

104-86-1353
MOTC-IOT-103-PEB011

公路坡度路段模擬模式 之發展及應用(2/3)

著者：蘇振維、歐陽恬恬、林豐博、曾平毅、
顏于婷、黃昶融、陳冠男

交通部運輸研究所

中華民國 104 年 7 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. (2/3) / 蘇振維等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民104.07

面；公分
ISBN 978-986-04-5440-6(平裝)

1. 公路管理 2. 運輸規劃

557

104013238

公路坡度路段模擬模式之發展及應用 (2/3)

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 104 年 7 月

印刷者：九易數碼科技印刷有限公司

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：170 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：1010401189

ISBN：978-986-04-5440-6 (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(2/3) | | | |
| 國際標準書號（或叢刊號） 978-986-04-5440-6（平裝） | 政府出版品統一編號 1010401189 | 運輸研究所出版品編號 104-86-1353 | 計畫編號 103-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：歐陽恬恬 聯絡電話：(02)23496812 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、顏于婷、黃昶融、陳冠男 地址：333 桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號 聯絡電話：(03)3282321ext 4619 傳真號碼：(03)3979166 | | 研究期間 自 103 年 2 月 至 103 年 11 月 |
| 關鍵詞：容量，坡度路段，服務水準，超車行為，郊區雙車道公路，模擬模式。 | | | |
| <p>摘要：</p> <p>本計畫為公路坡度路段車流特性與容量研究工作的第二年期，目標為發展一微觀模擬模式以分析郊區雙車道公路非阻斷性車流路段之容量與服務水準。研究工作包括回顧郊區雙車道公路之車流特性與容量及服務水準分析的課題、模擬邏輯的發展、模式微調與校估、模式應用之使用說明撰寫等。</p> <p>本計畫發展的模擬模式名稱為「坡度路段車流模擬模式—2 車道(Traffic-on-Grade Simulation Model – 2 Lane)」，簡稱 TGS-2L 模式，可以合理模擬郊區雙車道公路平直與坡度路段之車流，而關於容量及服務水準分析的應用方面，TGS-2L 模式可以協助坡度路段、爬坡道及避車道的設計。本計畫並建議使用「需求流率與容量比」及「速限與平均旅行速率之差距」來劃分郊區雙車道公路之服務水準。</p> <p>TGS-2L 模式未來可應用於修訂 2011 臺灣公路容量手冊第 12 章。另郊區雙車道公路常常有平曲線的設置，不同之平曲線曲率半徑及坡度之組合，會有不同之自由速率，尤其是車輛接近、進入與離開平曲線時自由速率之變化，預期會影響平曲線之容量，建議未來可蒐集更多現場資料微調 TGS-2L 模式，以強化模式功能。</p> | | | |
| 出版日期 | 頁數 | 定價 | 本出版品取得方式 |
| 104 年 7 月 | 219 | 170 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。 |
| <p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（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）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p> | | | |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 | | | |

**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 (2/3) | | | |
| ISBN(OR ISSN) 978-986-04-5440-6 | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010401189 | IOT SERIAL NUMBER 104-86-1353 | PROJECT NUMBER 103-PEB011 |
| DIVISION: Planning Division DIVISION DIRECTOR: Cheng-Wei Su PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei Su PROJECT STAFF: Tien-Tien Ou-Yang PHONE: 886-2-23496812 FAX: 886-2-23450428 | | | PROJECT PERIOD FROM February 2014 TO November 2014 |
| RESEARCH AGENCY: Chinese Institute of Transportation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Feng-Bor Lin PROJECT STAFF: Pin-Yi Tseng, Yu-Ting Yen, Chang-Rong Huang, Guan-Nan Chen ADDRESS: No.56, Shuren Rd., Guishan Dist., Taoyuan City 333, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-3-3282321 ext. 4619 FAX: 886-3-3979166 | | | |
| KEY WORDS: capacity, grade segment, level-of-service, passing maneuver, rural two-lane highway, simulation model. | | | |
| ABSTRACT : <p>This project is the second phase of a three-year research effort initiated by the Institute of Transportation (IOT), Ministry of Transportation and Communications. Its objective is to develop a microscopic simulation model to facilitate capacity and level-of-service analysis of rural two-lane highways that have uninterrupted flow. The resulting model is referred to as Traffic-on-Grade Simulation-2Lane Model, or TGS-2L Model in short. The tasks conducted in the project includes a review of flow characteristics and practices in capacity and level-of-service analysis, development of simulation logic, testing and calibration of the model, and preparation of instructions on the applications of the model. Although the TGS-2L model can realistically simulate the traffic flows on several flat highway segments and grade segments, it needs further testing and calibration. In particular, there is a need for a better understanding of the transition of free-flow speed when a vehicle approaches, enters, and then exits a horizontal curve that has a certain combination of radius and slope. Such a speed transition can be expected to affect the capacity of a horizontal curve that is frequently present on rural two-lane highways. In addition to applications in capacity and level-of-service analysis, the TGS-2L Model can be used to help in the design of upgrades, climbing lanes, and turnouts. It is suggested that the levels of service of rural two-lane highways be classified in terms demand flow rate to capacity ratio and the difference between speed limit and average travel speed. Chapter 12 of the 2011 Taiwan Highway Capacity Manual is out-of-date. This chapter may be revised by focusing on the applications of the TGS-2L model.</p> | | | |
| DATE OF PUBLICATION July 2015 | NUMBER OF PAGES 219 | PRICE NT\$170 | CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. | | | |

目 錄

| | |
|---|----|
| 第一章 緒論 | 1 |
| 1.1 計畫背景及目的..... | 1 |
| 1.2 郊區雙車道公路概況..... | 1 |
| 1.3 工作項目..... | 2 |
| 1.4 報告內容..... | 2 |
| 第二章 文獻回顧 | 3 |
| 2.1 超車行為..... | 3 |
| 2.2 容量..... | 6 |
| 2.3 績效指標..... | 8 |
| 2.4 分析方法..... | 11 |
| 第三章 郊區雙車道公路坡度路段模擬模式(TGS-2L)之基本 架構及邏輯 | 13 |
| 3.1 TGS-2L 模式之性質..... | 13 |
| 3.2 基本架構..... | 13 |
| 3.2.1 模擬路網..... | 13 |
| 3.2.2 基本模擬程序..... | 15 |
| 3.2.3 主要邏輯..... | 17 |
| 3.2.3.1 訂定節線之模擬次序..... | 18 |
| 3.2.3.2 產生車輛之邏輯..... | 18 |
| 3.2.3.3 自由旅行車輛與跟車車輛之區分..... | 22 |
| 3.2.3.4 平坦路段自由速率..... | 23 |
| 3.2.3.5 平坦路段自由旅行加速率..... | 24 |
| 3.2.3.6 跟車邏輯..... | 29 |
| 3.2.3.7 坡度路段加速率之模擬..... | 34 |
| 3.2.3.8 超車邏輯..... | 43 |
| 3.2.3.9 速限變化之加速率..... | 47 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.3.10 超車道或爬坡道之使用 | 48 |
| 3.2.3.11 耗油量之估計 | 49 |
| 第四章 TGS-2L 模式之測試及微調 | 53 |
| 4.1 平坦路段之流率與平均速率的關係 | 53 |
| 4.2 坡度路段之流率及平均速率的關係 | 64 |
| 4.3 超車行為 | 86 |
| 4.4 跟車模式微調之替代方法 | 92 |
| 第五章 郊區雙車道公路交通運作之分析 | 95 |
| 5.1 背景 | 95 |
| 5.2 績效指標及服務水準之劃分 | 96 |
| 5.3 容量 | 104 |
| 5.3.1 平坦路段之容量 | 104 |
| 5.3.2 平坦路段上平曲線(Horizontal Curve)之容量 | 107 |
| 5.3.3 坡度路段的容量 | 109 |
| 5.4 TGS-2L 模式之應用 | 109 |
| 5.4.1 均勻坡度上坡度路段自由速率之變化 | 110 |
| 5.4.2 坡度路段容量之估計 | 116 |
| 5.4.3 服務水準之評估 | 121 |
| 5.4.4 超車區效益之評估 | 123 |
| 5.4.5 爬坡道及超車用短車道之評估 | 124 |
| 第六章 結論及建議 | 125 |
| 6.1 結論 | 125 |
| 6.2 建議 | 126 |
| 參考文獻 | 129 |
| 附錄 A TGS-2L 模式輸入檔(TGS2L.txt)之建立 | |
| 附錄 B 模擬省道台 7 線路段之輸入值 | |
| 附錄 C 模擬縣道 108 線路段之輸入值 | |

附錄 D 期中座談會紀錄與回應表

附錄 E 期末審查會議紀錄與回應表

附錄 F 期末簡報檔案

表目錄

| | | |
|--------|---|-----|
| 表 2.1 | 雙車道公路上超車時間及距離..... | 4 |
| 表 2.2 | AASHTO 超車視距設計標準..... | 4 |
| 表 2.3 | 南非雙車道公路跟車密度與服務水準等級之劃分..... | 11 |
| 表 3.1 | 模式之車種分類及代號..... | 19 |
| 表 3.2 | 坡度路段瞬間加速率影響因素代表值之一..... | 43 |
| 表 3.3 | 坡路路段瞬間加速率影響因素代表值之二..... | 44 |
| 表 4.1 | 台 7 線之平曲線地點及曲率半徑..... | 68 |
| 表 4.2 | 縣道 108 線之平曲線地點及曲率半徑..... | 68 |
| 表 4.3 | 坡度路段調查地點之坡度及水平距離..... | 69 |
| 表 4.4 | 台 7 線整合之 1 分鐘流率與平均速率資料..... | 74 |
| 表 4.5 | 縣道 108 線整合之 1 分鐘流率與平均速率資料..... | 74 |
| 表 4.6 | 台 7 線調查地點之平均自由速率..... | 75 |
| 表 4.7 | 縣道 108 線調查地點之平均自由速率..... | 75 |
| 表 4.8 | 調查地點之車種組成..... | 76 |
| 表 4.9 | AASHTO 公路設計規範最高側面摩擦係數..... | 79 |
| 表 4.10 | 上坡安全速率調整值 ΔV_u (公里/小時)..... | 80 |
| 表 4.11 | 下坡時根據下游曲率半徑之安全速率調整值(公里/小時)..... | 80 |
| 表 4.12 | 式 4.18 之速率調整值 ΔV_g ($G \leq -2\%$)..... | 81 |
| 表 4.13 | 郊區雙車道公路模擬車輛之屬性..... | 82 |
| 表 4.14 | 台 7 線下坡路段平均自由速率現場值與模擬值..... | 82 |
| 表 4.15 | 台 7 線上坡路段平均自由速率現場值與模擬值..... | 82 |
| 表 4.16 | 縣道 108 線下坡路段平均自由速率現場值與模擬值..... | 83 |
| 表 4.17 | 縣道 108 線上坡路段平均自由速率現場值與模擬值..... | 83 |
| 表 5.1 | 根據 V/C 比之服務水準等級劃分標準..... | 103 |
| 表 5.2 | 根據平均速率 V 及速限 V_L 之差距的服務水準等級劃分標準..... | 103 |
| 表 5.3 | 模擬圖 5-15 之路網可用之一輸入檔..... | 111 |
| 表 5.4 | 半聯結車自由速率在 +6% 上坡之變化模擬值..... | 115 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 表 5.5 | 修改表 5.3 以模擬路段容量之輸出值..... | 120 |
| 表 5.6 | 4 公里長、6%上坡之需求流率及能通過之流率之模擬關係 (95%小車及 5%半聯結車)..... | 121 |
| 表 5.7 | 模擬之路段平均速率及速率隨地點之變化..... | 122 |

圖目錄

| | | |
|--------|---------------------------------------|----|
| 圖 2-1 | 縣道 151 線及台 18 線雙車道公路車流之流率與速率關係..... | 7 |
| 圖 3-1 | 郊區雙車道公路之設施示意圖..... | 14 |
| 圖 3-2 | 根據圖 3-1 路段所設定之模擬路網..... | 14 |
| 圖 3-3 | TGS-2L 模式之基本模擬流程..... | 16 |
| 圖 3-4 | 模擬時段及模擬單位時間示意圖..... | 19 |
| 圖 3-5 | 平坦路段正常化自由速率之代表性累積分布..... | 25 |
| 圖 3-6 | 平坦路段小車之模擬加速率..... | 26 |
| 圖 3-7 | 平坦路段大車之模擬加速率..... | 27 |
| 圖 3-8 | 大車及小車正常化加速率之累積分布..... | 28 |
| 圖 3-9 | 跟車狀況示意圖..... | 30 |
| 圖 3-10 | 小車之模擬最大加速率與平常加速率之對照..... | 33 |
| 圖 3-11 | TGS 模擬所用之馬力/最大馬力比與速率的關係..... | 38 |
| 圖 3-12 | 超車開始瞬間之車況示意圖..... | 45 |
| 圖 4-1 | 鹿谷往溪頭縣道 151 線之流率與平均速率關係..... | 54 |
| 圖 4-2 | 台 18 線阿里山公路之流率與平均速率關係..... | 55 |
| 圖 4-3 | 跟車距離組成之示意圖..... | 56 |
| 圖 4-4 | 代表性流率與平均速率之關係..... | 57 |
| 圖 4-5 | 臨界速率與平均自由速率之關係..... | 58 |
| 圖 4-6 | 平均速率高於臨界速率時之小車平均緩衝時間增加量..... | 59 |
| 圖 4-7 | 平均速率低於臨界速率時之小車平均緩衝時間增加量..... | 60 |
| 圖 4-8 | 駕駛行為變異函數 β_1 與駕駛員之冒險性指數之關係..... | 62 |
| 圖 4-9 | 模擬與現場流率與平均速率關係之對照 (台 18 線)..... | 63 |
| 圖 4-10 | 模擬與現場流率與平均速率關係之對照 (縣道 151 線)..... | 64 |
| 圖 4-11 | 台 7 線之平面定線..... | 65 |
| 圖 4-12 | 縣道 108 線之平面定線..... | 66 |
| 圖 4-13 | 台 7 線之縱切面..... | 67 |
| 圖 4-14 | 縣道 108 線之縱切面..... | 67 |

