能加速，而且到坡頂時很容易達到比下坡時欲維持的最高速率還高的速率。但在實際狀況下，駕駛員未到達上坡坡頂但了解下游有長而陡的下坡時，可能減少馬力以免下坡之後又須大量減速。TGS 模式尚未考慮這種接近上坡坡頂之可能駕駛行為。將來可用坡頂附近之現場速率資料，調整式 4.23 所估計之加速率。

5.2 跟車邏輯

TGS 模式根據本報告第四章第 4.2.5.4 節之式 4.8 模擬在跟車狀況時，後車在一模擬單位時間內的加速率。此跟車邏輯須微調之部分包括：後車駕駛員為了行車安全所欲採用之減速率，後車駕駛員認為前車駕駛員可能臨時採用之減速率 d_1 及後車駕駛員欲保持之緩衝時間。

跟車行為造成一些對交通運作效率有顯著影響的巨觀車流特性，如停等車之疏散、流率與平均速率的關係、容量等，TGS 模式發展完成之後須能應用於阻斷性車流及非阻斷性車流之模擬。本節針對這兩種車流討論跟車邏輯之微調與測試。

5.2.1 跟車狀況減速率 d_1 及 d_2

在任何一車流中，一駕駛員在跟車狀況下為了行車安全所欲採用之減速率 d_2 及該駕駛員預期之前車減速率 d_1 理應隨駕駛員之冒險性及前車行駛狀況而變。

例如在瞬間 t 時前車正在加速或穩定行進之中，則後車駕駛員可能認為前車會突然以高減速率行進以避免撞車的可能性很低，因而其所

預期的前車的突然減速率可能不會高於平常車流中之減速率。另一方面，如果在瞬間 t 時前車正在減速中，則後車駕駛員可能認為前車會繼續以同樣的減速率行進。但不論預期之前車減速率 d_1 如何，冒險性較高的後車駕駛員受前車減速之影響時所願意採用的減速率應比冒險性低的駕駛員高。

美國交通工程師學會(Institute of Transportation Engineers)之交通工程手冊[30]指出小車在速率低於 24 公里/小時之情況下的通常減速率為 2.35 公尺/秒²，速率增高到 48 公里/小時以上時的通常減速率降到 1.48 公尺/秒²。但在緊急狀況下為避免撞車之減速率可超過 4.5 公尺/秒²。

大型貨車之減速率隨許多因素而變。AASHTO 之 2001 年公路設計規範將大型貨車之減速率訂為 3.4 公尺/秒²。但 2003 年美國一 NCHRP 報告[31]指出大型貨車沒有防鎖死(anti-lock)之剎車系統時，減速率可從 12.5 公里/小時之 1.71~2.74 公尺/秒²降到 70 公里/小時之 1.59~2.57 公尺/秒²。

市區號誌化路口停等車疏解的平均車距常有短於 2 秒之現象，個別車輛之車距則大約在平均車距之 50% 及 200% 之間。高速公路流率接近容量時的平均車距常有短於 1.7 秒的情形，個別車距短於 1 秒的現象並不少見。因此可推論有不少駕駛員在跟車時，準備在必要時以高減速率剎車以避免撞車。因為 d_1 及 d_2 難以從現場車輛直接量取，TGS 模式用下列函數訂定其模擬值：

$$d_1 = -d_{1a} - 1.2(1 - R) \quad (5.5)$$

$$d_2 = -d_{2a} - 1.2R \quad (5.6)$$

這兩式中，

d_{1a} ： d_1 之代表值（設定為 2.1 公尺/秒²）；

d_{2a} ： d_2 之代表值（設定為 3.4 公尺/秒²）；

R ：後車駕駛冒險性指數(0~1)，冒險性越高， R 越大。

5.2.2 緩衝時間

跟車時之緩衝時間指從前車加速或減速之後，到後車駕駛員必須或會採取反應動作（加速或減速）之時間。

如果前車車頭到後車車頭之距離為 H ，前車車尾與後車車頭必須維持之最短距離為 D ，前車車長為 L ，則後車擁有之緩衝距離為 $H-L-D$ 。如果後車車速為 V ，則後車之緩衝時間為 $(H-L-D)/V$ 。比較保守的駕駛員需要長的緩衝時間，冒險性大的駕駛員則需較短的緩衝時間。

緩衝時間影響車道使用效率及容量，因為不同類型公路有不同之作業效率，所以緩衝時間應該會隨公路類型而變，一般非阻斷性車流路段的流率與平均速率的關係亦暗示緩衝時間也會隨速率而變。以 2011 年臺灣公路容量手冊圖 4-4 所示，高速公路速限 100 公里/小時之基本路段的流率與速率關係，及早期從美國一雙車道公路所蒐集的平均車距與速率的關係[32]為例。如假設前車車長為 4.57 公尺，前車車尾與後車車頭須維持的最小間距為 2.44 公尺，則緩衝時間與速率的關係如圖 5-2 所示。此圖顯示速率很低時之緩衝時間相當長。速率增高時，緩衝時間減短到一最小值之後隨速率之增高而增長。

圖 5-2 之緩衝時間與速率關係不能直接用在式 4.8 來模擬高速公路或雙車道公路上之跟車行為。其原因在於上述文獻所說明之車流特性屬靜態現象，沒有反映到個別車輛加速或減速時，並不能持續維持一固定的緩衝時間之實情。換言之，模擬之緩衝時間須微調以讓模擬之巨觀車流特性近似實況。

本計畫用號誌化路口停等車疏散特性及高速公路之流率與速率關係探討適用於模擬之緩衝時間。

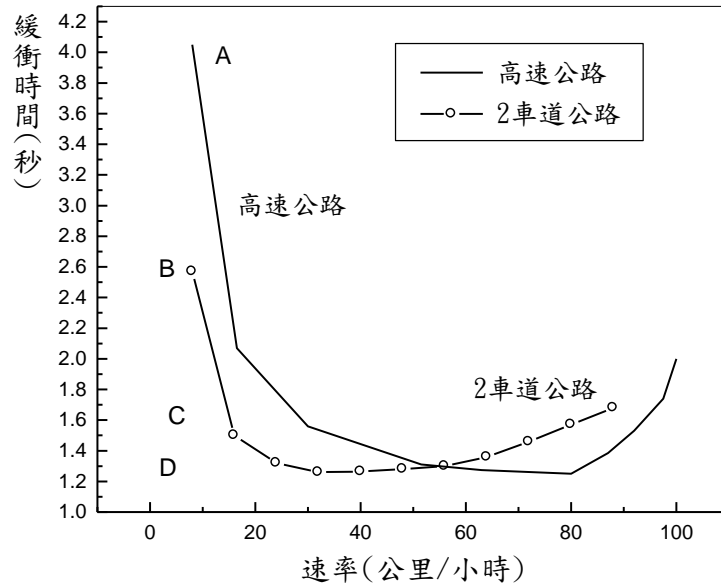


圖 5-2 靜態緩衝時間估計值與平均速率之關係

5.2.2.1 停等車疏解特性

市區道路常有停等車隊停在交叉路口。其他類型公路在壅塞狀況時，亦常有停等或慢行車隊。停等車隊疏解的特性影響公路設施之作業效率。這些特性預期會隨設施的類型而變。

目前沒有高速公路停等車隊疏解特性的現場資料可參考。另一方面，本所曾在西濱快速公路及臺北市敦化北路之號誌化路口蒐集停等車疏解特性的資料。因此本計畫用這些資料探討適用於模擬阻斷性車流之緩衝時間。

號誌化路口停等車疏解特性的模擬必須能合理的反映下列特性：

1. 通過停止線之平均疏解車距與車輛在停等車隊之位置的關係。
2. 個別車輛疏解車距之分布。
3. 疏解過程中，車輛在停止線上游一特定區域內之平均滯留時間與停等位置的關係。
4. 個別車輛滯留時間的分布。

綠燈時段開始之瞬間到第一輛停等車之車尾通過停止線之瞬間的總時間通常定義為第一輛停等車之疏解車距。其他停等車的疏解車距

等於該車車尾通過停止線之時間減掉前車車尾通過停止線之時間。一般而言，在第一停等位置的車輛有最長的平均疏解車距。在車隊最尾端的車輛的平均紓解率則最短。

滯留時間指在綠燈時段開始之後，一車輛與一偵測區有接觸的時間。假設圖 5-3 中之號誌化路口一鄰近車道上有一從 A 點到 B 點，長等於 L 之偵測區。在綠燈開始瞬間 t_0 有數輛停等車已與偵測區有接觸。這些車輛之滯留時間等於從瞬間 t_0 到各車車尾通過 A 點的時間。其他車輛的滯留時間則等於從車頭抵達 B 點到車尾通過 A 點之時間。西濱及敦化北路之資料係根據一長 15 公尺偵測區所蒐集。

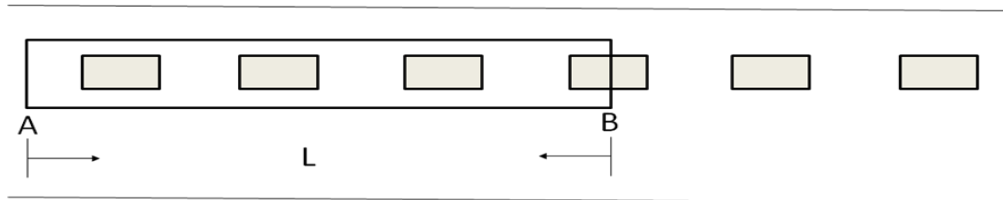


圖 5-3 停等車與偵測區示意圖

滯留時間之模擬對分析定時號誌控制作業的影響不大。但是在分析觸動化號誌控制的作業時，如果車輛進出偵測區的模擬行為不正確，則模擬之號誌控制效率會與實際效率有很大的差距。

微調跟車邏輯時須同時考慮平均緩衝時間與速率的關係及個別車輛緩衝時間之分布。根據西濱及敦化北路資料的測試結果，緩衝時間與平均緩衝時間之比的分布隨地點的變化不大。TGS 模式用圖 5-4 所示之分布訂定個別車輛在任何一速率時之緩衝時間。此分布可用下式來替代：

$$T_R = 0.7616 - 0.3465 \ln \left(\frac{1.3873}{R + 0.3710} - 1 \right) \quad (5.7)$$

此式中，

T_R = 一車輛之緩衝時間與所有車輛平均緩衝時間之比例；

R = 在 0 及 1 之間均勻分布之隨機亂數。

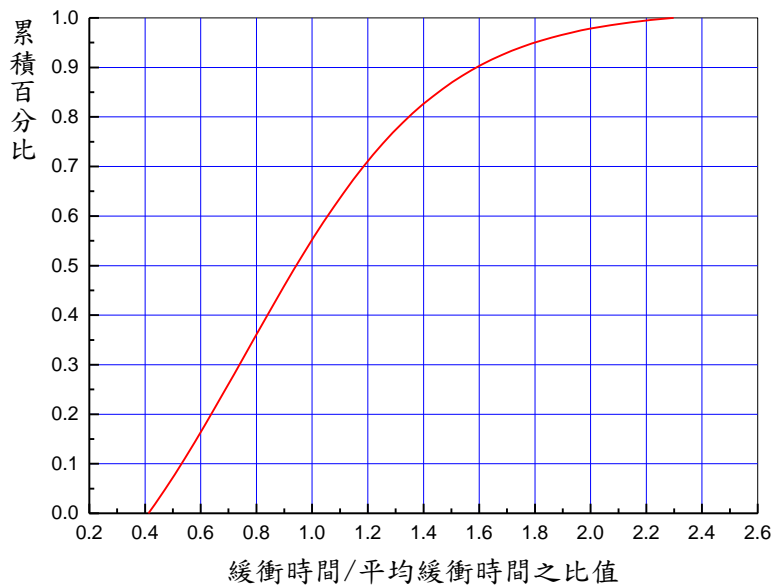


圖 5-4 個別車輛緩衝時間之代表性分布

不同車道或地點的停等車疏散率不同，所以平均緩衝時間與速率的關係須根據現場停等車疏散特性的資料來訂定。一般而言，平均緩衝時間與速率的關係應有類似前述圖 5-2 所示之關係。經過許多測試之後，本計畫發現，如採用圖 5-5 所示之平均緩衝時間之關係並用圖 5-4 所示之分布來訂定個別車輛之緩衝時間，則 TGS 模式之跟車邏輯可合理模擬西濱及敦化北路號誌化路口停等車之疏散特性。模擬之結果及現場資料如圖 5-6~圖 5-13 所示。

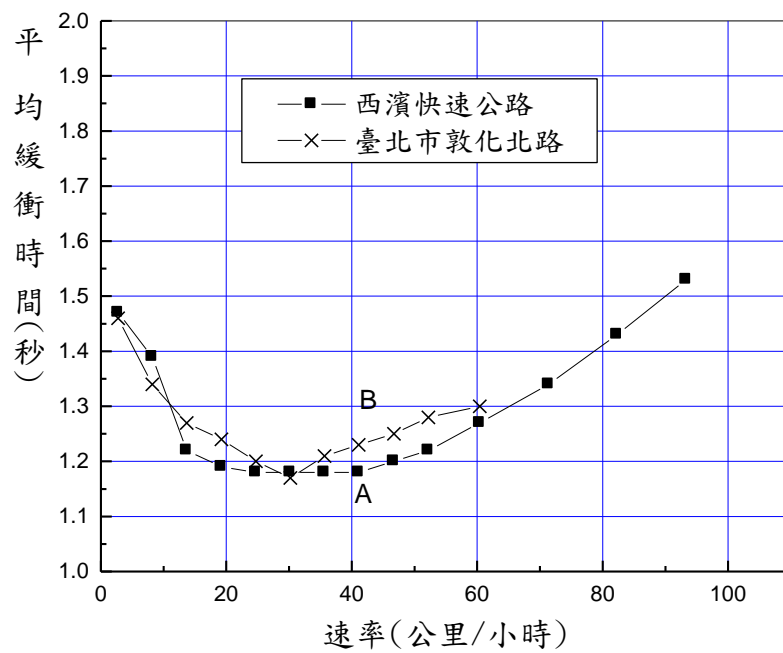


圖 5-5 不同道路之速率與平均緩衝時間關係

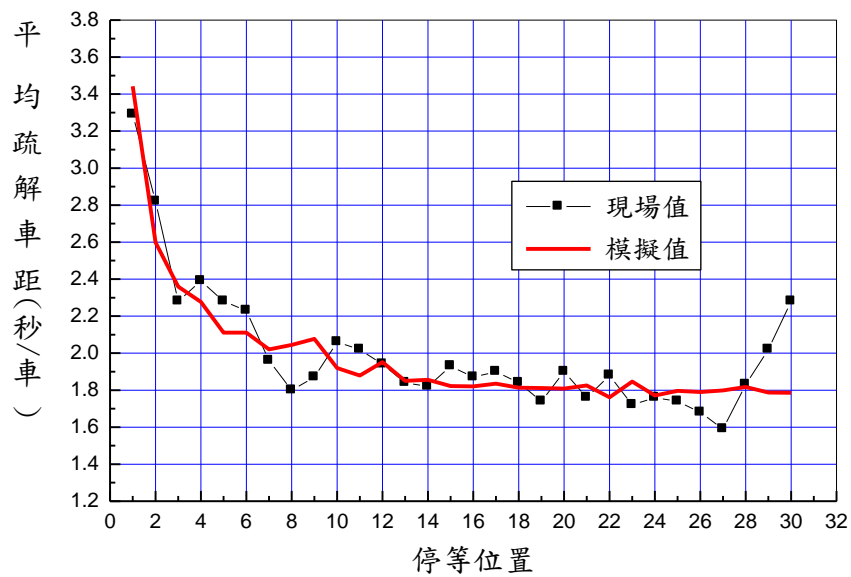


圖 5-6 現場及模擬平均疏解車距與停等位置之關係(西濱快速公路在縣道 103 交叉口)

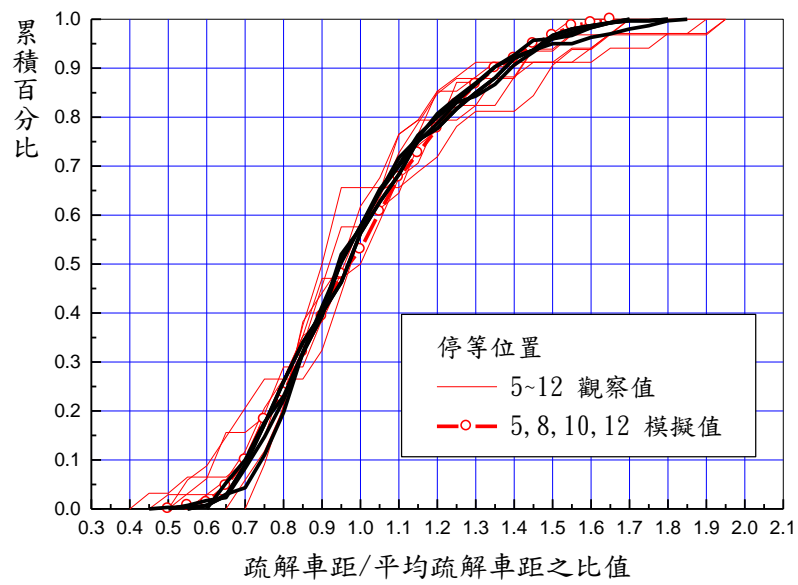


圖 5-7 現場及模擬疏解車距分布（西濱快速公路在縣道 103 交叉口）

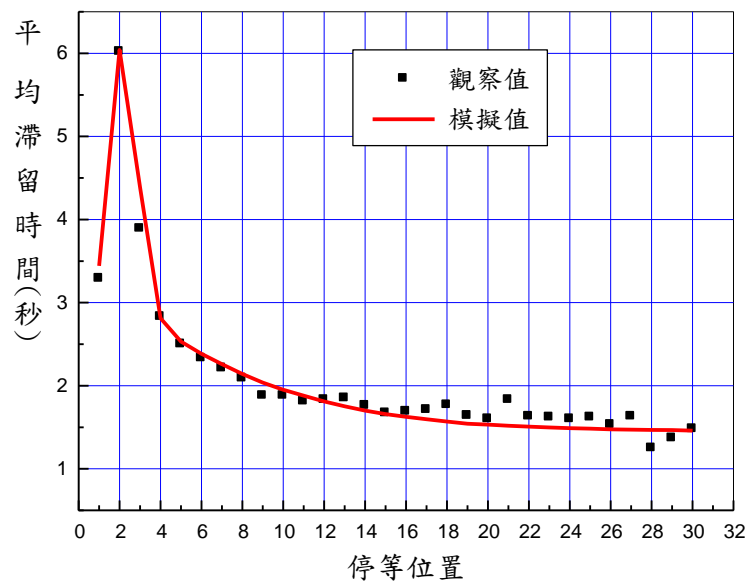


圖 5-8 現場及模擬平均滯留時間與停等位置之關係(西濱快速公路在縣道 103 交叉口)

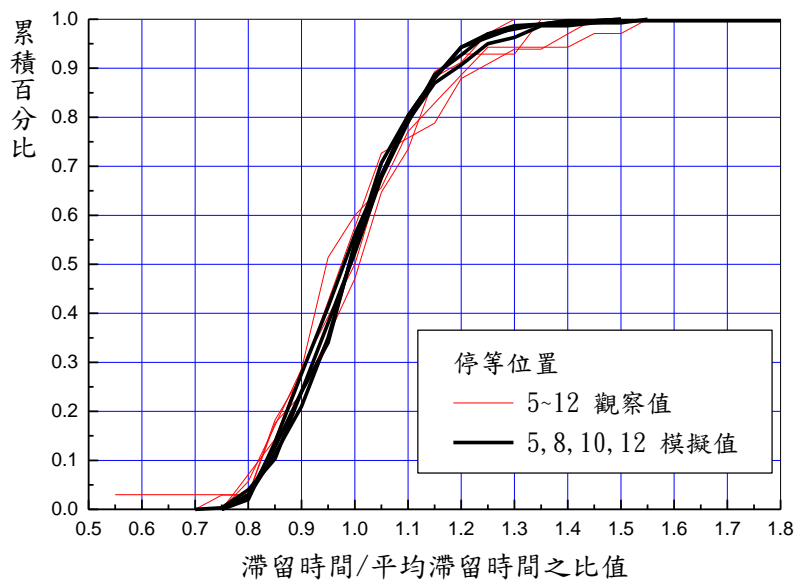


圖 5-9 現場及模擬滯留時間之分布（西濱快速公路在縣道 103 交叉口）

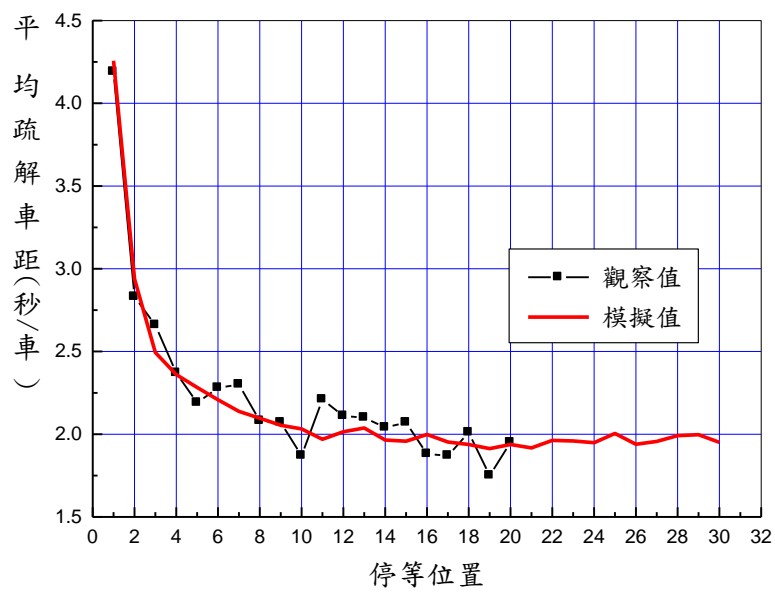


圖 5-10 現場及模擬平均疏解車距與停等位置之關係（臺北市敦化北路與民權東路口）

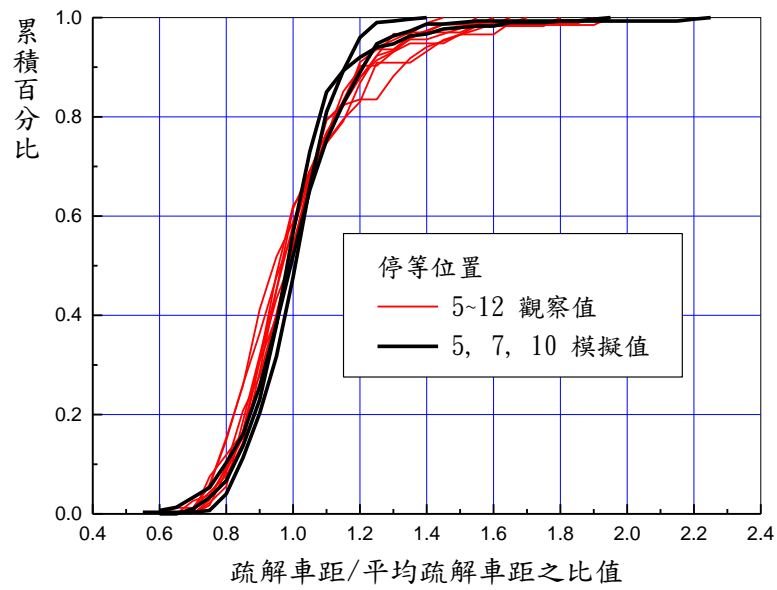


圖 5-11 現場及模擬疏解車距之分布（臺北市敦化北路與民權東路口）

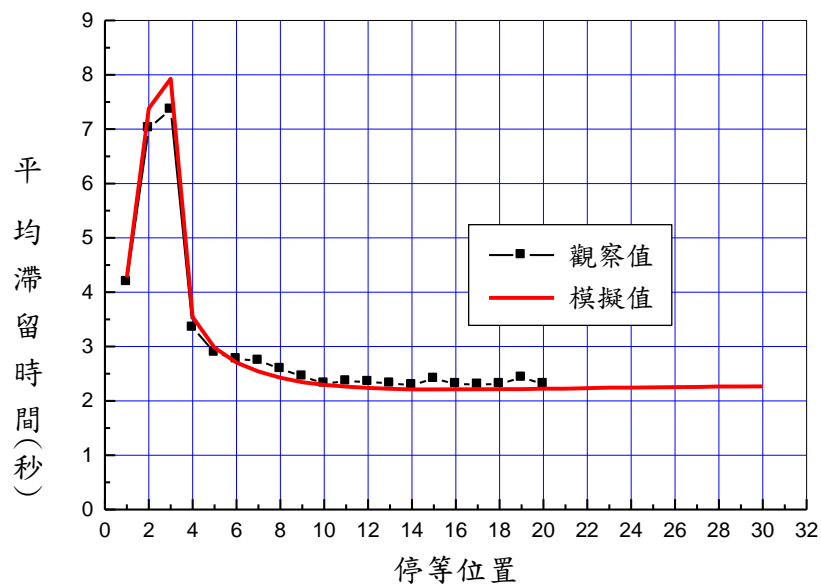


圖 5-12 現場及模擬平均滯留時間與停等位置之關係（臺北市敦化北路與民權東路口）

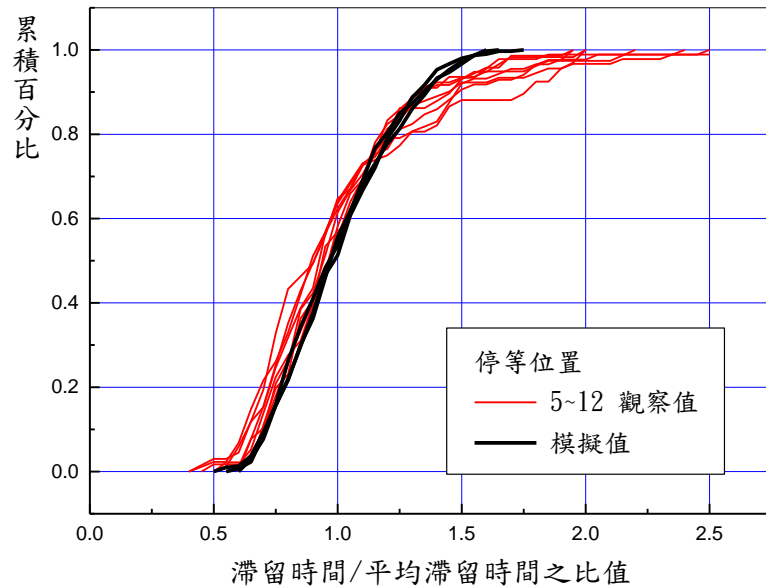


圖 5-13 現場及模擬滯留時間之分布（臺北市敦化北路與民權東路口）

5.2.2.2 高速公路車輛緩衝時間

高速公路及市區道路的車流特性不同，因此圖 5-5 所示之緩衝時間與速率的關係適用於模擬高速公路車流之可能性不高。事實上，不同高速公路或同一高速公路上不同路段的跟車行為也可能不同，所以緩衝時間與速率的關係預期會隨公路及路段地點而變化。

在上述情況下，TGS 模式之發展及應用有兩個方案。其一是讓使用者根據所欲模擬之車流特性自行做微調工作。從模式應用之立場而言，此方案不理想。另一方案是在模式之跟車邏輯內設定一套已微調過，因而能模擬不同車流特性的緩衝時間與速率的關係。這方案增加了模式發展的工作。不論哪一方案較理想，TGS 模式的發展須了解緩衝時間與速率的關係如何影響模擬結果所顯示之流率與速率的關係。因此之故，本計畫用國道 1 號、3 號及 5 號公路偵測器資料所顯示之流率與速率關係探討緩衝時間之微調。

根據本報告第三章所提供的資料，國道 1 號及 3 號高速公路有如下的車流特性：

- 1.在同一流率時，平均速率從內側車道往外側逐漸降低。每右移一車道，平均速率約降低 2~5 公里/小時。內車道車流之自由旅行時間大約為 110 公里/小時
- 2.在平坦地點而且只有很少數之車輛為大車之狀況下，內車道（第 1 車道）每 15 分鐘最高流率大約在 2,150 及 2,300 輛/小時之範圍。此流率之相關平均車速大約在 88 及 94 公里/小時之間。第 2 車道之每 15 分鐘最高流率一般稍低於第 1 車道，但常達到 2,000~2,300 輛/小時。其相關平均速率在 80 及 94 公里/小時之間。第 3 車道的最高 15 分鐘流率則很少超過 1,900 輛/小時。

為了模擬上述之車流特性，本計畫先利用偵測器所顯示之流率與速率關係訂定如圖 5-2 所示之緩衝時間與速率的關係，然後重複執行模擬並逐步調整不同速率之緩衝時間，直到模擬所顯示的流率與速率關係能合理的代表上述之車流特性為止。此工作所得的緩衝時間與速率之關係如圖 5-14 中之曲線 A 所示。圖 5-15 顯示根據此緩衝特性所產生之模擬流率與速率的關係。

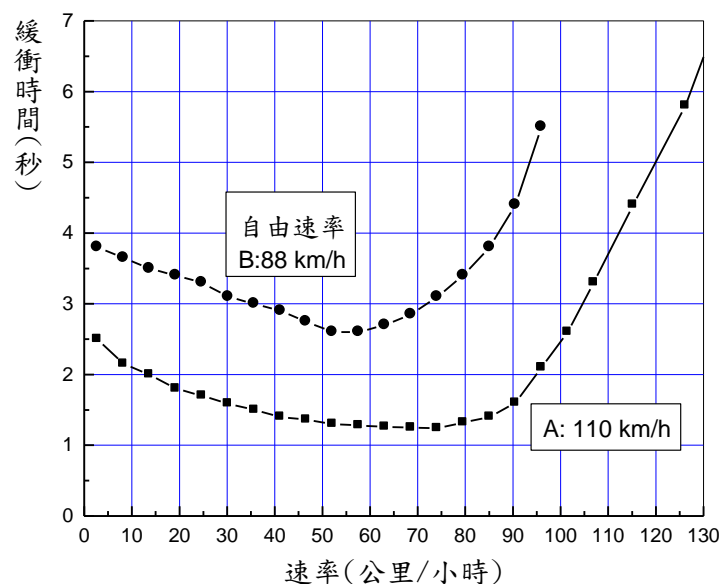


圖 5-14 微調後之高速公路車輛緩衝時間與速率之關係

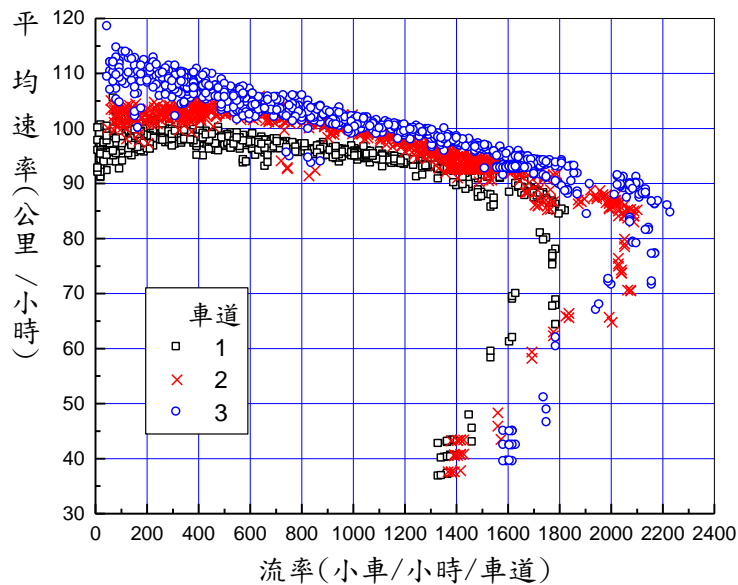


圖 5-15 模擬所產生之流率與速率關係（平均自由旅行速率=110 公里/小時；容量 \approx 2,200 輛/小時）

國道 5 號高速公路有雪山、彭山及石碇三個長隧道。此公路之車道容量及平均自由旅行速率皆比上述國道 1 號及 3 號之平坦路段低得多。以雪山隧道北上中點附近，里程 21K+066 地點為例。此地點的平均自由速率大約為 88 公里/小時，容量大約只有 1,200 輛/小時，最高每 5 分鐘之流率大約為 1,300 輛/小時。車流由穩定進入不穩定狀況時之平均速率大約為 60 公里/小時。根據這些車流特性微調所得之緩衝時間與速率的關係如圖 5-14 之曲線 B 所示。圖 5-16 比較偵測器資料及模擬資料所顯示之流率與速率關係。

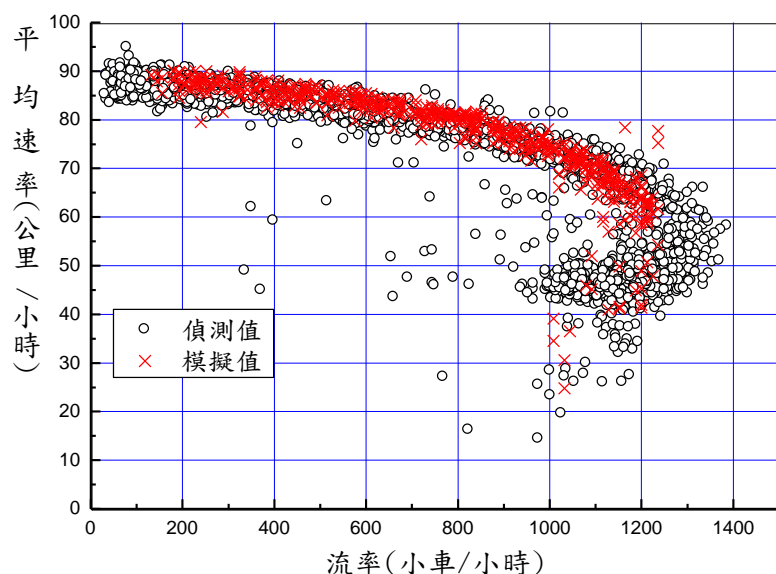


圖 5-16 雪山隧道北上 21K+066 模擬及偵測流率與速率關係

從圖 5-14 可知流率與速率關係不同之車流有不同之緩衝時間與速率的關係。一值得注意的現象是自由速率為 110 公里/小時之公路的最短緩衝時間發生在速率為 75 公里/小時之狀況，自由速率為 88 公里/小時之公路的最短緩衝時間則發生在速率為 53 公里/小時之狀況。因此這兩情形之下，自由速率與緩衝時間最短時之速率的差距皆為 35 公里/小時。

此外，圖 5-14 兩曲線之最短緩衝時間與容量大致有下列的關係：

$$Q_{\max} = \frac{3600}{T_{\min} + (L + D_{\min})/V} \quad (5.8)$$

此式中，

Q_{\max} = 容量 (輛/小時)；

T_{\min} = 最短緩衝時間 (秒)；

L = 平均車長 (公尺)；

D_{\min} = 最小間距，亦即停車時前車車尾到後車車頭之距離 (公尺)；

V = 緩衝時間最短時之速率 (公尺/秒)。

式 5.8 中 T_{\min} 加 $(L+D_{\min})/V$ 代表最小車距。因此式 5.8 吻合容量之

定義。以圖 5-14 之曲線 A 為例，其最短緩衝時間為 1.24 秒。此緩衝時間之相關速率大約為 75 公里/小時 (20.8 公尺/秒)。如小車車長加最短間距等於 7 公尺，則從式 5.8 所估計之容量為 2,280 輛/小時。此容量相當於上述國道 1 號及 3 號公路內側車道之容量。根據同樣的推論，曲線 B 最短緩衝時間及其相關速率亦代表容量等於 1,170 輛/小時之車流特性。此容量也接近雪山隧道中點附近車道之容量。

根據上述緩衝時間與速率關係的性質，如果不論流率與速率有何關係，自由速率與緩衝時間最短時之速率的差距都維持在 35 公里/小時左右，而且式 5.8 可用來根據欲模擬之容量 Q_{max} 以設定最短緩衝時間 T_{min} ，則微調緩衝時間的工作可大為簡化。下一期之模擬發展工作須進一步用各種流率與速率關係探討緩衝時間與速率的關係以利 TGS 模式之應用。

5.3 車流之車道分布及車道變換邏輯

車流之車道分布是駕駛員選擇車道或因需要而變換車道所造成的現象。根據三義上坡路段的資料，本報告圖 3-12~圖 3-15 顯示在單向流率低於 1,700 輛/小時之情況下，將近 90% 之小車使用在上坡起點附近（南下 147K+280；北上 154K+980）之內側之車道。流率增高到 3,000~5,000 輛/小時之後，最內側之車道上之小車仍占小車之 74%~82%。抵達有爬坡道之路段時（南下：147K+700 到 151K+290；北上：154K+290 到 151K+500），有一小部分（不超過 18%）轉進爬坡道。至於大車，圖 3-16~圖 3-19 顯示上坡之前 72%~79% 之大車集中在外車道，幾乎沒有大車使用內車道。抵達有爬坡道之路段時，大約有 30%~40% 之大車轉進爬坡道。

上述小車之車道使用特性與有些國家不同。例如在中低之流率之情況下，美國高速公路的車輛有集中在外側的現象，內車道通常只是用來超車。即使在臺灣，不同地區內之公路車流可能有不同之車道使用特性。為了微調方便起見，TGS 模式之車道變換邏輯設定在自由旅行狀況下及在車與車之間有互動關係時（如一車被後面快車逼近，或

被前面慢車阻擋) 駕駛員選擇車道及變換車道之或然率。目前 TGS 模式所用之或然率是根據上述三義路段的車流特性所微調之結果。這些或然率受許多因素之影響，因細節太多，不宜在此報告描述，本節只將模擬的結果及偵測器資料所顯示的車道使用率做比較。

本計畫用 TGS 模式模擬三義路段南北向大小車從上坡起點到下游約 10 公里處之車流，並在南北向之各兩地點蒐集模擬流率的資料。北上之兩地點包括上坡起點附近之 154K+980 地點及有爬坡道之 151K+195 地點。南下兩地點包括上坡起點附近之 147K+280 地點及在爬坡道之 149K+570 地點。上坡起點相當平坦，北上爬坡道地點之坡度為+3.3%，南下爬坡道地點之坡度為+2.7%。在上坡起點之單向模擬小車流率包括 1,700、3,000 及 5,000 輛/小時，通過爬坡道地點之流率則可能稍微不同。模擬之大車流率為 300 輛/小時及 500 輛/小時。每一流率之車流用不同隨機亂數重複模擬 10 次。

三義上坡路段有 3 主線車道及 1 爬坡道。為說明方便起見，本節將這些車道從內往外，分別訂為第 1、第 2、第 3 及第 4 車道。爬坡道為第 4 車道。

圖 5-17~圖 5-26 比較模擬之車道分布及偵測器資料所顯示之分布。在上坡起點附近，小車之模擬及偵測到之分布相當接近，如圖 5-17、圖 5-18 及圖 5-19 所示。低流率時，小車集中在第 1 及第 2 車道。流率越高，小車之車道分布越均勻。

在有爬坡道之地點，模擬與偵測到之小車分布的差異比較大。圖 5-20 顯示在低流率時，南下偵測到之小車分布有點特殊。第 1 車道之小車比第 2 車道低的多，而且爬坡道上之小車又比第 3 車道多。在低流率時為何使用爬坡道之小車比使用外車道（第 3 車道）之小車多的原因不詳。交通事故、偵測器短暫故障或有大誤差是其中可能之原因。

圖 5-22 亦顯示，在高流率時，模擬值高估南下第 1 車道在爬坡道地點之小車百分比（平均差距約 7%），同時低估使用第 3 車道及爬坡道上之小車數量（平均差異約 5%）。本計畫沒有進一步微調 TGS 模式以減少差距。其一原因是模擬值與偵測值之差距有限。另一原因是偵測值是否具代表性不能確定。將來有必要用新而且可靠性高的偵測器資料加強微調及測試工作。

至於大車，不論在上坡起點或爬坡道地點，模擬及偵測到的分布很接近。在上坡起點，流率從 300 輛/小時增加到 500 輛/小時對大車之車道分布的影響很小。這現象可從圖 5-23 及圖 5-24 的比較而得知。但圖 5-25 及圖 5-26 顯示流率從 300 輛/小時增加到 500 輛/小時之後，第 3 車道之大車比例顯著下降，爬坡道之大車比例則顯著增高。

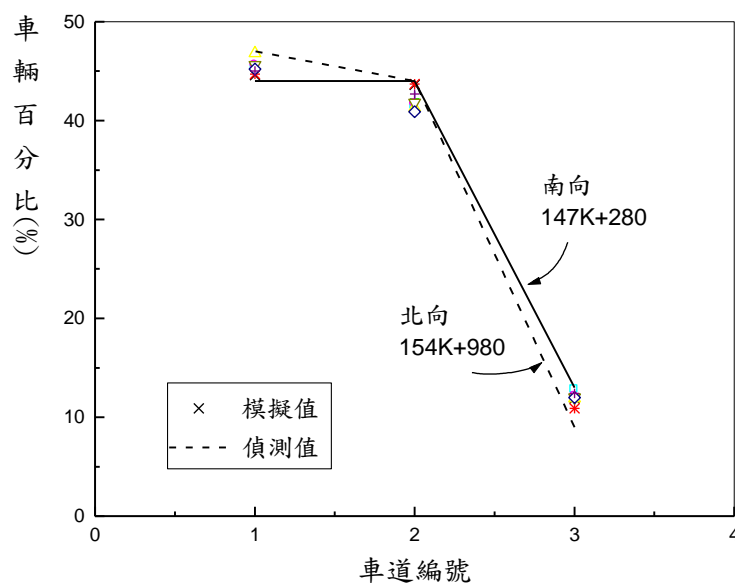


圖 5-17 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：~0%；流率：1,700 輛/小時)

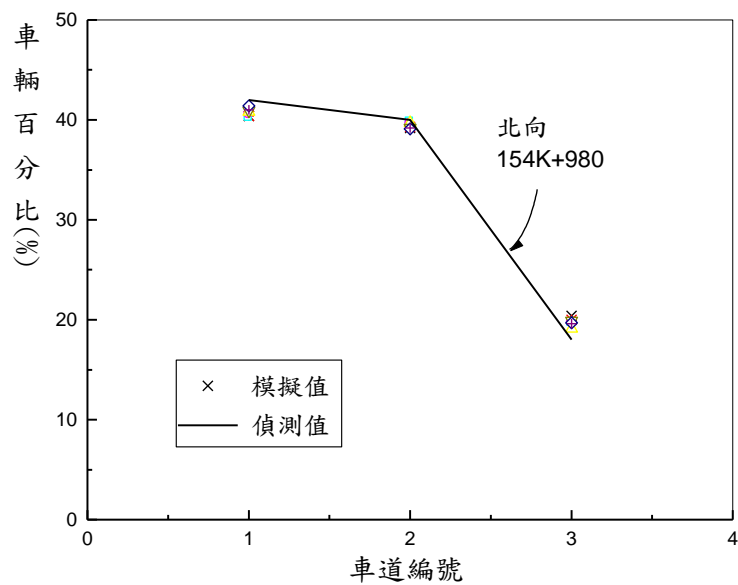


圖 5-18 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：~0%；流率：3,000 輛/小時)

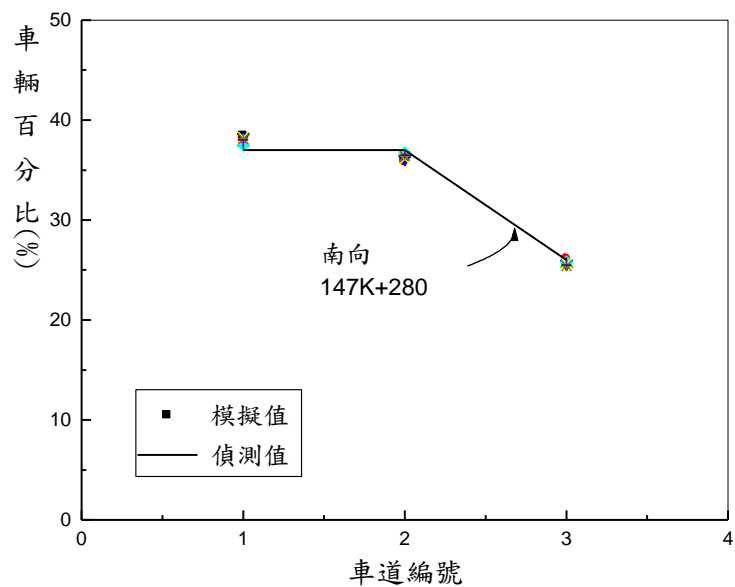


圖 5-19 三義路段上坡起點附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：~0%；流率：~5,000 輛/小時)

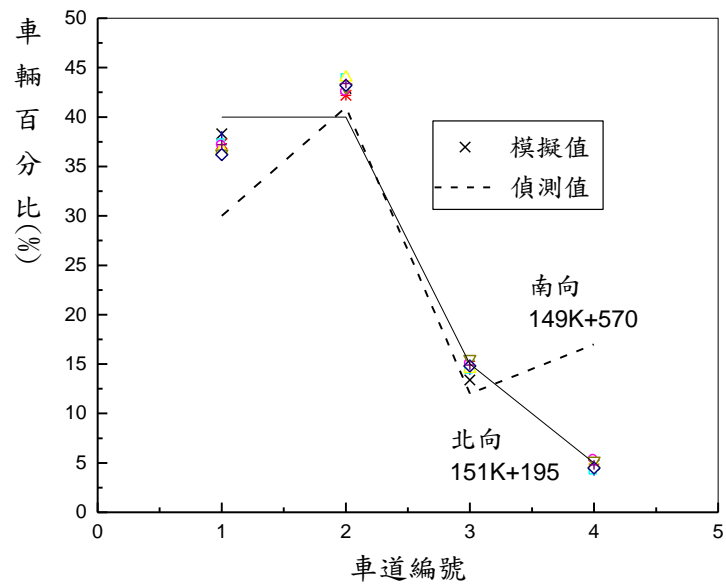


圖 5-20 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：+2.7~+3.3%；流率：1,700 輛/小時)

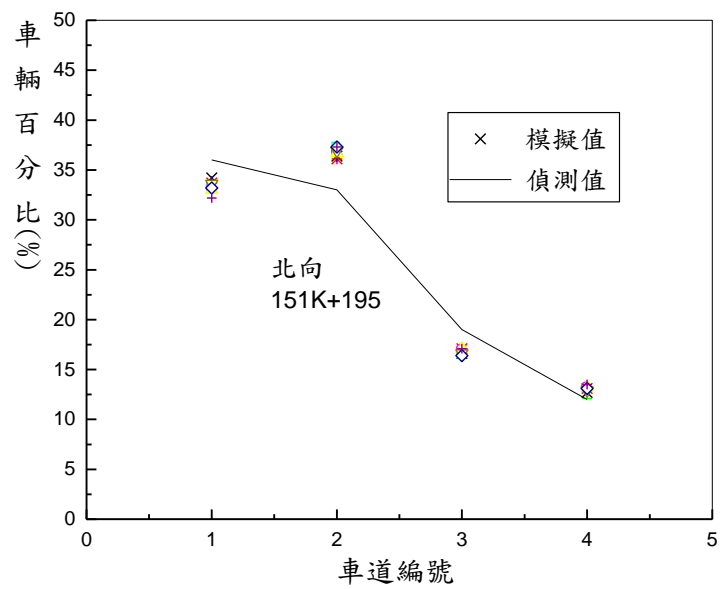


圖 5-21 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：+3.3%；流率：~3,000 輛/小時)

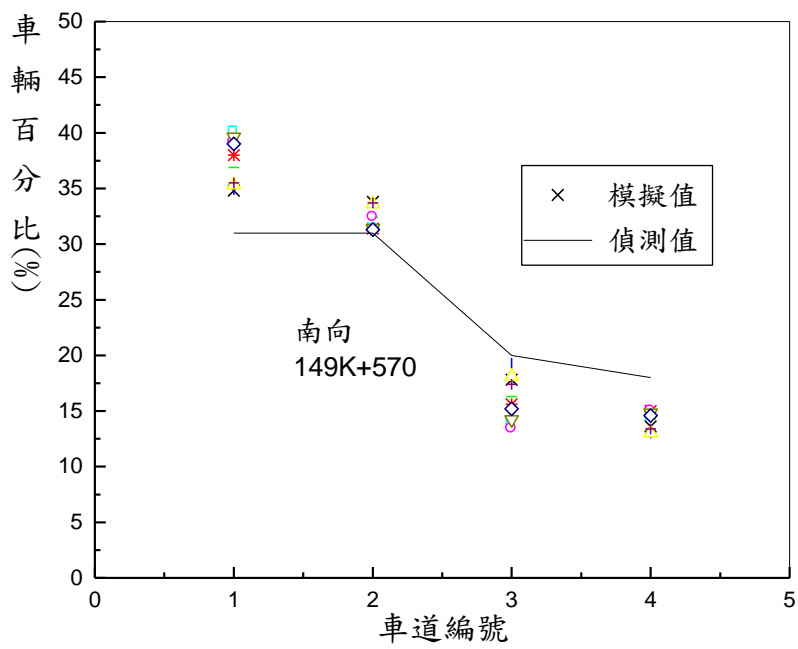


圖 5-22 三義路段爬坡道附近小車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：+2.7%；流率：~5,000 輛/小時)

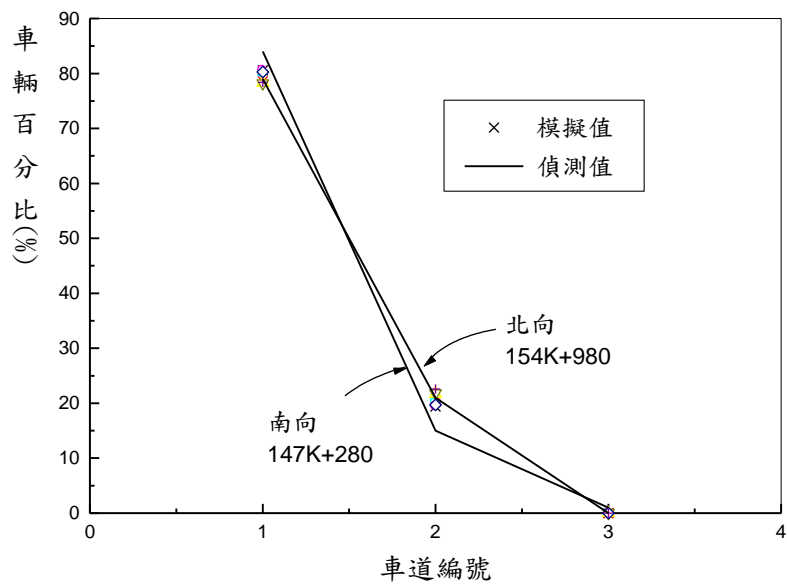


圖 5-23 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：+0%；流率：~300 輛/小時)

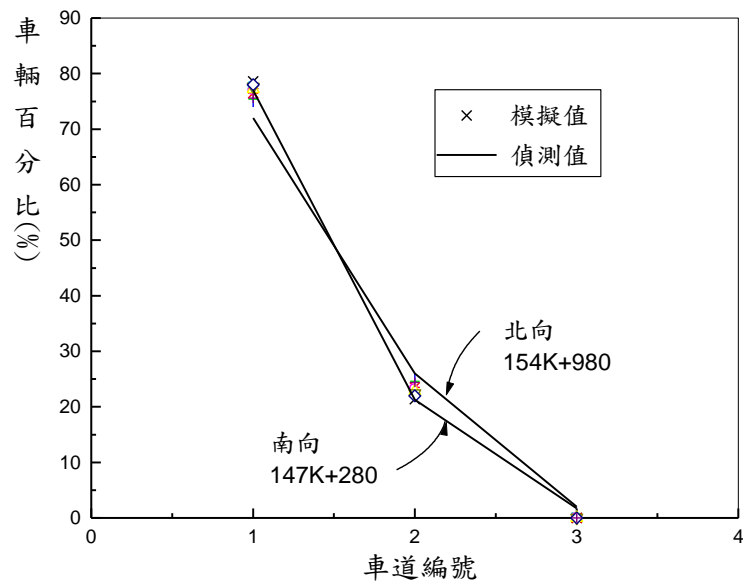


圖 5-24 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：~0%；流率：~500 輛/小時)

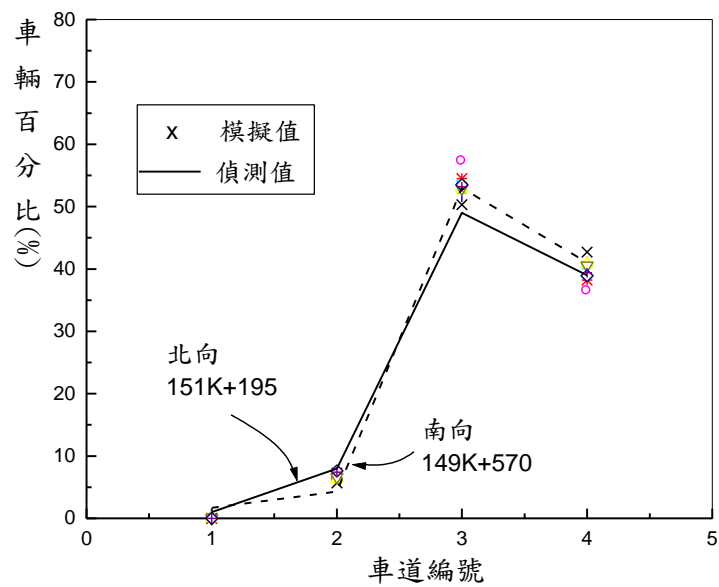


圖 5-25 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較
(坡度：+2.7~+3.3%；流率：~500 輛/小時)

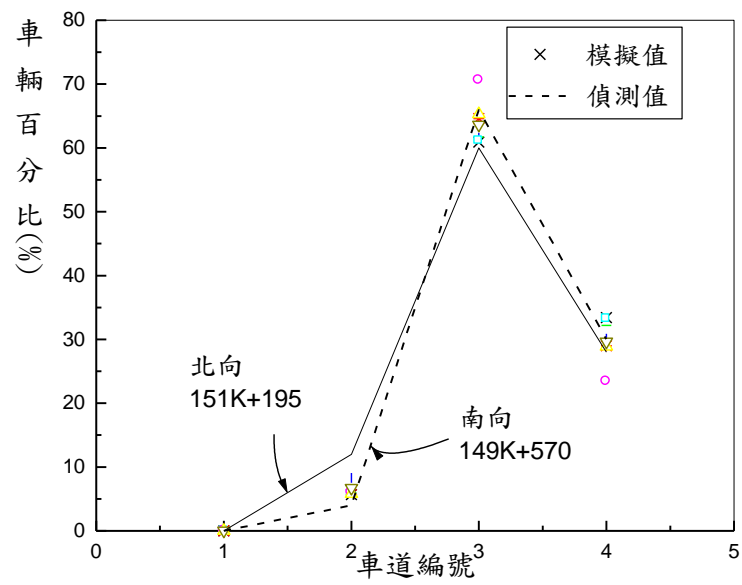


圖 5-26 三義路段爬坡道附近大車車道分布在模擬值與偵測值之比較
 (坡度：+2.7~+3.3%；流率：~300 輛/小時)

第六章 TGS 模式之應用

TGS 模式已發展的部分可用來協助高速公路坡度路段之幾何設計及交通運作之評估。但目前的應用限於交通運作不受進出口匝道影響的路段。本章分別說明幾何設計及作業分析之應用。

6.1 坡度路段幾何設計之應用

在一上坡路段上，爬坡性能最差車輛之速率如果顯著的降低，則這些車輛不僅會影響路段交通運作效率及容量，也可能增加肇事率。因此坡長及坡度的組合宜避免爬坡性能最差之車輛有過度的速率降低程度。基於這些考量，AASHTO 之公路設計規範建議質量與馬力比為 120kg/kW 之代表性大車之自由速率在上坡路段上之降低程度以不超過 15 公里/小時為原則。臺灣也有類似的設計原則。

TGS 模式之瞬間加速率模式適用於估計代表性車輛在坡度路段之自由速率隨地點的變化。因此之故，本計畫根據該加速率模式另外建立一應用方便之模擬模式，專供估計代表性車輛之自由速率。此模式訂名為坡度路段速率(Speed-on-Grade)模式，簡稱 SOG 模式。

6.1.1 代表性車輛

高速公路不一定讓所有車種通行。評估坡長及坡度組合所用之代表性車輛應是爬坡性能最差而且通行頻率不能忽視的車種。根據第五章所述之分析，本計畫建議採用表 6.1 所列之質量及馬力做為四車種之代表屬性。這些車種中，聯結車（包括半聯結車及全聯結車）的代表性質量與馬力比(125kg/kW)接近 AASHTO 所用代表性大車之質量與馬力比(120kg/kW)。大客車之質量與馬力比大於大貨車，因此預期代表性大客車比代表性大貨車有較差的爬坡性能。

表 6.1 各車種之代表性質量及馬力乃根據第五章所述，以有限的現場自由速率資料所訂定。將來若有比較完整的上坡自由速率資料，

則可用 SOG 模式探討是否有必要將表 6.1 的資料加以修改。

表 6.1 代表性車輛

車種	質量 (kg)	馬力 (kW)	質量/馬力比 (kg/kW)	動力傳輸 效率
聯結車	27,500	220	125	0.85
大貨車	10,500	165	64	0.85
大客車	15,000	200	75	0.85
小車	1,500	30	50	0.90

6.1.2 SOG 模式執行檔、輸入檔及輸出檔

SOG 模式之執行檔、輸入檔及輸出檔檔名各為 SOG.exe、SOG.txt 及 SOGout.txt。執行模擬之前，使用者必須建立一輸入檔並將該檔存為 SOG.txt。此檔必須與執行檔 SOG.exe 放在有 Window 平台之電腦的同一子目錄(folder)中。欲執行模擬時，只需快速按 SOG.exe 兩次(double click)。如果輸入檔沒有錯誤，輸出檔 SOGout.txt 會出現在同一子目錄中。

6.1.2.1 輸入檔

輸入檔資料之行列安排順序及每一行應設定的數據，如表 6.2 所示。因為輸入資料是根據自由格式(free format)，所以每一數據的欄位(column)由使用者自由選擇，但數據之間必須最少有一空隔。本節說明每一行數據之性質。

表 6.2 SOG 模式輸入資料之安排順序

輸入數據	註
<i>Idir</i>	第 1 行
$a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$	第 2 行
<i>Time</i>	第 3 行
<i>Kind</i>	第 4 行
<i>L</i>	第 5 行

表 6.2 SOG 模式輸入資料之安排順序(續)

輸入數據				註
ID	x	y		共 L 行
.	.	.		
.	.	.		
.	.	.		
ID	x	y		
N				
ID	R	x ₁	x ₂	共 N 行
.	.	.	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
ID	R	x ₁	x ₂	
M				
Type	z ₁	z ₂	z ₃	共 M 行
.	.	.	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
Type	z ₁	z ₂	z ₃	

第 1 行：Idir

Idir：欲模擬之方向數（1=只模擬第一行車方向；2=模擬雙方向）。

第 2 行： $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$

a_1 ：第一行車方向起點之速率（公里/小時）；

a_2 ：第一行車方向在平坦路段之最高速率（公里/小時）；

a_3 ：第一行車方向在下坡路段之最高速率（公里/小時）；

b_1 ：第二行車方向起點之速率（公里/小時）；

b_2 ：第二行車方向在平坦路段之最高速率（公里/小時）；

b_3 ：第二行車方向在下坡路段之最高速率（公里/小時）。

小車在平坦路段之最高速率可能比速限高 5~10 公里/小時，下坡時之最高速率可能比速限高 5 公里/小時。大型車輛在平坦及下坡路段的最高速率比速限約高 5 公里/小時。

第 3 行：Time

Time：每 Time 秒輸出資料 1 次。

第 4 行：Kind

Kind：欲模擬之車種，（1=小車、2=機車、3=大客車、4=大貨車、5=半聯結車、6=全聯結車。）

模擬機車速率之邏輯尚未用現場資料加以測試及微調。有關此車種之模擬參數皆為預設值。

第 5 行：L

L：第一方向從起點到終點有高程輸入值之地點數；如 30。

下 L 行：ID, x, y

ID：有高程輸入值之地點的代號，根據第一方向依次序訂為 1, 2, 3, ...。

x：地點 ID 與一固定參考點之距離（公里）；如 12.382。

y：地點 ID 之高程（公尺）；如 123.3。

如果第 5 行之輸入值表示有 30 個地點有高程輸入值，則第 5 行之後須有 30 行之 ID, x 及 y 之輸入值。大車加速性能受坡度的影響很大。坡度估計誤差會產生不可靠的模擬速率。因此最好每 20 公尺之里程就有一高程之輸入值。