| | |
|--|----|
| 圖 4-15 台 7 線 D1 地點之流率與速率關係..... | 70 |
| 圖 4-16 台 7 線 D2 地點之流率與速率關係..... | 70 |
| 圖 4-17 台 7 線 U1 地點之流率與速率關係..... | 71 |
| 圖 4-18 台 7 線 U2 地點之流率與速率關係..... | 71 |
| 圖 4-19 縣道 108 線 D2 地點之流率與速率關係..... | 72 |
| 圖 4-20 縣道 108 線 D3 地點之流率與速率關係..... | 72 |
| 圖 4-21 縣道 108 線 U1 地點之流率與速率關係..... | 73 |
| 圖 4-22 縣道 108 線 U6 地點之流率與速率關係..... | 73 |
| 圖 4-23 安全速率與曲率半徑之關係..... | 78 |
| 圖 4-24 台 7 線下坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較..... | 84 |
| 圖 4-25 台 7 線上坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較..... | 84 |
| 圖 4-26 縣道 108 線下坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較..... | 85 |
| 圖 4-27 縣道 108 線上坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較..... | 85 |
| 圖 4-28 平均自由速率 48 公里/小時公路上超車車輛占用對向道模擬 之時間次數分布..... | 88 |
| 圖 4-29 平均自由速率 68 公里/小時公路上超車車輛占用對向道模擬 之時間次數分布..... | 88 |
| 圖 4-30 超車率隨超車方向流率及超車區長度之變化（對向流率=400 輛/小時）..... | 89 |
| 圖 4-31 超車區長度固定時，超車率隨對向流率及超車方向流率之變化 （超車區長度=2 公里）..... | 91 |
| 圖 4-32 超車方向流率固定時，超車率隨對向流率及超車區長度之變化 （超車方向流率=600 輛/小時）..... | 91 |
| 圖 4-33 超車率隨冒險性指數門檻值之變化（超越區長度=2 公里；對 向流率=450 輛/小時）..... | 93 |
| 圖 4-34 超車率隨被超越車輛前方車距之門檻值的變化（超越區長度 =2 公里；對向流率=400 輛/小時）..... | 93 |
| 圖 4-35 正常化緩衝距離 D/D_0 與速率 V/V_0 之關係..... | 94 |
| 圖 5-1 台 18 線東行車流跟車百分比與平均速率的關係..... | 97 |
| 圖 5-2 台 18 線西行車流跟車百分比與平均速率的關係..... | 97 |
| 圖 5-3 台 18 線東行車流跟車百分比與流率的關係..... | 98 |
| 圖 5-4 台 18 線西行車流跟車百分比與流率的關係..... | 98 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 圖 5-5 跟車密度與流率之關係..... | 99 |
| 圖 5-6 跟車密度與跟車流率的關係..... | 100 |
| 圖 5-7 跟車密度與平均速率的關係..... | 100 |
| 圖 5-8 跟車密度與總密度的關係..... | 101 |
| 圖 5-9 平均跟車速率與總平均速率的關係..... | 101 |
| 圖 5-10 容量與平均自由速率之可能關係..... | 105 |
| 圖 5-11 臨界速率與平均自由速率之可能關係..... | 106 |
| 圖 5-12 平直郊區雙車道公路流率與速率之可能關係..... | 106 |
| 圖 5-13 美國 AASHTO 使用的側面摩擦係數..... | 107 |
| 圖 5-14 AASHTO 最高設計速率與曲率半徑的關係..... | 108 |
| 圖 5-15 模擬路網示意圖..... | 110 |
| 圖 5-16 車輛在+ 6%上坡路段之自由速率與水平行車距離之模擬關係. | 116 |
| 圖 5-17 分析路段示意圖之一..... | 116 |
| 圖 5-18 分析路段示意圖之二..... | 117 |

第一章 緒論

1.1 計畫背景及目的

「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]有許多章節仍須根據本土交通特性加以修正。其中有關坡度路段的分析特別缺乏本土資料及適用的分析工具。坡度路段的交通運作受幾何設計、交通控制、車流狀況等許多因素的影響。這些因素的互動關係很複雜，其組成也繁多。在這情況下，欲透過蒐集足夠的現場資料來建立分析性模式以利評估服務水準的工作難以展開。因此交通部運輸研究所（以下簡稱本所）於民國 102 年開始展開一項為期 3 年的研究工作，以發展一套分析坡度路段交通運作之微觀模擬模式。此工作之第一年期計畫研究對象為沒有進、出口匝道之高速公路路段[2]。第二年期計畫之研究對象為不受交叉路口影響之郊區雙車道公路。第三年期計畫的重點在於發展能模擬高速公路有進、出口匝道之路段及有交叉路口之郊區雙車道路段。

上述第一年期計畫所發展之模擬模式稱為「坡度路段模擬模式 (Traffic-on-Grade Simulation Model，簡稱 TGS 模式)」。第二年期計畫，亦即本計畫，將 TGS 模式之功能加強以模擬郊區雙車道公路之交通運作。為方便區分起見，可模擬郊區雙車道公路之模式，稱為 TGS-2L 模式。本報告說明發展 TGS-2L 模式之工作及成果。

1.2 郊區雙車道公路概況

郊區雙車道公路指單向只有一車道之市郊或城鎮之間的公路，設有機慢車道者稱為標準雙車道，其餘稱為混合雙車道。臺灣郊區混合雙車道約占郊區雙車道里程之 90%[1]。因土地使用日漸密集，郊區雙車道公路常有交叉路口。

雙車道公路的特色是常有慢車擋快車之現象。除非設有爬坡道或讓慢車避開快車使用之短車道，則超車車輛必須占用雙向車道，因而影響行車安全。為超車方便起見，歐洲有些國家採用特別寬的車道（約

5.5 公尺)。

臺灣郊區雙車道公路常穿越山嶺區。這些公路不僅有許多陡的坡度路段，也常有曲率半徑很短的平曲線(horizontal curve)。國內交通界對這種公路的交通運作特性缺乏了解。本所雖然蒐集了一些現場資料以協助 TGS-2L 模式之發展，但為了模式之有效應用，有必要繼續蒐集現場交通運作特性資料。

1.3 工作項目

發展 TGS-2L 模式須進行下列工作項目：

- 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方法。

本年期研究對象不考慮機慢車道之模擬。TGS-2L 模式的架構只須稍加調整就可模擬機慢車道之車流。此項工作將在下一年期計畫中執行。未來將再補充蒐集現場車流特性資料，以利模式測試及微調。

1.4 報告內容

本報告第二章回顧文獻，指出分析雙車道公路所牽涉到的問題。第三章說明 TGS-2L 模式之架構及主要模擬邏輯。第四章討論 TGS-2L 模式之測試及微調。第五章介紹分析郊區雙車道公路運作的方法。第六章歸納本計畫之成果及宜展開之後續研究工作。附錄 A 說明 TGS-2L 模式輸入檔之建立。

第二章 文獻回顧

雙車道公路是一般國家各型公路中里程最高之類型。除非設置有爬坡道或超車道，這種公路因為單向只有一車道，快車常受慢車持久阻礙因而減低交通績效。因為雙車道上超車機會受限制所造成的交通運作狀況很複雜，而且可從許多不同的角度來評估，所以何種績效指標適用於評估雙車道公路之服務水準難於達到共識。蒐集現場資料之高度困難度亦嚴重的妨礙服務水準分析方法之建立。

雙車道公路交通運作令人關切的事項包括容量、超車行為、超車需求、超車機會、績效指標之選擇、幾何設計及交通控制之影響，及分析方法之建立[1,2]。本所於民國 102 年出版之一研究報告[3]曾回顧這些事項之相關文獻。為了訂定本工作計畫之工作方針，本章根據該報告及其他文獻，歸納交通界對雙車道公路運作特性的了解及交通運作分析的方法。

2.1 超車行為

一駕駛員之超車行為包括一連串的決策及動作。受慢車阻礙時，駕駛員會先決定是否超車。決定超車之後須先加速進入對向車道。在對向車道上駕駛員需保持一比被超越車輛還快的速率行進，直到能安全回到原來車道為止。此外，回到原來車道時，對向車輛必須在一安全距離之外。

上述的超車行為不易直接在現場調查。所以根據現場資料之相關研究很有限而且研究結果常有顯著的不同。根據一荷蘭(Netherlands)之研究[4]，快車被慢車阻礙時，駕駛員決定超車之機率隨車流狀況及駕駛員特性而有顯著的變化。在雙向流率皆低時（單向最高不超過 470 輛/小時）的超車機率在 1%~16%之範圍。超車方向流率在 692~1023 輛/小時之間，對向流率在 450 輛/小時左右時的超車機率大約為 9.5%。但是超車機率與超車方向及對向流率的關係不明顯。而且該研究沒有

說明可安全超車之機會。

美國 American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) 之公路設計規範[5]指出超車時所需之各項時間及距離如表 2.1 所示。但該規範亦指出超車時所需之實際時間及相關距離很可能比表 2.1 所示之值低。

表 2.1 雙車道公路上超車時間及距離

| | 平均超車速率（公里/小時） | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|
| 加速 | 56.6 | 70.0 | 85.4 | 99.8 |
| 加速率（公里/小時/秒） | 2.25 | 2.30 | 2.37 | 2.41 |
| 時間（秒） | 3.6 | 4.0 | 4.3 | 4.5 |
| 距離（公尺） | 45 | 66 | 89 | 113 |
| 佔用對向車道 | | | | |
| 時間（秒） | 9.3 | 10.0 | 10.7 | 11.3 |
| 距離（公尺） | 145 | 195 | 251 | 314 |
| 與對向車之安全距離（公尺） | 30 | 55 | 75 | 90 |
| 對向車行車之距離（公尺） | 97 | 130 | 168 | 209 |

表 2.1 中之 4 項行車距離的總和稱為超車視距(passing sight distance)。AASHTO 所訂定的超車視距設計標準如表 2.2 所示。

表 2.2 AASHTO 超車視距設計標準

| 設計速率 （公里/小時） | 假設速率（公里/小時） | | 超車視距設計值 （公尺） |
|-----------------|-------------|------|-----------------|
| | 被超越車輛 | 超前車輛 | |
| 30 | 29 | 44 | 120 |
| 40 | 36 | 51 | 140 |
| 50 | 44 | 59 | 160 |
| 60 | 51 | 66 | 180 |
| 70 | 59 | 74 | 210 |
| 80 | 65 | 80 | 245 |
| 90 | 73 | 88 | 280 |
| 100 | 79 | 94 | 320 |
| 110 | 85 | 100 | 355 |
| 120 | 90 | 105 | 395 |
| 130 | 94 | 109 | 440 |

對公路交通安全及經濟效益注重的國家，對超車視距皆有訂定設

計標準。各國的設計標準不一，其中美國、奧地利、加拿大、希臘及英國的標準相差較小。這些國家在 60 及 80 公里/小時之設計速率所用的最小超車視距標準各在 180~420 公尺及 245~570 公尺之範圍。駕駛員所需的實際超車視距可能異於設計用之視距。但因現場調查不易，所以有不少根據假設之超車行為所建立的超車視距需求模式[6~17]。這些模式所估計的視距之差異有時高達 400 公尺。

AASHTO 之超車視距設計標準已沿用幾十年。美國交通界認為這些標準可能必須更新。因此美國的 National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)，在 2008 年時蒐集現場資料來評估目前的設計標準[18]。調查路段包括在密蘇里(Missouri)及賓夕法尼亞(Pennsylvania)兩州 302 個較長（長度超過 300 公尺）的超車區(passing zone)及 65 個較短（120~240 公尺）的超車區。根據這些超車區內之超車行為所得到的主要結論如下：

- 1.AASHTO 假設超前車輛與被超越車輛並行時的速率差距為 15 公里/小時，但現場資料顯示平均差距為 24.8 公里/小時。
- 2.現場資料顯示超車時佔用對向車道之平均時間為 9.9 秒，第 85 百分位佔用時間為 12.3 秒，平均佔用對向車道之距離為 282 公尺。此外，超車車輛的平均速率從 56.6 公里/小時增高到 99.8 公里/小時，佔用對向車道的時間從 9.3 秒提高 11.3 秒，但速率與佔用對向車道之時間的關係很微弱。因此建議用 12.3 秒之佔用時間估計佔用對向車道之距離的設計值。
- 3.短超車區（ ≤ 240 公尺）的實用價值低。所有觀察到的車輛中，只有 0.4%超車。跟車距離不超過 3 秒之車輛也只有 1.6%在短超車區內超車。

在美國觀察到的超車行為與在其他國家的行為有不同之處。例如前述荷蘭的研究[4]發現駕駛員開始超車瞬間之前後兩車之車距大多數在 2 秒以下，小於 1 秒的情形不多。此外，加速進入對向車道的時間為 1.5 ± 0.5 秒，佔用對向車道的時間只有 4.2 ± 2.3 秒，回到原來車道

的時間為 2.7 ± 0.7 秒，超車總時間為 7.8 ± 2.5 秒。Llorca 及 Garcia[19] 在西班牙雙車道公路 6 個地點同時錄影所得的資料顯示，如果被超越的車輛是小車，超前車輛佔用對向車道的行車距離比 AASHTO 之設計值約長 50 到 100 公尺。但是被超越車輛是貨車時，觀察到的佔用距離與 AASHTO 之設計值沒有顯著差異。

駕駛員開始超車瞬間，其車輛與前車之車距也會影響所需之超車視距。Romana[20]在西班牙的研究發現車距 1 秒約占 10%~20%，車距 2 秒約占 35%~50%，車距 3 秒約占 10%~20%，車距 4 秒約占 6%~11%。Hegeman 等人[4]在荷蘭的研究則發現超過 90%之車距不到 2 秒。

因為現場調查超車行為很困難，所以駕駛模擬器(driving simulator)常被用做研究工具。例如 Bar-Gera 及 Shinan[21]用模擬器探討前後車之車速差距與駕駛員決定是否超車的關係。Pollatscheck 及 Polus[22]、Farah[23]等人也用模擬器研究駕駛員接受或拒絕對向車距的行為。Farah 等人的研究顯示被駕駛員接受之對向車距平均值為 19.5 秒(標準差 3.7 秒)，被拒絕之對向車距平均值為 15.5 秒(標準差 4.2 秒)。模擬器所顯示之超車行為可能與實際超車行為有顯著的差別。例如 Vlahogianni[24]用模擬器試驗的結果發現男性及女性駕駛員之平均超車時間各為 5.21 秒及 5.67 秒。這些超車時間遠低於美國[18]及荷蘭[4]之現場調查值。

2.2 容量

雙車道公路的容量受駕駛行為、超車視距之供應、雙向車流中車距分布等因素的影響。加拿大之 British Columbia Ministry of Transportation and Highways[25]及 Ontario Ministry of Transportation [26]在決定是否設置超車道的過程中，認為對向車流中之車距最少必須有 25 秒才能提供超車機會。Alberta Transportation and Utilities [27]則將車距的下限設定為 30 秒。

事實上雙車道公路上的需求流率(demand flow rate)通常遠低於容量，所以容量很難從現場調查來準確的估計。德國長雙車道公路之單

向容量大約在 1,200~1,450 輛/小時；雙向容量預期不太可能超過 2,500 輛/小時[28]。德國雙車道公路上隧道的容量隨車流的性質而異。休閒性車流最高大約能以 1,200 輛/小時之流率通過隧道。工作性車流的隧道容量較高，可達 1,500 輛/小時。日本雙車道快速道路之單向容量只有 1,100~1,180 輛/小時[29]。

本所曾在民國 97 及 98 年春節假期蒐集平坦雙車道公路上流率與速率關係的資料[30]。調查地點包括南投縣從鹿谷往溪頭縣道 151 線之 1.55K 處及阿里山公路（台 18 線）31+900K 處。結果如圖 2-1 所示。上述兩地點之容量還難以確定，可能在 1,400~1,500 小車/小時/車道之範圍。

美國 Transportation Research Board (TRB) 在 1985 年出版之 Highway Capacity Manual[31]，簡稱 HCM 1985，用下式來估計雙車道之雙向容量：

$$C = 2000 + 1600(1 - P) \quad (2.1)$$

此式中，

C = 雙向容量（小車/小時）；

P = 流率較高方向之流率佔雙向總流率之比例。

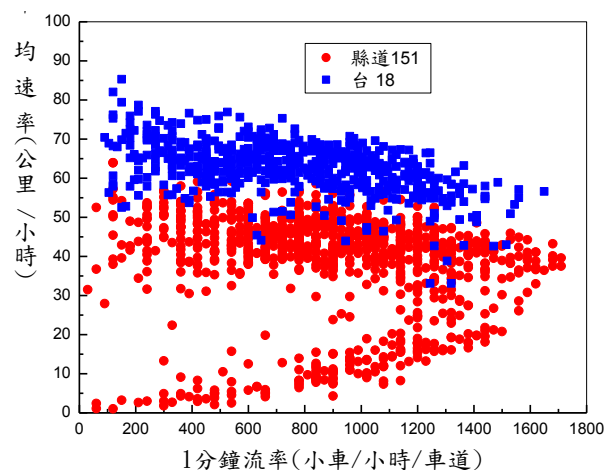


圖 2-1 縣道 151 線及台 18 線雙車道公路車流之流率與速率關係

由上述 HCM1985 之公式(式 2.1)可知，如果一方向沒車流($P=1$)，則單向之容量為 2,000 小車/小時，如雙向有平衡的流率($P=0.5$)，式 2.1 之容量估計值為 2,800 小車/小時。TRB 之 HCM 2000[32]則將單向容量削減為 1,700 小車/小時，雙向容量提高為 3,200 小車/小時。