下一行：N

N：第一方向起點與終點之間平曲線之數量；如 3。

下 N 行：ID, R, x_1 , x_2

ID：依次序從起點到終點各平曲線之代號；ID=1, 2, 3, ...。

R：平曲線 ID 之曲率半徑（公尺）；

x_1 ：平曲線 ID 之起點與固定參考點之距離（公里）；如 14.038；

x_2 ：平曲線 ID 之終點與固定參考點之距離（公里）；如 14.938。

如果上一行之輸入值表示總共有 5 個平曲線，則須有 5 行 ID, R, x_1 ,

x_2 之輸入值。

下一行： M

M ：欲用來更改模擬參數代表值之輸入值行數；如 3。

SOG 模式設定了許多估計速率用之參數的代表值。例如小車之質量及動力傳輸效率各設定為 1,500kg 及 0.9。模式使用者可用輸入檔更改這些代表值。

下 M 行： $Type, z_1, z_2, z_3$

$Type$ ：欲更改之代表值之種類代號，其值為 1, 2, 3 或 4。

$Type=1$ 用來更改第一方向之 z_1, z_2 及 z_3 。

z_1 ：模擬車之質量(kg)；

z_2 ：模擬車之馬力(kW)；

z_3 ：模擬車之動力傳輸效率，如 0.87。

$Type=2$ 用來更改第二方向之 z_1, z_2 及 z_3 。 z_1, z_2 及 z_3 定義與第一方向的定義相同。

$Type=3$ 用來更改 z_1, z_2 及 z_3 。

z_1 ：高程（公尺）；

z_2 ：模擬車之正向面積（小車：1.5~3.5m²；大車：6.8~10.7m²）；

z_3 ：後拉係數（小車：0.25~0.45；大車：0.58~0.78）。

$Type=4$ 用來更改 z_1, z_2 及 z_3 。

z_1 ：傳動軸承載之質量比例（小車或大客車：0.6；貨車：0.375）；

z_2 ：-1（此數據不影響模擬結果）

z_3 ：-1（此數據不影響模擬結果）

6.1.2.2 輸入檔範例

假設國道 3 號公路在里程 60K+030 及 61K+580 兩地點之間，有一坡度不變之路段；坡度為 5%。模擬的第一行車方向之起點為 61K+580。終點為 60K+030。此外，此路段沒有平曲線。在這情況下，模擬半聯結車上坡速率所需要的輸入檔，可能如表 6.3 所示。

輸入檔資料之行列安排順序及每一行應設定的數據如表 6.2 所述。因為輸入資料是根據自由格式(free format)，所以每一數據的欄位(column)由使用者自由選擇，但數據之間必須最少有一空隔。本節說明每一行數據之性質。

表 6.3 模擬聯結車上坡速率之輸入檔案範例

1	(只模擬一行車方向)		
100	100	105	85 100 106
2.0	(每 2 秒輸出資料 1 次)		
5	(模擬車種為半聯結車)		
2	(2 地點有高程輸入值)		
1	61.580	0	(第一方向起點位置及高程)
2	60.030	77.5	(第一方向終點位置及高程)
0	(無平曲線)		
1	(用下列 1 行數據替代模擬參數之代表值)		
1	20000	200	0.85

表 6.3 有數行之數據必須進一步說明。此表第 2 行表示行車第一方向在起點(61K+580)的速率為 100 公里/小時，在平坦路段之下坡路段之車速各為 100 及 105 公里/小時。此外，第二方向在起點(60K+030)的速率為 85 公里/小時，在平坦及下坡路段之最高速率分別為 100 及 106 公里/小時。因為第一行之輸入值表示只模擬一行車方向（亦即從 61K+580 到 60K+030 之方向），所以第二方向之輸入值（起始及最高速率）不會影響模擬結果。

表 6.3 第 6 行表示第一方向在起點(61K+580)的高程為 0 公尺。第 7 行則表示同一方向終點(60K+030)的高程為 77.5 公尺。因為從起點到終點的距離為 1.55 公里(61.580 - 60.030)，高程之差距為 77.5 公尺，因此上述兩行之數據表示在起點與終點之間的坡度為 $+77.5/1550 = +0.05$ ，亦即 +5%。

表 6.3 最後一行表示模擬第一方向之速率時，模擬車輛之質量為 20,000 公斤，馬力為 200kW，動力傳送效率為 0.85。本例所用之動力傳送效率事實上與代表值相同。

如果另一模擬路段第一行車方向之起點在 149K+520，終點在 154K+580，起點與終點之間有上下坡，而且有一平曲線在 152K+280 及 152K+890 之間，則輸入檔可能如表 6.4 所示。

表 6.4 模擬上下坡速率之輸入檔範例

2	(模擬 2 行車方向)		
100	100	105	85 100 110
0.5	(每 0.5 秒輸出資料 1 次)		
5	(模擬半聯結車)		
53	(53 地點有高程輸入值)		
1	149.520	58.2	(第 1 地點之地點及高程)
2	149.540	58.7	
3	149.560	59.3	
4	149.580	58.5	
5	149.600	56.9	
...			
53	152.890	120.2	
1	(平曲線之數目)		
1	893	152.280	152.890 (第 1 平曲線之曲率半徑、起點及終點)
0	(不要改模擬參數之代表值)		

6.1.2.3 輸出檔

SOG 模式每 1/10 秒，估計車速並推進模擬車輛一次。輸出檔之內容包括各模擬方向在每一 1/10 秒結束時之車輛位置、車速、加速率，及所在地點之坡度。表 6.5 為輸出檔之一例。

如用三義路段幾何設計來模擬代表性聯結車（見表 6.1）北上的速率，並用如表 6.5 之輸出值製圖，則結果如圖 6-1 所示。從此圖可知北上聯結車從平坦地點進入上坡路段之後，速率約降低了 50 公里/小時。因此此路段的幾何設計不理想。SOG 模式可方便的用來評估不同坡度及坡長組合對大車速率之影響程度。

表 6.5 SOG 模式輸出檔之樣本

Simulation Direction: 1(模擬方向：1)				
1/10-s 步驟	位置(km)	速度(km/h)	加速率(m/s/s)	坡度(%)
1	2.776	99.9	-0.29	3.3
2	5.550	99.8	-0.29	3.3
3	8.320	99.7	-0.29	3.3
4	11.088	99.6	-0.29	3.3
5	13.853	99.5	-0.28	3.3
6	16.615	99.4	-0.28	3.3
7	19.374	99.3	-0.28	3.3
8	22.131	99.2	-0.28	3.3
9	24.884	99.1	-0.28	3.3
10	27.635	99.0	-0.28	3.3
11	30.383	98.9	-0.28	3.3
12	33.128	98.8	-0.28	3.3
13	35.870	98.7	-0.28	3.3
14	38.610	98.6	-0.28	3.3
15	41.347	98.5	-0.28	3.3
16	44.080	98.4	-0.28	3.3
17	46.812	98.3	-0.28	3.3
18	49.540	98.2	-0.28	3.3
19	52.266	98.1	-0.28	3.3
20	54.988	98.0	-0.28	3.3
21	57.709	97.9	-0.28	3.3
22	60.426	97.8	-0.27	3.3
23	63.143	97.9	0.29	-2.5
24	65.864	98.0	0.29	-2.5
25	68.587	98.1	0.29	-2.5
26	71.313	98.2	0.29	-2.5
27	74.042	98.3	0.29	-2.5
28	76.774	98.4	0.29	-2.5
29	79.509	98.5	0.29	-2.5
30	82.247	98.6	0.29	-2.5
31	84.987	98.7	0.29	-2.5
32	87.731	98.8	0.29	-2.5
33	90.477	98.9	0.29	-2.5
34	93.227	99.0	0.29	-2.5
35	95.979	99.1	0.29	-2.5
36	98.734	99.2	0.29	-2.5
37	101.492	99.3	0.29	-2.5
***CRITICAL Speed= 97.8 at Location (KM)= 60.426				

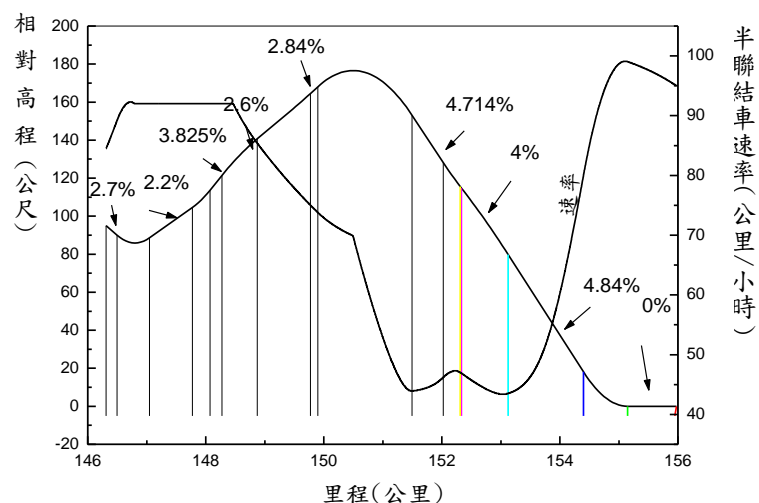


圖 6-1 三義路段北上半聯結車速率模擬值

6.1.3 代表性車輛在均勻上坡之速率

如果上坡路段的坡度不隨地點而變，則表 6.1 所列 4 種代表性車輛之速率與行車距離及坡度的關係可利用 SOG 模式來探討。結果如圖 6-2~圖 6-5 所示。這些圖假設一車輛進入一上坡路段時的速率為 120 公里/小時。但是事實上進入一上坡時之車速有很大的變化。所以如何用上述各圖協助評估幾何設計須進一步說明。

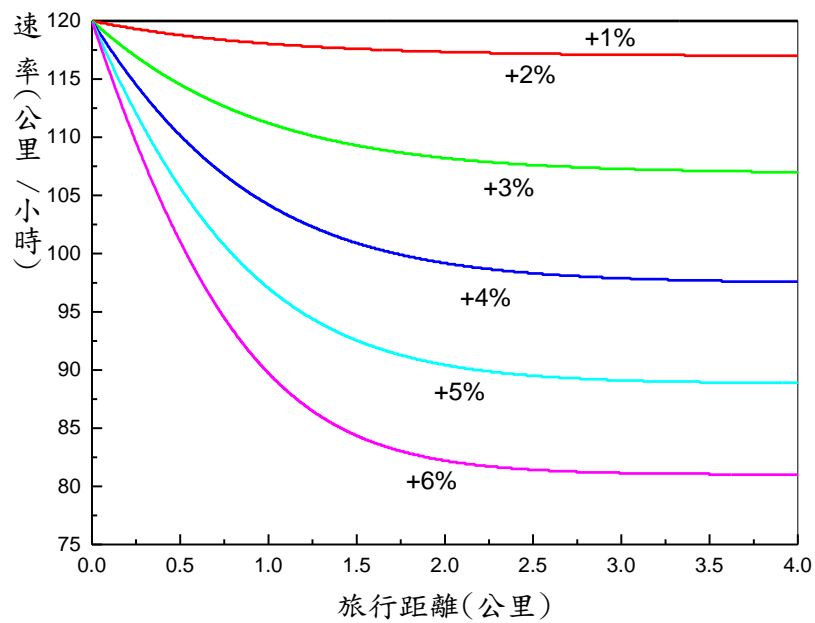


圖 6-2 代表性小車速率與上坡坡度及行車距離的關係

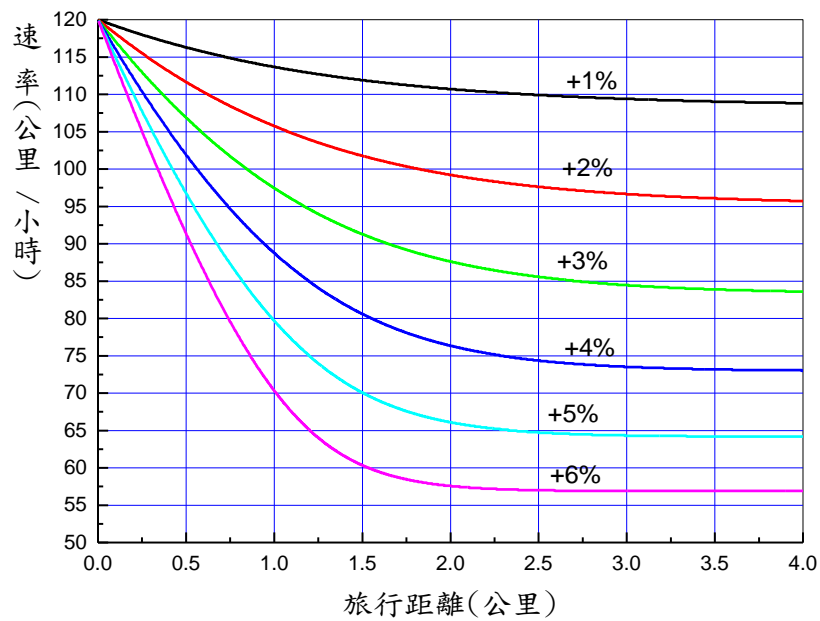


圖 6-3 代表性大客車速率與上坡坡度及行車距離的關係

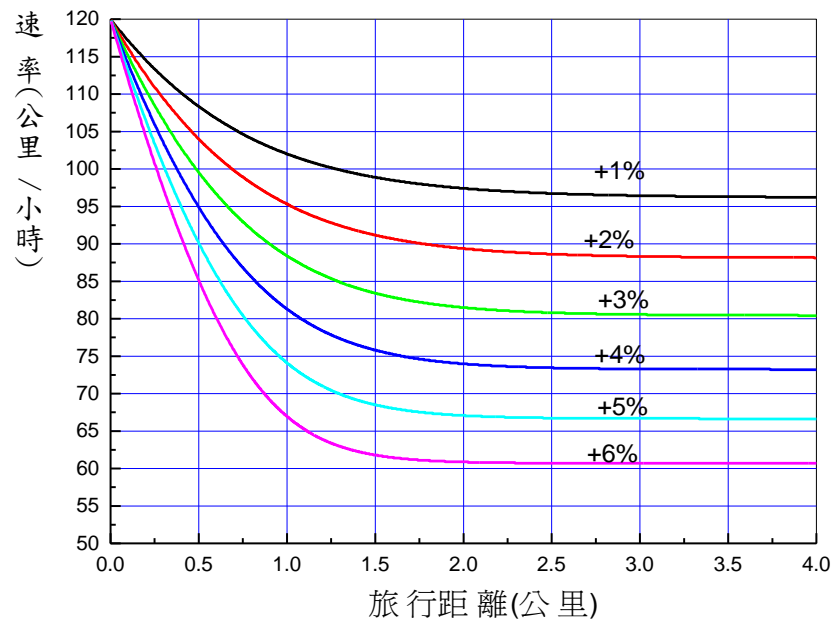


圖 6-4 代表性大貨車速率與上坡坡度及行車距離的關係

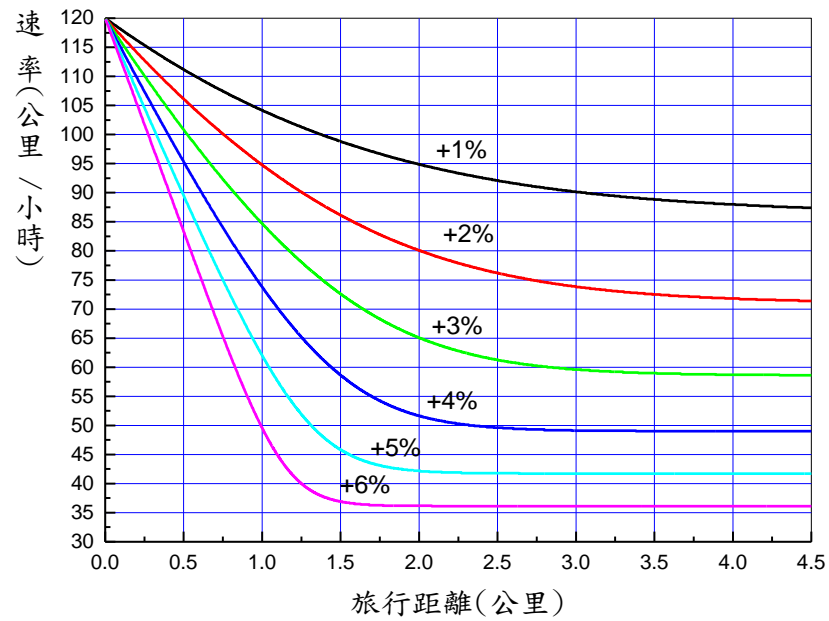


圖 6-5 代表性聯結車速率與上坡坡度及行車距離的關係

圖 6-2~圖 6-5 可以提供設計公路時，粗略分析坡度及坡長對不同車輛旅行速率之影響。以圖 6-6 所示，聯結車進入一坡度為 3% 之上坡路段為例。假設聯結車進入這種上坡路段時的速率為 87 公里/小時，此速率相當於從 120 公里/小時起始速率爬坡約 0.9 公里之後的速率。如坡長為 1 公里，則繼續爬坡到坡頂時的速率下降到 66 公里/小時。此範例顯示只要上坡路段有均勻的坡度，圖 6-2~6-5 可在廣泛的情況下，協助幾何設計的評估。

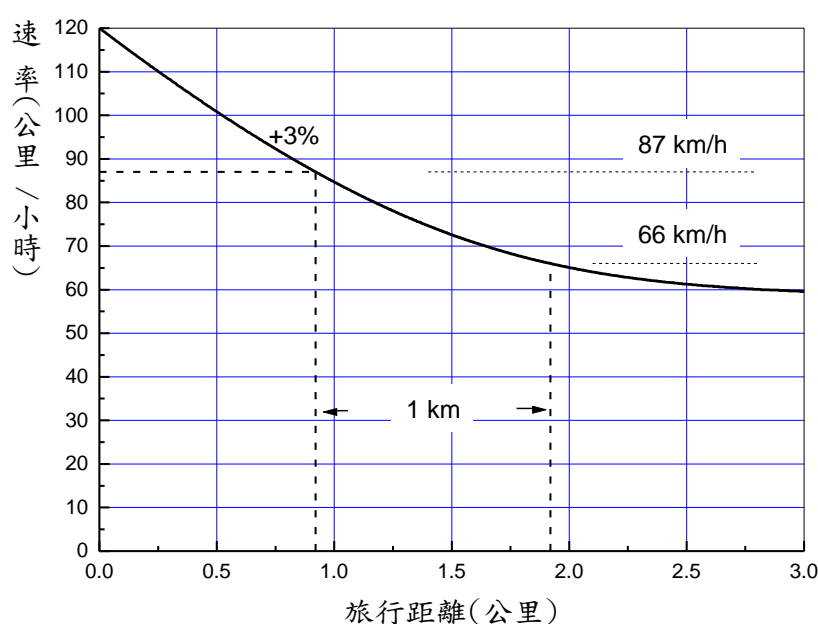


圖 6-6 圖 6-5 之應用範例

6.2 交通運作分析之應用

TGS 模式可彌補目前沒有適當工具來分析臺灣坡度路段容量及服務水準之困境。預計在 2015 年發展完成之後，TGS 模式可用來分析高速公路及雙車道公路平坦及坡度路段。將來若有其他類型公路（如快速道路、多車道公路等）上大車爬坡性能的資料，TGS 模式可很快的改良以增進其能模擬多種類型公路車流之功能。

應用 TGS 模式之主要工作在於建立一輸入資料檔，此檔之檔名設訂為 TGS.txt。附錄 D 說明資料檔的內容及建立。因為 TGS 模式正逐步改良中，所以資料檔的內容會隨時會更新。TGS 模式的使用者手冊將在 2015 年編定。

TGS 模式之輸入檔必須與執行檔 TGS.exe 放在電腦之同一子目錄中。快速按執行檔（檔名 TGS.exe）兩次之後所得的輸出檔檔名為 TGSout.txt。本節說明應用 TGS 模式分析容量及服務水準之一般程序及面臨的問題。

6.2.1 績效指標及服務水準

2011 年臺灣公路容量手冊用兩個績效指標劃分高速公路基本路段（交通運作不受進出口匝道或交織車流影響的路段）的服務水準。其中一指標為流率/容量比（Volume/Capacity ratio，簡稱 V/C 比。）另一指標為平均速率與速限的差距。根據這兩指標所訂定的服務水準等級劃分標準如表 6.6 及表 6.7 所示。

表 6.6 依據 V/C 比值之服務水準等級劃分標準

服務水準	V/C 比
A	≤ 0.35
B	$0.35 < V/C \leq 0.60$
C	$0.60 < V/C \leq 0.85$
D	$0.85 < V/C \leq 0.95$
E	$0.95 < V/C \leq 1.00$
F	> 1.00

資料來源：[1]。

表 6.7 根據速限與平均速率差距之服務水準等級劃分標準

服務水準	速限減平均速率（公里/小時）
1	≤ 5
2	6~10
3	11~15
4	16~25
5	26~35
6	> 35

資料來源：[1]。

坡度路段上之交通運作特性隨地點而變，因此依照表 6.6 及表 6.7 之標準評估坡度路段的交通運作時必須先決定用那一地點的 V/C 比及

平均速率。另外一牽涉到的問題是不同車道的服務品質並不相同。因此也須決定應分析個別車道或是用所有車道的平均作業績效訂定評估服務水準。本章 6.2.2 及 6.2.3 節進一步討論這兩問題。

為了配合容量分析及其他評估公路設施之需要，TGS 模式的輸出檔資料包括下列幾個項目：

- 1.離開一模擬節線時，各車道上車輛之平均旅行時間、流率及車種組成。
- 2.離開一模擬節線時，所有車道上車輛之總平均旅行時間、流率、車種組成及耗油量。
- 3.車輛通過模式使用者所指定之地點的車輛平均速率、流率及車種組成。

6.2.2 分析車道之選擇

不同車道有不同的運輸功能。例如流率相同時，內側車道上的平均速率通常高於外側車道上的速率。以圖 3-34 及圖 3-37 所示之流率與速率關係為例，同一流率時之內車道車輛平均速率比主線外車道均高 10 公里/小時，比爬坡道上之速率則約高 15 公里/小時。附錄圖 C-4 顯示三義南下外車道（第 3 車道）上之平均速率比爬坡道約高 15 公里/小時，因此內車道與爬坡道上平均速率的差距可能更大。

因為車道之運輸功能不同，所以理應分別評估不同車道的服務水準。但是這種分析方法會產生一個短期間難以克服的問題。以圖 3-34 所示之流率與速率關係為例，在同一時段內，內側車道的流率通常高於外側車道。內側車道在高流率時進入不穩定或壅塞狀況之後，其他車道的流率雖然相當低，但是車流也常隨著進入不穩定或壅塞狀況。最近幾年來高速公路偵測器資料未能明確的顯示不同車道之容量。

從另一角度而言，因為內側車道之流率高於外側車道之流率，所以在同一時段內，內外車道上平均速率的差距應比前述之 10~15 公里/小時還小。根據這現象及估計各別車道容量之困難，本計畫建議用所有車道之總容量、流率及平均速率評估服務水準。

6.2.3 評估地點之選擇

一坡度路段上之車流若有許多爬坡性能不佳的大車，則平均速率，甚至流率，可能隨地點而有顯著的變化。在這情況下，用一長路段的平均速率評估作業績效不能顯示出該路段交通運作的弱點。容量分析的對象應是上坡路段。

一般而言，自由旅行速率越高，一路段的容量及運輸功能較佳。因此，分析之一對象應該是上坡路段上自由速率最低之起點。此一地點可稱為瓶頸地點。這地點不一定在上坡路段之坡頂，其位置受幾何設計、車輛爬坡性能、上坡起點之速率等因素的影響。

如果上坡路段有一爬坡道，則爬坡道終點與主線車道匯流之處在需求流率大的狀況下可能是限制交通運作績效之地點，而不是上述速率最低之地點。此外，進口匝道與主線匯流之地點，甚至出口匝道與主線分流附近都可能是作業績效先惡化之地點。在分析一般高速公路時，這些地點都應是分析對象。但是 TGS 模式目前不模擬進出口匝道之車流。

分析坡度路段之一主要目的是探討上坡坡度及坡長組合對交通運作的影響。因此上坡起點或上坡上游之平坦路段也應列為分析對象之一。

總而言之，分析地點宜考慮上坡路段上游平坦路段之一地點，瓶頸地點及爬坡道終點與主線匯流之地點。

6.2.4 分析程序

利用 TGS 模式分析坡度路段的工作包括下列數項目：

1. 訂定瓶頸地點。
2. 估計平坦路段上車輛之平均自由速率及內車道只有小車時之容量。
3. 建立輸入檔。
4. 估計瓶頸地點及其他分析地點之容量。
5. 模擬並評估作業績效及服務水準。

上述工作中，輸入檔之建立說明於附錄 D 中。其他工作項目說明於下列數節。

6.2.4.1 訂定瓶頸地點

因為 TGS 模式尚無自動尋找瓶頸地點的功能，所以模式的使用者必須用 SOG 模式來訂定瓶頸地點。執行此工作之前必須選擇一爬坡性能差，而且使用分析路段之頻率不低的代表性車輛。一般而言，如一高速公路讓聯結車通行，則應使用表 6.1 所示之代表性聯結車來尋找瓶頸地點。國道 5 號高速公路只允許小車及大客車通行的路段則應採用表 6.1 所示之代表性大客車。

瓶頸地點為上坡路段上速率最低的地點。以圖 6-1 所示，三義北上路段為例，大車速率最低的地點大約在里程 151K+840 之處。

6.2.4.2 估計平坦路段平均自由速率及容量

TGS 模式根據速限設訂代表性平均自由速率。如果速限與一般駕駛員所判斷的安全速率相近，則小車之平均自由速率大約會比速限高 5~10 公里/小時左右，大車之平均自由速率也大約比速限約高 5 公里/小時。小車及大車之速限可能不一樣。

TGS 模式讓模式之使用者用輸入檔更改設定之平均自由速率代表值。可更改的平均自由速率包括：

1. 平坦路段內車道小車之平均自由速率，及
2. 平坦路段外車道大車之平均自由速率。

此外，TGS 模式要求模式使用者用輸入檔設定當路段沒有坡度而且內車道只有小車時之容量。此容量可隨路段而變。

TGS 模式根據平坦路段內車道小車之平均自由速率及同一車道只有小車時的容量訂定適用的緩衝時間與速率的關係。這關係對模擬的結果有很大的影響。因此本計畫後續工作中將進一步改進用來模擬跟車行為之緩衝時間與速率的關係。

內車道上只有小車時之容量與小車之平均自由速率有關係，但這關係受一路段下游幾何設計及車流狀況的影響。因此容量與自由速率的關係並不單純。本所尚未專案探討國道 5 號之外高速公路之流率與

速率的關係以修訂公路容量手冊中有關高速公路的章節，所以缺乏資料來訂定幾何設計類似國道 1 號及 3 號高速公路之路段的容量。根據高公局提供本計畫之偵測器資料，在沒有現場資料之情況下可考慮採用表 6.7 所列之容量。

表 6.8 無隧道、匝道及大車影響時，平坦內車道容量之估計值

自由速率（公里/小時）	容量（小車/小時）
110~115	2,150
100~105	2,050
~95	2,000
90	1,950

本所在 2011 年期間曾深入探討國道 5 號高速公路上隧道車流之流率與速率的關係[4]。此研究工作產生了一套在不同自由速率時，內外車道容量之估計值。根據這些估計值，本計畫建議參考表 6.8 所示的容量以模擬隧道內之跟車行為。

表 6.9 高速公路隧道內平坦內車道只有小車時之容量

自由速率（公里/小時）	容量（小車/小時）
90	1,360~1,650
85	1,325~1,520
80	1,240~1,480
75	1,150~1,460
70	1,020~1,150

資料來源：[4]。

6.2.4.3 估計瓶頸及其他分析地點之容量

TGS 模式讓使用者在每一節線設定 1 到 5 地點的資料蒐集站。模擬結束之後，此模式將每一站從各車道所蒐集的通過車輛數、車種及速率整合成流率、平均速率及車種組成。這些輸出資料可用來估計一分析地點之容量。

目前 TGS 模式沒有自動估計一分析地點之容量的功能。因此模式使用者必須用輸入檔逐漸調高從出發節點進入一節線的需求流率，直到通過一分析地點之流率不升反降為止。這模擬過程中通過分析地點

之最高流率為該地點之容量。

以三義北上路段為例。假設此路段有下列狀況：

- 1.瓶頸地點在 15K+500 處(坡度：+4.7%；離上坡起點約 3.7 公里；主線 3 車道；1 爬坡道)。
- 2.在平坦路段上小車跟車之緩衝時間與速率的關係可用圖 5-14 之曲線 A 來代表。
- 3.所有車輛中，大貨車及聯結車各佔 2.5%，其餘車輛為小車。
- 4.在平坦路段上內車道小車之平均自由速率為 105 公里/小時，外車道大車之平均自由速率為 90 公里/小時。

為了比較有坡度及沒坡度時之容量，上坡起點之上游 2 公里處及平坦路段上之一地點亦列為分析對象。

在上述情況下，模式使用者可先用一低的需求流率（如 4,000 輛/小時）當輸入值來模擬。隨後使用者可逐漸增加輸入需求流率，再度模擬。如每一需求流率之相關車流行為只用單一套隨機亂數來模擬，則結果如表 6.9 所示。

表 6.10 容量及 V/C 比值估計範例(95%小車；5%聯結車及大貨車)

輸入流率 (輛/小時)	瓶頸地點流率 (輛/小時)	V/C	平坦路段流率 (輛/小時)	V/C
4,000	3,967	0.67	3,992	0.66
4,500	4,482	0.75	4,507	0.74
4,800	4,835	0.81	4,799	0.79
5,000	5,040	0.84	4,984	0.82
5,200	5,184	0.87	5,180	0.85
5,400	5,355	0.90	5,386	0.89
5,600	5,578	0.94	5,582	0.92
5,800	5,753	0.97	5,785	0.95
5,900	5,867	0.99	5,877	0.97
6,000	5,980	1.00	5,985	0.99
6,100	5,670	1.02	6,084	1.00
6,200	5,010	1.04	4,907	1.02

註：1.瓶頸容量估計值=5,980 輛/小時。

2.平坦路段容量估計值=6,084 輛/小時。

從表 6.9 可知，如輸入流率不超過 6,000 輛/小時，則通過瓶頸地點及上坡起點的流率很接近需求流率。兩者之小差距可能是用單一套隨機

亂數之模擬結果不能充分代表能通過一分析地點的流率，也可能是因為從出發節點進入模擬路網之後，車流有擴散（慢車擋快車）之情形。

輸入流率超過 6,000 輛/小時之後，能通過瓶頸地點的流率顯著降低。這現象表示瓶頸地點之上游已進入壅塞狀況。相對而言，輸入流率超過 6,100 輛/小時之後平坦路段後才進入壅塞狀況。

從上述的模擬結果可知瓶頸地點的容量在 5,980 輛/小時左右，平坦地點之容量大約是 6,084 輛/小時。兩者差距不很大。其原因是爬坡性能很差的聯結車只佔總車輛之 2.5%。

根據容量的估計值，分析地點之 V/C 比可用輸入流率（亦即需求之流率）與容量之比值來估計。例如實際的需求流率為 5,400 輛/小時，瓶頸地點之容量為 5,980 輛/小時，則 V/C 比等於 0.90，如表 6.9 所示。

表 6.9 之分析範例似乎表示模式之使用者必須執行許多模擬才能可靠的估計容量。事實上，在分析高速公路沒有隧道之路段時，可在 2,000N 輛/小時需求流率之附近尋找可通過一分析地點之最高流率。上述 N 代表單向主線車道數。如果瓶頸地點在隧道內，則可從 1,500N 輛/小時之需求流率開始尋找可通過瓶頸之最高流率。

6.2.4.4 模擬並評估作業績效及服務水準

上述 V/C 比之估計值可根據表 6.6 之標準來訂定一服務水準等級（如 B 級）。此外，TGS 模式之輸出資料包括分析地點之平均速率。此估計值可直接根據表 6.7 訂定另一服務水準等級（如 2）。如果一分析地點從 V/C 比之觀點有 B 級之服務水準，從速限減掉平均速率之差距的觀點有第 2 級之服務水準，則分析地點之服務水準為 B2。

TGS 模式之輸出值資料亦包括車輛通過節線終點時之流率及車種組成，從節線起點到終點之平均速率，及車輛在各節線上之總耗油量。這些績效指標值也可用來比較變更幾何設計及運作策略的影響。

耗油量的估計值包括各節線上車輛的總耗油量（公克及公升）及平均每車公里之耗油量。這些估計值是根據第四章第 95、96 頁之粗糙模式所取得。

第七章 結論及建議

國內缺乏分析本土坡度路段交通運作績效的工具，因而難以推動修正臺灣公路容量手冊有關坡度路段章節之工作。為了解決這問題，本所於民國 102 年起展開一為期 3 年的研究工作以發展適用之模擬模式，本計畫為此工作之第 1 期工作，目的在於發展一可模擬高速公路不受匝道影響之坡度路段交通運作模擬模式。

本計畫之結論與建議說明如下：

7.1 結論

本年度已完成之工作項目，概述如下：

一、分析高速公路坡度路段車流特性

本計畫以高速公路現場調查資料、偵測器資料，及地磅站測重資料，訂立下列車流特性：

- 1.三義路段之自由速率、車種及車流之車道分布、流率與速率關係。
- 2.林口路段自由速率、流率與速率之關係。
- 3.國道 3 號大溪-龍潭坡度路段之流率與速率關係。
- 4.大型貨車車種及總重量分布。

二、發展高速公路坡度路段幾何設計及容量分析車流模擬模式

(一)坡度路段車流模擬模式 (Traffic-on-Grade Simulation Model，簡稱 TGS 模式)

TGS 模式可用來分析坡度路段交通運作隨地點及車道之變化。本報告第六章及附錄 D 分別說明 TGS 模式之應用及輸入檔的建立。應用此模式來評估容量及服務水準時須執行下列工作：

- (1)訂定瓶頸地點。
- (2)評估平坦路段上車輛之平均自由速率及內車道只有小車時之容量。
- (3)建立輸入檔。

(4)估計瓶頸地點及其他分析地點之容量。

(5)模擬並評估作業績效及服務水準。

TGS 模式模擬高速公路不受匝道路段之邏輯仍需要改善。其中須特別加強之處是跟車邏輯所用之緩衝時間與速率的關係。這些關係可從一路段的流率與速率關係來訂定。但實際的流率與速率關係有許多型態，如何訂定模擬應使用的型態，讓模式能方便而且可靠的使用，尚須進一步探討。

(二)坡度路段速率（Speed-on-Grade，簡稱 SOG）模式。

(1)SOG 模式是根據 TGS 模式中瞬間加速率邏輯所建立之模式。

(2)SOG 模式讓使用者估計代表車輛在上下坡路段的速率變化。

此模式可用來協助坡度路段之幾何設計，也需要用在容量分析過程中尋找瓶頸地點。SOG 模式之應用簡單。第六章說明此模式輸入檔之建立及應用。

(3)SOG 模式可很方便的用來估計特定車輛爬均勻上坡時速率隨行車距離之變化。如果沒有 SOG 模式之執行檔可用，圖 6-2~圖 6-5 可用來評估上坡坡長及坡度之組合。

三、訂定各代表性車輛質量與馬力比

- 1.本計畫訂定應用於公路幾何設計之聯結車、大貨車、大客車及小車的代表性車輛質量/馬力比分別為 125、64、75 及 50kg/kW。
- 2.聯結車（包括半聯結車及全聯結車）的代表性質量與馬力比 (125kg/kW)接近 AASHTO 所用代表性大車之質量與馬力比 (120kg/kW)。
- 3.大客車之質量與馬力比大於大貨車，因此預期代表性大客車比代表性大貨車有較差的爬坡性能。

7.2 建議

- 1.2011 年臺灣公路容量手冊用來分析高速公路的資料較為陳舊。現存的偵測器資料（如每 5 分鐘之流率及速率）不足於修訂有關的

章節。將來利用 TGS 模式協助建立更新的容量分析方法之前，也必須進一步利用可靠且充分的資料來微調該模式。因此建議未來宜建立一高速公路各種路段（如平坦及坡度路段）車流特性的資料庫。車流特性包括各車道每 5 分鐘之流率、速率、車種組成等交通資料，以及重車之總重量(gross weight)分布等資料。

2. 國內缺乏不同車種在不同行車狀況時加減速特性的研究。因此本計畫微調模式時必須參用國外資料（如貨車速率及行車距離之代表性關係）。各車種之重量、馬力，及在性質不同之路段（如進出口匝道、號誌路口等）加減速特性為幾何設計、容量分析及發展分析工具之重要參考資料。本計畫建議未來加強車輛性能基礎資料之蒐集，以建立代表性車輛之屬性及其行車行為。
3. 本計畫尚未找出適用於微觀模擬之本土車輛耗油率及排氣量模式。若未來能有更多的基礎資料，則能納入模擬模式以更合理估計能源消耗及環境汙染量。

參考文獻

- 1.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。
- 2.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 5 月。
- 3.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研究(1/3)」，100-78-1292，民國 100 年 5 月。
- 4.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研究(2/3)」，101-96-1315，民國 102 年 6 月。
- 5.交通部運輸研究所，「臺灣公路容量分析調查與軟體介面整合計畫」，102-95-1331，民國 102 年 4 月。
6. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D, C., 2011.
7. *Highway Capacity Manual 2010*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D, C., 2010.
8. *Heavy Vehicle Effects on Florida Freeways and Highways*, Research and Innovative Technology Administration, University Transportation Centers Program, Washington, D.C., 2011 (in progress).
9. *Heavy Vehicle Adjustment Factors for High Percentages of Trucks*. Report Submitted to Research and Innovative Technology Administration, University Transportation Centers Program, Washington, D.C., 2010.
10. *FGSV: Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual)* HBS 2001, Forschungsgesellschaft fuer Strassenund Verkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2002 (revised edition: 2005).
11. Brilon, W., and F. Weiser, *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.

12. *CORSIM/TRAFED*, Office of Operations Research, Federal Highway Administration, March 2001.
13. St. John, A.D., and Harwood, D.W. *TWOPAS User's Guide, 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, DC: Federal Highway Administration, 1986.
14. Dixon, M., S. Haderlie, Sarepalli, S. S. K. *Using TWOPAS Simulation Model to Provide Design and Operations Information on the Performance of Idaho's Two-Lane Highways*. Final Report Submitted to Idaho Department of Transportation, 2003.
15. Brannolte, U., *Simulation program LASI*. Bauhaus-University of Weimar, 1996.
16. Washburn, S. S., and J. Li., *Development of a Simulation Program for Two-Lane Highway Analysis*. Final Report, Center for Multimodal Solutions for Congestion Mitigation, University of Florida, Gainesville, Florida, 2010.
- 17.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研究(3/3)」，102-94-1330，民國 102 年 4 月。
18. 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.
- 19.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。
- 20.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)」，IOT-94-PBB002，民國 95 年 7 月。
21. Poplin, W. M., *Acceleration of Heavy Trucks*, www.wpoplin.com., Accessed on June 9, 2013.
- 22.Volvo(2012), [Http://www.VolVotrucks.com/sitecollectionDocuments](http://www.VolVotrucks.com/sitecollectionDocuments), Accessed June 18, 2012.
23. 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.
24. Fitch, J. W., *Motor Truck Engineering Handbook*, 4th Ed., Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1994.
 25. Garber, N. J., and Hoel, L. A., *Traffic & Highway Engineering*, 4th Edition, Cengage Learning, 2009.
 26. Mannering, F. L., Washburn, S. S. and Kilareski, W. P., *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*, 4th Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2009.
 27. Noon, R. K., *Forensic Engineering Investigation*, CRC Press, 2002.
 28. Ottesen, J. L., *Speed Reduction Model for a U.S. Operating-Speed-Based Design Consistency Procedure on Two-Lane Rural Highways*, Master of Science Thesis. Texas A&M University, College Station, Texas, 1993.
 29. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2004.
 30. *Traffic Engineering Handbook*, 5th Ed., Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 2007.
 31. *Review of Truck Characteristics as Factors in Roadway Design*, NCHRP Report 505, Transportation Research Board, Washington, D. C., 2003.
 32. Pignataro, L. J., *Traffic Engineering-Theory and Practice*, Prentice-Hall, Inc., Engle-Wood Cliffs, N. J., 1973.

附錄 A、三義坡度路段南向車流與車種之車道分布

附表 A-1 三義南向車流與車種之車道分布(147K+280; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	612	44.0	4	0.9	4	1.3	0	0.0
to	2	612	44.0	100	21.4	56	17.9	44	28.2
14:50	3	168	12.1	364	77.8	252	80.8	112	71.8
TOTAL=		1392	100.0	468	100.0	312	100.0	156	100.0
14:50	1	624	40.5	8	1.9	8	2.5	0	0.0
to	2	688	44.7	116	26.9	72	22.8	44	37.9
15: 5	3	228	14.8	308	71.3	236	74.7	72	62.1
TOTAL=		1540	100.0	432	100.0	316	100.0	116	100.0
15: 5	1	764	45.0	8	1.8	8	2.4	0	0.0
to	2	736	43.4	92	21.1	68	20.0	24	25.0
15:20	3	196	11.6	336	77.1	264	77.6	72	75.0
TOTAL=		1696	100.0	436	100.0	340	100.0	96	100.0
15:20	1	676	41.4	8	2.1	8	2.9	0	0.0
to	2	720	44.1	68	17.5	44	15.9	24	21.4
15:35	3	236	14.5	312	80.4	224	81.2	88	78.6
TOTAL=		1632	100.0	388	100.0	276	100.0	112	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-2 三義南向車流與車種之車道分布(149K+570; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	472	34.3	4	0.9	4	1.3	0	0.0
to	2	492	35.8	12	2.8	12	4.0	0	0.0
14:50	3	108	7.8	248	57.4	160	53.3	88	66.7
	4	304	22.1	168	38.9	124	41.3	44	33.3
TOTAL=		1376	100.0	432	100.0	300	100.0	132	100.0
14:50	1	464	28.7	4	0.9	4	1.4	0	0.0
to	2	692	42.8	32	7.4	32	11.0	0	0.0
15: 5	3	196	12.1	240	55.6	136	46.6	104	74.3
	4	264	16.3	156	36.1	120	41.1	36	25.7
TOTAL=		1616	100.0	432	100.0	292	100.0	140	100.0
15: 5	1	392	24.3	12	3.1	12	4.1	0	0.0
to	2	748	46.3	8	2.0	8	2.7	0	0.0
15:20	3	216	13.4	188	48.0	128	43.8	60	60.0
	4	260	16.1	184	46.9	144	49.3	40	40.0
TOTAL=		1616	100.0	392	100.0	292	100.0	100	100.0
15:20	1	572	34.5	8	2.0	8	3.1	0	0.0
to	2	632	38.2	20	5.1	20	7.8	0	0.0
15:35	3	212	12.8	204	52.0	124	48.4	80	58.8
	4	240	14.5	160	40.8	104	40.6	56	41.2
TOTAL=		1656	100.0	392	100.0	256	100.0	136	100.0

附表 A-3 三義南向車流與車種之車道分布(151K+735; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	488	37.7	20	4.7	20	6.8	0	0.0
to	2	576	44.4	32	7.5	32	11.0	0	0.0
14:50	3	232	17.9	376	87.9	240	82.2	136	100.0
TOTAL=		1296	100.0	428	100.0	292	100.0	136	100.0
14:50	1	620	38.3	12	2.4	12	3.2	0	0.0
to	2	764	47.2	72	14.6	48	12.8	24	20.7
15: 5	3	236	14.6	408	82.9	316	84.0	92	79.3
TOTAL=		1620	100.0	492	100.0	376	100.0	116	100.0
15: 5	1	532	35.0	24	5.8	24	7.0	0	0.0
to	2	744	48.9	44	10.7	28	8.1	16	23.5
15:20	3	244	16.1	344	83.5	292	84.9	52	76.5
TOTAL=		1520	100.0	412	100.0	344	100.0	68	100.0
15:20	1	600	34.8	36	8.6	36	11.1	0	0.0
to	2	800	46.4	60	14.3	48	14.8	12	12.5
15:35	3	324	18.8	324	77.1	240	74.1	84	87.5
TOTAL=		1724	100.0	420	100.0	324	100.0	96	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-4 三義南向車流與車種之車道分布(152K+485; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	508	37.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	664	49.1	20	5.1	20	8.2	0	0.0
14:50	3	180	13.3	372	94.9	224	91.8	148	100.0
TOTAL=		1352	100.0	392	100.0	244	100.0	148	100.0
14:50	1	672	40.6	8	1.7	8	2.4	0	0.0
to	2	800	48.3	60	12.6	60	17.6	0	0.0
15: 5	3	184	11.1	408	85.7	272	80.0	136	100.0
TOTAL=		1656	100.0	476	100.0	340	100.0	136	100.0
15: 5	1	600	40.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	704	47.4	36	9.2	36	12.2	0	0.0
15:20	3	180	12.1	356	90.8	260	87.8	96	100.0
TOTAL=		1484	100.0	392	100.0	296	100.0	96	100.0
15:20	1	668	38.4	4	1.1	4	1.5	0	0.0
to	2	832	47.8	48	12.8	44	16.7	4	3.6
15:35	3	240	13.8	324	86.2	216	81.8	108	96.4
TOTAL=		1740	100.0	376	100.0	264	100.0	112	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-5 三義南向車流與車種之車道分布(154K+020; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	612	44.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	604	44.2	44	10.5	36	13.8	8	5.0
14:50	3	152	11.1	376	89.5	224	86.2	152	95.0
TOTAL=		1368	100.0	420	100.0	260	100.0	160	100.0
14:50	1	684	43.2	8	1.8	8	2.4	0	0.0
to	2	708	44.7	36	7.9	12	3.6	24	20.0
15: 5	3	192	12.1	412	90.4	316	94.0	96	80.0
TOTAL=		1584	100.0	456	100.0	336	100.0	120	100.0
15: 5	1	628	41.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	680	45.0	52	13.0	32	11.0	20	18.5
15:20	3	204	13.5	348	87.0	260	89.0	88	81.5
TOTAL=		1512	100.0	400	100.0	292	100.0	108	100.0
15:20	1	716	41.1	12	2.9	12	4.4	0	0.0
to	2	828	47.5	52	12.5	20	7.4	32	22.2
15:35	3	200	11.5	352	84.6	240	88.2	112	77.8
TOTAL=		1744	100.0	416	100.0	272	100.0	144	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-6 三義南向車流與車種之車道分布(147+280; 2012/01/23)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1692	36.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1764	37.9	8	8.3	0	0.0	8	18.2
14:50	3	1200	25.8	88	91.7	52	100.0	36	81.8
TOTAL=		4656	100.0	96	100.0	52	100.0	44	100.0
14:50	1	1820	36.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1868	37.3	16	10.0	8	8.0	8	13.3
15: 5	3	1324	26.4	144	90.0	92	92.0	52	86.7
TOTAL=		5012	100.0	160	100.0	100	100.0	60	100.0
15: 5	1	1768	37.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1756	37.0	24	18.2	8	10.0	16	30.8
15:20	3	1220	25.7	108	81.8	72	90.0	36	69.2
TOTAL=		4744	100.0	132	100.0	80	100.0	52	100.0
15:20	1	1828	37.6	4	3.3	4	6.2	0	0.0
to	2	1792	36.9	28	23.3	0	0.0	28	50.0
15:35	3	1240	25.5	88	73.3	60	93.8	28	50.0
TOTAL=		4860	100.0	120	100.0	64	100.0	56	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-7 三義南向車流與車種之車道分布(149K+570; 2012/01/23)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1428	30.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1396	30.1	4	3.7	4	5.6	0	0.0
14:50	3	916	19.8	68	63.0	40	55.6	28	77.8
	4	892	19.3	36	33.3	28	38.9	8	22.2
TOTAL=		4632	100.0	108	100.0	72	100.0	36	100.0
14:50	1	1484	30.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1520	31.2	4	2.6	4	4.5	0	0.0
15: 5	3	1048	21.5	92	60.5	40	45.5	52	81.2
	4	820	16.8	56	36.8	44	50.0	12	18.8
TOTAL=		4872	100.0	152	100.0	88	100.0	64	100.0
15: 5	1	1412	30.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1472	32.1	8	6.1	8	9.5	0	0.0
15:20	3	852	18.6	96	72.7	52	61.9	44	91.7
	4	852	18.6	28	21.2	24	28.6	4	8.3
TOTAL=		4588	100.0	132	100.0	84	100.0	48	100.0
15:20	1	1520	30.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1572	31.6	4	3.1	4	4.3	0	0.0
15:35	3	1056	21.2	88	68.8	52	56.5	36	100.0
	4	828	16.6	36	28.1	36	39.1	0	0.0
TOTAL=		4976	100.0	128	100.0	92	100.0	36	100.0

附表 A-8 三義南向車流與車種之車道分布(150K+990; 2012/01/23)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1476	31.5	40	25.6	40	45.5	0	0.0
to	2	1624	34.6	28	17.9	12	13.6	16	23.5
14:50	3	1244	26.5	72	46.2	28	31.8	44	64.7
	4	344	7.3	16	10.3	8	9.1	8	11.8
TOTAL=		4688	100.0	156	100.0	88	100.0	68	100.0
14:50	1	1608	31.7	32	20.0	32	33.3	0	0.0
to	2	1748	34.5	20	12.5	4	4.2	16	25.0
15: 5	3	1360	26.8	88	55.0	44	45.8	44	68.8
	4	356	7.0	20	12.5	16	16.7	4	6.2
TOTAL=		5072	100.0	160	100.0	96	100.0	64	100.0
15: 5	1	1460	32.2	68	31.5	68	48.6	0	0.0
to	2	1568	34.5	28	13.0	8	5.7	20	26.3
15:20	3	1208	26.6	108	50.0	56	40.0	52	68.4
	4	304	6.7	12	5.6	8	5.7	4	5.3
TOTAL=		4540	100.0	216	100.0	140	100.0	76	100.0
15:20	1	1572	31.3	28	18.9	28	36.8	0	0.0
to	2	1760	35.1	16	10.8	8	10.5	8	11.1
15:35	3	1292	25.7	100	67.6	40	52.6	60	83.3
	4	396	7.9	4	2.7	0	0.0	4	5.6
TOTAL=		5020	100.0	148	100.0	76	100.0	72	100.0

附表 A-9 三義南向車流與車種之車道分布(151K+735; 2012/01/23)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1744	36.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1868	38.7	24	21.4	12	23.1	12	20.0
14:50	3	1212	25.1	88	78.6	40	76.9	48	80.0
TOTAL=		4824	100.0	112	100.0	52	100.0	60	100.0
14:50	1	1884	36.7	16	11.8	16	23.5	0	0.0
to	2	1952	38.0	32	23.5	4	5.9	28	41.2
15: 5	3	1300	25.3	88	64.7	48	70.6	40	58.8
TOTAL=		5136	100.0	136	100.0	68	100.0	68	100.0
15: 5	1	1724	37.4	4	2.5	4	3.7	0	0.0
to	2	1752	38.0	48	30.0	20	18.5	28	53.8
15:20	3	1132	24.6	108	67.5	84	77.8	24	46.2
TOTAL=		4608	100.0	160	100.0	108	100.0	52	100.0
15:20	1	1856	36.7	4	3.3	4	5.6	0	0.0
to	2	1880	37.2	24	20.0	16	22.2	8	16.7
15:35	3	1316	26.0	92	76.7	52	72.2	40	83.3
TOTAL=		5052	100.0	120	100.0	72	100.0	48	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 A-10 三義南向車流與車種之車道分布(152K485; 2012/01/23)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1872	39.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1800	37.5	16	14.8	16	50.0	0	0.0
14:50	3	1124	23.4	92	85.2	16	50.0	76	100.0
TOTAL=		4796	100.0	108	100.0	32	100.0	76	100.0
14:50	1	1948	38.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1932	37.9	24	18.8	24	42.9	0	0.0
15: 5	3	1212	23.8	104	81.2	32	57.1	72	100.0
TOTAL=		5092	100.0	128	100.0	56	100.0	72	100.0
15: 5	1	1800	38.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1736	37.5	36	23.7	32	38.1	4	5.9
15:20	3	1088	23.5	116	76.3	52	61.9	64	94.1
TOTAL=		4624	100.0	152	100.0	84	100.0	68	100.0
15:20	1	1892	37.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1880	37.2	32	26.7	32	80.0	0	0.0
15:35	3	1276	25.3	88	73.3	8	20.0	80	100.0
TOTAL=		5048	100.0	120	100.0	40	100.0	80	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附錄 B、三義坡度路段北向車流與車種之車道分布

附表 B-1 三義北向車流與車種之車道分布(154K+980 ; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	696	43.7	12	3.2	12	5.0	0	0.0
to	2	708	44.5	96	25.3	56	23.3	40	28.6
14:50	3	188	11.8	272	71.6	172	71.7	100	71.4
TOTAL=		1592	100.0	380	100.0	240	100.0	140	100.0
14:50	1	776	48.1	8	1.9	8	3.5	0	0.0
to	2	732	45.4	88	21.2	44	19.3	44	23.4
15: 5	3	104	6.5	320	76.9	176	77.2	144	76.6
TOTAL=		1612	100.0	416	100.0	228	100.0	188	100.0
15: 5	1	824	50.1	8	1.7	8	3.1	0	0.0
to	2	696	42.3	136	28.3	80	31.2	56	25.0
15:20	3	123	7.5	336	70.0	168	65.6	168	75.0
TOTAL=		1644	100.0	480	100.0	256	100.0	224	100.0
15:20	1	708	45.3	8	1.8	8	3.6	0	0.0
to	2	708	45.3	124	28.2	72	32.7	52	23.6
15:35	3	147	9.5	308	70.0	140	63.6	168	76.4
TOTAL=		1564	100.0	440	100.0	220	100.0	220	100.0

附表 B-2 三義北向車流與車種之車道分布(153K+480; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	628	40.4	4	1.1	4	2.0	0	0.0
to	2	680	43.7	32	8.8	20	9.8	12	7.5
14:50	3	196	12.6	172	47.3	100	49.0	72	45.0
	4	52	3.3	156	42.9	80	39.2	76	47.5
TOTAL=		1556	100.0	364	100.0	204	100.0	160	100.0
14:50	1	692	42.5	8	1.9	8	3.5	0	0.0
to	2	700	43.0	32	7.8	16	7.0	16	8.7
15: 5	3	220	13.5	208	50.5	131	57.9	76	41.3
	4	15	1.0	164	39.8	72	31.6	92	50.0
TOTAL=		1628	100.0	412	100.0	227	100.0	184	100.0
15: 5	1	720	43.5	4	0.9	4	1.6	0	0.0
to	2	700	42.3	56	12.2	36	14.3	20	9.6
15:20	3	200	12.1	208	45.2	132	52.4	76	36.5
	4	35	2.2	192	41.7	80	31.7	112	53.8
TOTAL=		1656	100.0	460	100.0	252	100.0	208	100.0
15:20	1	684	41.6	4	1.0	4	2.0	0	0.0
to	2	696	42.3	48	11.7	24	11.8	24	11.5
15:35	3	232	14.1	208	50.5	116	56.9	92	44.2
	4	32	1.9	152	36.9	60	29.4	92	44.2
TOTAL=		1644	100.0	412	100.0	204	100.0	208	100.0

附表 B-3 三義北向車流與車種之車道分布(151K+195; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	548	36.9	4	1.1	4	1.8	0	0.0
to	2	616	41.5	36	9.9	36	15.8	0	0.0
14:50	3	240	16.2	172	47.3	112	49.1	60	44.1
	4	80	5.4	152	41.8	76	33.3	76	55.9
TOTAL=		1484	100.0	364	100.0	228	100.0	136	100.0
14:50	1	668	38.4	4	1.0	4	1.5	0	0.0
to	2	716	41.1	36	8.7	24	9.1	12	8.1
15: 5	3	256	14.7	204	49.5	164	62.1	40	27.0
	4	100	5.7	168	40.8	72	27.3	96	64.9
TOTAL=		1740	100.0	412	100.0	264	100.0	148	100.0
15: 5	1	688	43.5	4	0.9	4	1.6	0	0.0
to	2	604	38.2	52	12.1	36	14.5	16	8.9
15:20	3	228	14.4	208	48.6	144	58.1	64	35.6
	4	60	3.8	164	38.3	64	25.8	100	55.6
TOTAL=		1580	100.0	428	100.0	248	100.0	180	100.0
15:20	1	700	41.3	4	0.9	4	1.5	0	0.0
to	2	676	39.9	64	14.0	36	13.6	28	14.6
15:35	3	244	14.4	236	51.8	152	57.6	84	43.8
	4	76	4.5	152	33.3	72	27.3	80	41.7
TOTAL=		1696	100.0	456	100.0	264	100.0	192	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 B-4 三義北向車流與車種之車道分布(148K+990; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	636	42.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	676	44.7	84	24.7	60	26.3	24	21.4
14:50	3	200	13.2	256	75.3	168	73.7	88	78.6
TOTAL=		1512	100.0	340	100.0	228	100.0	112	100.0
14:50	1	792	45.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	708	40.6	128	28.8	104	34.2	24	17.1
15: 5	3	244	14.0	316	71.2	200	65.8	116	82.9
TOTAL=		1744	100.0	444	100.0	304	100.0	140	100.0
15: 5	1	684	42.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	728	45.6	88	23.7	68	29.3	20	14.3
15:20	3	184	11.5	284	76.3	164	70.7	120	85.7
TOTAL=		1596	100.0	372	100.0	232	100.0	140	100.0
15:20	1	772	42.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	816	45.1	148	31.4	92	27.4	56	41.2
15:35	3	220	12.2	324	68.6	244	72.6	80	58.8
TOTAL=		1808	100.0	472	100.0	336	100.0	136	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 B-5 三義北向車流與車種之車道分布(147K520; 2012/02/29)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	664	43.8	8	2.0	8	3.4	0	0.0
to	2	680	44.9	68	17.3	32	13.8	36	22.5
14:50	3	172	11.3	316	80.6	192	82.8	124	77.5
TOTAL=		1516	100.0	392	100.0	232	100.0	160	100.0
14:50	1	776	44.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	780	45.0	76	17.1	40	13.7	36	23.7
15: 5	3	176	10.2	368	82.9	252	86.3	116	76.3
TOTAL=		1732	100.0	444	100.0	292	100.0	152	100.0
15: 5	1	700	44.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	688	44.0	92	24.5	48	24.5	44	24.4
15:20	3	176	11.3	284	75.5	148	75.5	136	75.6
TOTAL=		1564	100.0	376	100.0	196	100.0	180	100.0
15:20	1	816	46.0	12	2.4	12	3.8	0	0.0
to	2	768	43.3	88	17.3	32	10.1	56	29.2
15:35	3	188	10.6	408	80.3	272	86.1	136	70.8
TOTAL=		1772	100.0	508	100.0	316	100.0	192	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 B-6 三義北向車流與車種之車道分布(154K+980; 2012/02/26)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1276	42.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1212	40.0	96	30.4	32	25.8	64	33.3
14:50	3	544	17.9	220	69.6	92	74.2	128	66.7
TOTAL=		3032	100.0	316	100.0	124	100.0	192	100.0
14:50	1	1228	42.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1176	40.7	60	20.5	12	11.5	48	25.5
15: 5	3	488	16.9	232	79.5	92	88.5	140	74.5
TOTAL=		2892	100.0	292	100.0	104	100.0	188	100.0
15: 5	1	1304	42.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1268	41.3	56	15.6	16	12.1	40	17.5
15:20	3	496	16.2	304	84.4	116	87.9	188	82.5
TOTAL=		3068	100.0	360	100.0	132	100.0	228	100.0
15:20	1	1256	40.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1212	39.5	48	19.0	0	0.0	48	24.5
15:35	3	600	19.6	204	81.0	56	100.0	148	75.5
TOTAL=		3068	100.0	252	100.0	56	100.0	196	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 B-7 三義北向車流與車種之車道分布(153K+480; 2012/02/26)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1140	37.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1108	36.0	20	7.2	8	10.0	12	6.1
14:50	3	668	21.7	156	56.5	40	50.0	116	59.2
	4	164	5.3	100	36.2	32	40.0	68	34.7
TOTAL=		3080	100.0	276	100.0	80	100.0	196	100.0
14:50	1	1004	35.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1060	36.9	8	2.9	4	5.0	4	2.1
15: 5	3	644	22.4	168	61.8	40	50.0	128	66.7
	4	164	5.7	96	35.3	36	45.0	60	31.2
TOTAL=		2872	100.0	272	100.0	80	100.0	192	100.0
15: 5	1	1136	37.3	4	1.1	4	3.4	0	0.0
to	2	1092	35.8	28	7.9	4	3.4	24	10.0
15:20	3	628	20.6	184	51.7	48	41.4	136	56.7
	4	192	6.3	140	39.3	60	51.7	80	33.3
TOTAL=		3048	100.0	356	100.0	116	100.0	240	100.0
15:20	1	1124	36.8	4	1.6	4	5.9	0	0.0
to	2	1092	35.7	16	6.5	0	0.0	16	8.9
15:35	3	632	20.7	128	51.6	36	52.9	92	51.1
	4	208	6.8	100	40.3	28	41.2	72	40.0
TOTAL=		3056	100.0	248	100.0	68	100.0	180	100.0

附表 B-8 三義北向車流與車種之車道分布(151K+195; 2012/02/26)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1104	36.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	988	32.5	24	10.5	12	12.5	12	9.1
14:50	3	608	20.0	136	59.6	60	62.5	76	57.6
	4	340	11.2	68	29.8	24	25.0	44	33.3
TOTAL=		3040	100.0	228	100.0	96	100.0	132	100.0
14:50	1	996	34.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	980	34.3	24	7.9	4	4.0	20	9.8
15: 5	3	496	17.3	180	59.2	80	80.0	100	49.0
	4	388	13.6	100	32.9	16	16.0	84	41.2
TOTAL=		2860	100.0	304	100.0	100	100.0	204	100.0
15: 5	1	1116	36.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1000	32.6	32	9.9	16	15.4	16	7.3
15:20	3	572	18.6	196	60.5	72	69.2	124	56.4
	4	384	12.5	96	29.6	16	15.4	80	36.4
TOTAL=		3072	100.0	324	100.0	104	100.0	220	100.0
15:20	1	1120	36.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1032	33.6	44	17.7	4	4.2	40	26.3
15:35	3	596	19.4	152	61.3	68	70.8	84	55.3
	4	324	10.5	52	21.0	24	25.0	28	18.4
TOTAL=		3072	100.0	248	100.0	96	100.0	152	100.0