上述容量之估計值只適用於平坦路段。坡度及曲度如何影響容量之資料很缺乏。目前各國所用之分析方法常用模擬模式之模擬結果來建立。

2.3 績效指標

國際交通界曾建議或採用許多績效指標來評估雙車道公路之交通運作。評估結果主要用途之一在於決定如何及是否改善幾何設計。

多數的績效指標針對慢車阻擋快車對車流的影響。但是如何判斷一車是被前車阻擋的意見不一。HCM 1985 指定車距不超過 5 秒的車輛為被阻擋的車輛。HCM 2000 及 HCM 2010[33]則改用 3 秒做劃分標準。Guell 及 Virkler[34]認為 3.5 秒或 4 秒適合用來分別受阻及不受阻的車輛。芬蘭[35]及紐西蘭[36]之交通界則分別用 3 秒及 4 秒當界線。Al-Kaisy 及 Durbin[37]在美國蒙大拿州 3 個路段蒐集的資料顯示車與車之間的互動關係在車距超過 5~7 秒之後就幾乎不存在。這現象表示車距小於 5~7 秒時，後車就可能受前車的影響。

為了反映慢車擋前車之影響，HCM 1985 採用延滯百分比(percent time delay)做一績效指標，但也用平均速率評估上坡路段的服務水準。根據 HCM 1985 之定義，延滯百分比為總旅行時間中因為不能超車而須在車隊中行進之時間的百分比。所以此百分比其實不代表延滯時間佔總旅行時間的百分比。HCM 2000 因而將此績效指標改稱為 percent time spent following (PTSF)，亦即跟車時間百分比。車距不超過 3 秒之車輛屬跟車車輛。HCM 2000 用 PTSF 評估供短程工作性車流使用之公路，另外用 PTSF 及平均旅行速率評估供長程而且高速行車之公路。

HCM 2000 用於估計雙向 PTSF 之模式如下：

$$PTSF = 100(1 - e^{-0.00087V_p}) + f_{d/np} \quad (2.2)$$

此式中，

$PTSF$ = 跟車時間百分比(%)；

V_p = 雙向需求流率(小車/小時)；

$f_{d/np}$ = 隨車流之方向分布及禁止超車區百分比而變之調整因素。

單向之 PTSF 則估計如下：

$$PTSF = 100(1 - e^{aV_d^b}) + f_{np} \quad (2.3)$$

此式中，

a, b = 隨對向流率而變之參數(%)；

V_d = 單向需求流率 (小車/小時)；

f_{np} = 隨對向流率、禁止超車區百分比及自由速率而變之調整因素。

HCM 2010 將估計單向 PTSF 之模式改為：

$$PTSF = 100(1 - e^{aV_d^b}) + f_{np} \left(\frac{V_d}{V_d + V_o} \right) \quad (2.4)$$

此式中，

$PTSF$ = 分析方向之跟車時間百分比 (%)；

V_d = 分析方向之需求流率 (小車/小時)；

V_o = 對向之需求流率；

a, b = 隨對向需求流率而變之參數；

f_{np} = 隨雙向流率、禁止超車區百分比及車流方向分布而變之調整因素。

此外，HCM 2010 將雙車道公路分成三類。評估各類公路的績效指標如下：

1. 高速行車之公路(Class I)：平均旅行速率及 PTSF。
2. 通過風景區或有許多坡度路段之公路(Class II)：PTSF。

3.位於土地使用密集之區域的公路(Class III)：旅行速率為自由速率之百分比(percent of free-flow speed)。

估計 PTSF 所需之現場資料必須在一長的路段跟蹤車輛，這工作難於執行。因此 HCM 2000 及 HCM 2010 皆表示 PTSF 可用跟車百分比(percent follower)來替代。此替代指標可根據通過一固定點之車輛中，車距不超過 3 秒之車數與總車數之比例來估計。但是隨後之研究發現 PTSF 與跟車百分比有很大的差異。

根據在芬蘭[38]、美國愛達荷州[39]及南非[40]所蒐集的現場資料，HCM 2000 之 PTSF 估計值遠高於現場之跟車百分比。以美國愛達荷州之研究結果為例，單向現場跟車百分比在 11%~28.3%之範圍時，HCM 2000 之 PTSF 估計值高達 43.9%~57%。雙向現場跟車百分比在 13.6%~24.1%時，PTSF 估計值也高得多，在 36.9%~48%之範圍。

此外，Catbagan[29]研究日本雙車道快速道路的結果顯示，跟車百分比與流率的關係不明顯。換言之，跟車百分比不能反映不同流率時之服務水準。跟車百分比之另外一問題是此指標不能區分跟車速率不同時服務水準之好壞。因此 Romana 及 Déreg[41]建議訂定一跟車速率的門檻值來估計跟車百分比。但速率門檻值如何訂定也是一困擾的問題。

除了上述績效指標之外，Morrall 及 Wernei[42]建議用超車比例(overtaking ratio)做為績效指標。van As[40]則探討下列指標：

- 1.跟車密度(follower density)。
- 2.因車流而造成之速率降低百分比(percent speed reduction due to traffic)。
- 3.車流密度(traffic density)。

Al-Kaisy 及 Karjala[43]另外建議考慮下列指標：

- 1.平均速率。
- 2.小車平均速率。
- 3.平均速率與自由速率之比例。
- 4.小車平均速率與小車自由速率之比例。

5.跟車百分比。

6.跟車密度。

根據 Al-Kaisy 及 Karjala 之建議，美國奧勒岡州交通部[44]在 17 個地點蒐集資料來評估上述 6 指標之適用性，結果發現跟車密度與幾何設計及車流狀況有較顯著的線性關係。跟車密度是用在一定點觀察到之跟車車輛之流率除以這些車輛之平均速率來估計。奧勒岡州的現場資料所顯示之跟車密度在 0~4 輛/公里/車道之間。因為跟車密度之範圍太小，奧勒岡州交通部未能訂定根據跟車密度劃分服務水準之標準。

van As[40]在南非之研究及 Catbagan [29]在日本的研究皆發現跟車密度與車流狀況有顯著關係。van As 建議用此指標訂定南非雙車道公路之服務水準等級。他所建議的劃分標準如表 2.3 所示。

表 2.3 南非雙車道公路跟車密度與服務水準等級之劃分

| 服務水準 | 跟車密度（輛/公里/車道） | |
|------|---------------|---------|
| | 代表值 | 範圍 |
| A | 1.0 | 0.3~1.4 |
| B | 2.0 | 1.3~3.3 |
| C | 4.0 | 3.0~6.7 |
| D | 8.0 | 6.3~9.5 |

德國公路容量手冊[28,45]不用 PTSF 或跟車密度，而是根據流率與速率關係所訂之密度評估雙車道公路。德國及芬蘭的分析方法皆只考慮小客車之平均速率，而不用所有車輛之平均速率及流率。其理由是重車速率隨流率的變化不顯著，而小車速率隨流率的變化則較明顯。

2.4 分析方法

因為現場資料不足以建立應用廣泛之分析性模式，許多國家用模擬模式分析雙車道公路，或協助分析性模式之建立。德國在發展其容量手冊時，用 LASI [46]模擬模式建立代表性流率與速率的關係及重車在上坡時速率的變化。TRB 容量手冊分析雙車道公路之方法依賴 TWOPAS [47]模式來估計容量，建立估計 PTSF 之分析性模式，及設定

大車在坡度路段之小車當量。美國愛達荷州交通部[48]也使用 TWOPAS 模式建立設計及評估雙車道公路之準則。

TWOPAS 模式只能分析沒有號誌化路口之雙車道公路。美國另一常用之 CORSIM [49]模擬模式則沒有模擬超車行為之功能。但雙車道公路常有號誌化路口。為了解決這困境，Washburn 及 Li [50]將 CORSIM 模式修改以模擬美國佛羅里達州有許多號誌化路口之雙車道公路。

澳洲之 Australian Road Research Board 發展了一稱為 Traffic on Rural Roads (TRARR)之模擬模式[51]以分析雙車道公路。此模式除在澳洲廣泛的應用之外，也被加拿大、紐西蘭及南非之交通機構採用[52]。瑞典之 Swedish National Road and Transport Research Institute 也發展了 VTI 模擬模式[53]分析雙車道公路。

第三章 郊區雙車道公路坡度路段模擬模式(TGS-2L) 之基本架構及邏輯

3.1 TGS-2L 模式之性質

TGS-2L 模式是根據 TGS 模式[2]之基本架構所發展的微觀模式。此模式預期在 104 年底發展完成之後，可模擬郊區雙車道公路平坦路段及坡度路段（包括有交叉口）之車流運作。本計畫的工作重點則限於發展無交叉路口之道路的模擬邏輯。這些道路可包括平坦、上坡、下坡及有平曲線的路段。

TGS-2L 模式在每單位模擬時間（如 1 秒或 0.5 秒）內，更新每一模擬車輛之速率及位置一次。此模式利用 FORTRAN-77 語言建立模擬邏輯，而使用者不需有 FORTRAN 編譯器(Compiler)。本所之臺灣地區公路容量分析專區網站 (<http://thcs.iot.gov.tw:8080/THCS/>)，將提供 TGS-2L 模式之執行檔，供使用者下載。此執行檔可於 Windows Platform（如 Windows XP、Windows 7、Windows 8 等）之電腦使用。

TGS-2L 模式採用並在必要時改良 TGS 模式之一些主要邏輯，但此模式亦有 TGS 模式沒有的邏輯。超車行為之邏輯是其中一例。

本章先說明 TGS-2L 模式的基本架構，然後描述主要邏輯的內容。

3.2 基本架構

3.2.1 模擬路網

郊區雙車道公路可能有如圖 3-1 所示的設施。這些設施包括號誌化路口、非號誌化路口、各行車方向主線之車道及數種附屬車道。附屬車道可分成三類：

類型一：路口下游讓車輛匯入主線之短車道。

類型二：兩路口之間增設之爬坡道或讓慢車使用以利超車之短車道。

類型三：路口上游用於分隔左轉、右轉及直行車輛之短車道。

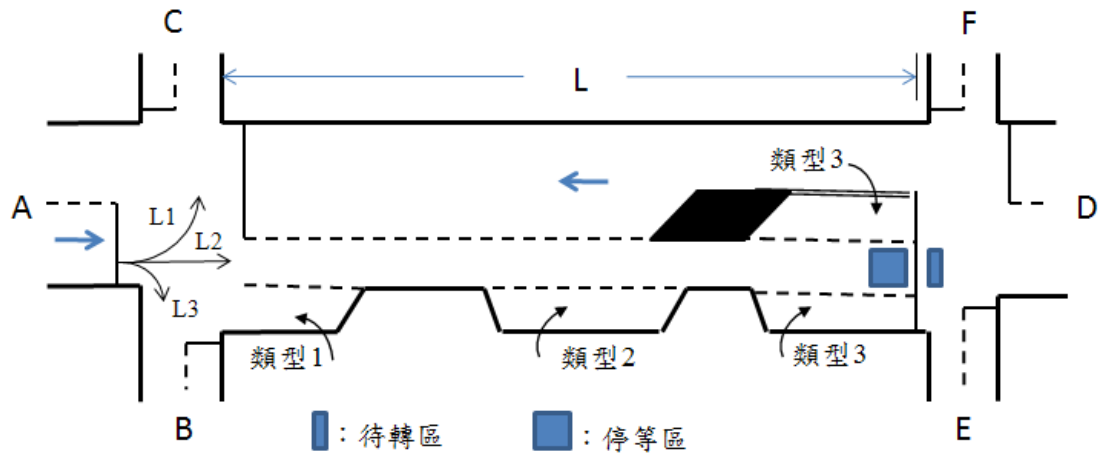


圖 3-1 郊區雙車道公路之設施示意圖

從交通控制之角度而言，郊區公路可能有速限不同之路段、超車區及禁止超車區、在路口之兩段式機車待轉區及在路口停止線上游之機車停等區。

TGS-2L 模式將上述各行車方向的公路設施用節線(link)及節點(node)來代表。如圖 3-1 所示，節線的長度 L 代表從一路口下方到下游路口停止線之距離。一節線與下游節線之距離（如圖 3-1 中之 L_1 , L_2 或 L_3 ）則用離開一節線之後，車輛左轉、直行或右轉以進入下游節線之行車距離來代表。

節點代表交叉路口及在模擬過程中讓車輛進入或離開模擬網路之地點。以圖 3-1 的路段為例，兩路口須各用一節點來代表。此外，車輛可從 A、B、C、D、E 及 F 六地點進入或離開模擬路段，因此這六地點也須各用一節點來代表。根據這些原則，圖 3-1 之路段可用圖 3-2 之模擬路網來代表。

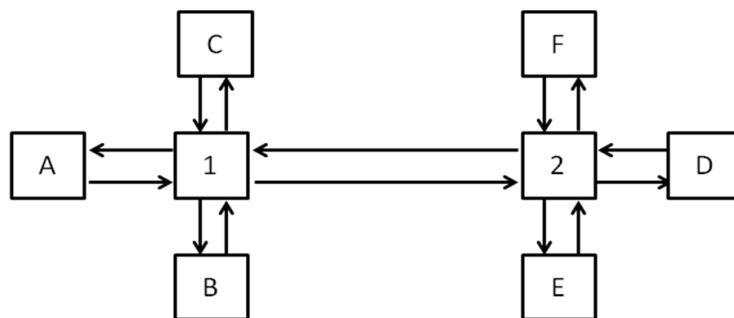


圖 3-2 根據圖 3-1 路段所設定之模擬路網

3.2.2 基本模擬程序

TGS-2L 模式之基本模擬流程如圖 3-3 所示。模擬之第一步驟是訂定模擬過程中所用到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-2L 模式設定了一些代表值，使用者可用模式之輸入檔更改代表值。

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-2L 模式先測試資料之合理性。資料有誤時，TGS-2L 模式會展示錯誤信息並終止模擬。沒有錯誤時，TGS-2L 模式開始建立模擬路網並進行模擬。建立路網過程中，如 TGS-2L 模式發現另有錯誤，則模式使用者必須根據 TGS-2L 模式之建議，修改輸入檔才能繼續模擬。

TGS-2L 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運作績效。因此 TGS-2L 模式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-2L 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運作績效。

因為在模擬過程中車流狀況可能隨時間而變。因此 TGS-2L 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-2L 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。這工作有許多事項須執行。