附表 B-9 三義北向車流與車種之車道分布(148K+990; 2012/02/26)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1328	41.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1260	38.9	80	31.7	48	24.5	32	57.1
14:50	3	652	20.1	172	68.3	148	75.5	24	42.9
TOTAL=		3240	100.0	252	100.0	196	100.0	56	100.0
14:50	1	1220	40.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1132	37.7	108	38.0	44	21.6	64	80.0
15: 5	3	648	21.6	176	62.0	160	78.4	16	20.0
TOTAL=		3000	100.0	284	100.0	204	100.0	80	100.0
15: 5	1	1392	42.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1264	38.3	144	43.9	60	27.8	84	75.0
15:20	3	644	19.5	184	56.1	156	72.2	28	25.0
TOTAL=		3300	100.0	328	100.0	216	100.0	112	100.0
15:20	1	1408	41.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1276	37.4	132	45.8	52	28.3	80	76.9
15:35	3	724	21.2	156	54.2	132	71.7	24	23.1
TOTAL=		3408	100.0	288	100.0	184	100.0	104	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附表 B-10 三義北向車流與車種之車道分布(147K+520; 2012/02/26)

時間	車道	小 車		所有大車		大客車		大型貨車	
		流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)	流量	(%)
14:35	1	1372	43.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1264	39.6	36	14.5	12	6.8	24	33.3
14:50	3	552	17.3	212	85.5	164	93.2	48	66.7
TOTAL=		3188	100.0	248	100.0	176	100.0	72	100.0
14:50	1	1340	44.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1160	38.1	84	26.9	24	14.0	60	42.9
15: 5	3	548	18.0	228	73.1	148	86.0	80	57.1
TOTAL=		3048	100.0	312	100.0	172	100.0	140	100.0
15: 5	1	1400	43.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
to	2	1236	38.6	148	38.1	36	17.6	112	60.9
15:20	3	568	17.7	240	61.9	168	82.4	72	39.1
TOTAL=		3204	100.0	388	100.0	204	100.0	184	100.0
15:20	1	1420	40.9	4	1.4	4	2.3	0	0.0
to	2	1348	38.8	84	29.6	28	15.9	56	51.9
15:35	3	704	20.3	196	69.0	144	81.8	52	48.1
TOTAL=		3472	100.0	284	100.0	176	100.0	108	100.0

註：流量單位為輛/小時。

附錄 C、三義坡度路段流率與速率關係圖

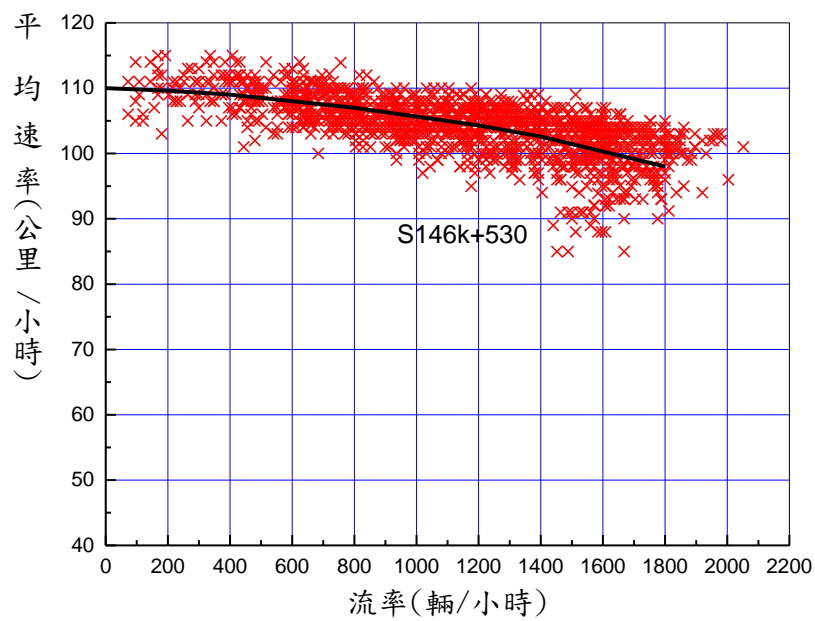


圖 C-1 南向 146K+530 車道 1 小車之流率與速率關係

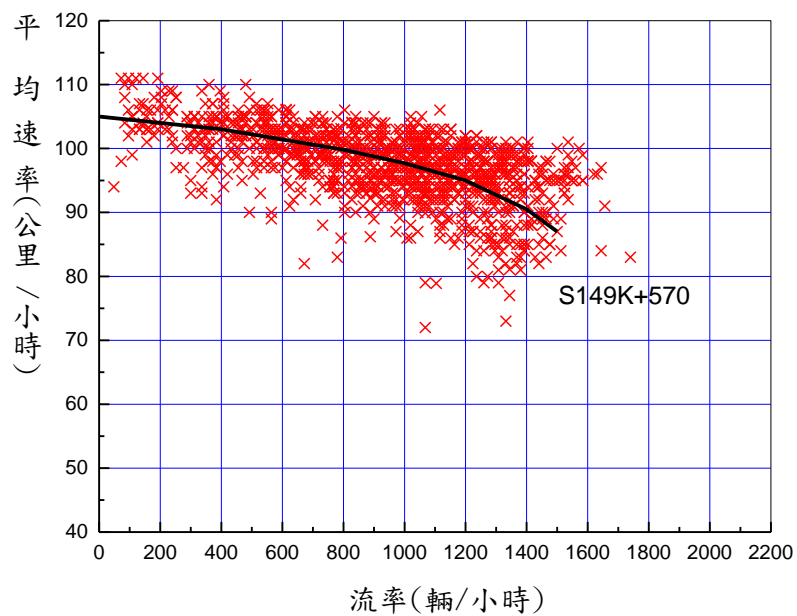


圖 C-2 南向 149K+570 車道 1 小車之流率與速率關係

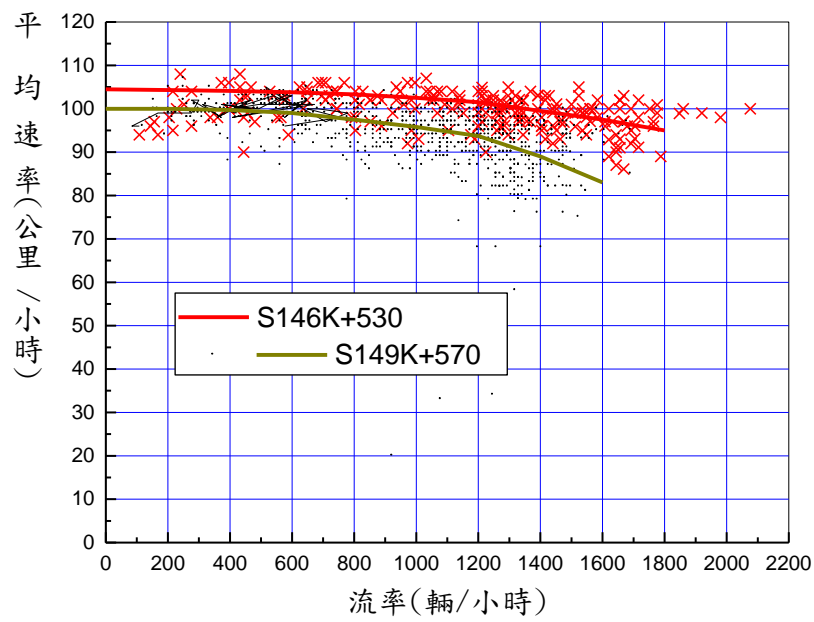


圖 C-3 南向 146K+530 及 149K+570 車道 2 小車之流率與速率關係

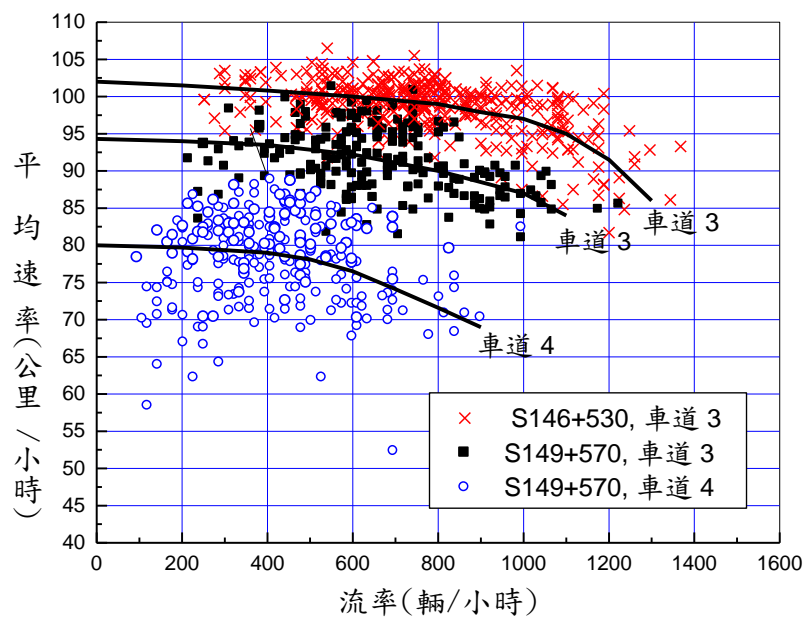


圖 C-4 南向 146K+530 車道 3 及 149K+570 車道 3 與車道 4 (大車 20%~30%) 之流率與速率關係

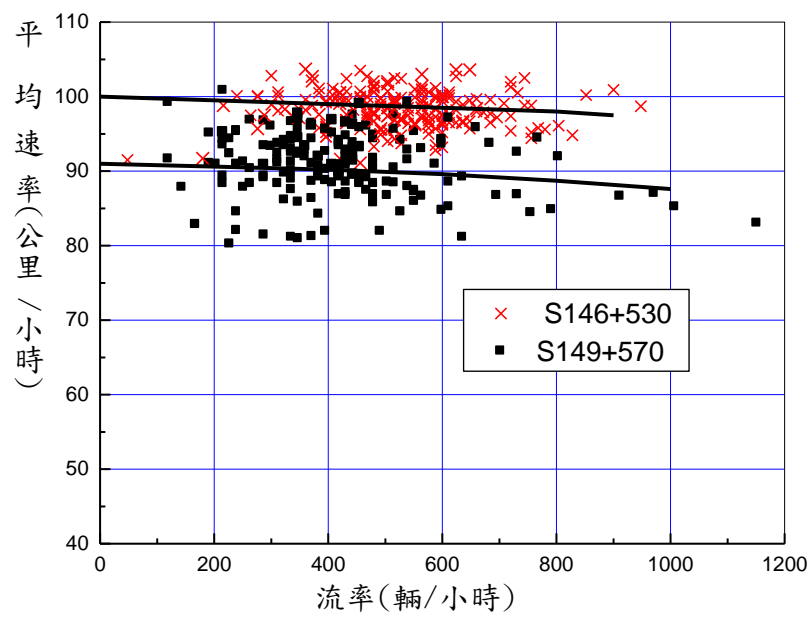


圖 C-5 南向 146K+530 車道 3 及 149K+570 之車道 3 (大車 40%~50%)
之流率與速率關係

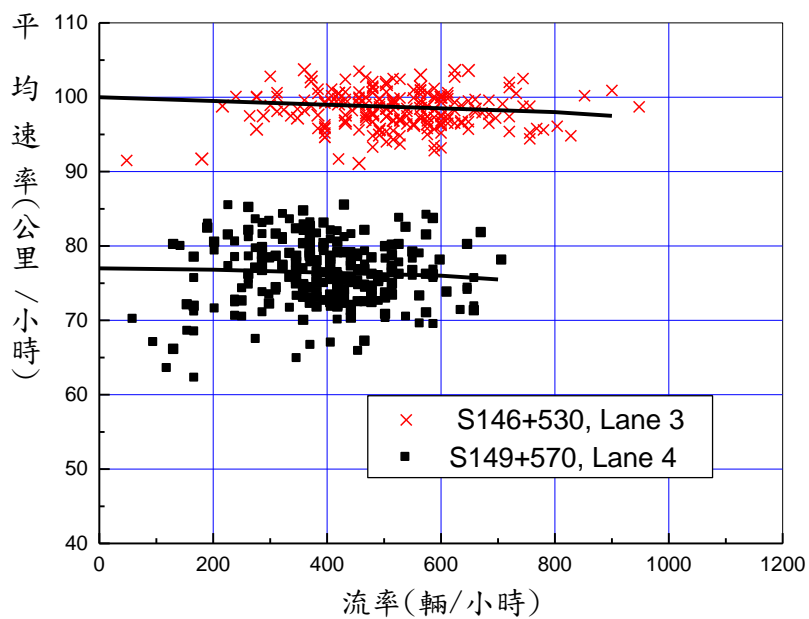


圖 C-6 南向 146K+530 車道 3 及 149K+570 車道 4 (大車 40%~50%)
小車之流率與速率關係

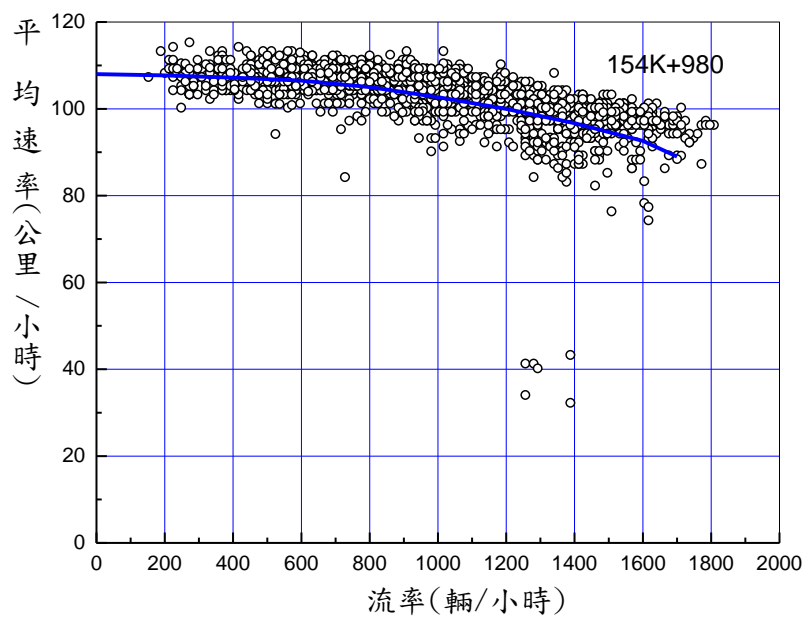


圖 C-7 北向 154K+980 車道 1 小車之流率與速率關係

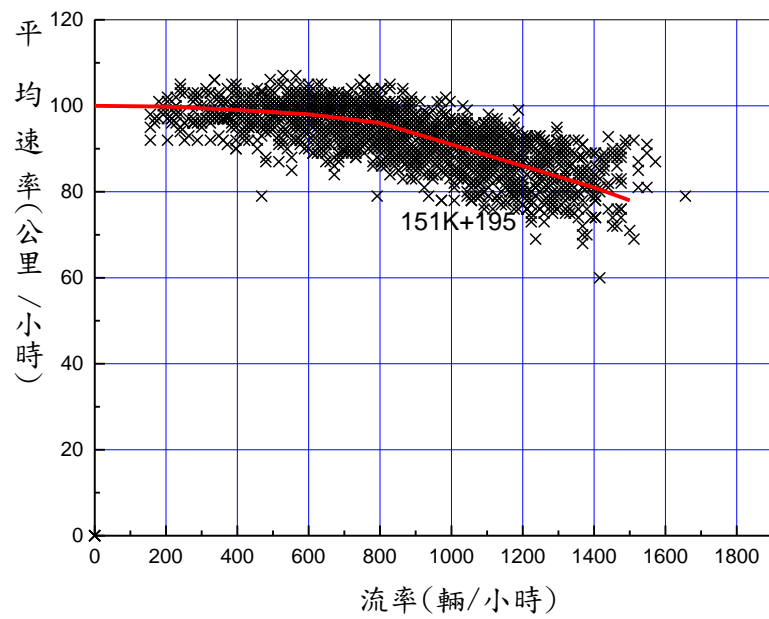


圖 C-8 北向 151K+195 車道 1 小車之流率與速率關係

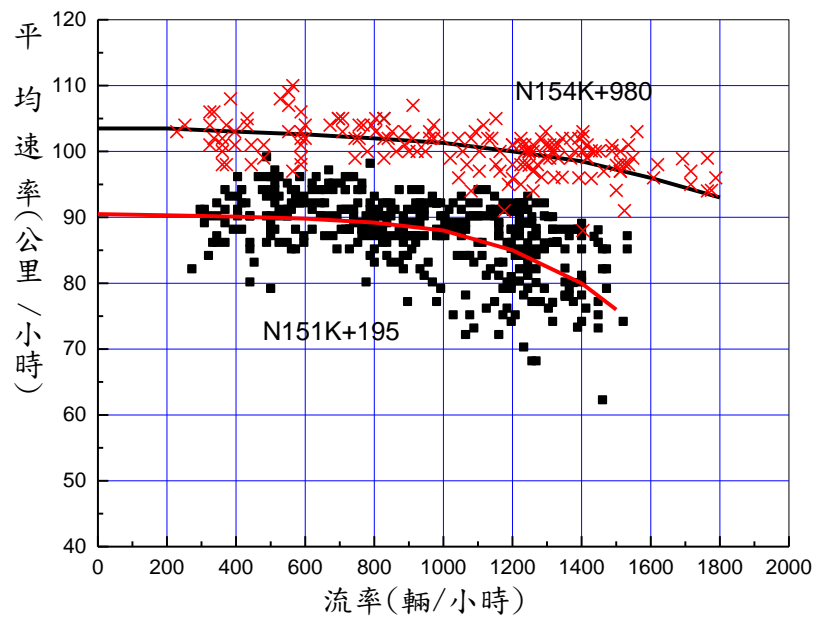


圖 C-9 北向 154K+980 及 151K+195 車道 2 小車之流率與速率關係

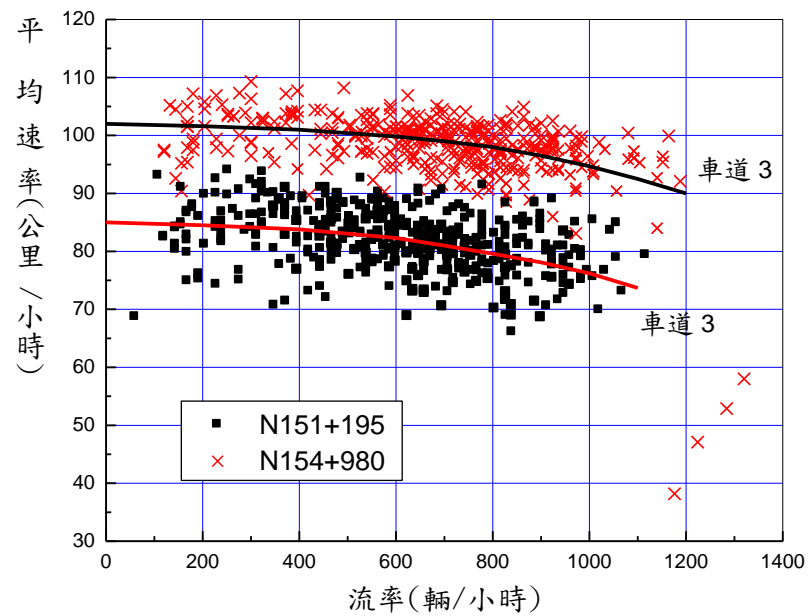


圖 C-10 北向 151K+195 車道 3 及 154K+580 車道 3 (大車 20%~30%)
之流率與速率關係

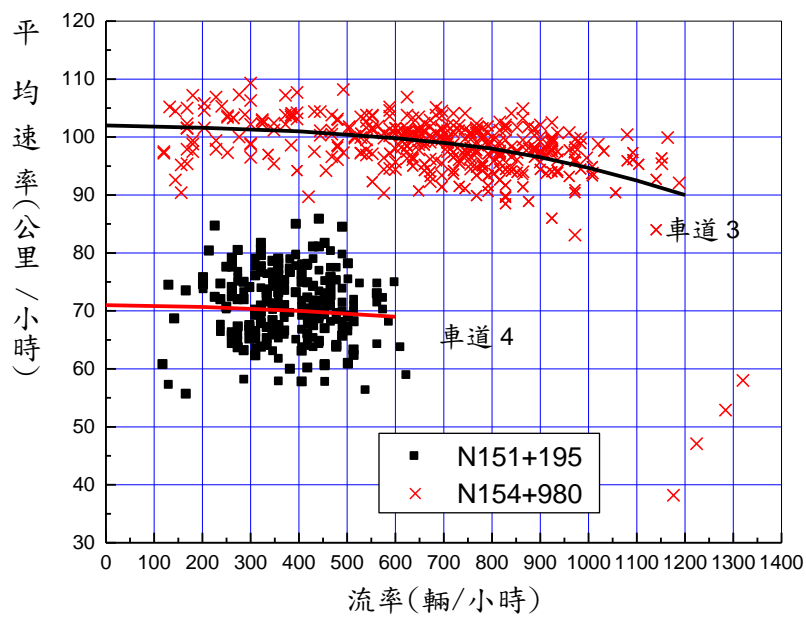


圖 C-11 北向 151K+195 車道 3 及 154K+580 車道 4 (大車 20%~30%)
之流率與速率關係

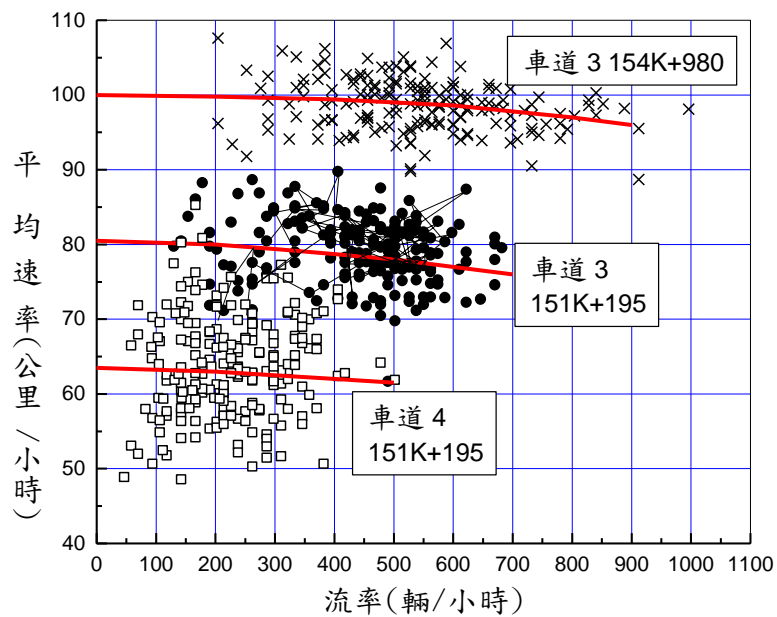


圖 C-12 北向 151K+195 車道 3 與車道 4 及 154K+980 車道 3 (大車 40%~50%)
之流率與速率關係

附錄 D、TGS 模式輸入檔(TGS.txt)之建立

建立 TGS 輸入檔有兩項工作：(1)用一模擬路網代表分析路段；及(2)訂定模擬狀況。模擬狀況包括模擬如何進行之指令，模擬路網之幾何設計、車流及交通狀況。

D.1 模擬路網之節點

模擬路網由一連串的節點及節點之間的節線所構成。以圖 D-1 之高速公路分析路段為例，訂定節點之原則如下：

- 1.車輛進入或離開分析路段之地點必須設定為節點。在圖 D-1 中，這些地點包括高速公路主線之起點及終點，2 進口匝道之起點及 2 出口匝道之終點。
- 2.兩公路交接處必須設定為一節點。在高速公路上，主線與出口或進口匝道交接處沒有像市區道路上的交叉路口。因此高速公路上之節點事實上是分隔線。這些分隔線跨越在交接處所有主線及進口或出口匝道所有車道，如圖 D-1 在左方第一個出口匝道上之虛線（Broken line）所示。

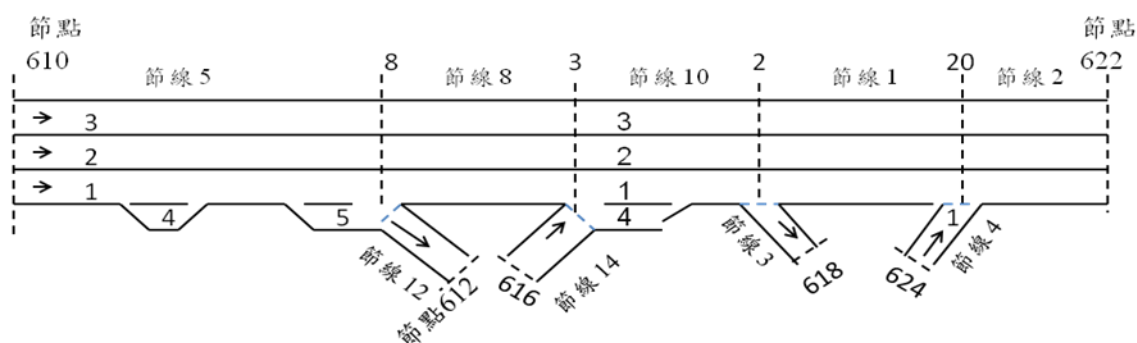


圖 D-1 訂定分析路段節點及節線之範例

- 3.進入或離開分析路段之地點的節點須用從 600 到 699 之代號來代表。為了建立資料檔方便起見，最好從路段的上游到下游，依序將各節點訂為 600、601、602 等。進入分析路段的節點亦為車輛出發、進入分析路段之地點。所以亦稱出發節點。

4.兩公路交接處之節點必須用 1 到 99 之代號來代表。例如圖 D-1 中，第 1 出口匝道與主線交接處的節點訂為節點 8。為了建立資料檔方便起見，這種交接節點最好也依序訂為 1、2、3 等。

D.2 模擬路網之節線

每兩鄰近節點之間單方向的公路設施須用一節線來代表。如兩節點之間有性質不同（如市區道路上實體分隔之快車道及慢車道）但同方向行車的公路設施，則可在該兩節點間訂定 2 節線（右側之外側節線及左側之內側節線）。每一節線用 1 到 100 的代號來代表。為了建立資料檔方便起見，最好從路段的上游到下游，依序將各節線訂為 1、2、3 等。一節線除了有全長（從節線起點到終點）車道之外，可能有在全長車道之左側或右側增設之附屬短車道。這些短車道包括在進口匝道下游的加速道（如圖 D-1 節線 14 下游之車道 4），出口匝道上游之減速車道（如圖 D-1 節線 12 上游之車道 5），及在兩節點之間為了便利超車所設置之短車道或爬坡道（如節線 5 右側在節點 610 及節點 8 之間的短車道）。

D.3 節線及節點之轉換

TGS 模式根據節線及節點在輸入檔出現的順序將各節線及節點的代號轉換成 1、2、3、....等連續不斷的代號以利資料的處理。例如圖 D-1 之分析路段之相關節線及節點的代號經轉換之後變成如圖 D-2 所示之模擬路網。但是輸出檔仍依照使用者所訂定之節線及節點的代號顯示資料。

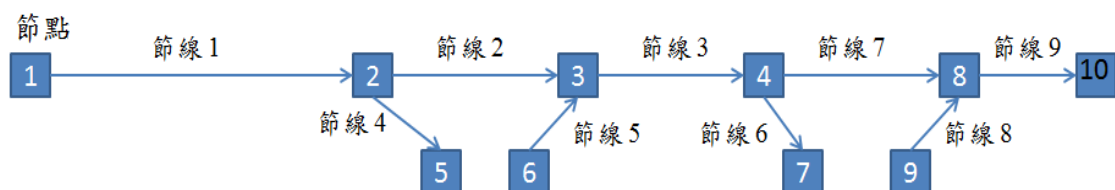


圖 D-2 圖 D-1 之分析路段用轉換過的節線及節點所構成的模擬路網

D.4 車道代號

每一節線最多可有 10 個車道。這些車道包括全長車道及其左右兩側之附屬短車道。每一車道須用一代號來代表。以圖 D-3 為例，全長車道須從右到左按照順序訂為 1、2、3、…號車道。全長車道的代號指定之後，先從右到左訂定每一右側附屬短車道之代號，然後訂定左側附屬短車道之代號。

如果主線有三車道，則接下去之短車道須逐一訂為 4、5、6、…等車道。

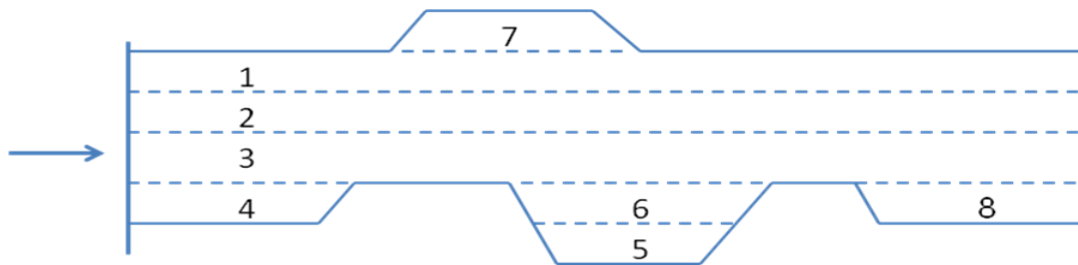


圖 D-3 車道代號設定之範例

D.5 輸入檔資料之檔型及資料安排

TGS 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 TGS 模式有另一種資料要輸入，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 TGS 模式已沒有其他輸入資料。

輸入檔各檔型資料的安排如表 D.1 所示。

表 D.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。

D.6 各檔型資料內容

TGS 模式的輸入檔資料有三種型式：整數(integer number)、小數(floating number)及文字(character)。每一行輸入值有固定數量之資料，不能短缺任何一筆資料。每筆資料之間最少須有一空欄。每一行資料須在第 1 欄位及第 70 欄位之間。

輸入檔須包含何種檔型資料隨分析對象而變。本附錄只說明用來模擬高速公路不受匝道影響之路段所需之資料。

檔型 0：

J_1	J_2	J_3	J_4	X_5	J_6	J_7	J_8
例：	2	2	180	900	0.5	200	1000 389672

J_1 ：用不同隨機亂數重覆模擬的次數，如 10。

J_2 ：模擬時段數（包括熱機時段），如 3。最多 30 時段。

J_3 ：熱機時間（秒）。如模擬路段的長度為 10 公里，平均速率為 50 公里/小時，則熱機時間最少須 $10/50 \times 3600 = 72$ 秒。在熱機時間內，TGS 模式不蒐集資料。

J_4 ：熱機時間之後每一模擬時段之長度（秒）。最少 60 秒。

X_5 ：每模擬單位時間之長度（0.5~1.0 秒）。TGS 模式每模擬單位時間更新每一車輛之速率與位置一次。模擬單位時間越長，模擬所需電腦(cpu)時間越短，但有時模擬車輛之相對位置很可能有誤差。短單位時間可減少誤差，但會增加 cpu 時間。