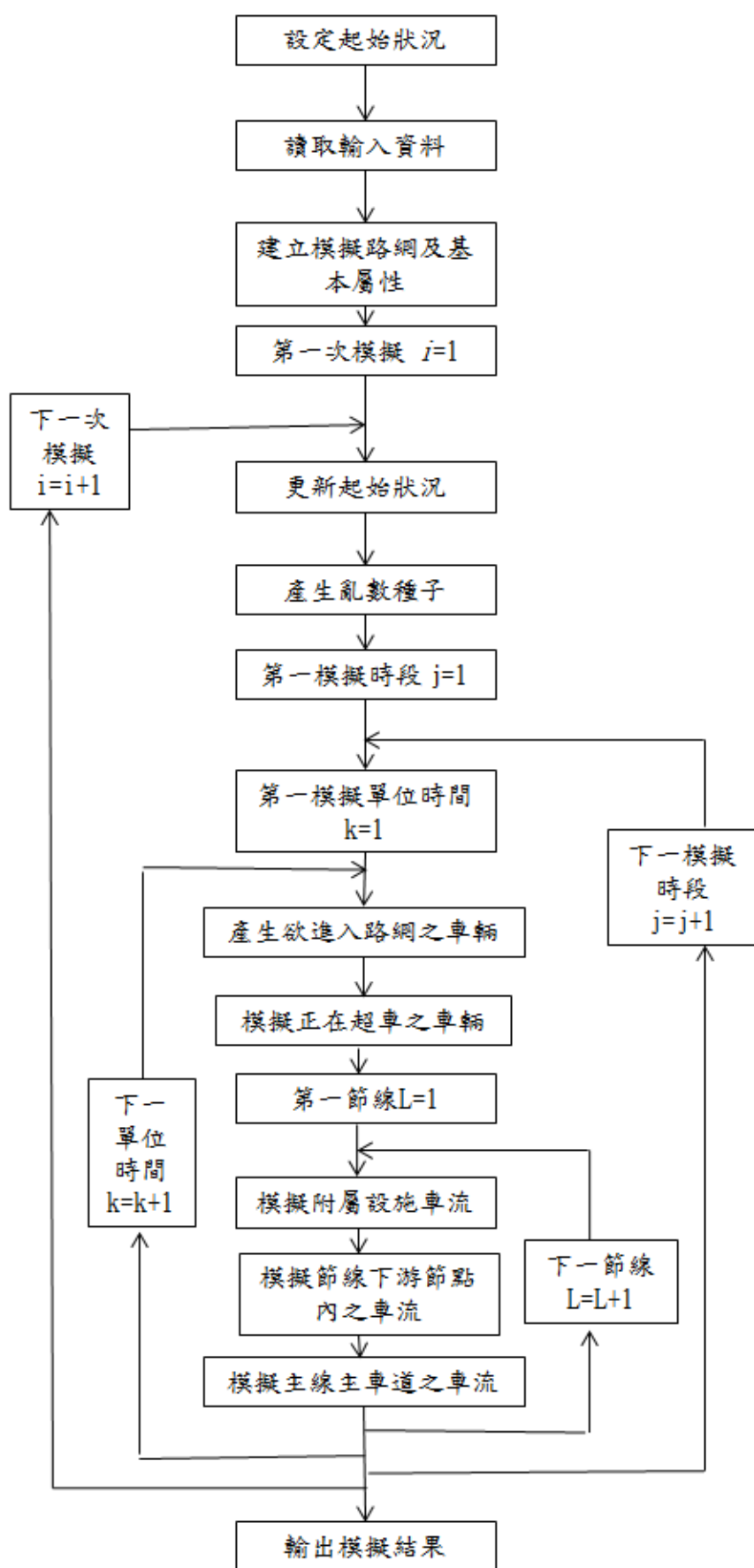


圖 3-3 TGS-2L 模式之基本模擬流程

TGS-2L 模式先在各車輛出發的節點（如圖 3-1 之 A、B、C、D、E 及 F）產生應在此單位時間進入模擬路網的車輛。如果下游的節線有空間讓產生的車輛進入路網，則 TGS-2L 模式根據當時的車流狀況估計車輛進入路網之速率。如沒空間，則車輛必須等待。

各出發節點所產生的車輛處理完畢之後，TGS-2L 模式先模擬在每一節線上正在超車之車輛，並決定一超車車輛是否應繼續占用對向車道或回到原來車道。隨後 TGS-2L 模式模擬每一節線下游節點中、附屬設施內及主線全長車道上之車流。在這過程中，TGS-2L 模式亦蒐集車流資料，並在模擬完成之後，輸出整合之後的資料。

臺灣郊區雙車道公路之幾何設計，如坡度、坡長及平曲線的曲率半徑隨地點的變化很大，因此服務水準隨路段的變化也很大。TGS-2L 模式的輸出值除了包括每一節線之流率、平均速率、耗油率、超車率及車種組成之外，也包括在模式使用者指定地點的流率、平均速率及車種組成。

公路車流所產生之空氣污染及耗油量是公眾所關心的環境衝擊 (impact)。本所雖然已開始探討這問題，但是目前的資料不充分。TGS-2L 模式只能用一簡單但可靠性不能確定的模式估計耗油率。

3.2.3 主要邏輯

前述模擬流程使用到許多模擬邏輯。本計畫的工作不包括交叉路口及相關類型 1 短車道、類型 3 短車道、兩段式機車待轉區及機車停等區車流之模擬。所以本節只描述模擬非阻斷性車流路段的主要邏輯。這些邏輯的功能包括：

1. 訂定節線之模擬次序。
2. 產生欲進入模擬網路之車輛。
3. 訂定車輛在平坦路段之自由旅行速率及欲採用之加速率。
4. 訂定跟車加、減速率。
5. 訂定車輛在無平曲線坡度路段之自由旅行加、減速率。
6. 訂定受平曲線及坡度影響的安全速率及加、減速率。

- 7.模擬超車行為。
- 8.訂定速限變化時之加、減速率。
- 9.超車道或爬坡道使用之行為。
- 10.估計耗油率及其他績效指標值。

3.2.3.1 訂定節線之模擬次序

一車輛之行動受到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。如果模擬的公路沒有交叉路口，則絕大多數的車輛可根據這原則來模擬。但是一模擬的公路有交叉路口時，則常有須先模擬上游車輛才能模擬下游車輛之情形。在這情況下，模擬的車流行為可能與實際行為有偏差。減少這種偏差有幾個方法，第一，模擬的單位時間可縮短。例如每 1 秒推進車輛一次比每 0.5 秒推進車輛一次，有較大偏差之可能。這種作法的負面影響是模擬所需的時間(CPU time)會增高。第二，在訂定每一輛車之速率或位置時，必須根據在同一瞬間不同車輛之相對速率及位置，而不是根據已模擬過之車輛的新速率與位置。另一方法是慎重選擇節線之模擬次序。原則上，一節線下游所有或多數的節線都已模擬之後才應模擬該節線。

TGS-2L 模式根據下列條件訂定節線之模擬次序：

- 1.下游沒有節線之節線優先模擬。
- 2.如果一節線下游的所有節線不能先模擬，則在其直行車輛下游所有節線皆能先模擬時，可接著模擬該節線。
- 3.如果上述第 1 及第 2 項條件不滿足，則在一節線左轉車輛下游所有節線皆能先模擬時，可接著模擬該節線。
- 4.如果上述第 1、2 及 3 項條件不滿足，則在一節線右轉車輛下游所有節線皆能先模擬時，可接著模擬該節線。
- 5.如果上述第 1、2、3 及 4 項條件皆不滿足，則相關之節線依照其出現在輸入檔的次序來模擬。

3.2.3.2 產生車輛之邏輯

除了駕駛員冒險性的訂定之外，TGS-2L 模式用來產生車輛之邏輯與 TGS 模式的邏輯相同。為參考方便起見，本小節再度描述此邏輯。

假設圖 3-4 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 。

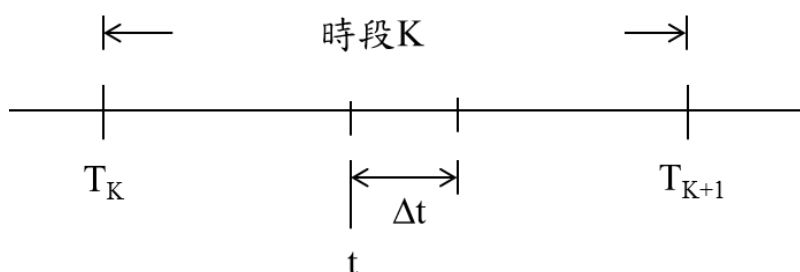


圖 3-4 模擬時段及模擬單位時間示意圖

TGS-2L 模式將車種分成表 3.1 所列之 8 種。

表 3.1 模式之車種分類及代號

| 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 |
| 其他車輛 1 | 7 |
| 其他車輛 2 | 8 |

為了在時段 K 中產生 N 輛車及相關之車種，TGS-2L 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：

$$A_j = A_{j-1} + \beta - (H - \beta) \ln(1 - R) \quad (3.1)$$

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 3.1，但模擬時間會增長。

式 3.1 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-2L 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 3.1 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-2L 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：

$$H = \frac{T_{K+1} - A_j}{M} \quad (3.2)$$

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 3.2 所得之平均車距必須用在式 3.1 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 3.1 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-2L 模式將一車輛的抵達時間用下列條件來限制：

$$A_j \leq T_{K+1} - 0.3(T_{K+1} - A_{j-1})M / (M + 1) \quad (3.3)$$

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-2L 模式先衡量出發點下游的車況。如有空間，則 TGS-2L 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-2L 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-2L 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-2L 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-2L 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：

$$\text{如 } \sum_{m=1}^{n-1} P_i < R \leq \sum_{m=1}^n P_i, \text{ 則車種為 } n \quad (3.4)$$

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 3.1）。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：

$$P'_i = \frac{M_i}{M} \quad (3.5)$$

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-2L 模式在設定下一輛車之車種時，用式 3.5 中之 P'_i 替代式 3.4

中之 P_i 。

TGS-2L 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。

3.2.3.3 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-2L 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-2L 模式將該車訂為自由旅行車輛。

根據上述定義，TGS-2L 模式將符合下列條件的後車訂為自由旅行車輛：

$$X_2 + 5V_2 - \frac{V_2^2}{2d_2} < X_1 - L_1 - S - \frac{V_1^2}{2d_1} \quad (3.6)$$

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）（負值）；

d_2 = 後車之舒適減速率（公尺/秒²）（負值）；

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-2L 模式用-4.8 公尺/秒²之減速率代表式 3.6 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(Traffic Engineering Handbook)[54]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-2L 模式假設式 3.6 中之舒適減速率為 $d_2 = -1.4 \text{ 公尺/秒}^2$ 。

3.2.3.4 平坦路段自由速率

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 年公路容量手冊第十一章所提供之資料，這些分布可用圖 3-5 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 3-5 之累積分布，一車輛在平坦路段之自由速率可訂定如下：

如 $R < 0.0013$ ，

$$V_f = 0.77V_m \quad (3.7a)$$

如 $0.013 \leq R \leq 0.999$ ，

$$V_f = V_m [0.986 - 0.05 \ln(\frac{1.011}{R + 0.012} - 1)] \quad (3.7b)$$

如 $R > 0.999$ ，

$$V_f = 1.4V_m \quad (3.7c)$$

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。

TGS-2L 模式假設平均自由速率會高於速限。小車的平均自由速率比速限高 6.5 公里/小時，其他種車輛則高 3.5 公里/小時。模式的使用

者可用輸入檔更改這些代表值。

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-2L 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 3-5 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 3.2.3.5 節。

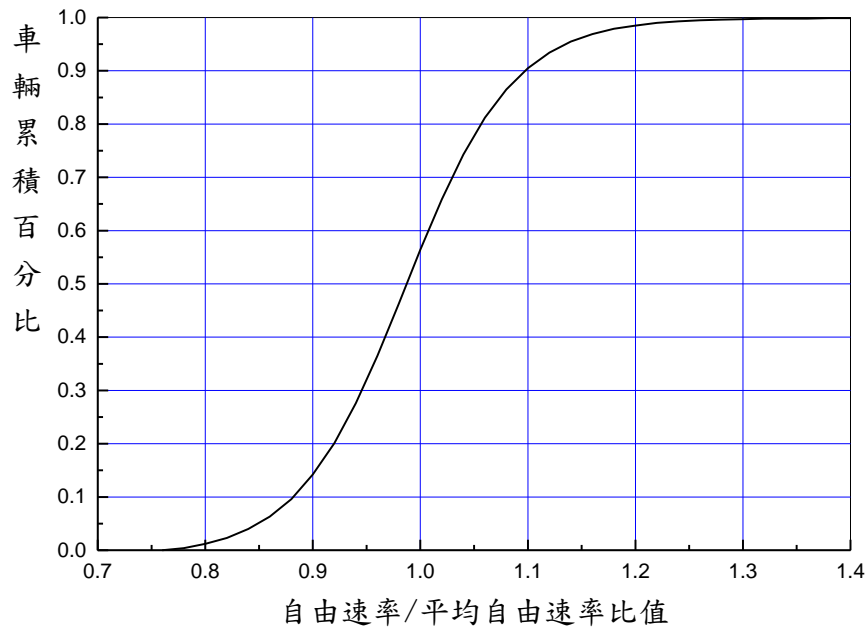


圖 3-5 平坦路段正常化自由速率之代表性累積分布

TGS-2L 模式用駕駛員冒險性指數(aggressiveness index)來反映駕駛行為隨駕駛人之變異性。每一車種駕駛員冒險性皆均勻的分布在 0 與 1 之間。指數高的駕駛員有較高的冒險性，其欲採用的加速率及自由旅行速率皆相對的高，欲超車的意願也高，跟車的距離則較小。

3.2.3.5 平坦路段自由旅行加速率

TGS-2L 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：

$$a = a_m \beta \quad (3.8)$$

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。

本研究第 1 年期工作[2]參考下列現場資料來訂定 TGS 模式應採用之車輛加速行為：

1. 2002 年在美國 Virginia Polytechnic Institute and State University 測試場蒐集的小客車最高加速率[55]。
2. 民國 97 年本所用測試車所記錄，實際車流中每一秒鐘之車速及加速率[56]。
3. 民國 93 年本所在桃園市龜山區忠義路號誌化路口所蒐集，第一輛停等車疏解後旅行時間與行車距離的關係[57]。
4. 在美國 South Carolina 州一地磅站蒐集到的大車加速率[58]。
5. AASHTO 公路設計規範[5]提供之大車加速時之旅行距離與速率的關係。

TGS-2L 模式採用 TGS 模式模擬車輛之加速率特性。本小節描述這些特性。

A. 平坦路段小車平均加速率 a_m

目前用於模擬平坦路段小車之加速率如圖 3-6 所示。圖中曲線 1 及 2 所代表的加速率，各適用於速限高於 60 公里/小時及速限最高為 60 公里/小時之公路。

圖 3-6 中適用於速限高於 60 公里/小時的曲線可用下列模式來替代：
 如 $V < 8$ 公里/小時，則

$$a_m = (0.8455 + 0.4866V - 0.0410V^2)f \quad (3.9a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$a_m = \left(3.4349 - \frac{2.8915}{1 + e^{\frac{V-12.035}{15.016}}} \right) f \quad (3.9b)$$

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)。

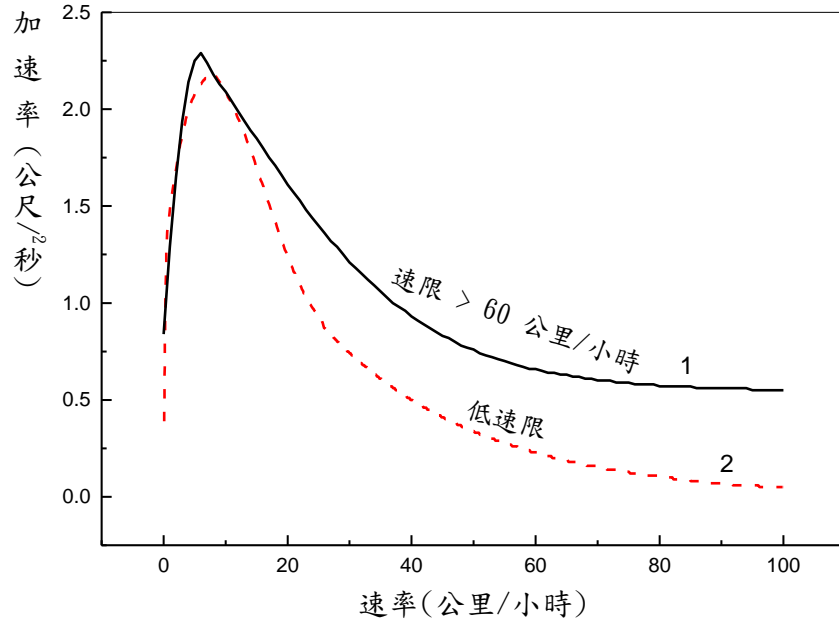


圖 3-6 平坦路段小車之模擬加速率

目前沒有資料以建議隨公路類型而變化之調整值 f 。模擬郊區雙車道公路平坦路段之小車時，TGS-2L 模式暫時將 f 設定為 1.15。

至於速限最高為 60 公里/小時的道路，TGS-2L 模式根據圖 3-6 曲線 2 將 a_m 訂定如下：

如 $V \leq 0.89$ 公里/小時，則

$$a_m = -1.1888 + \frac{2.6533}{1 + e^{\frac{v-0.0355}{0.1706}}} \quad (3.10a)$$

如 $0.89 < V \leq 8.0$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.3619 + \frac{1.8543}{1 + e^{\frac{v-0.2137}{1.9171}}} \quad (3.10b)$$

如 $8.0 < V \leq 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 2.4048 - \frac{1.6923}{1 + e^{\frac{v-16.5010}{4.4304}}} \quad (3.10c)$$

如 $V > 25.8$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.8760e^{\frac{V-25.8140}{25.3642}} \quad (3.10d)$$

B. 平坦路段大車平均加速率 a_m

TGS-2L 模式所採用之平坦路段大車平均加速率是根據 AASHTO 公路設計規範所示，大車加速時之旅行時間及速率的關係所導出。大車加速率隨速率的變化如圖 3-7 所示。

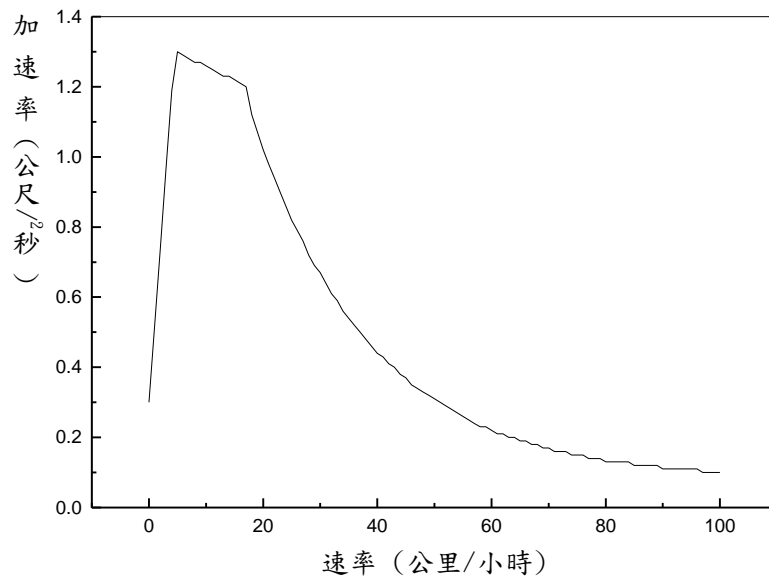


圖 3-7 平坦路段大車之模擬加速率

圖 3-7 所示之關係可用下列模式來代表：

如 $V \leq 4.5$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.3 + 0.222V \quad (3.11a)$$

如 $4.5 \leq V \leq 17.4$ 公里/小時，則

$$a_m = 1.335 - 0.00775V \quad (3.11b)$$

如 $V > 17.4$ 公里/小時，則

$$a_m = 0.0807 + 1.0665e^{\frac{V-17.4}{20.958}} \quad (3.11c)$$

C. 平坦路段加速率之變異函數 β

本研究第 1 年期工作[2]發現個別小車在平坦路段的加速率在平均加速率之 50% 及 160% 之間。大車因載重及馬力組成有較大的差異，所以個別大車加速率在平均加速率之 35% 及 210% 之間。

TGS-2L 模式用圖 3-8 中小車的分布來模擬個別小車及機車之加速行為。此分布所代表之變異性 β 可用下式來估計：

$$\beta = 0.8644 - 0.3271 \ln\left(\frac{1.6121}{R + 0.4570} - 1\right) \quad (3.12)$$

上式中，

β = 式 3.8 中之變異指數；

\ln = 自然對數函數(normal log)；

R = 均勻分布在 0 及 1 之間的隨機亂數（駕駛員冒險性指數）。

TGS-2L 模式用圖 3-8 中大車的分布來模擬個別大客車、大貨車、半聯結車及全聯結車在平坦路段之加速率。其相關變異指數 β 可用下式來訂定：

$$\beta = 0.9501 - 0.2597 \ln\left(\frac{1.1197}{R + 0.1042} - 1\right) \quad (3.13)$$

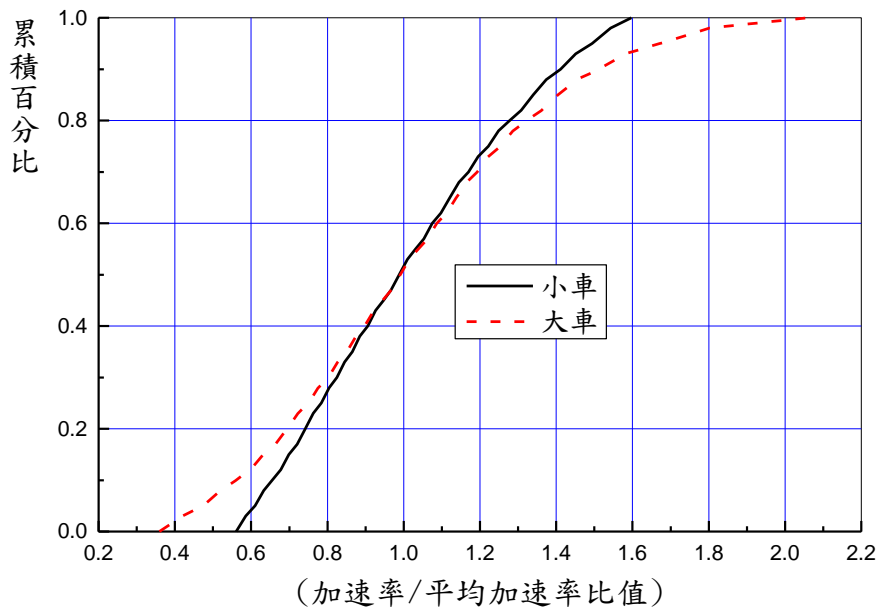


圖 3-8 大車及小車正常化加速率之累積分布

3.2.3.6 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)。

TGS-2L 模式之跟車邏輯與 TGS 模式之邏輯相似。但是模擬郊區雙車道車流時所用的跟車距離與速率的關係與 TGS 模式所用的關係不同。此外，TGS 模式不模擬機車。TGS-2L 模式的跟車邏輯則必須考慮機車的存在。

一小車或大車跟隨另一車輛時必須根據下游第一輛車（稱為前車）的行動調整速率。一機車在道路上則不一定根據下游第一輛車之行動調整速率。TGS-2L 模式假設一機車跟隨在一小車或大車，而且不超車時，該機車須根據下游第一輛小車或大車調整速率。如一機車下游第一輛車為機車，此下游機車可能與其他機車併排。如果併排機車不留空間讓後方機車超前，則一機車須根據併排機車中最前方之機車（稱為前車）調整速率。若有空間，則一機車會根據併排機車下游第一車輛（稱為前車）之行動調整速率。根據這些原則訂定前車之後，所有車輛皆可用同樣的邏輯來模擬。

假設在一瞬間 t 時，一車跟隨在另一車之後面，如圖 3-9 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 = 前車及後車之個別位置；

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。

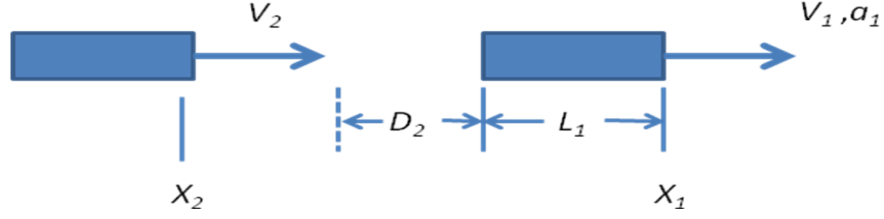


圖 3-9 跟車狀況示意圖

圖 3-9 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-2L 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-2L 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：

$$\begin{aligned}
 & X_2 + V_2 \Delta t + \frac{1}{2} a_2 \Delta t^2 + (V_2 + a_2 \Delta t) T + \frac{1}{2} a_2 T^2 - \frac{[V_2 + (\Delta t + T) a_2]^2}{2d_2} \\
 & \leq X_1 - D_2 - L_1 + V_1 \Delta t + \frac{1}{2} a_1 \Delta t^2 - \frac{(v_1 + a_1 \Delta t)^2}{2d_1}
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

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

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

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

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

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

則式 3.14 可改寫為

$$T^2 a_2^2 + Ea_2 + G \leq 0 \quad (3.15)$$

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：

$$a_2 = \frac{-E + \sqrt{E^2 - 4(\Delta t + T)^2 G}}{2(T + \Delta t)^2} \quad (3.16)$$

式 3.16 中 $E^2 - 4(\Delta t + T)^2 G$ 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-2L 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 3.16 所估計的 a_2 值須符合下列條件：

$$V_2 + (\Delta t + T)a_2 \geq 0 \quad (3.17)$$

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：

$$a_2 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2(X_1 - D_2 - L_1 - X_2)} \quad (3.18)$$

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} 。

緩衝時間之調整

式 3.14 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-2L 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-2L 模式將 a_2 調降到 -0.5 公尺/秒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：

$$X_1 - \frac{V_1^2}{2d_e} - L_1 - D_2 = X_2 + V_2 T + \frac{1}{2} A_u T^2 - \frac{(V_2 + A_u T)^2}{2d_e} \quad (3.19)$$

此式中 X_1 、 V_1 、 L_1 、 D_2 、 X_2 、 V_2 及 T 與式 3.14 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 3.19 之條件，後車須緊急剎車。

因此，

$$A_u = d_e \text{ (或 } -4.8 \text{ 公尺/秒}^2\text{)} \quad (3.20)$$

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

$$(A_u)_1 = (-A + \sqrt{A^2 - 4T^2B}) / (2T^2) \quad (3.21a)$$

$$(A_u)_2 = (-A - \sqrt{A^2 - 4T^2B}) / (2T^2) \quad (3.21b)$$

跟車最大加速率 A_{\max} 之調整

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 3.14 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-2L 模式用一較高之加速率做為跟車加速率之上限。小車之上限如圖 3-10 之 A_{\max} 曲線所示。

TGS-2L 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

$$A_{\max} = 1.017 + 0.488V - 0.0304V^2 \quad (3.22a)$$

如 $V \geq 8$ 公里/小時，則

$$A_{\max} = 0.636 + 2.3589e^{-\frac{V-8}{37.951}} \quad (3.22b)$$

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-2L 模式將大車跟車時之加速率上限訂為從式 3.11 所得代表值之 210%。

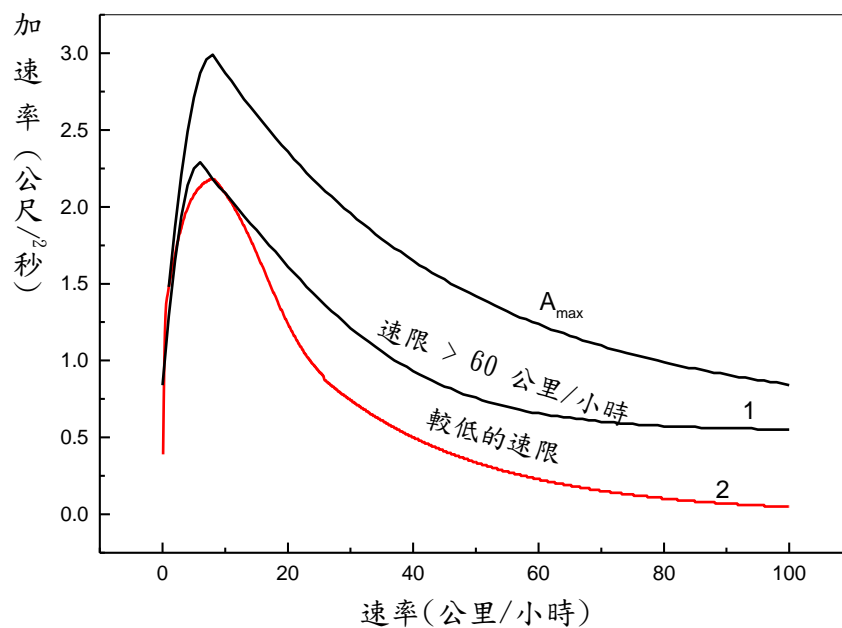


圖 3-10 小車之模擬最大加速率與平常加速率之對照

3.2.3.7 坡度路段加速率之模擬

坡度路段上車輛之加速率受坡度、坡長、平曲線曲率半徑、跟車行為及其他人為因素或駕駛環境的影響。TGS 模式先用一只考慮車輛性能（如馬力、質重及行車時受到之阻力）之基本模式估計加、減速率。然後再根據預期的駕駛行為調整估計值。調整後之加、減速率不能超過在自由旅行或跟車狀況下欲採用之最高加速率。TGS-2L 模式採用 TGS 模式所用之基本加速率模式，但是郊區雙車道公路之幾何設計狀況比高速公路差得多，駕駛行為也因而不同。所以 TGS-2L 模式用不同的駕駛行為調整基本模式之估計值。

本研究第 1 年期報告中[2]詳細說明上述基本模式之理論基礎。為參考方便起見，本小節再度描述此估計模式，然後說明人為因素對加速率的影響。

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：

$$a = \frac{F - R_a - R_r - R_g}{M} - a_c \quad (3.23)$$

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：

$$V = V_0 + at \quad (3.24)$$

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3.25)$$

從式 3.24 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 3.24 之 V 值大於 V_{max} ，則該式中之加速率 a 必須改為：

$$a = \frac{V_{max} - V_0}{t} \quad (3.26)$$

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：

$$a \geq -\frac{V_0}{t} \quad (3.27)$$

式 3.23 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。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。小車及大型貨車引擎之怠速速率一般在 500 rpm 到 800 rpm 之範圍。大型貨車最高的引擎轉速則在 2,100 rpm 左右，小車引擎最高轉速則可能超過 5,000 rpm。從引擎輸出到輪胎之牽引力可估計如下：

$$F = \frac{TG\beta}{R} \quad (3.28)$$

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：

$$P = \frac{2\pi TV_t}{1000} \quad (3.29)$$

此式中，

P = 引擎所產生之馬力(KW)；

V_t = 引擎速率（轉數/秒）。

從式 3.28 及式 3.29 可知，輸出到車輪的牽引力與馬力有如下的關係：

$$F = \frac{1000PG\beta}{2\pi V_t} = \frac{1000P\beta}{2\pi R V_w} \quad (3.30)$$