J_6 ：資料蒐集開始時間（秒）。模擬開始之瞬間為 0 秒。 $X_6=300$ 表示模擬開始之後 300 秒（5 分鐘）開始蒐集資料。

J_7 ：資料蒐集結束時間（秒）。

J_8 ：產生亂數之用的種子（seed number）。建議值：20001~999999。

<u>檔型 1</u> ：	J_1	J_2	J_3	J_4	A_5	J_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
例：	5	610	8	0	NO	3	3.5	2.0	1.2	10.000
	14	616	3	0	YD	1	3.5	2.0	1.2	0.700

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線上游端點節點之代號。

J_3 ：節線下游端點節點之代號。

J_4 ：節線是否為上下游節點之間之內側（左側）節線的代號。1：是內側節線；0：惟一之節線或兩節線中之外側節線。

A_5 ：節線 J_1 下游端點交通控制模式。NO=無控制；YD=讓；ST=停；SIG=號誌控制。目前 TGS 模式只模擬無控制之狀況。

J_6 ：節線上全長之車道數。

X_7 ：車道寬（公尺）。

X_8 ：右側路肩寬（公尺）。

X_9 ：左側路肩寬（公尺）。

X_{10} ：節線的長度（公里）。

<u>檔型 2</u> ：	J_1	J_2	A_3	J_4	J_5	J_6	X_7	X_8
例：	5	1	MID	4	0	0	0.700	4.900

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線 J_1 右側（ $J_2=1$ ）及左側（ $J_2=2$ ）之代號。

A_3 ：節線 J_1 之 J_2 側附屬短車道設施之代號。 $A_3=UP$ 代表連接節線上游節點（節線起點）之附屬短車道設施（如加速道）。 $A_3=MID$ 代表在節線兩端點之間之附屬設施（如爬坡道）。 $A_3=END$ 為與節線下游節點（節線端點）相連之附屬短車道（如出口匝

道上游之減速道)。目前 TGS 模式只模擬 MID 型附屬設施。

J_4 ：附屬設施 A_3 上最右側車道之代號。

J_5 ：附屬設施 A_3 從右到左第 2 車道之代號。如沒有此車道，則必須將 J_5 訂為 0 (零)。

J_6 ：附屬設施 A_3 從右到左第 3 車道之代號。如沒有此車道，則必須將 J_6 訂為 0 (零)，

X_7 ：附屬設施 A_3 起點位置(公里)。此位置為與節線上游端點之距離。

X_8 ：附屬設施 A_3 終點位置(公里)。此位置為與節線上游端點之距離。

檔型 3：

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
例：	8	5	0	0	0	0	0	0	0
	3	8	0	0	0	0	0	14	0

J_1 ：節點代號

J_2 ：進入節點之節線中，用來當做基準之節線的代號。此節線不能是內側節線。以圖 D-4 之節點 J_1 為例。基準節線可以是節線 10、12 及 13 之任一節線。

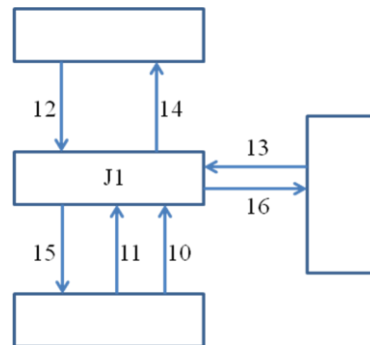


圖 D-4 進入及離開節點 J_1 之節線範例

$J_3 \sim J_9$ ：如圖 D-5 所示，與基準節線有不同相對位置之 7 個進入節點 J_1 之節線的代號。如該節線不存在，則須有 0 (零) 作為代號。

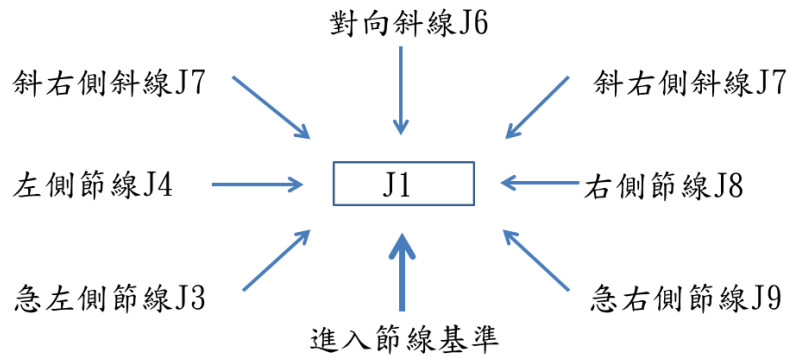


圖 D-5 進入同一節點 J_1 之基準節線及其他節線之相對位置

檔型 4：	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	X_6
例：	5	5	8	1	1	0.0

J_1 ：節線代號。

J_2 ：離開節線 J_1 下游端點時能採用之行車方向的代號。此代號如圖 D-6 所示。

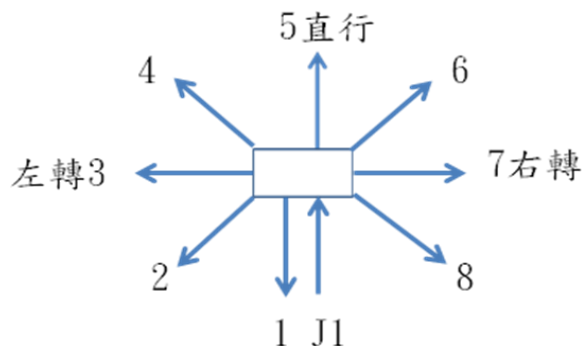


圖 D-6 節線 J_1 下游端點行車方向之代號

J_3 ：從節線 J_1 以 J_2 行車方向離開之後所進入節線的代號。

J_4, J_5 ：節線 J_1 可能有 3 個車道供行車方向 J_2 使用，但進入下游節線時可能有不同之車道數。 J_4 及 J_5 用來訂定行車方向 J_2 之自然路徑上在上游 J_1 節線所用之一車道的代號(J_4)及進入下游節線時所用之車道的代號(J_5)。以圖 D-7 所示的行車方向為例，從節線 J_1 左轉之一自然路徑是從節線 J_1 之車道 3($J_4=3$)離開之後，進入下游節線之車道 2($J_5=2$)，或是從 J_1 之車道 2($J_4=2$)進入下游節線之車道 1($J_5=1$)。從 J_1 之車道 1 進入下游節線之車道 1 或車道 2 不算之在自然路徑上。

X_6 ：從車道 J_4 停止線到下游車道 J_5 進入之距離（公尺）。模擬高速公路時，從一節線進入另一節線時並沒有行車距離，所以 X_6 須設定為 0.0。

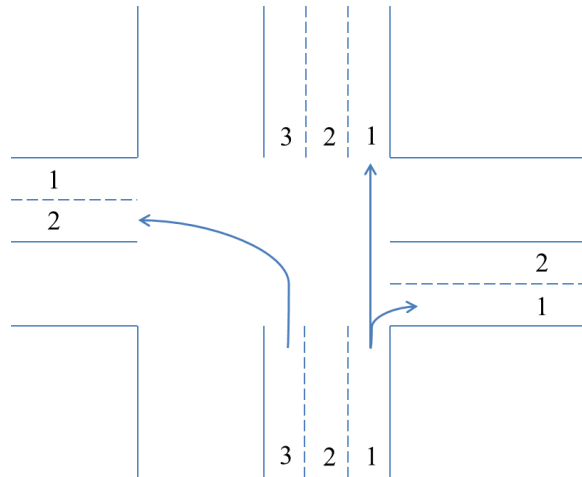


圖 D-7 從節線 J_1 離開時，不同行車方向自然路徑上車道串連示意圖

檔型 5：	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	X_9	X_{10}
例：	5	1	0	0	0	5.0	16.3	25	8.30	8.630

此檔型只在有車道被封閉時才須使用

J_1 ：節線代號

$J_2 \sim J_5$ ：從節線右側往左，4 個被關閉之車道的代號。如 J_3, J_4 或 J_5 不存在，則用 0（零）代表。

J_6 ：車道封閉開始之瞬間（分鐘）。此瞬間從模擬開始算起。

J_7 ：車道封閉結束之瞬間（分鐘）。

J_8 ：車道封閉區附近車道之速限（公里/小時）。

X_9 ：車道封閉區起點之位置（公里）。此地點為與節線上游端點之距離。

X_{10} ：車道封閉區終點之位置（公里）。

檔型 7：	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8
例：	5	5	1	2	3	0	0	0
	5	6	5	0	0	0	0	0

J_1 ：節線代號。

J_2 ：從節線 J_1 離開時其中一允許的行車方向的代號。行車方向代號如圖 D-6 所示。

$J_3 \sim J_8$ ：從節線 J_1 以行車方向 J_2 離開時能使用之 6 車道代號。如果 $J_4 \sim J_8$ 不存在，則設定為 0（零）。

檔型 8：

J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
5	5	1	0	0	0

此檔型只在某些車種不能行駛特定車道時才須使用。

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線 J_1 之一車道的代號。

$J_3 \sim J_6$ ：可使用車道 J_2 之 4 車種的代號。

車種代號如下：

<u>車種</u>	<u>代號</u>
小車	1
機車	2
大客車	3
大貨車	4
半聯結車	5
全聯結車	6
特種車輛 1（如高乘載小車）	7
特種車輛 2	8

檔型 9：

J_1	J_2	J_3	J_4	X_5	X_6
5	3	3	7	5.100	9.322

此檔型在車道之一部分（非全段）限制讓特定車種行駛時才須使用。

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線 J_1 之一車道的代號。

J_3 、 J_4 ：允許使用車道 J_2 之車種代號。

X_5 ：車道 J_2 保留路段起點的位置（公里）。位置用與節線上游端點的距離來代表。

X_6 ：車道 J_2 保留路段終點的位置（公里）。

檔型 10： J_1 J_2 J_3 J_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10}

例： 610 1 1 5000 80.0 0.0 0.0 5.0 15.0 0.0

J_1 ：出發節點（產生車輛之節點）之代號。

J_2 ：從出發節點離開之後所進入之節線之位置的代號。如節線是 2 節線中之內側（左側）節線，則 $J_2=1$ 。如出發節點下游只有一節線，或是 2 節線中之外側節線，則 $J_2=0$ 。

J_3 ：模擬時段之代號。(1, 2, 3,...)。熱機時段之代號為 1。

J_4 ：模擬時段內之流率（輛/小時）。

$X_5 \sim X_{12}$ ：流率 J_4 中，小車、機車、大客車、大貨車、半聯結車、全聯結車、特種車輛 1，及特種車輛 2 之百分比(%)。

檔型 11： J_1 J_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10}

例： 5 5 100 100 100 100 100 100 100 100

J_1 ：節線代號。

J_2 ：車種代號。

X_3 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行迴轉(U-turn)之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_4 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行急左轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_5 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行左轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_6 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行斜左轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_7 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行直行之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_8 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行斜右轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_9 ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行右轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

X_{10} ：車種 J_2 從節線 J_1 離開始執行急右轉之百分比(%)（見圖 D-6）。

檔型 12： J_1 X_2 J_3 J_4 J_5

例： 5 0 100 90 80

J_1 ：節線代號。

X_2 ：速限區起點之位置（公里）。如節線 J_1 只有一速限，則設定

X_2 為 0 (零)。

J_3 ：小車在起點為 X_2 之速限區中之速限 (公里/小時)。

J_4 ：大車在起點為 X_2 之速限區中之速限 (公里/小時)。

J_5 ：機車在起點為 X_2 之速限區中之速限 (公里/小時)。

檔型 13：

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5
--	-------	-------	-------	-------	-------

例：	5	0.0	106	95	83
----	---	-----	-----	----	----

TGS 模式根據檔型 12 所訂的速限估計內車道小車及外車道大車及機車之平均自由速率。設定之代表平均自由速率如下：

小車：速限加 6 公里/小時。

大車 (大客車、大貨車、聯結車)：速限加 3 公里/小時。

機車：速限加 3 公里/小時。

如果這些設定值不適用，則用 J_3 、 J_4 、及 J_5 來更改。

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線 J_1 第 J_2 速限區之代號。從上游到下游，依序訂為 1, 2, 3 等。

J_3 ：小車在起點為 J_2 之速限區中內車道之平均自由速率 (公里/小時)。

J_4 ：大車在起點為 J_2 之速限區中外車道之平均自由速率 (公里/小時)。

J_5 ：機車在起點為 J_2 之速限區中外車道之平均自由速率 (公里/小時)。

檔型 14：

	J_1	J_2	J_3
--	-------	-------	-------

例：	5	0.0	2200
----	---	-----	------

	5	2.385	1800
--	---	-------	------

J_1 ：節線代號。

J_2 ：一速限區起點之位置 (公里)。

J_3 ：假設路段平坦，速限區 X_2 內內車道只有小車時之容量估計值 (小車/小時)。 J_3 之值可參考表 D.2 及表 D.3 及來訂定。

表 D.2 無隧道、匝道及大車影響時，平坦內車道容量之估計值

自由速率（公里/小時）	容量（小車/小時）
110~115	2150
100~105	2050
~95	2000
90	1950

資料來源：本研究資料。

表 D.3 高速公路隧道內平坦內車道只有小車時之容量

自由速率（公里/小時）	容量（小車/小時）
90	1360~1650
85	1325~1520
80	1240~1480
75	1150~1460
70	1020~1150

資料來源：[4]。

檔型 15： J_1 X_2 X_3 X_4

例： 601 100.0 90.0 80.0

J_1 ：出發節點之代號。

X_2 ：從出發節點進入模擬路網時內車道小車平均自由速率（公里/小時）。

X_3 ：從出發節點進入模擬路網時外車道大車平均自由速率（公里/小時）。

X_4 ：從出發節點進入模擬路網時外車道機車平均自由速率（公里/小時）。

檔型 17： J_1 J_2 X_3 X_4 X_5

例： 5 1 0.000 0.826 0.00

 5 2 1.576 2.851 4.84

如果一路段是根據現代幾何設計原則所建造，則其縱斷面有一連串的縱切線，如圖 D-8 所示。兩端近縱切線之間之路段形狀屬拋物線 (parabolic curve)。在這情況下可用檔型 17 資料代表縱曲線之設計。如

一節線縱切線是一平坦路段，則不須使用檔型 17。

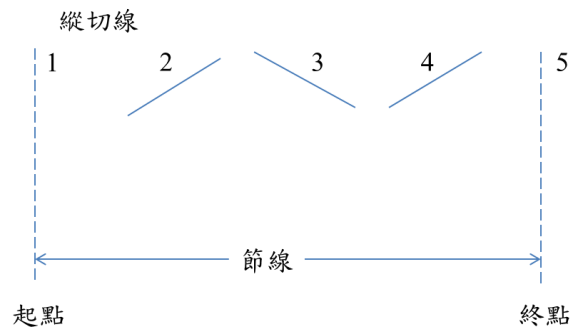


圖 D-8 節線上縱切線示意圖之一

首先必須訂定縱切線之數量。原則上節線起點及終點必須有一縱切線經過。但如圖 D-8 所示。起點及終點之處並不在一縱切線上。在這情況下，必須估計節線在起點及終點之坡度然後假設有一長度等於零之縱切線在起點及終點。如果節線上縱切線的位置如圖 D-9 所示，則第一縱切線從節線之起點開始(起點上游之縱切線部分上屬上游節線之縱切線)。

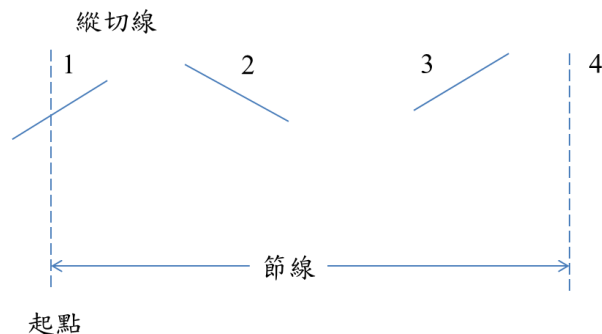


圖 D-9 節線上縱切線示意圖之二

J_1 ：節線代號。

J_2 ：節線 J_1 上從上游往下游各縱切線之代號(1, 2, 3,...,20)。每節線之縱切線數不能超過 20。

X_3 ：縱切線 J_2 開始之地點與節線上游端點的距離（公里）。

X_4 ：縱切線 J_2 終止之地點與節線上游端點的距離（公里）。圖 D-9 第一縱切線之起點及終點皆為 0.000。圖 D-9 第一縱切線之起

點亦為 0.000。

X_5 ：縱切線 J_2 之坡度(%)。從節線上游往下游，上坡為正值，下坡為負值。

檔型 18:	J_1	J_2	X_3	X_4
例：	5	1	0.000	1200.0
	5	2	0.200	1201.2

如果沒有縱切線的資料則可用檔型 18 資料訂定一節線之縱斷面設計。

J_1 ：節線代號

J_2 ：從節線上游往下游不同地點之代號 (1,2,3,...500)。節線起點及終點必須各為第一地點及最後一地點。一節線最多可有 500 地點。

X_3 ：地點 J_2 與節線上游端點之距離 (公里)。

X_4 ：地點 J_2 之高程 (公尺)。

檔型 19:	J_1	J_2	X_3	X_4	X_5
例：	5	1	2.9	3.63	1200.0

J_1 ：節線代號

J_2 ：從節線上游往下游平曲線之代號 (1,2,3,...20)。節線可有 20 個平曲線。

X_3 ：平曲線 J_2 起點與節線上游端點之距離 (公里)。

X_4 ：平曲線 J_2 終點與節線上游端點之距離 (公里)。

X_5 ：平曲線 J_2 之曲率半徑 (公尺)。

檔型 24:	J_1	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
例：	5	0.050	1.300	2.000	3.582	5.093

J_1 ：節線代號

$X_1 \sim X_5$ ：節線 J_1 除終點之外欲蒐集平均流率，速率及車種組成之地點 (公里)。地點用與節線上游端點的距離來代表。

檔型 26: J_1

例: 150

J_1 : 分析路段之高程 (公尺)

TGS 模式之分析路段高程代表值為 200 公尺。檔型 26 資料只用來更改此設定值。高程相差幾十公尺之內對模擬結果不會有顯著影響。

檔型 27: J_1 J_2 J_3 X_4

例: 1 25000 210 0.87

J_1 : 車種代號。

J_2 : 車種 J_1 之質重更正值(kg)。

J_3 : 車種 J_1 之馬力更正值(kW)。

X_4 : 車種 J_1 之動力傳輸效率更正值。

檔型 27 及檔型 28 只須用於更改 TGS 模式如表 D.4 所示之設定值。

表 D.4 車種特性之設定值

車種	代號	質重 (kg)	馬力 (kW)	動力傳 輸效率	後推 係數	車輛正面積 (m ²)
小車	1	1590	30	0.90	0.3	2.0
機車	2	80	3	0.90	1.8	0.8
大客車	3	18000	200	0.85	0.7	7.0
大貨車	4	10500	165	0.85	0.7	10.7
半聯結車	5	27500	220	0.85	0.7	10.7
全聯結車	6	27500	220	0.85	0.7	10.7
特種車 1	7	15000	200	0.85	0.6	10.7
特種車 2	8	1500	30	0.90	0.6	2.0

檔型 28: J_1 X_2 X_3

例: 1 0.4 1.5

J_1 : 車種代號。

X_2 : 後推係數更正值。

X_3 : 車種 J_1 正面積之更正值 (公尺²)。

附錄 E 期中座談會紀錄與回應表

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
林大煜委員：		
1. 於系統規劃時需先考慮以下因素：①道路種類，例如高速公路、公路等；②幾合條件；③地點，例如入口、匝道等；④交通部分，含交通量組成及交通管制；於規劃時可先產出整體系統圖，好處在於日後模擬時可先檢驗整體架構是否完整，再來可進一步考慮參數範圍。	1) 敬悉。 2) 模擬模式有其模擬架構與各子模式，3 年期的報告中會有相關的說明與交代。	同意，請於各年期報告中說明。
2. 第二部分為資料，可將現有資料與模擬結果進行比對，以確保模擬結果是可信。此外在現有資料使用上，建議可將現有資料進行分析，哪些資料可用為模擬目標，哪些不足必須於現地（目標地點）再去蒐集資料，有大量資料後再進行篩選與分析。	1) 敬悉，模擬模式開發的另一大問題，即是需要大量的臺灣本土現場資料，來作為模式驗證的依據。 2) 目前運計組有另案協助現場資料的收集工作，本計畫主要重點在於模擬模式的開發。	同意。
3. 第三部分為技術，包含路網、車輛產生邏輯、跟車邏輯與變換車道邏輯，於模擬路網部分，建議一開始可從簡化路網模擬起，複雜路網以基本單元組合成複雜路網。車輛產生邏輯部分，現有統計方式是否適合，應再予以思考。跟車邏輯與變換車道邏輯部分，同車輛產生邏輯一樣，須再考慮目前使用的統計方式是否適合，另外本土化的跟車及變換車道與美國當地跟車邏輯是否相同，都必須再予以考量。	1) 敬悉。 2) 本年期報告的第四章有對於 TGS 模式的基本架構與邏輯說明。 3) 考量車流中有不同的使用者，模擬模式中車輛產生邏輯會依據現場資料，以統計分布及亂數方式產生。 4) 模擬模式係依據台灣本土性資料校估與微調模式，並不是直接引用國外的模式。	同意。
4. 第四部分為其正確性及其精確度，例如模擬結果與現地狀況差異多少是可接受的。	1) 模擬模式會有資料驗證的程序與資料展現，請參閱各年期的期末報告。 2) 目前最欠缺的是臺灣現場資料，故運計組另外委託調查相關的現場資料，以作為模擬模式驗證之基礎。	本組已另案委託調查相關現場資料，提供研究單位作為模式驗證基礎。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
5.第五部分為應用，模擬於應用時須如何調整才能解決實務上之問題。	1)敬悉。 2)由於無法蒐集到廣泛狀況下之交通車流資料，故有發展模擬模式之需要。我們可以利用已經校估與微調後之模擬模式，輸入較廣泛的各種交通車流狀況，以「蒐集」車流運作狀況，作為建立分析性模式的基礎。當然，直接使用模擬模式來分析尤佳。	同意。
吳委員木富：		
1.有關坡度變動、連續坡度（例如過第一個坡後車速未恢復時瓶頸點會出現再第二個坡）等情況，未來研究單位是否會列為研究項目，請研究單位說明。	1)本年期第一階段最重要的是構建模擬模式之架構與相關的子程式。 2)坡度路段常有不同坡度、長度的組合，故需要利用模擬模式來進行分析。本計畫的應用包括各種坡度、坡長的組合。	同意。
2.有關簡報三義路段目前所測得之平均自由速率尚屬合理。	敬悉。	同意。
3.有關簡報中提到的收費站大型車載重問題，目前大車種類很多，其載重亦有所不同，且與該收費站鄰近區的地區特性（如鄰近是否有工業區等）亦有相關，建議研究單位參考。	1)通行各公路的大貨車、聯結車等，其載重特性會與土地使用有關，且與公路運作有關，因此有必要較廣泛性的收集相關的資訊。 2)目前高速估公路的載重車資料，係取自於幾個收費站之地磅資料，應能顯示通行高速公路的載重車特性。在此也特別感謝高速公路局的協助。	同意。
4.目前國內法制規定安全車距為最高速限的 1/2，單位為公尺。以速限 90km/hr 為例，安全車距為 45m。但國外（例如澳洲）卻非以時間車距計算，例如小車 2sec、大車 3sec，而國內利用車距來算對於駕駛人來說有實施上之困難，以安	1)跟車時前後車的安全距離，國際上較常用車距(headway)方式來教育駕駛人。	本意見將送運安組於修法時之參考。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
全車距 45m 來算約為 2sec，和國外相同。依簡報調查資料發現，目前國內安全時距不到 2sec，多數安全車距明顯不足，或許與目前規定方式駕駛人難以遵守有關，應建議修法將最高速限 1/2 方式改成時距 2sec，駕駛人較能遵守。	2) 臺灣若要修改目前安全距離的使用，可能有必要修改「道路交通安全規則」，更重要的是應教育全體的汽機車駕駛人，以學習安全的通行方法。	
5. 目前高速公路爬坡道流率到達一定程度後，因該車道速率太低，因此許多重車反而會往隔壁內側車道行走，但跟在該重車後的小車因該車道速率太低亦會再往隔壁內側車道行走，如此狀況會造成整個重車分佈的型態改變，建議研究單位可再予以思考。另外目前高速公路上的爬坡道之終點設計是在坡頂之前，研究單位是否可另外思考當車流經過高點匯回主車道後，距離需多少，整個車流的速度才會回歸正常，請研究單位給本局一點建議。	1) 敬悉。變換車道的模擬邏輯會納入此行為的特性。 2) 爬坡車道的設置終點應該考量車輛併入的問題，至於是否設在坡頂，應不是重點，應檢視的是爬坡道終點位置大車平均車速與小車平均車速之關係是否差距顯著，若差距還很大，併入時一定會影響主線車流之運作。 3) 第六章模擬模式應用，有討論此項議題。	同意。報告 6.2 交通作業分析之應用有討論此項議題。
6. 有關在爬坡道路段設置高乘載專用車道，國外經驗如何？請協助說明。	1) 設置高乘載車道的目的在於提高車道單位時間內的運輸量，但若大客車會因爬坡而速率明顯衰減情形，則會大大影響高乘載車道之運作效率。 2) 國外較少將高乘載車道設置在上坡路段。	同意。
高公局：		
1. 有關本研究目前成果，本局予以肯定。	敬悉。	同意。
2. 有關研究中述及之代表性分析路段，為國 1 林口桃園路段，該路段匝道間距較短，受到交流道交織進出影響較大，就本局觀察在國 3 新竹關西路段，該路段車流受坡度影響頗大，建議研究單位可將該路段納入分析研究中。	1) 國 1 林口與三義路段並不是「代表性分析路段」，而是該兩坡度路段之車流率較高、坡度較陡，相關的現場資料可用於校估與微調模擬模式之用。 2) 未來如蒐集更多現場資料(包括國 3 關係路段尤佳)，則更能進行模擬與現場資料比對。	同意。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
<u>公路總局：</u>		
1.有關郊區雙車道分析模式部分，因本局城際路網及生活圈道路之規劃屬先期規劃作業，在公路容量分析上因無實際上之整體路網，因此亦無號誌設計部分，因此本局建議是否將來於郊區雙車道容量分析上可保留分析模式，可直接以幾何設計資料加以分析，而不一定使用模擬模式。	1)目前臺灣HCM對於郊區雙車道公路之分析性模式，係引用美國 HCM，一方面沒有本土性資料佐證，另一方面公路的運作特性應與美國不同，故目前急需要有臺灣本土的分析方法。 2)因郊區雙車道公路之路況較為多樣性，且常有坡度、平曲線等不同組合，就分析公路運作的觀點，以模擬模式進行應較符實際。有簡易的分析性方法，只能進行概略的分析。	同意。
2.目前公路容量手冊中郊區雙車道之績效指標的設計上，仍以美國公路容量手冊為分級依據，但應用在本土效益分析上似乎不夠適切，未來研究單位在於郊區雙車道的績效指標分級上，是否有可與目前已完成之郊區多車道類似之績效指標，請研究單位說明。	1)敬悉。 2)郊區雙車道公路之分析屬於第2年期的工作，屆時再進一步討論與選取適當的績效指標，以及服務水準劃分方法。	將於 103 年度研究案中處理。
3.另有關本研究模擬模式績效指標是以車速為主，將來是否可能以 V/C 值為主，且回饋到分析模式上。	1)微觀模擬模式的輸出可以提供相關的數值，以作為計算績效指標，進行服務水準分析之基礎。 2)郊區雙車道公路之分析屬於第2年期的工作，屆時再進一步討論與選取適當績效指標。	同意。
4.另郊區雙車道存在對向超車行為，未來研究是否會將該行為考慮進去，請說明。	1)利用對向車道超車為郊區雙車道公路之一重要車流運作特性，也是評估一公路運作必要的參數。 2)本研究會納入此項車流特性於模擬模式，以及相關的模式輸出資料。	將於 103 年度研究案中處理。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
鼎漢國際工程顧問股份有限公司：		
1.本研究主要以坡度路段容量分析為主，在進行模擬模式校估時所使用之樣本，是否皆為相同坡度路段之樣本，請說明。	1)模擬模式的構建必須利用現場資料進行校估與微調，以確認模式之正確性。 2)要比對的現場資料不僅包括坡度路段的資料，還包括其他車流運作特性，例如加速性能、緩衝時間與車速之關係、滯留時間等。	同意。
2.簡報提及三義路段適用之質量及馬力組合，係本研究以三義路段情況進行模擬及反推回來之組合，未來在模擬模式分析上，是否有提供空格可輸入欲模擬路段之坡度及車輛之質量及馬力組合之平均值，請研究單位說明。	1)就模擬模式之應用觀點，若有使用某公路之代表性大車質量與馬力資料，就能合理進行模擬。 2)目前欠缺的是實際使用的狀況(如實際使用高速公路的大車相關資訊)，經由各車種現場自由速率的資料，本計畫將提出各車種代表性質量與馬力比值之建議值。	同意。
亞聯工程顧問股份有限公司：		
1.在 99 年版的交通工程手冊中曾有坡度及大車分佈的百分比關係圖，可提供設計者參考，改版之後則已刪除。因模擬在分析時很好用，但在實際應用上未來研究單位是否可提供如簡報第 51 頁，列出在標準情況下之簡單關係圖，以供實務單位設計時之應用，請說明。	1)敬悉。 2)本報告第六章提出代表性小車、大客車、大貨車、聯結車於均勻的不同坡度狀況下，其旅行速率與坡長的關係圖。這些圖可以提供公路設計時，作為一概略性的分析爬坡對各車種的影響。	同意。報告 6.1.3 節已提出。
台灣世曦工程顧問股份有限公司：		
1.有關坡度路段輸入縱曲線資料部分，一般使用時縱曲線資料不太容易取得，建議未來在發展坡度模式時，可以輸入高程資料、里程資料及坡度資料以合併方式輸入，請研究單位說明。	1)這是實務上碰到很棘手的問題，因為公路主管機關並沒有完整的公路竣工圖說。 2)若能有公路各地點的高程資料，也可以運用來分析坡度路段，但必須排除平曲線影響。	同意。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
2.有關 HTSS 第四版目前進展上，未來是否會使用不同的平台進行開發？及是否會以圖形化方式輸入？請說明。	1)暫時沒有輸入檔介面、使用者不同平台等工作，運研所另於「臺灣公路容量分析與軟體維護計畫」辦理。	本所另案委託辦理。
易緯工程顧問股份有限公司：		
1.目前佛羅里達大學已發展一套軟體可以圖形顯示方式輸入數據進行模擬，且因路網越大時路網結構容易混淆，因此建議研究單位未來可發展利用圖形顯示方式輸入數據方式進行模擬。以上提供參考。	1)敬悉。使用軟體的輸入介面的確相當重要。 2)本計畫之目的在於提供一能分析坡度路段的模擬工具。關於輸入檔介面等工作，運研所另於「臺灣公路容量分析與軟體維護計畫」辦理。	本所另案委託辦理。
主席：		
1.各單位及委員的建議，請研究單位作為未來研究之參考。	敬悉，遵照辦理。	
2.另有關於本研究中發現非正常情況下之超車行為或安全間距之測量應以時距方式等，本研究後續應整理後提供相關單位參考。	1)考量不同車速及足夠的反應時間，跟車距離建議以時間(headway)為主。 2)研究過程發現對實務單位有具體建議之事項，會在報告中說明，俾利於各單位參考。	同意。
3.本案依合約完成期中座談會議，請依合約續辦相關事宜。	遵照辦理。	