此式中，

V_w ：輪胎轉速（轉速/秒）。

式 3.30 中之 $2\pi R V_w$ 代表每秒之行車距離，所以式 3.30 可改寫為：

$$F = \frac{3600 P \beta}{V} \quad (3.31)$$

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 3.31 之 F ）與摩擦力之較小值。摩擦力可估計如下：

$$F_{\max} = 9.8 M P_t \mu \quad (3.32)$$

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 3.31 及式 3.32 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 3.32 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[59]。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 3.32 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[59]。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。一般引擎的馬力隨引擎的轉速而持續變化。換言之，式 3.31 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 3.31 中之 P 值須用一簡單的函數來代表。

Rakha 等人[59]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,本研究第 1 年期工作[2]發展 TGS 模式時,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 3-11 所示。

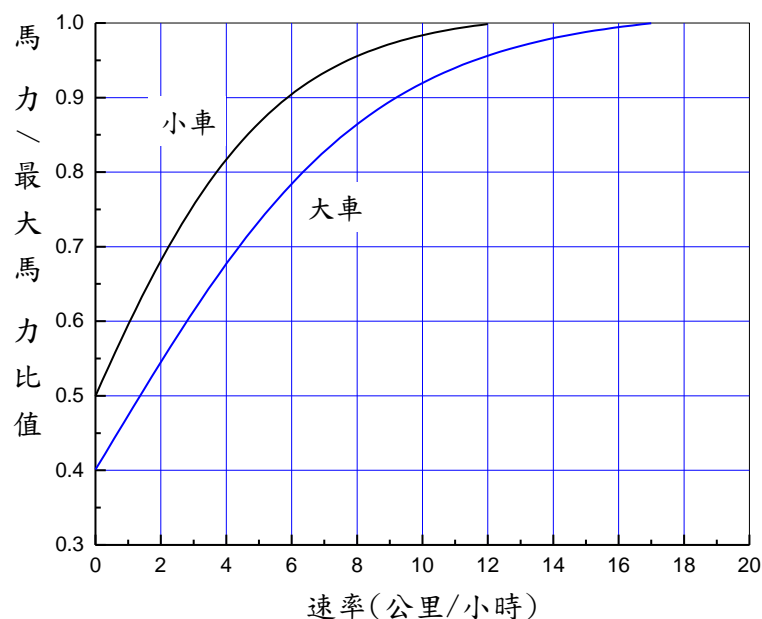


圖 3-11 TGS 模擬所用之馬力/最大馬力比與速率的關係

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。Rahka 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：

$$R_a = 0.047285C_d(1 - 8.5 \times 10^{-5}H)A_fV^2 \quad (3.33)$$

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 3.33 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；小車正面積多數在 1.5 平方公尺及 3.5 平方公尺之間。

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，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 [60]所建議之模式：

$$R_r = 9.8C_r(C_2V + C_3)\frac{M}{1000} \quad (3.34)$$

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，輻射層輪胎之 C_2 與 C_3 值則各為 0.0328 及 4.575。

坡度阻力 R_g

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，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：

$$R_g = 9.81 \frac{MG}{100} \quad (3.35)$$

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° 。臺灣郊區雙車道公路上平曲線之曲率半徑有時短到 20 公尺以下，在這種情形下，滑行角度可能在 5° 以上。

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[61]：

$$F_s = k\theta_s \quad (3.36)$$

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 3.36 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 [61]。

滑行角度不大時，曲線阻力可估計如下[61]：

$$R_c = F_s (W_f / W) \sin \theta_s \quad (3.36)$$

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 3.36 之應用困難而且沒有考慮到駕駛員接近及進入平曲線之後的駕駛行為。因此 TGS 模式用現場觀察到的速率與曲率半徑的關係調整加速率。

B. 人為因素的調整

上述基本模式所用之馬力並非車輛之最大馬力，而是駕駛員所利用之馬力。下坡時，駕駛員也可能減少所用之馬力或甚至剎車以保持一安全速率。駕駛員接近或在一平曲線上時也可能減速。這些人為因素的影響皆必須加以考慮。

一公路上車輛之質重及在某一速率時駕駛員所利用的馬力為未知數，因此 TGS 模式及 TGS-2L 模式皆根據現場自由速率隨地點的變化，推估適用之馬力及質重。車輛在下坡路段時，TGS 模式將從基本模式所估計加速率減低，並將下坡速率用一上限來控制。駕駛員接近或在平曲線上時的速率通常比離開平曲線還有一大段距離時的速率低。

根據在美國德州蒐集的資料[62]，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：

$$\Delta V = \frac{1,750}{R} \quad (3.37)$$

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）

因為沒有臺灣本土資料可供參考，TGS 模式根據式 3.37 所估計之速率減低程度調整加速率。但是臺灣郊區雙車道公路常有曲率半徑比 30 公尺還短的平曲線。如果依照式 3.37 來調整速率，則車輛在平曲線上的速率可能過度低。因此 TGS-2L 模式不採用式 3.37。

TGS-2L 模式調整加速率之原則是假設駕駛員在上坡或下坡路段時所欲維持的安全速率受到坡度及平曲線之曲率半徑所影響。此安全速率低於平直路段之自由速率。如一車輛在有坡度之平曲線上，則其安全速率會比在平坦平曲線上之安全速率低。TGS-2L 模式根據一車輛之瞬間速率及面臨的安全速率調整加速率。此調整之手續在本報告下一章第 4.2 節有比較詳細的說明。

C. 基本模式之參數代表值

上述的加速率模式（式 3.23）可用來模擬不同類型車輛在坡度路段上速率隨地點之變化。應用此模式時須設定許多參數之值。TGS-2L 模式所設定的參數代表值如表 3.2 及表 3.3 所示。表 3.3 所示之馬力及質重根據臺灣郊區雙車道公路上不同車種之自由速率隨地點的變化所得之估計值。本報告下一章第 4.2 節對此工作有比較詳細的說明。此模式讓使用者利用輸入檔更改公路高程、牽引力傳輸效率、馬力、質重、後拉係數及車輛之正面積。

表 3.2 坡度路段瞬間加速率影響因素代表值之一

| 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 3.3 坡路路段瞬間加速率影響因素代表值之二

| 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 | 27 | 2,000 | 0.3 | 2.0 |
| 機車 | 5 | 180 | 1.8 | 0.8 |
| 大客車 | 150 | 15,000 | 0.7 | 7.0 |
| 單體大貨車 | 165 | 10,000 | 0.7 | 10.7 |
| 半聯結車 | 220 | 20,000 | 0.7 | 10.7 |
| 全聯結車 | 220 | 20,000 | 0.7 | 10.7 |

3.2.3.8 超車邏輯

郊區雙車道公路如有超車區，則在車流狀況適當時，被慢車阻擋的駕駛員可能超車。我國交通界尚未針對本土郊區雙車道公路上之超車行為加以研究，所以本計畫用一近似實際超車行為之邏輯來發展 TGS-2L 模式。本小節描述此邏輯。下一章第 4.3 節說明根據國外文獻所描述之超車行為所微調後之模擬超車行為。

TGS-2L 模式所用之超車邏輯必須要駕駛員根據車流狀況決定是否超車，在何時超車，並在決定超車之後執行超車。這過程中的駕駛行為如下所述：

1. 大車不超車。
2. 一車輛之上、下游 D 公尺之內有正在超車之車輛時，該車不能超車。
3. 一車輛下游在 T_1 秒行車距離內，若有為超車用所增設之車道，則

該車會等慢車移進增設的車道之後，快速超前。

4. 一車輛受前車阻擋時，駕駛員才會考慮超車。受阻擋的車輛有下列性質：(1)其自由速率比前面的車輛高；(2)其瞬間之速率低於欲維持的自由速率；(3)其與前車車尾的車距已相當短。
5. 冒險性指數超過一特定值的駕駛員才會考慮超車。
6. 駕駛員超車時，一次最多可超越前面 2 車輛。如果超越 1 輛，則被超越之車輛及其下游車輛之車距最少必須有 T_2 秒才能開始超車。如果超越 2 輛，則第 1 輛被超越的車必須與欲超越車輛有小的車距，此外，第 2 輛被超越的車輛之下游最少也有 T_2 秒之車距。回到原車道時必須與前後車保持安全車距。
7. 欲超車之車輛會加速逐漸靠近前方車輛，並與前車車尾之車距在 H_1 秒之內時才會開始超車。
8. 一車輛開始超車之後會加速到達一欲維持的最高速率 V_{\max} 。然後在必要時繼續以 V_{\max} 之速率前進，直到該車與最後一輛被超越車輛的車距最少有 H_2 秒，或車尾到車頭的間距超過 S 公尺時，才能回到原來車道。
9. 一超車之車輛回到原來車道時，必須能與對向來車保持一安全的緩衝距離。在未開始超車之前，駕駛員根據瞬間超車視距判斷超車之後，是否能安全的回到原來車道。

根據上述第 6、8 及 9 項之超車條件及行為，TGS-2L 模式從超車駕駛員的立場在每一模擬單位評估安全超車之可能性。這工作可用圖 3-12 來說明。此圖中，A 車為欲超車之車輛。車輛 B、C 及 D 為與 A 車在同一車道之三輛下游車輛。E 車則為對向第一部車輛。A 車開始加速進入對向車道時，各車輛與 A 車之距離為 S_B 、 S_C 、 S_D 及 S_E ，個別速率為 V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D 及 V_E 。此外，假設 A 車欲超越 B 車然後跟隨 C 車。

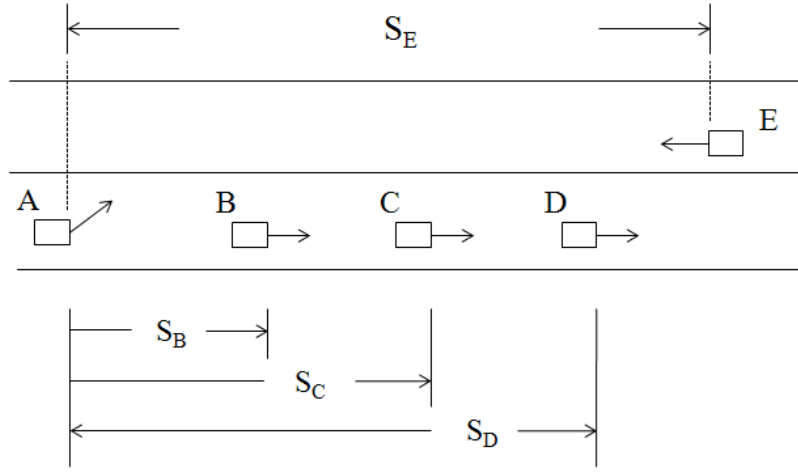


圖 3-12 超車開始瞬間之車況示意圖

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

$$t_1 = \frac{V_{\max} - V_A}{a} \quad (3.38)$$

此式中，

t_1 = 從加速到速率達到 V_{\max} 之所需時間；

a = 加速率。

在加速期間，A 車所行走的距離等於 $V_A t_1 + at_1^2/2$ ，前方 B 車之位置為 $S_B + V_B t_1$ 。如果 A 車欲超過 B 車，然後回到原來車道並跟在 C 車之後，TGS-2L 模式假設 A 車須在 B 車前方 $H_2 V_B$ 處才可回到原來車道。因此如果 $V_A t_1 + at_1^2/2$ 小於 $S_B + V_B t_1 + H_2 V_B$ ，則 A 車須以 $V_{\max} = V_A + at_1$ 之速率繼續行進，直到其位置在 B 車之前方 $H_2 V_B$ 處才能回到原來車道。從速率達到 V_{\max} 到可回原來車道之額外時間 t_e 須滿足下列條件：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 + V_{\max} t_e = S_B + V_B t_1 + H_2 V_B + V_B t_e \quad (3.39)$$

根據式 3.39，額外旅行時間 t_e 可估計如下：

$$t_e = \frac{V_A t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 - S_B - V_B t_1 - H_2 V_B}{V_B - V_{\max}} \quad (3.40)$$

另一方面，如果 A 車加速達到預定的最高速率 V_{\max} 之前，該車與 B 車之距離已超過 $H_2 V_B$ ，則 A 車不必加速到預定的 V_{\max} 。在這情形下，

加速時間 t_1 (式 3.38) 須根據下列條件重新估計：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 = S_B + V_B t_1 + H_2 V_B \quad (3.41)$$

換言之，加速時間為：

$$t_1 = \frac{-(V_A - V_B) + \sqrt{(V_A - V_B)^2 + 2a(S_B + H_2 V_B)}}{a} \quad (3.42)$$

轉回原來車道時之最高速率也須改為：

$$V_{\max} = V_A + a t_1 \quad (3.43)$$

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

$$t_e = 0 \quad (3.44)$$

A 車回到原來車道時之車速比被超越的 B 車高，而且兩車有 $H_2 V_B$ 之間距。因此只要 $H_2 V_B$ 大約有 A 車車長之 3 倍，則 A 車與 B 車應該沒有衝突。但是 A 車必須能安全的跟在前方 C 車之後。如果 A 車轉回原車道時之速率 V_{\max} 比前方 C 車低，而且 A 車與 C 車之間的距離超過 3 輛小車車長，則 A 車可安全的跟在 C 車之後。

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

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e - \frac{V_{\max}^2 - V_C^2}{2d} \leq S_C + V_C t_1 + V_C t_e - V_C \frac{V_{\max} - V_C}{d} - L - H_4 V_C \quad (3.45)$$

上式中，

d = 舒適減速率（設定值：-1.5 公尺/秒²）；

L = 小車或機車之車長（小車：5 公尺；機車：2 公尺）。

如果 A 車能超越 B 車然後安全的跟隨 C 車，則 TGS-2L 模式進一步探討 A 車與對向 E 車是否有不可接受的衝突。A 車開始加速超車時與對向 E 車之距離為 S_E 。從加速到回到原來車道瞬間，A 車的行車距

離為 $V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e$ 。在這時間內對向 E 車的行車距離為 $V_E(t_1 + t_e)$ 。因

此 A 車回到回來車道時，A 車及 E 車兩車之間緩衝距離 D_B 為：

$$D_B = S_E - (V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{\max} t_e) - V_E(t_1 + t_e) \quad (3.46)$$

AASHTO 公路設計規劃指出在超車車速為 50~60，66~80，81~95 及 96~111 公里/小時之安全緩衝距離各為 30，55，75 及 90 公尺。根據這些數據，並假設以 20 公里/小時低速超車時的安全緩衝距離為 17 公尺，TGS-2L 模式將用下列公式訂定平均安全緩衝距離：

$$D_S = 10.78 e^{\frac{V_{\max}}{45.88}} \quad (3.47)$$

此式中：

D_S = 平均安全緩衝距離（公尺）；

V_{\max} = 超車時之最高速率（公里/小時）。

如果緩衝距離比安全緩衝距離短，則 A 車不能超越 B 車，也不能超越 C 車。如果 A 車可安全超越 B 車然後跟隨在 C 車之後，TGS-2L 模擬進一步評估 A 車安全超越 B 車及 C 車之安全性。如 A 車可安全超越 B 車及 C 車，則 TGS-2L 模式讓 A 車超越前面 2 車，然後跟隨 D 車。

3.2.3.9 速限變化之加速率

一車輛從一速限區進入另一速限不同之區域時，會加速或減速。

TGS-2L 模式用下列簡單模式估計因速限變化所須的加、減速率：

$$a_s = \frac{(V_f / 3.6)^2 - (V / 3.6)^2}{2S} \quad (3.48)$$

此式中：

a_s = 因速限變化而產生的加、減速率（公尺/秒²）；

V_f = 一車輛在下游速限區欲維持的自由速率（公里/小時）；

V = 一車輛在模擬單位時間開始之瞬間速率（公里/小時）；

S = 一車輛在一模擬單位時間開始之瞬間與下游速限區起點之距離（公尺）。

如果下游的速限較高，TGS-2L 模式讓式 3.48 中之距離小於或等於 5 秒之自由旅行距離時才開始加速。如果下游的速限較低，則從式 3.48 估計得的減速率必須超過 -1 公尺/秒² ($a_s \leq -1$ 公尺/秒²) 時，模擬車才須開始減速。此外，從式 3.48 所估計得的加速率不能超過在平坦路段之正常加速率及跟車加速率。

3.2.3.10 超車道或爬坡道之使用

郊區雙車道公路上可設置爬坡道讓慢車使用，以減少阻擋快車的可能性，並增進行車安全。本所沒有臺灣郊區雙車道公路超車道或爬坡道使用特性的資料。國外對這種附屬設施使用特性的資料也很缺乏。因此，TGS-2L 模式目前只能根據假設的行為來模擬超車道或爬坡道之使用。

一般而言，車流密度高，或坡度大時，上述兩種附屬設施的使用會增高。因此，TGS-2L 模式先用下式估計因密度、坡度及車種所造成，使用附屬設施之機率：

$$P_1 = \beta G(0.0125 + 0.035D) \quad (3.49)$$

此式中：

P_1 = 只考慮車種、坡度及車流密度時，使用附屬設施之機率；

β = 車種調整因素（小車及機車： $\beta = 0.1$ ；其他車種： $\beta = 0.3$ ）；

G = 坡度（%）；

D = 車流密度（輛/公里）。

TGS-2L 模式另外考慮一車輛阻擋後面來車所增加之附屬設施使用機率。此機率用下式來訂定：

$$P_2 = a + bG \quad (3.50)$$

此式中：

P_2 = 一車輛擋後面來車時，為讓路而增加之附屬設施使用率；

a = 車種調整因素之一（小車及機車： $a = 0.04$ ；其他車種： $a = 0.05$ ）；

b = 車種調整因素之二（小車及機車： $b = 0.02$ ；其他車種： $b = 0.04$ ）；

G = 坡度 (%)。

TGS-2L 模式將下列狀況之車輛，視為受阻擋之車輛：

1. 駕駛員冒險性指數高於 0.3 而且比前車的駕駛員冒險性最少高 0.15。
2. 車速大於 $(V - 2)$ 公里/小時， V 為前車之速率 (公里/小時)。換言之，如果車速比前車車速低至少 2 公里/小時，則該車不算是被擋車輛。
3. 與前車的距離在 4 秒之行車距離之內。

除了上述 P_1 及 P_2 兩機率外，TGS-2L 模式亦考慮附屬設施有效長度對使用率之影響。美國 NCHRP 之研究工作[18]發現，短於 240 公尺之超車道沒有實用價值，因為使用率只有 0.4%。TGS-2L 模式假設附屬設施的最短長度必須超過 80 公尺，也必須超過以自由速率行駛 15 秒之長度。超過此最短長度之部分稱為有效長度。有效長度超過以自由速率行駛 10 秒之距離時，TGS-2L 模式不調整 P_1 及 P_2 ，否則使用附屬設施的機率訂定如下：

$$P = 0.36(P_1 + P_2)L_e / V_f \quad (3.51)$$

此式中：

P = 使用附屬設施之機率 (0~1)；

P_1 = 式 3.49 之估計值 (0~1)；

P_2 = 式 3.50 之估計值 (0~1)；

L_e = 附屬設施之有效長度 (公尺)；

V_f = 一車輛之自由旅行速率 (公里/小時)。

從式 3.51 所估計的使用機率如超過駕駛員之冒險性，TGS-2L 模式讓相關的車輛進入附屬設施。

3.2.3.11 耗油量之估計

我國交通界缺乏對本土車輛耗油率特性的了解，本所於民國 100 年之一研究[63]曾利用另一研究的結果[56]，探討一重 1,215 公斤，最大馬力約為 104kW 之小車在急速、穩定行車及加、減速時之耗油率。

因現場資料所涉及之加速及減速的狀況有限，目前只能參考上述 100 年之研究結果，建立一粗糙的耗油量估計模式。

TGS-2L 模式估計小車耗油量的工作包括下列數項目：

1. 怠速狀況小車耗油率

小車在停等時的耗油率設定為 0.317 公克/秒。

2. 穩定狀況小車耗油率

TGS-2L 模式將加、減速率在 ± 0.02 公尺/秒² 之間的車輛，當作穩定行車之車輛。根據現場資料，穩定行車之小車之耗油率可估計如下：

$$F_s = 0.127 + 0.193e \frac{V}{51.859} \quad (3.52)$$

此式中，

F_s = 穩定行車時小車之耗油率（公克/秒）；

V = 車速（公里/小時）。

3. 加速率超過 0.02 公尺/秒² 之小車耗油率

在坡度不大之路段上，小車持續加速時的耗油量隨速率迅速增加，在速時（< 10 公里/小時）的耗油率大約在 0.4 公克/秒左右。速率升高到 80 公里/小時左右時的耗油率可高達 4 公克/秒以上。一般而言，加速率越高，耗油率越大。下坡時，雖然駕駛員有減少使用之馬力的可能，但車輛可能仍可加速。在這情況下的耗油率應比在平坦路段或上坡路段低。

TGS-2L 模式在坡度大於 -0.5% 時，用下式估計小車耗油率：

$$F_a = \text{Max}(F_s, 0.026V) \quad (3.53)$$

此式中，

F_a = 坡度大於 -0.5% 而且加速率大於 0.02 公尺/秒² 之小車耗油率（公克/秒）；

F_s = 從式 3.52 所估計之耗油率（公克/秒）；

A = 加速率（公尺/秒²）；

V = 車速（公里/小時）。

坡度等於或小於 -0.5%時，TGS-2L 模式將耗油率降低為：

$$F_b = 0.0075V \quad (3.54)$$

此式中，

F_b = 坡度小於或等於 -0.5%而且加速率大於 0.02 公尺/秒²之小車耗油率（公克/秒）。

4.減速率小於 -0.02 公尺/秒²之小車耗油率

小車在持續減速期間的耗油率可能很快的從 90 公里/小時之穩定速率時的 1.2 公克/秒左右，急速的降到 0.4 公克/秒左右，也可能從大約 1.2 公克/秒緩慢的降到 0.4 公克/秒。這變異性受原來速率、減速後之最終速率及減速率的影響。車輛是在平坦路段或上、下坡也會影響耗油率。

坡度超過 0%時（平坦或上坡路段），TGS-2L 模式將耗油率估計為 $F_s + 0.6G$ ，其中 G 為坡度（%）。坡度小於或等於 0%時（下坡路段），耗油率估計值為 0.5 公克/秒。

5.大車及機車之耗油率各為小車之 400%及 30%

在平坦路段上而且平均車速在 50 公里/小時左右時，根據上述所估計之耗油率大約為 0.07 公升/公里（14 公里/公升）。

第四章 TGS-2L 模式之測試及微調

本所近幾年來蒐集郊區雙車道公路上車流特性的資料，這些資料包括平坦及坡度路段上流率及平均速率的關係[30,64]。本計畫利用現場資料所顯示之車流特性資料測試及微調 TGS-2L 模式。除了上述之資料外，本計畫亦利用國外文獻所提供之超車行為資料來測試及微調 TGS-2L 模式。微調的主要目的在於訂定不同車種之代表性質重及馬力，並讓 TGS-2L 模式能合理的模擬平均自由速率隨地點的變化、流率與平均速率的關係及超車行為。

本章描述用來測試及微調 TGS-2L 模式之資料所顯現之車流特性，並說明相關之模式發展過程及結果。

4.1 平坦路段之流率與平均速率的關係

估計非阻斷性車流之公路設施的容量及服務水準，必須了解這些設施上流率及平均速率的關係。郊區雙車道公路上的流率普遍不高，因此不容易蒐集到車流在廣泛狀況下（從高速穩定行車到低速壅塞行車）流率與平均速率的關係。

本所於民國 96 年 9 月 24 日中秋節假期蒐集雙車道公路車流之流率與平均速率資料。調查地點在南投縣鹿谷往溪頭縣道 151 線，里程 1.55K 之處[67]。此地點的速限為 50 公里/小時，東行往溪頭的車道寬為 3.8 公尺，兩側路肩只有 0.5~1.0 公尺寬，而且有電桿，因此路肩不能行車。調查地點往西約 3.5 公里處與省道臺 3 線相交之號誌化路口。調查期間交通量不高，因此現場資料未能顯現車流從高速穩定狀況進入低速壅塞狀況之情形。民國 97 年 2 月 9 日春節假期期間，再度在同一調查地點蒐集資料[68]。調查期間內的車輛絕大多數為小型車。東行車流中機車及大車各占 2.3% 及 0.6%。西行車流中之機車及大車所占的比例亦不高，各為 2.8% 及 0.9%。將機車及大車各用 0.5 及 2.0 小車當量轉換後之每一分鐘流率與平均速率的關係如圖 4-1 所示。

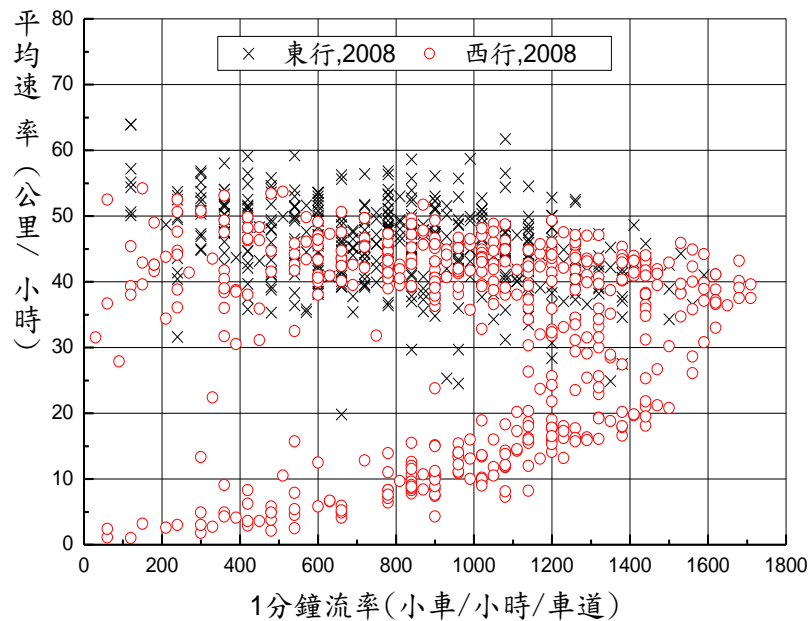


圖 4-1 鹿谷往溪頭縣道 151 線之流率與平均速率的關係

縣道 151 線的資料顯示流率在 600 小車/小時/車道以下時，平均速率隨流率的變化很小。現場 14 分鐘最高流率為 1,530 小車/小時/車道，其相關平均速率為 37 公里/小時。根據圖 4-1 之流率與平均速率的關係，縣道 151 調查地點的容量大約為 1,500 小車/小時/車道。

民國 98 年春節假期中，本所另外在台 18 線阿里山公路之 31+900K 處蒐集流率與平均速率關係之資料[30]。調查地點的車道寬度為 3.6 公尺，沒有路肩，速限 50 公里/小時。西行往嘉義方向之下游 4.7 公里處有一號誌化路口。東行往阿里山方向沒有號誌化路口。以 1 分鐘時段所整合之流率與速率關係如圖 4-2 所示。從此圖可知調查地點車流之平均自由旅行速率接近 70 公里/小時，遠高於速限。所以該地點之速限是否合理，值得讓主管機構加以探討。

台 18 線調查地點在調查期間沒有塞車的狀況，因此該地點可能容量難以從圖 4-2 來估計。但是平均自由速率較高的路段通常有較高的容量，所以台 18 線調查地點的容量可能在 1,550 小車/小時/車道左右。

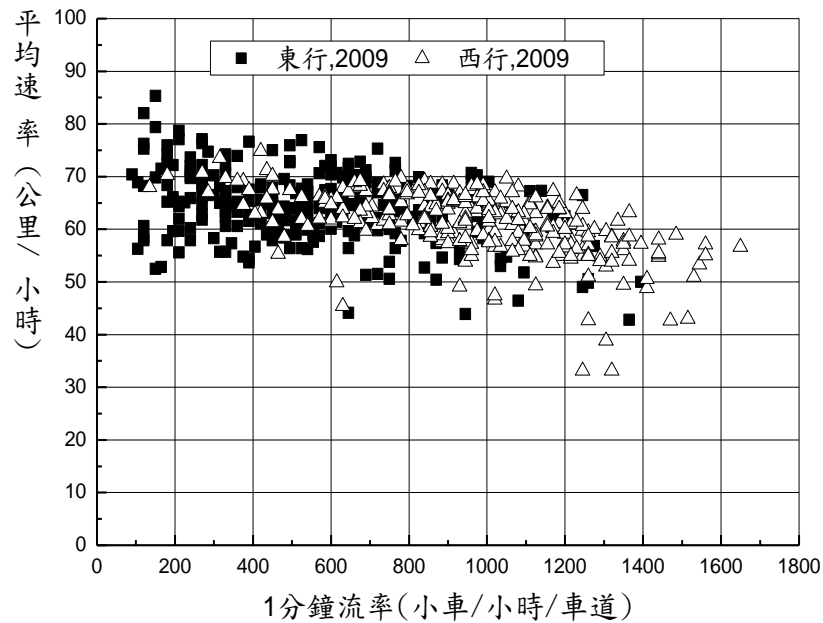


圖 4-2 台 18 線阿里山公路之流率與平均速率之關係

圖 4-1 及圖 4-2 之流率與平均速率的關係是駕駛員在自由旅行及跟車（後車之行為受前車影響）狀況下之駕駛員行為所產生。在自由旅行狀況下，車速主要是受速限及幾何設計的約束。前車與後車之距離相當長，因而後車駕駛員不必隨時根據前車之行為採取確保行車安全之動作。在跟車狀況下之駕駛員所維持之緩衝時間，則是影響流率與速率關係之一主要因素。

緩衝時間之觀念，可用圖 4-3 來說明。此圖中，

V_A, V_B = 前車 A 及後車 B 之個別速率；

L_A = 前車車長；

D_{\min} = 前後車皆停下來時，前車車尾與後車車頭之間距；

D_B = 前車、後車或前、後兩車皆在行進中時，後車車頭與前車車尾超出 D_{\min} 之額外距離。



圖 4-3 跟車距離組成之示意圖

額外距離 D_B 讓後車駕駛員有足夠的反應時間，針對前車之加減速行為及速率，調整速率以確保行車安全。此距離可稱為緩衝距離。緩衝距離所需之後車旅行時間可稱為緩衝時間。此時間 T 可估計如下：

$$T = \frac{L_A + D_{\min} + D_B}{V_B} - \frac{L_A + D_{\min}}{V_A} \quad (4.1)$$