附錄 F 期末審查會議意見與回應表

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
林委員大煜：		
1.有關報告 p.56 敘述 TGS 模式中有 8 種行車方向，請研究單位補充圖示，以利閱讀。	附錄 D 圖 D-6 有行車方向圖。	同意。
2.報告 p.66~p.68 之圖 4-9~圖 4-11 為平坦路段車輛資料，其是否適用於坡度路段？需調整與否？請說明。	1)圖 4-9~圖 4-11 只適用於平坦路段。 2)模擬作業時，車輛於平坦路段之車流特性，也必須符合實際行為。	同意。
3.報告 p.137 之圖 6-1 是模擬三義路段北上半聯結車的結果，與實際值間是否有差異？請說明。	1)模擬值與實際值的比較，請委員參見表 5.3 及相關的說明。 2)圖 6-1 為相關應用的說明。	同意。
4.報告 p.140 之圖 6-6 係解釋圖 6-5 的使用，但不易閱讀，請研究單位補充說明。	1)圖 6-2~圖 6-5 是給公路設計人員，粗略分析坡度及坡長對不同車輛旅行速率之影響。 2)為提高圖 6-6 之易讀性，第 140 頁的第 3 行及第 4 行已經調整。	同意。
5.報告 6.2.4.4 節模擬並評估作業績效水準中提及耗油及空污部分之說明不甚清楚，請再補充。	第 147 頁最後一行的文字，已經補充說明。	已補充。
6.報告 4.1 節提及「預計在 2015 年前述三期…移交運研所」之敘述，請研究單位以運研所的角度予以修正用詞。	1)期末報告係以研究單位為第一人稱來撰寫，修正版已經調整相關用詞。 2)運研所於出版前，研究人員可以再協助檢視。	相關用詞已修正。
7.報告 p.8、p.20、p.51、p.134 有錯字部分，請修正。	1)謝謝委員的指正。 2)相關的疏漏或誤植，已更正。	已修正。
林委員佐鼎：		
1.建議補充期中座談會會議紀錄回應表。	修正報告已經製作回應表，請參見附錄 E。	已補充。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
2.報告中常有影響很大、相當大、不大等用詞，建議儘量使用統計量或檢定數字說明，較具客觀性。	委員所稱之用詞，係描述實際數值之用語，受限於無大量的觀察值來進行統計檢定。未來如有較多樣本，可進行統計檢定。	同意。
3.此計畫為 3 年期計畫，未來第 2 年、第 3 年各有不同的研究目的，屆時介面的配合及各資料間之相互介接，請研究單位注意。	1)謝謝委員的提醒。 2)本 3 年期計畫之各年期工作項目已於第一章說明，對於本年期（第 1 年）與第 2 年期之介面，除於本報告結論與建議說明外，亦將於第 2 年期之工作計畫書說明。第 2 年與第 3 年的介面，亦然。	同意。
4.建議研究單位將模擬結果製作成表格（如不同坡道、不同速率、不同車種等），以利使用。	1)由於實際的公路狀況有多樣性及變化，包括多種公路設計要素與組合。除非是很單純的幾何設計狀況，例如一均勻坡度之上坡路段，否則很難製作簡易的圖表供查詢。 2)基於前述理由，正也是本計畫要發展坡度路段車流模擬模式之重要性與必要性。	同意。
5.本研究所得之模擬模式中有許多公式，請研究單位補充說明需要測試或微調的參數為哪些？可讓使用者調整的參數為哪些？	1)使用者不需要測試或微調模擬模式的參數，那是模式開發過程需要進行的驗證工作。 2)可以讓使用者調整之參數（例如設定模擬的車種），可利用輸入檔來設定。未來將於使用者手冊中說明。	同意。
6.報告 p.50 之車種平均總重量圖皆以累積百分比方式而非以平均百分比顯示，請補充說明其理由。	建立個別值與平均值之比值的累積百分比關係，可以利用亂數(random number)來產生不同屬性之個別車輛，應用模擬模式更有節省電腦(CPU)時間的好處。	同意。
吳委員木富：		

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
1.報告中多處提及「交通作業」所指為何?係指交通運作或交通營運，請研究單位說明。	「交通作業」為英文之 Traffic Operation 係指車流之流動狀況。報告用詞統一改為交通運作。	同意。
2.報告 p.5 第 5 行末大貨車上下坡時速率「隨」行車距離關係，是否為將「隨」改成「與」較為適當，請研究單位參考修正。	謝謝委員的指正，已更正。	已修正。
3.報告 p.12 所述林口坡度路段施工部分，建議修正為「五楊高架拓寬施工」，並補充施工路段為哪些? (如路肩封閉或車道改道)。	第 12 頁已補充說明該施工係指「五楊高架工程」，且施工影響為路肩封閉。	已補充。
4.報告 p.13 表 3.1 及表 3.2「公車」是否應為「大客車」?應與圖 3-3 與圖 3-6 圖示說明一致較為適宜，另圖 3-4 及圖 3-7 圖示說明「大車」部分建議與表中欄位「大型貨車」一致。	1)謝謝委員之指正，相關名詞已經修正。 2)本報告已經統一用詞為「大客車」。另依據現行法規之用詞，亦統一使用「大型貨車」。	已修正。
5.報告 p.22 表 3.3 使用 2012.2.29 (週三)交通資料，當日適逢 228 連假之收假日，而 p.23 表 3.4 使用 2012.1.23 (週一)交通資料適逢春節年初一，該 2 日之交通資料分析是否影響本研究? (如春節期間大貨車比例減少)，請研究單位考量。	1)就模擬模式之測試、微調而言，需要利用較廣的資料範圍來進行，故表 3.3 與表 3.4 的資料數值差異甚大，正好利用於微調模擬模式之用。 2)其他廣域性的車流資料，整理成附錄 A 及附錄 B。	同意。
6.報告表 3.3 及表 3.4 公車、大貨車欄位名稱，建議與表 3.1 及表 3.2 一致。	1)謝謝委員的指正。 2)公車已經更正為大客車。 3)大貨車及聯結車的用詞，依現行法令定義統一使用「大型貨車」。	已修正。
7.報告 p.35「2.每一車道 15 分鐘流率為…」，是否應為「2.第 1 車道 15 分鐘流率為…」，另本章均以「15 分鐘流率在 xxxx 輛/小時」表達，以 15 分鐘車流率放大為小時車流率，是否適當?請考量。	1)流量為一段時間內通過一定點的車輛數或人數。流率為單位時間內通過一定點的車輛數或人數，其值等於一時段內流量在單位時間內之對等流量。 2)依「2011 臺灣公路 HCM」第二章之說明。容量分析係以探討尖峰 15 分鐘之車流狀況為主。	同意。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
8.報告 p.51「4.…很少大車(<12%)…」，依照高快速公路交通管制規則規定及實際車流觀察，內車道大車使用比例遠低於 12%，建議修正。	謝謝委員的指正，該處為誤植，應該是「<2%」，而不是「<12%」。	已修正。
9.報告 p.120 載重車在爬坡道之變換車道行為，與一般車輛因為前車車速未達其期望值而採取變換車道不同，建議研究單位補充其變換邏輯說明。	載重車在爬坡道之變換車道一般發生在爬坡道快終止之前。至於是否進入爬坡道則須考慮：1)在不受其他車輛影響對使用爬坡道之或然率；2)受前車阻擋時，移左或移右之相對考慮；及 3)被後車逼迫時，移右之可能性。	同意。
10.報告 p.150 建議 1，建議運研所蒐集每分鐘之車流特性，包括各車道…車種組成、「車種重量之分布」，尤以「車種重量之分布」是否可行？請思考修正。	1)此處為筆誤，應指 5 分鐘之車流資料。 2)「車種重量之分布」並無法由 VD 獲得。此處只是強調要建立「車流資訊」的重要性。	已修正。
11.後續建議研究單位對模擬模式可進行更多情境之驗證，以使模式更符合本土需求。	1)本計畫之模擬模式開發還沒完成，還要繼續做下去，因此詳細的驗證會在未來兩年期的工作中進行。 2)謝謝委員的提醒。	同意。
<u>國道高速公路局：</u>		
1.有關報告中車種描述用詞，如公車、大客車、大型貨車等，請研究單位加以定義或統一用詞。	1)本報告之公車應改為大客車。其他車種之定義，悉依現行法令之定義。 2)整個報告的用詞已經搜尋檢視與統一用詞。	已修正。
2.報告第三章內容部分，請研究單位補充國道 3 號縱剖面圖（高程與距離圖表），以利閱讀。	國道 3 號公路缺乏探討坡度有顯著變化之路段上的重車速率變化資料。因此本計畫只分析北上 63K+990 及 66K+015 兩定點之偵測器資料。這些資料與縱剖面無關。	同意。
3.報告第 3.5 小節中第 3 點，在低流率時，有 90%的小車會避開「內車道」，與前述圖表不符，請研究單位確認修正。	謝謝委員的指正。避開「內車道」應改為「外車道」。	已修正。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
4.報告中對於「內車道」的用詞，是否包含內側車道及中間車道，請研究單位補充說明。	內車道係指第一車道，沒有包括中間車道。修正報告已經檢視修正與統一用詞。	已修正。
<u>鼎漢國際工程顧問股份有限公司：</u>		
1.報告 4.2.6 節變換車道之邏輯中，因「讓車」行為與一般變換車道行為不盡相同，請補充說明。	讓車是 TGS 模式所考慮之變換車道行為之一，並非與變換車道無關。	同意。
2.請研究單位說明未來模擬模式之規劃及其應用方向，如是否考量納入機車及腳踏車之情境等。	1)本計畫模擬模式的發展，第 2 年期雙車道郊區公路之模擬會考慮機車。 2)腳踏車暫時不納入考慮。	同意。
3.建議未來模擬模式能有更方便輸入的介面，以利使用。	此項建議很好，運研所有另案委託其他研究團隊進行輸入介面的處理與改善。	本所另於「臺灣公路容量分析與軟體維護計畫」辦理。
<u>亞聯工程顧問股份有限公司：</u>		
1.報告 p.55 模擬模式中分析的路型，能否可納入隧道及橋梁部分？請說明。	隧道及橋樑之模擬，可在輸入檔設定其位置（長度）、容量及速限。	同意。
2.建議研究單位可建構出類似 HCM 裡的簡易使用圖表，如容量變化、容量折減、速率、流率與容量的關係，以利使用。	是否能建立簡單圖表，尚待模擬模式完成之後，再加以探討。	同意。
3.本案研究成果未來能否與運研所架構的數值路網做結合？請說明。	本計畫在於開發模擬模式，並不處理與數值網路之關聯。但此項建議可提供運研所參考。	本所另於「臺灣公路容量分析與軟體維護計畫」中評估考量。
<u>台灣世曦股份有限公司：</u>		

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
1.有關 SOG 模式與 2006 年發展的 TSS 模式，兩者在應用上有無差異，請說明。	兩者之不同處如下： 1)SOG 模式讓使用者更有彈性的更改設定值。 2)SOG 模式之設定值是根據適用於臺灣高速公路之代表性車輛。 3)SOG 模式須用不同地點之高程作為輸入值。TSS 模式則是利用縱切線之起點、終點及坡度。 4)SOG 模式考慮平曲線之影響。 5)SOG 模式改良 TSS 模式對下坡駕駛行為的調整。	同意。
2.未來是否納入郊區多車道公路的資料，請說明。	1)多車道郊區公路不在本計畫之工作範圍。 2)若能掌握重車在郊區多車道的行為（主要是車道使用行為、爬坡性能），未來可納入模擬模式之中。	納入後續研究參考。
3.報告 p.145 中表 6.7 與表 6.8，兩者在應用上有無不同，請說明。	表 6.7 及表 6.8 分別用來設定無隧道及隧道路段之容量。	同意。
運計組：		
1.報告 P.130 頁表 6.1 之代表性車輛數值，未來能否直接由臺灣地區的车辆進行調查分析後來決定？請說明。	1)一般而言，重車部分可用現場調查值所顯示之代表值。代表值可訂為平均值或第 85 百分位值。至於馬力、最大馬力及實際用的馬力，受到人為因素的影響。 2)因此，仍須用代表性速率與旅行時間、或旅行時間及旅行距離的關係，用模擬找出代表性馬力。	同意。
2.本計畫利用 SOG 模式建立出圖 6-2~圖 6-5 之各車種上坡坡長與速率之關係，該資料比目前的公路路線設計規範大車爬坡曲線更詳細，但也有一些小差異。研究單位對未來使用上有否更進一步的建議？請說明。	1)目前的公路設計規範較為簡略，且不是利用臺灣本土資料所構建。 2)在本 3 年期計畫完成(模擬模式構建完整)後，計畫產出的各項成果，若能讓交通界接受本土性的研究成果，而能修改公路設計規範，這是一顯著的貢獻。	同意。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
3.報告 P.150 結論 8 所提模擬高速公路不受匝道影響時之邏輯仍需改善，請進一步說明改進之處。	主要是緩衝時間與速率的關係，因為流率與速率關係有很多種型態，未來需要利用多一點的現場資料來改進模式。	同意。
4.報告 P.17 指稱三義北上小車從上坡起點（約 155K+200）行駛到上坡終點（約 151K+496）時，其平均自由速率約下降了 14 公里/小時。從現代公路設計標準的立場而言，這種幅度的速率變化不理想乙節，所謂「不理想」所指為何？請補充說明。	1)目前臺灣的公路設計規範主要沿襲美國，其基本概念是當速差超過 15 公里/小時以上時，會有明顯的安全危害，以及會對上游產生衝擊波。 2)小車自由速率降了 14 公里/小時，速差很大，故約「不理想」。	同意。
5.報告 P.76 圖 4-16 的曲線 1 究竟是哪一條曲線，標號 3 所指為何？請釐清或修改。	圖 4-16 已經調整曲線 1 的指示，標號 3 為誤植，已經刪除。	已修正。
6.報告 P.107 頁之文獻 29 及 30，以及第 108 頁之文獻 31，並未列於最後之參考文獻，請補充。	1)謝謝指正疏漏。 2)參考文獻資料已經補充。	已修正。
7.本案乙方已依契約規定完成工作項目。	敬悉。	
主席結論		
1.請研究單位補充說明研究背景，以便使用者參閱。	1)遵照辦理。 2)本報告已於第一章及第六章補充相關的說明，並改以運研所（本所）的相關用詞，以利於後續報告出版作業。	已修正。
2.請研究單位針對報告內容有疏漏或誤植之處（例如高程誤植為公里、p139 圖 6.4 標示），再次檢視並做調整。	1)遵照辦理。 2)圖 3-6 之縱座標「高程」已改為公尺，圖 6-4 已補充坡度（+1%~+6%）的資訊。 3)其他的疏漏及誤植之處，已重新檢視與改正。	已修正。
3.請研究單位於未來年度強化模擬模式的驗證工作，以提高模擬模式的可信度。	本計畫於下兩年度的工作，會特別注意此項納入工作重點。	同意。
4.請研究單位參考各委員及各單位意見修正期末報告，並製作辦理情形回應表。	1)遵照辦理。 2)修正報告之附錄 F 為期末審查會議之意見與審回應表。	已修正。

與會人員及所提意見	合作單位處理情形或說明	主辦單位 審查意見
5.期末審查原則通過，請於 12 月 16 日前提送修正報告到所，以辦理後續行政作業。	1)敬悉。 2)遵照辦理。	

附錄 G 期末簡報檔案

中華民國運輸學會

公路坡度路段模擬模式之 發展及應用(1/3) 期末簡報

計畫主持人：林豐博 教授

協同主持人：曾平毅 教授

1

簡報內容

- 一、計畫背景與目的
- 二、坡度路段對車流的影響
- 三、必須發展模擬模式的理由
- 四、TGS模式之發展
- 五、模擬模式之測試微調應用
- 六、結論與建議

2

一、計畫背景與目的

- 公路坡度路段車流的運作特性受到了幾何設計、車輛大小及其他因素之影響，但臺灣交通界對其了解很欠缺。
- 2011年臺灣HCM沒有可靠的資訊，以提供坡度路段之規劃、設計或服務水準分析之用。
- 運研所預計展開一3年期計畫來發展模擬模式，作為分析工具。

3

一、計畫背景與目的

- 第一年期(民102年)：
發展模擬高速公路坡度路段之非阻斷性車流模式，主要工作：
 - (1)整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。
 - (2)測試及改良模擬高速公路坡度路段非阻斷性車流之邏輯。
 - (3)整合模擬邏輯成為一應用模式。
 - (4)利用模擬模式發展分析高速公路坡度路段非阻斷性車流之分析方法。

4

二、研究範圍與對象

■ 第二年期(民103年)：

發展模擬雙車道郊區公路坡度路段之非阻斷性車流模式，主要工作：

- (1)整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。
- (2)測試及改良模擬雙車道公路坡度路段非阻斷性車流之邏輯。
- (3)整合模擬邏輯成為一應用模式。
- (4)利用模擬模式發展分析雙車道公路坡度路段非阻斷性車流之分析方法。

5

二、研究範圍與對象

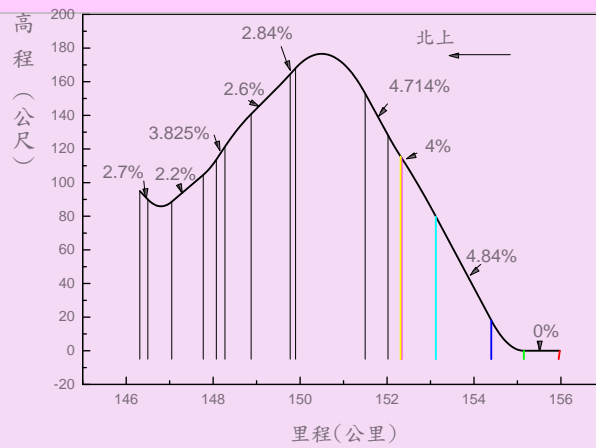
■ 第三年期(民104年)：

整合非阻斷性與阻斷性車流模擬，高速公路模式擴展至匝道交通運作，而雙車道模式擴展至路口交通運作，主要工作：

- (1)整合並補充蒐集發展模式所需之現場車流特性資料。
- (2)建立模擬匝道車流之邏輯。
- (3)建立模擬雙車道公路交叉路口之邏輯。
- (4)編訂使用者手冊及模擬流程圖。

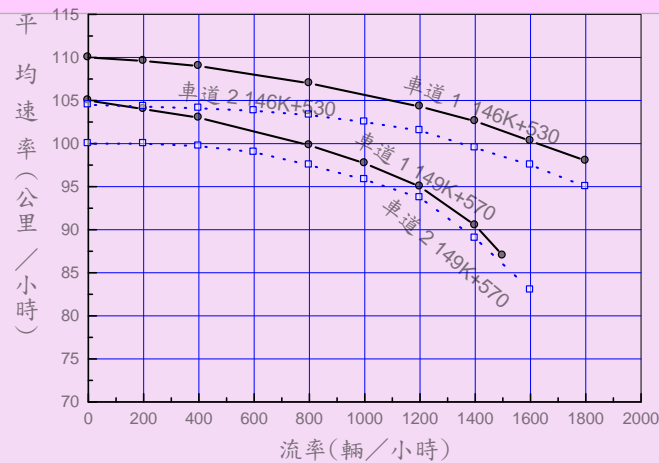
6

二、坡度路段對車流的影響



7

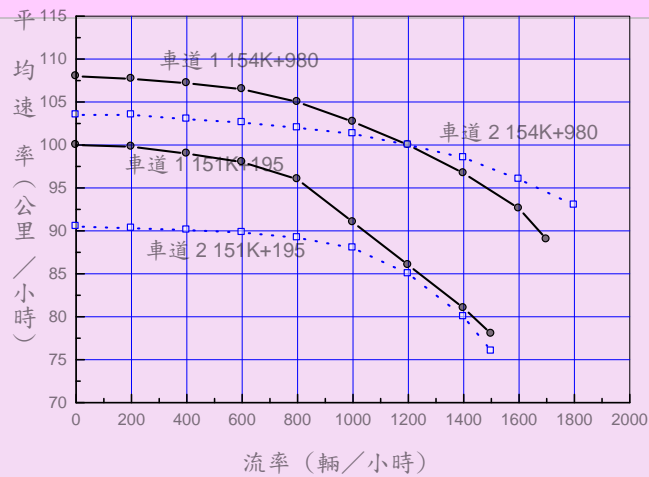
1.坡度路段對流率及速率關係的影響



上坡對三義南下小車流率與速率關係的影響

8

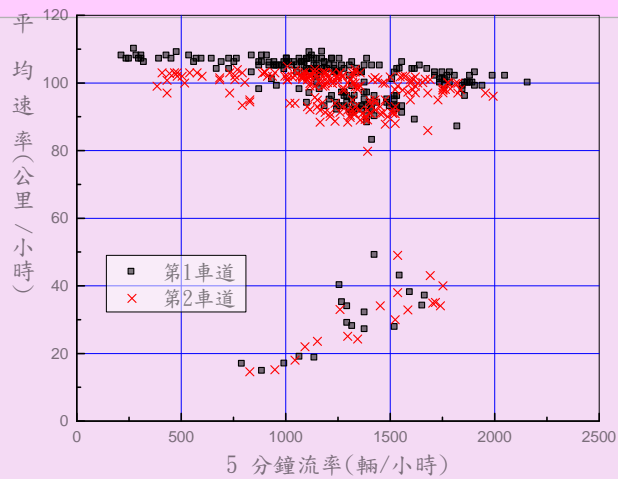
1.坡度路段對流率及速率關係的影響



上坡對三義北上小車流率與速率關係的影響

9

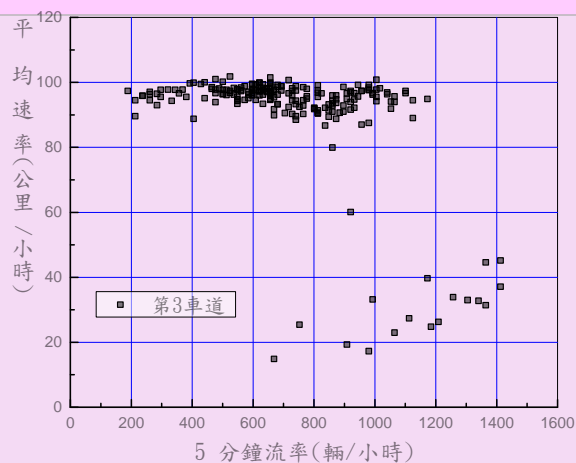
1.坡度路段對流率及速率關係的影響



國1 北上147K+520內側兩車道之流率與速率關係

10

1.坡度路段對流率及速率關係的影響



國1 北上147K+520第3車道之流率與速率關係

11

2.坡度路段對車道使用的影響

三義路段南下151K+735處車種及車流之車道分布(2012年2月29日)

附錄A

時間	車道	小車		所有大車		公車		大貨車	
		流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)
14:35 14:50	1	488	37.7	20	4.7	20	6.8	0	0
	2	576	44.4	32	7.5	32	11	0	0
	3	232	17.9	376	87.9	240	82.2	136	100
合計		1296	100	428	100	292	100	136	100
14:50 15:00	1	620	38.3	12	2.4	12	3.2	0	0
	2	764	47.2	72	14.6	48	12.8	24	20.7
	3	236	14.6	408	82.9	316	84	92	79.3
合計		1620	100	492	100	376	100	116	100
15:00 15:20	1	532	35	24	5.8	24	7	0	0
	2	744	48.9	44	10.7	28	8.1	16	23.5
	3	244	16.1	344	83.5	292	84.9	52	76.5
合計		1520	100	412	100	344	100	68	100
15:20 15:35	1	600	34.8	36	8.6	36	11.1	0	0
	2	800	46.4	60	14.3	48	14.8	12	12.5
	3	324	18.8	324	77.1	240	74.1	84	87.5
合計		1724	100	420	100	324	100	96	100

12

2.坡度路段對車道使用的影響

三義路段北上151K+735處車種及車流之車道分布(2012年2月29日)

附錄B

時間	車道	小車		所有大車		公車		大貨車	
		流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)	流量 (輛/小時)	比例 (%)
14:35 14:50	1	1744	36.2	0	0	0	0	0	0
	2	1868	38.7	24	21.4	12	23.1	12	20
	3	1212	25.1	88	78.6	40	76.9	48	80
合計		4824	100	112	100	52	100	60	100
14:50 15:00	1	1884	36.7	16	11.8	16	23.5	0	0
	2	1952	38	32	23.5	4	5.9	28	41.2
	3	1300	25.3	88	64.7	48	70.6	40	58.8
合計		5136	100	136	100	68	100	68	100
15:00 15:20	1	1724	37.4	4	2.5	4	3.7	0	0
	2	1752	38	48	30	20	18.5	28	53.8
	3	1132	24.6	108	67.5	84	77.8	24	46.2
合計		4608	100	160	100	108	100	52	100
15:20 15:35	1	1856	36.7	4	3.3	4	5.6	0	0
	2	1880	37.2	24	20	16	22.2	8	16.7
	3	1316	26	92	76.7	52	72.2	40	83.3
合計		5052	100	120	100	72	100	48	100

13

三、必須發展模擬模式的理由

美國HCM傳統作法：

- 1.根據大貨車比例、坡度及坡長訂定大貨車之 pce 以衡量大貨車對交通作業績效的影響。
- 2.因不同公路上大車之性能及載重可能不同，所以美國TRB之HCM訂定之大貨車 pce 是否適用於某些區域也令人質疑。
- 3.大貨車 pce 不僅受坡度、坡長、大貨車比例的影響，也受到其他因素（如流率等）的影響。因此德國認為 pce 不適用。

14

三、必須發展模擬模式的理由

發展模擬模式之理由：

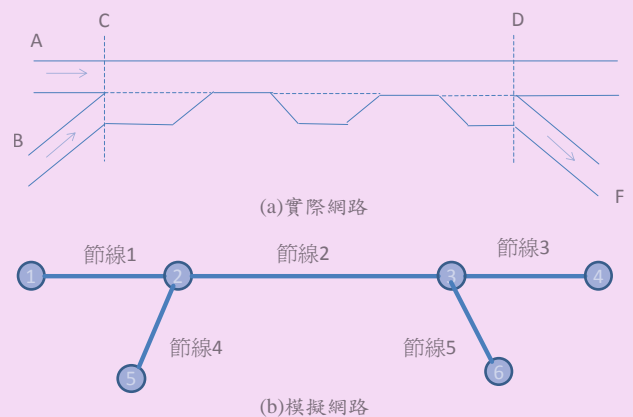
1. 美國用 **CORSIM** 及 **TWOPASS** 協助發展高速公路、多車道公路及雙車道公路容量分析方法。
2. 德國亦用 **LASI** 模擬模式。
3. 目前沒有適用臺灣環境之分析模式。

本計畫發展的模擬模式：坡度路段車流模擬(**T**raffic on **G**rade **S**imulation, **TGS**)模式

15

四、TGS模式之發展

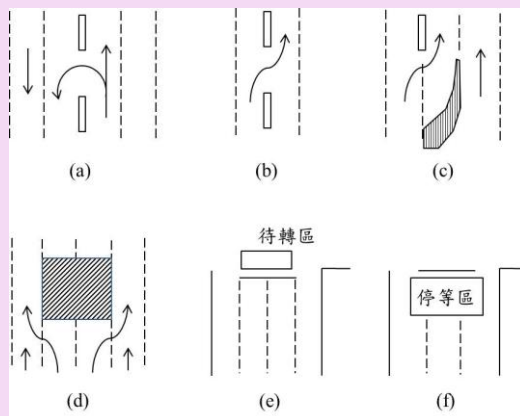
1. 實際網路與模擬網路



16

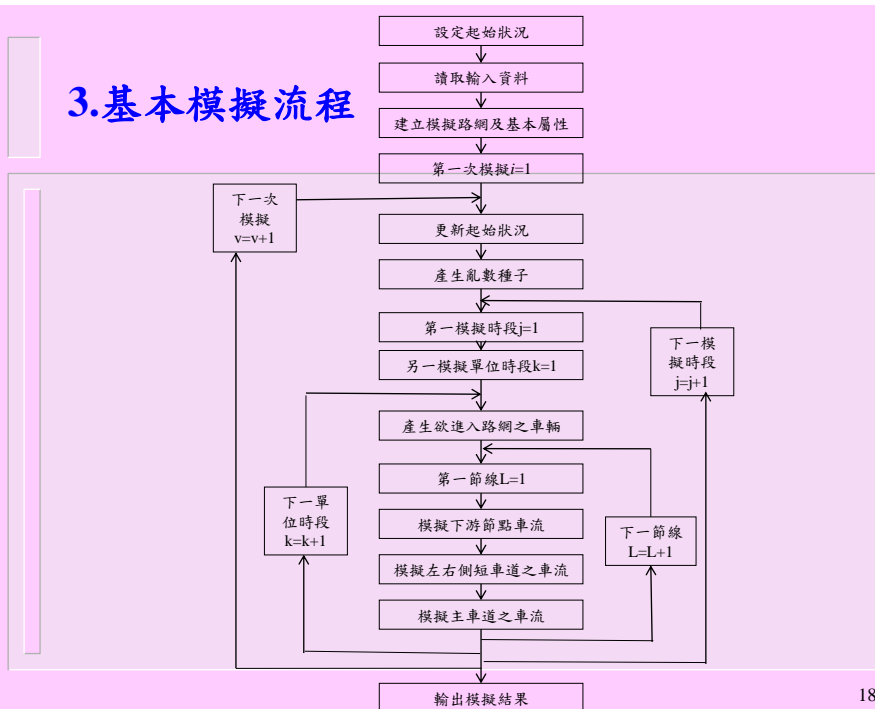
四、TGS模式之發展

2.車道上設施及運作行為



17

3.基本模擬流程



18

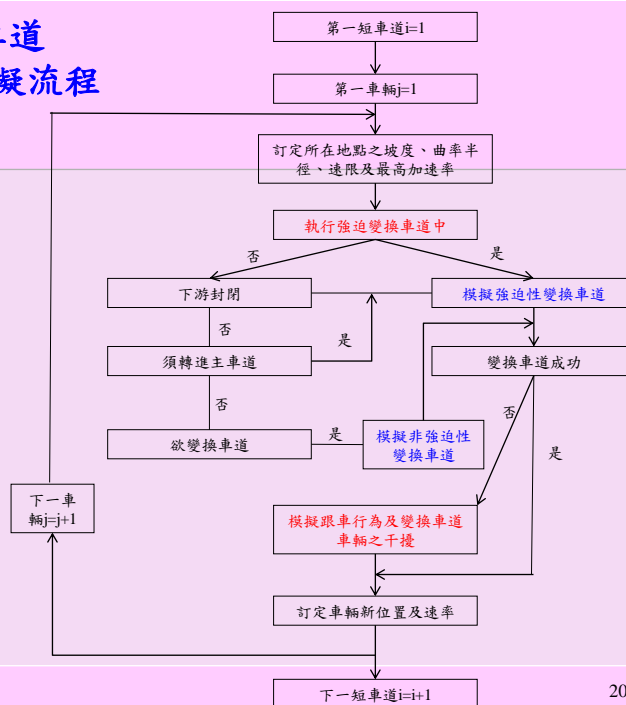
五、TGS模式之發展

4. 主要模擬邏輯

- (1) 訂定節線之模擬次序。
- (2) 產生欲進入模擬路網之車輛。
- (3) 訂定車輛在平坦路段之自由旅行及跟車加速率。
- (4) 訂定車輛在坡度路段之自由旅行及跟車加速率。
- (5) 模擬變換車道之行為。

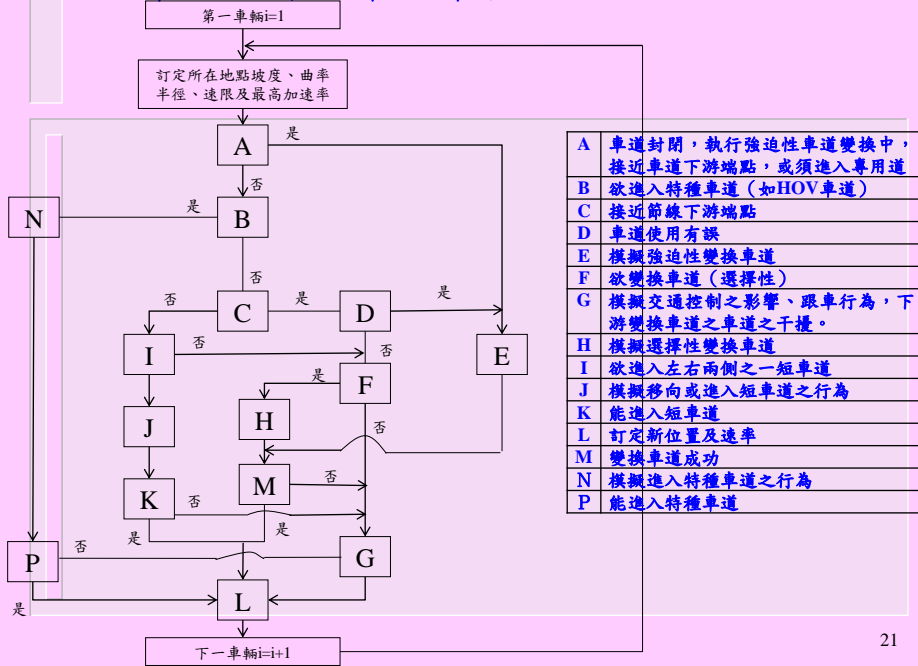
19

5. 類型2短車道 車流之模擬流程



20

6.主車道之每一車道車輛模擬之流程



五、模擬模式之測試微調應用

5.1 坡度路段加速率

模擬自由速率與德國公路設計值之比較

行車距離 (公尺)	自由速率 (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	77.7	72	71.4	65	64.7
400	77	75.7	65	63.8	50	50.2
600	76	74.0	57	57.3	37	39.2
800	74	72.6	51	52.4	30	34.1
1,000	73	71.4	47	49.0	29	32.7

註：貨車質量34,500kg，馬力254kW，質量/馬力比143kg/kW。

五、模擬模式之測試微調應用

5.1 坡度路段加速率

減速期間自由速率模擬值與AASHTO設計值之比較

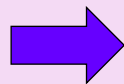
行車距離 (公尺)	自由速率 (公里/小時)					
	坡度+2%		坡度+4%		坡度+6%	
	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬
0	110	110.0	110	110.0	110	110.0
200	106	105.5	102	100.8	96	95.9
400	103	101.3	92	92.1	81	81.9
600	100	97.5	85	83.8	68	68.2
800	96	94.1	77	76.3	55	55.6
1,000	93	91.0	71	69.6	44	46.0
1,200	91	88.3	65	64.1	40	40.7
1,400	89	86.0	60	59.7	38	38.6
2,000	83	80.7	52	53.1	38	37.7

註：貨車質量31,320kg，馬力261kW，質量/馬力比120kg/kW。

23

五、模擬模式之測試微調應用

1. 國外的代表性大車並不一定適用於臺灣。因為臺灣大車之質量、馬力及駕駛行為可能異於國外之情況。目前沒有臺灣各型車輛之質量及馬力組合之統計數據可參考。
2. 根據三義及林口路段資料，本計畫用TGS模式之坡度路段加速率模式及不同的馬力與質量之組合，以訂定能合理的模擬現場狀況之組合。



代表性聯結車、代表性大貨車、代表性大客車、代表性小車

24

五、模擬模式之測試微調應用

5.2 跟車邏輯

1. 跟車狀況減速率 d_1 及 d_2

$$\begin{aligned}d_1 &= -d_{1a} - 1.2(1-R) & d_{1a} : d_1\text{之代表值 (設定為}2.1\text{公尺/秒}^2\text{)} ; \\d_2 &= -d_{2a} - 1.2R & d_{2a} : d_2\text{之代表值 (設定為}3.4\text{公尺/秒}^2\text{)} ; \\& & R : \text{後車駕駛冒險性指數}(0\sim1), \text{冒險性越高, } R\text{越大。}\end{aligned}$$

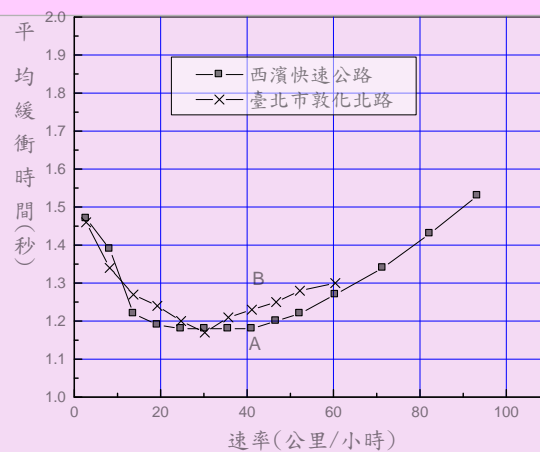
2. 緩衝時間

(1) 停等車疏解特性

(2) 高速公路車輛緩衝時間

25

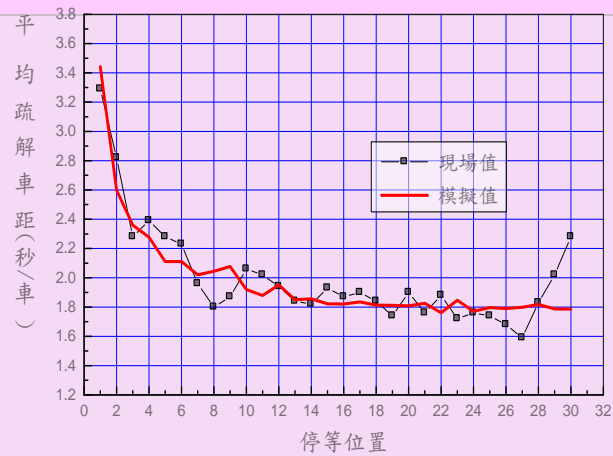
五、模擬模式之測試微調應用



不同道路之速率與平均緩衝時間關係

26

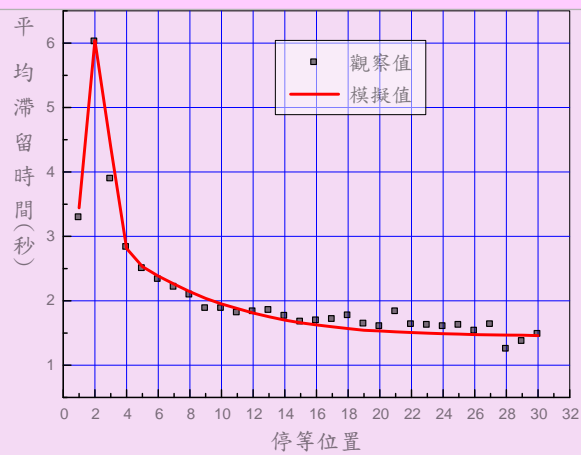
五、模擬模式之測試微調應用



現場及模擬平均疏解車距與停等位置之關係（西濱快速公路在縣道103交叉口）

27

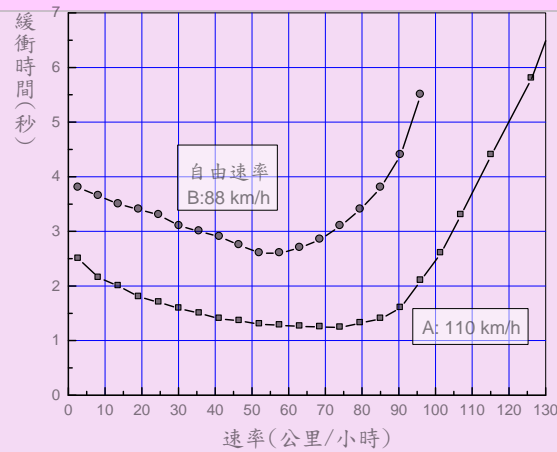
五、模擬模式之測試微調應用



現場及模擬平均滯留時間與停等位置之關係（西濱快速公路在縣道103交叉口）

28

五、模擬模式之測試微調應用



微調後之高速公路車輛緩衝時間與速率之關係

29

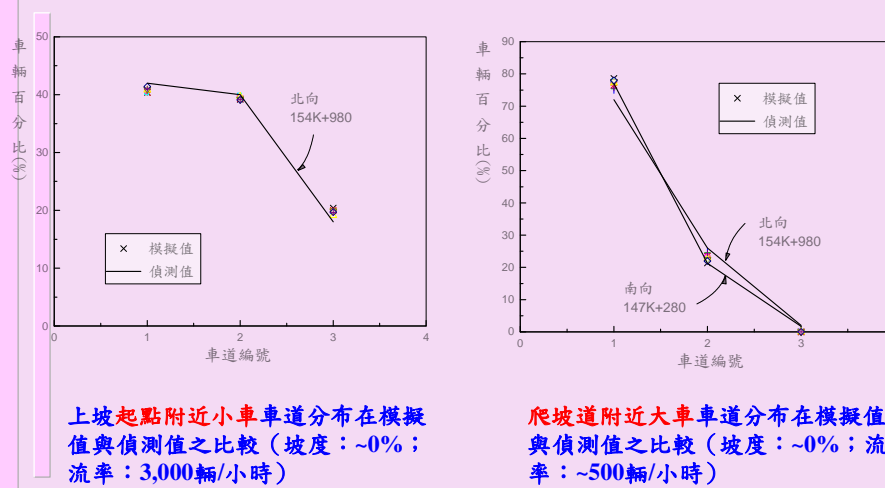
5.3 車流之車道分布及車道變換邏輯

1. 車流之車道分布是駕駛員選擇車道或因需要而變換車道所造成的現象。
2. 三義上坡路段在單向流率低於1,700輛/小時之情況下，將近90%之小車使用在上坡起點附近之內側之車道。流率增高到3,000~5,000輛/小時之後，最內側之車道上之小車仍占小車之74%~82%。抵達有爬坡道之路段時，一小部分轉進爬坡道。
3. 上坡前72%~79%大車集中外車道，幾無大車使用內車道。抵達有爬坡道之路段時，約有30%~40%轉進爬坡道。
4. TGS模式之車道變換邏輯設定在自由旅行狀況下及在車與車之間有互動關係時(如一車被後面快車逼近，或被前面慢車阻擋)駕駛員選擇車道及變換車道之或然率。

5. 偵測器資料與模擬資料相當接近。

30

三義路段之測試



31

5.4 坡度路段幾何設計之應用

1. 上坡路段上，爬坡性能最差車輛之速率如果顯著的降低，則這些車輛不僅會影響路段交通作業效率及容量，也可能增加肇事率。因此坡長及坡度的組合以避免爬坡性能最差之車輛有過度的速率降低程度。
2. 故AASHTO之公路設計規範建議質量與馬力比為120kg/kW之代表性大車之自由速率在上坡路段上之降低程度以不超過15公里/小時為原則。臺灣也有類似的設計原則。
3. TGS模式之瞬間加速率模式適用於估計代表性車輛在坡度路段之自由速率隨地點的變化。本計畫根據該加速率模式另外建立一應用方便之模擬模式，專供估計代表性車輛之自由速率。此模式訂名為坡度路段速率(Speed-on-Grade)模式，簡稱SOG模式。

32

5.4 坡度路段幾何設計之應用

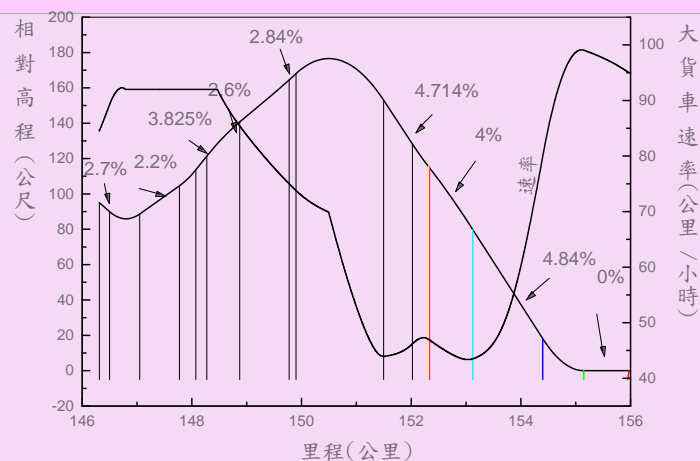
代表性車輛

車種	質重 (kg)	馬力 (kW)	質重/馬力比 (kg/kW)	動力傳輸 效率
聯結車	27,500	220	125	0.85
大貨車	10,500	165	64	0.85
大客車	15,000	200	75	0.85
小車	1,500	30	50	0.90

評估坡長及坡度組合所用之代表性車輛應是爬坡性能最差而且通行頻率不能忽視的車種。

33

5.4 坡度路段幾何設計之應用

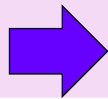


三義路段北上半聯結車速率模擬值

34

5.4 坡度路段幾何設計之應用

- 1.SOG模式之執行檔、輸入檔及輸出檔檔名各為 **SOG.exe**、**SOG.txt**及**SOGout.txt**。
- 2.執行模擬之前，使用者必須建立一輸入檔並將該檔存為SOG.txt。此檔必須與執行檔SOG.exe放在有Window平台之電腦的同一子目錄(folder)中。
- 3.欲執行模擬時，只需快速按SOG.exe兩次(double click)。如果輸入檔沒有錯誤，輸出檔SOGout.txt會出現在同一子目錄中。



Demo

35

SOG模式之展示-1

- 1.上坡+4%半聯結車之各地點自由速率分析。

SOG+4%.txt  代表性半聯結車速率與上坡坡度及行車距離的關係

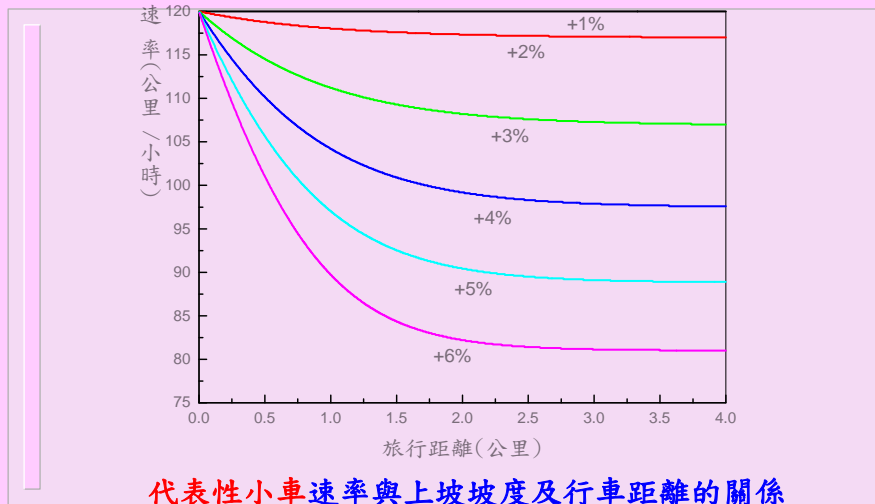
輸入檔(SOG.txt) :  SOGout.txt

1	Number of directions to be simulated
120 120 12 85 85 92	initial speed (km/h), Max speed on level, Max speed on downgrade
5	vehicle type (1=car, 2=bike, 3=bus, 4 SU, 5=semi, 6=full trailer)
2	Number of locations with elevation (KM, m, slope)
1 0. 0.	
2 5. 200.	(5公里上升200公尺 = +4%)
0	Number of Horizontal Curves (Radius in m, start and end in km)
0	Lines of revision

36

5.4 坡度路段幾何設計之應用

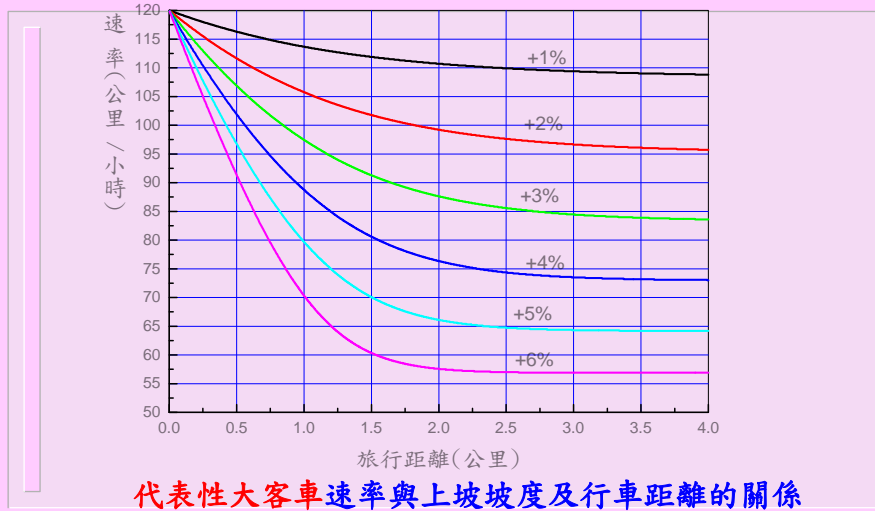
代表性車輛在均勻上坡之速率



37

5.4 坡度路段幾何設計之應用

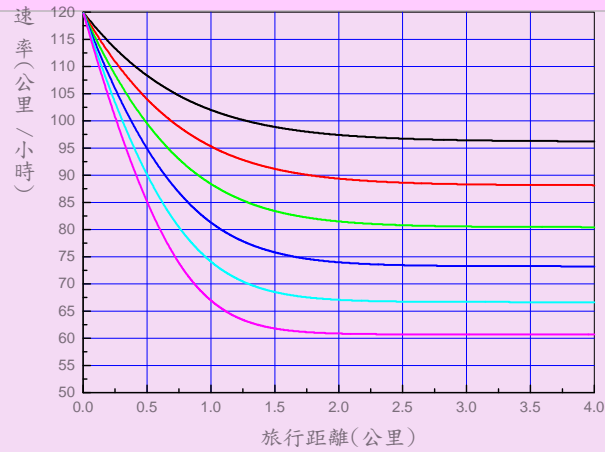
代表性車輛在均勻上坡之速率



38

5.4 坡度路段幾何設計之應用

代表性車輛在均勻上坡之速率

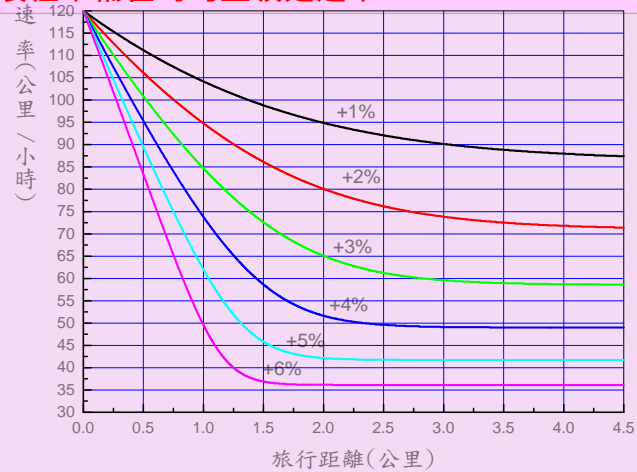


代表性大貨車速率與上坡坡度及行車距離的關係

39

5.4 坡度路段幾何設計之應用

代表性車輛在均勻上坡之速率



代表性聯結車速率與上坡坡度及行車距離的關係

40

SOG模式之展示-2

2.面對各種高程變化不同代表性車種之速率變化

eleSanYi.txt → 代表性車種(半聯結車)於實際坡度
(三義路段) 上之自由速率變化

輸入檔(SOG.txt) : → **SOGout.txt**

```

2          Number of directions to be simulated
95 105   92   87 85 92   initial speed (km/h), Max speed on flat, Max speed on down
5          vehicle type (1=car, 2=bike, 3=bus, 4 SU, 5=semi, 6=full trailer)
114 Number of locations with elevation (KM, m,slope)
1 155.974  0.000
2 155.148  0.000
3 155.098  0.081
.....
    
```

41

SOG模式之展示-3

3.面對各種高程變化不同代表性車種之速率變化

eleLINKO.txt → 代表性車種(小車)於實際坡度上
(林口路段) 之自由速率變化

輸入檔(SOG.txt) : → **SOGout.txt**

```

2          Number of directions to be simulated
99.5 102   104   103.5 108 105   initial speed (km/h), Max speed on flat, Max speed on down
1          vehicle type (1=car, 2=bike, 3=bus, 4 SU, 5=semi, 6=full trailer)
314 Number of locations with elevation (KM, m,slope)
1 35.6238 44.40  2.50
2 35.6438 44.90  2.83
3 35.6738 45.75  2.80
.....
    
```

42

5.5 交通作業分析之應用

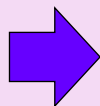
1. TGS模式可彌補目前沒有適當工具來分析臺灣坡度路段容量及服務水準之困境。預計在2015年發展完成之後，TGS模式可用來分析高速公路及雙車道公路平坦及坡度路段。
2. 將來若有其他類型公路（如快速道路、多車道公路等）上大車爬坡性能的資料，TGS模式可很快的改良以增進其能模擬多種類型公路車流之功能。
3. 應用TGS模式之主要工作在於建立一輸入資料檔，此檔之檔名設訂為TGS.txt。附錄D說明資料檔的內容及建立。
4. 因TGS模式正逐步改良中，所以資料檔的內容會隨時會更新。TGS模式的使用者手冊將在2015年編定。

43

5.5 交通作業分析之應用

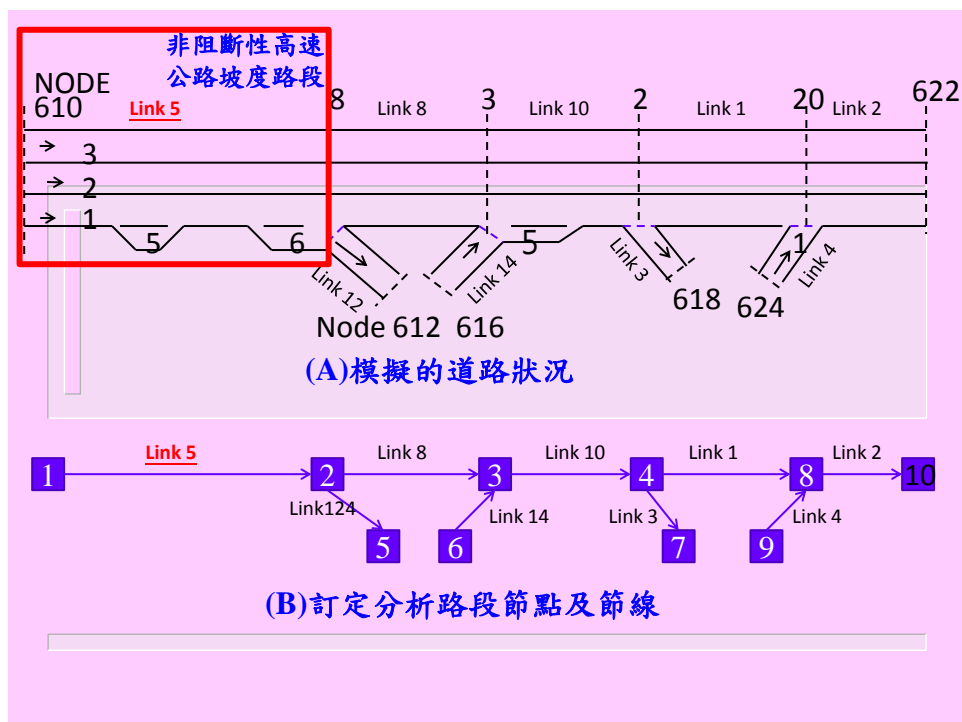
利用TGS模式分析坡度路段的工作項目：

1. 訂定瓶頸地點。
2. 估計平坦路段上車輛之平均自由速率及內車道只有小車時之容量。
3. 建立輸入檔。
4. 估計瓶頸地點及其他分析地點之容量。
5. 模擬並評估作業績效及服務水準。



Demo

44



TGS模式

輸入檔(TGS.txt) : ➡ TGSout.txt

```

5555 0    simulation controls, number of runs, # periods, data collection period, seed
2 2 100 900 0.5 300 1800 36548
5555 1    read type 1 data, upstream node, down stream node, ids of 6 continuous lanes
5 610 8 0 NO 3 3.5 2.0 1.2 10.000
8 8 3 0 NO 3 3.5 2.0 1.2 1.600
10 3 2 0 NO 3 3.5 2.0 1.2 1.600
12 8 612 0 NO 2 3.5 2.0 1.2 0.800
14 616 3 0 YD 1 3.5 2.0 1.2 0.700
3 2 618 0 NO 1 3.5 2.0 1.2 1.500
1 2 20 0 NO 3 3.5 2.0 1.2 1.500
4 624 20 0 YD 1 3.5 2.0 1.2 0.800
2 20 622 0 NO 3 3.5 2.0 1.2 0.500
5555 2    read type 2 data, auxiliary lanes, type, side, 3lane ids,
5 1 MID 4 0 0 0.700 4.900
5 1 END 5 0 0 9.200 10.000
10 1 UP 4 0 0 0 200
.....

```

TGSout.txt

*****NOTATIONS*****

ISIDE of Receiving Link:

- 1= receiving link is the right-side or the only link from a source node
- 2= receiving link is the inside (left-side) link of 2 links from a source

PERIOD = simulation period

Vehicle Types:

- 1 = small vehicle
- 2 = motorcycle
- 3 = bus
- 4 = single-unit truck
- 5 = semi-trailer truck
- 6 = full-trailer truck
- 7 = special vehicle Type 1
- 8 = special vehicle type 2

47

TGSout.txt

INPUT FLOWS at Source Nodes

Source Receiving LINK	Side of LINK	Period	Flow vph	Demand		% of Vehicle Type in Lane							
				1	2	3	4	5	6	7	8		
610	1	1	5000	90.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0		
610	1	2	5000	90.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0		
616	1	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
616	1	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
624	1	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
624	1	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

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

LINK	Flow vph	Average Speed(km/h)	Fuel Consumption		% of Vehicle type								
			grams	g/veh-km	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	4500.	85.9	1013696.	131.9	92.7	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	

48

DETECTOR STATION STATISTICS

Link	Station at km	Lane	Flow vph	Speed km/h	% Vehicle Type							
					1	2	3	4	5	6	7	8
5	0.060	1	1222.	88.7	63.6	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	0.0	0.0
5	0.060	2	1886.	83.6	96.7	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0
5	0.060	3	1873.	90.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.800	1	1004.	88.1	65.9	0.0	0.0	0.0	34.1	0.0	0.0	0.0
5	1.800	2	1783.	91.0	97.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.800	3	1840.	93.5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.800	4	371.	76.6								
5	2.300	1	782.	82.0								
5	2.300	2	1760.	91.4								
5	2.300	3	1809.	93.7								
5	2.300	4	594.	64.6	72.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	4.500	1	764.	31.4	65.0	0.0	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0
5	4.500	2	1749.	92.0	98.5	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
5	4.500	3	1743.	94.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	4.500	4	584.	49.2	72.7	0.0	0.0	0.0	27.3	0.0	0.0	0.0
5	8.000	1	1091.	85.3	71.3	0.0	0.0	0.0	28.7	0.0	0.0	0.0
5	8.000	2	1694.	93.0	98.2	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
5	8.000	3	1666.	94.9	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- 1.可分析各地點流率與速率之關係。
- 2.需求流率逐步增高時，可探討坡度路段之瓶頸地點。
- 3.可探討坡度路段瓶頸地點之容量。

49

六、結論與建議

- 1.臺灣缺乏能用來分析本土坡度路段交通作業績效的工具，為了解決這問題，運研所展開一為期三年的研究工作以發展適用之模擬模式。
- 2.本第一年計畫發展一可模擬高速公路交通作業不受匝道影響之坡度路段的模擬模式。後續對象包括雙車道公路及有進出口匝道之高速公路路段。
- 3.本計畫發展兩個模擬模式以協助幾何設計及容量分析。其中一模式訂名為TGS模式，另一模式為SOG模式。

50

六、結論與建議

4. TGS模式可用來分析坡度路段交通作業隨地點及車道之變化。應用此模式來評估容量及服務水準時須執行下列工作：(1)訂定瓶頸地點；(2)評估平坦路段上車輛之平均自由速率及內車道只有小車時之容量；(3)建立輸入檔；(4)估計瓶頸地點及其他分析地點之容量；(5)模擬並評估作業績效及服務水準。
5. SOG模式讓使用者估計代表車輛在上下坡路段的速率變化。可用來協助坡度路段之幾何設計，也需用在容量分析過程中尋找瓶頸地點。

51

六、結論與建議

- 6.根據國道1號高速公路在三義及林口坡度路段之自由速率資料，分析高速公路可根據表6.1之代表性車輛。
- 7.SOG模式可很方便的用來估計特定車輛爬均勻上坡時速率隨行車距離之變化。如果沒有SOG模式之執行檔可用，圖6-2~6-5可用來評估上坡坡長及坡度之組合。
- 8.TGS模式模擬高速公路不受匝道影響時之邏輯仍須加強跟車邏輯所用之緩衝時間與速率的關係。因為實際的流率與速率關係有許多型態。

52

六、結論與建議

- 1.建議運研所建立一高速公路各種路段（如平坦及坡度路段）車流特性的資料庫。車流特性包括各車道每(1或5)分鐘之流率、速率、車種組成、車總重量(gross weight)之分布等。
- 2.臺灣缺乏不同車種在不同行車狀況時加減速特性的研究。本計畫建議加強車輛性能基礎資料之蒐集以建立代表性車輛之屬性及其行車行為。
- 3.臺灣對本土車輛耗油率及排氣的研究很有限，建議加強這方面的研究。

53

中華民國運輸學會

公路坡度路段模擬模式 之發展及應用(1/3)

簡報完畢
敬請指正

54