上式中， $(L_A + D_{\min} + D_B)/V_B$ 通常稱為後車與前車之車距。如果此車距用 H_B 代表，則式 4.1 可改寫為：

$$T_B = H_B - \frac{L_A + D_{\min}}{V_A} \quad (4.2)$$

在實際車流中，駕駛員所欲維持之緩衝時間隨前後車之速率、加速或減速行為、車種、駕駛員特性及跟車之環境（如市區有號誌化路口之路段、雙車道公路、或高速公路）而隨時變化。因此在某一車速時欲維持的緩衝時間很難從現場的車流狀況來調查，但欲維持之緩衝時間的大約性質可從流率與平均速率的關係來探討。

本計畫用圖 4-4 所顯示之代表性流率與平均速率的關係，來協助訂定欲維持之緩衝時間。此圖中，高速公路之流率與速率關係乃根據「2011 年臺灣公路容量手冊」第四章所提供之基本路段資料，雙車道公路之相關代表性關係，則是整合圖 4-1 及圖 4-2 之流率與平均速率的資料所得的結果。

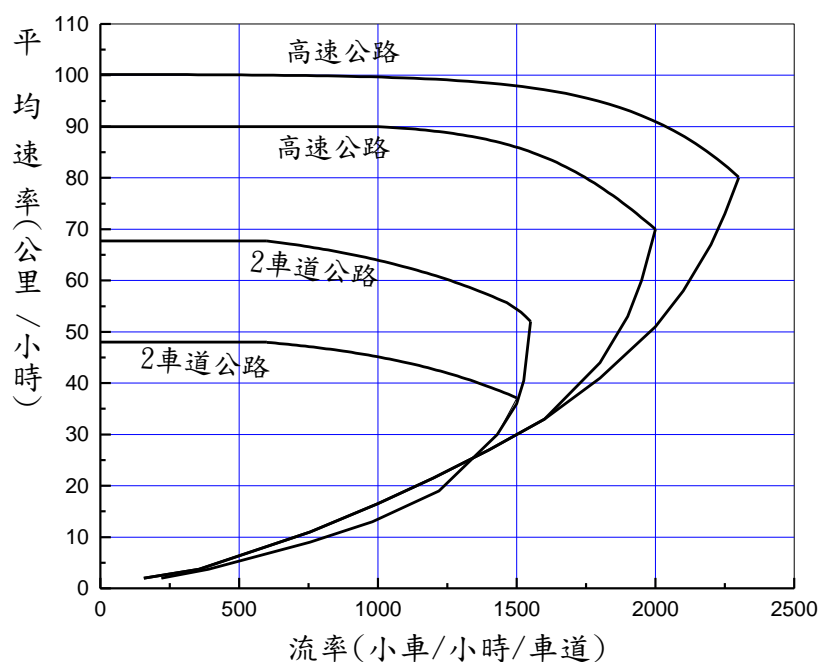


圖 4-4 代表性流率與平均速率之關係

根據圖 4-4 之關係，如果一車流之平均速率為 V 公里/小時，其相關流率為 Q 輛/小時/車道，平均車長為 L 公尺，停車時前、後車之平均間距（後車車頭到前車車尾）為 D_{\min} 公尺，則平均車距等於 $3600/Q$ ，從式 4.2 可知：

$$T = \frac{3600}{Q} - \frac{L + D_{\min}}{V/3.6} \quad (4.3)$$

此式中， T 代表欲維持之平均緩衝時間（秒）。

小車之平均車長大約為 4.5 公尺。在市區道路上停等車輛之平均間距大約在 2.4 公尺左右。一早期的研究指出郊區雙車道公路上車輛停車時欲維持的間距大約為 12 公尺[65]。臺灣郊區雙車道公路在沒有號誌化路口之路段上停等車之平均間距，預期也會高於市區的平均間距。在沒有實際資料之情況下，TGS-2L 模式暫時使用 2.4 公尺來代表式 4.3 之 D_m 值，並用 4.5 公尺代表小車之車長 L 。

從圖 4-4 可知，當流率從高速度、低車流密度的狀況逐漸增加到某一程度時，平均速率會開始明顯的降低。流率達到最高值（亦即容量）

時的相關平均速率稱為臨界速率。根據式 4.3 平均速率等於臨界速率時之平均緩衝時間最短。TGS-2L 模式用下式訂定最短緩衝時間：

$$T_{\min} = \frac{3600}{Q_{\max}} - \frac{L + D_{\min}}{\frac{V_c}{3.6}} \quad (4.4)$$

此式中，

T_{\min} = 最短緩衝車距（秒）；

Q_{\max} = 容量（小車/小時/車道）；

V_c = 流率最高時之平均速率，亦即臨界速率（公里/小時）。

根據圖 4-4，臨界速率與平均自由速率有明顯的線性關係，如圖 4-5 所示。因此，平均自由速率在 45 公里/小時以上時，TGS-2L 模式用下式來估計代表性流率與平均速率關係所顯現之臨界速率：

$$V_c = -2.95 + 0.8267 V_f \quad (4.5)$$

此式中，

V_c = 臨界速率（公里/小時）；

V_f = 平均自由旅行速率（公里/小時）。

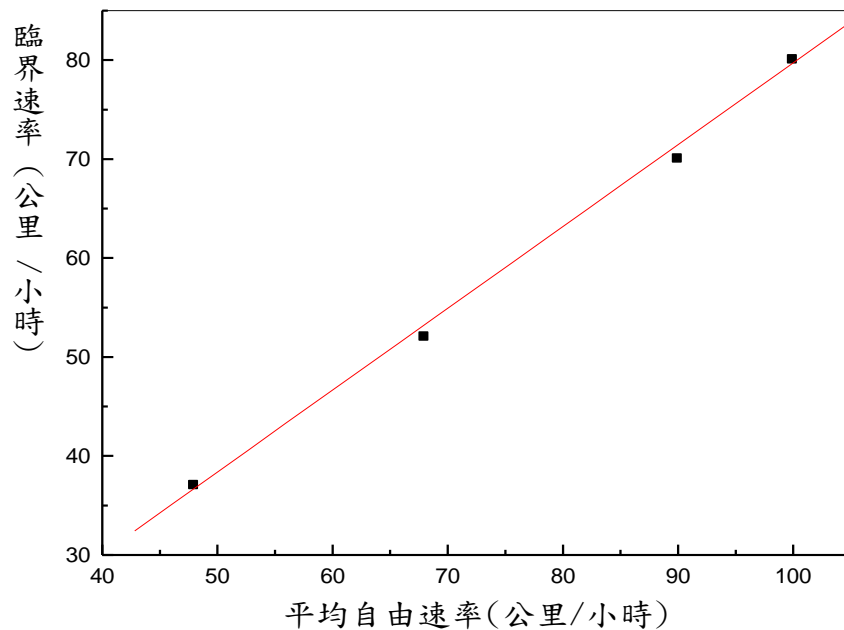


圖 4-5 臨界速率與平均自由速率之關係

平均速率高於或低於臨界速率時，緩衝時間會比式 4.4 之 T_{min} 長。增加量也可用圖 4-4 之代表性關係來估計。

當平均速率高於臨界速率時，平均速率在平均自由速率及臨界速率之間。在這情況下，平均速率可先用下式來正常化：

$$V_n = \frac{V - V_c}{V_f - V_c} \quad (4.6)$$

此式中，

V_n = 平均速率高於臨界速率時正常化值 (0~1)；

V = 平均速率 (公里/小時)；

V_c = 臨界速率 (公里/小時)；

V_f = 平均自由旅行速率 (公里/小時)。

若只考慮平均速率高於臨界速率之情形，從式 4.3、式 4.4 及圖 4-4 所示之關係所估計得之小車緩衝時間增加量如圖 4-6 所示。此圖顯示雙車道公路之平均緩衝時間之增加量與高速公路平均緩衝時間之增加量，有明顯不同的性質，但是同一類型公路緩衝時間增加量與正常化平均速率的關係，則不隨平均自由速率而變。

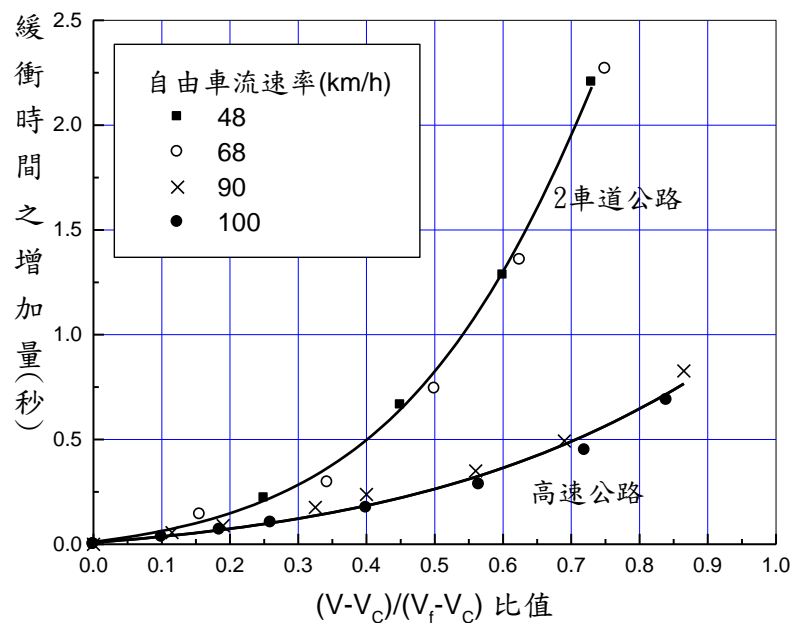


圖 4-6 平均速率高於臨界速率時之小車平均緩衝時間增加量

圖 4-6 所示之雙車道公路平均緩衝時間之增加量可用下式來估計：

$$\Delta T = -0.1946 + \frac{12.819}{1 + e^{\frac{V_n - 1.0683}{0.217}}} \quad (4.7)$$

上式中，

ΔT = 平均速率高於臨界速率時，緩衝時間之增加量（秒）；

V_n = 式 4.6 之正常化平均速率（公里/小時）；

平均速率 V 小於臨界速率時，平均速率在 0 及 V_c 之間。從式 4.3、式 4.4 及圖 4-4 所示之關係所估計得之小車平均緩衝時間增加量如圖 4-6 所示。此圖顯示平均緩衝時間的增加量與 V/V_c 比值的關係，隨公路類型及平均速率而有顯著的變化。此增加量， ΔT 秒，可估計如下：

如 $V/V_c \leq 0.46$ ，則

$$\Delta T = -0.1252 + 2.439e^{\frac{V/V_c - 0.132}{0.0781}} \quad (4.8a)$$

如 $V/V_c > 0.46$ ，則

$$\Delta T = 0.1106 - 0.7599\left(\frac{V}{V_c}\right) + 0.7510\left(\frac{V}{V_c}\right)^2 \quad (4.8b)$$

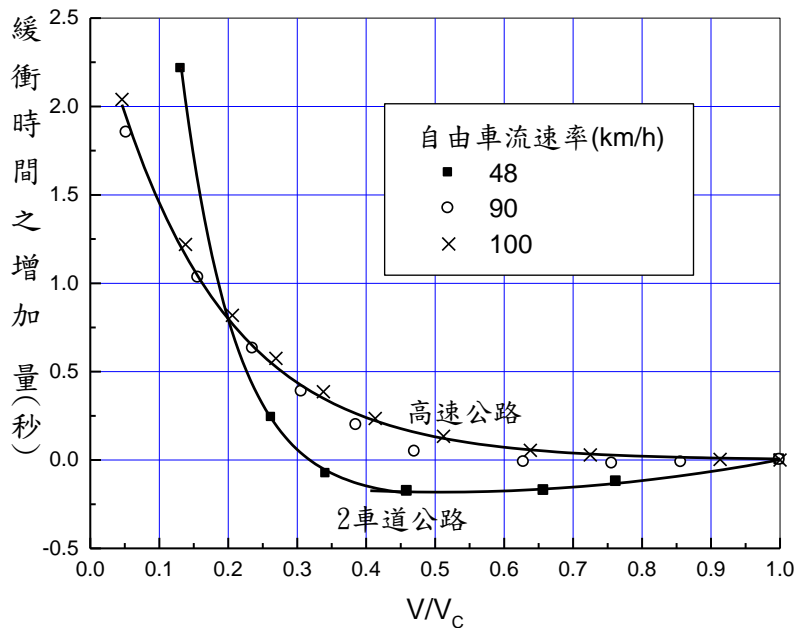


圖 4-7 平均速率低於臨界速率時之小車平均緩衝時間增加量

如果車流中每一車輛的速率皆等於平均速率，則個別車輛欲維持的緩衝時間 T 可估計為：

$$T = T_{\min} + \Delta T \quad (4.9)$$

此式中， T_{\min} 為式 4.4 之估計值， ΔT 則須從式 4.7 或式 4.8 來估計。

事實上，車流中前、後車的速率經常在變化，而且不相等。此外，式 4.9 因為是根據平均的流率與速率的關係，所以也沒考慮駕駛行為之變異性。在這情況下，式 4.9 不一定能很準確的代表個別駕駛員欲維持之緩衝時間。根據在許多不同流率及容量情況下模擬之結果，TGS-2L 模式目前採用下式來模擬個別駕駛員瞬間欲維持的緩衝時間：

$$T_i = \beta_1 \left(\frac{3600}{Q_{\max} + \Delta Q_{\max}} + \Delta T + \beta_2 \right) \quad (4.10)$$

上式中，

T_i = 駕駛員 i 在一瞬間欲維持的緩衝時間（秒）；

β_1 = 駕駛員 i 之緩衝時間與平均緩衝時間之比，亦即駕駛員行為變異係數；

Q_{\max} = 欲模擬之容量的設定值（小車/小時/車道）；

ΔQ_{\max} = 容量調整值（小車/小時/車道）；

ΔT = 從式 4.7 或式 4.8 所估計之緩衝時間增加量（秒）；

β_2 = 車種之調整值。

式 4.10 用 ΔQ_{\max} 調整欲模擬之容量的原因是 TGS-2L 模式根據輸入檔設定之容量 Q_{\max} 所得之模擬容量並不一定等於設定容量。兩者之差距約在 25 小車/小時/車道以下。如果模式使用者可接受這誤差，則不需要在輸入檔中用 ΔQ_{\max} 調高或調低設定容量。

TGS-2L 模式所採用之駕駛行為差異函數 β_1 ，如圖 4-8 所示。駕駛員之冒險性指數(Aggressive Index，在 0 及 1 之間隨機變化) 越高， β_1 之值越低。此函數可用下式來代表：

$$\beta_1 = 0.9959 - 0.0652 \ln \left(\frac{1.0257}{1.0219 - f} - 1 \right) \quad (4.11)$$

上式中，

f = 駕駛員之冒險性指數。

在平坦路段而且幾何設計狀況不隨地點而變化時，大車之小車當量大約為 1.5，機車之小車當量則隨機車占總車輛的比例而異。例如車流中很少有機車時，機車併行之可能性很低，每一機車所需之平均空間比併行時之平均空間大，因此其小車當量也比較高。臺灣公路容量手冊指出車流中幾乎沒有機車時之機車的小車當量為 0.75，車流中只有機車時之機車小車當量降低到 0.31。式 4.10 之車種調整值 β_2 如設定如下，則 TGS-2L 模式之模擬結果亦顯示上述之當量：

$$\beta_2 = 0.0 \text{ 秒，小車} \quad (4.12a)$$

$$= -0.36 \text{ 秒，機車} \quad (4.12b)$$

$$= 0.4 \text{ 秒，大車} \quad (4.12c)$$

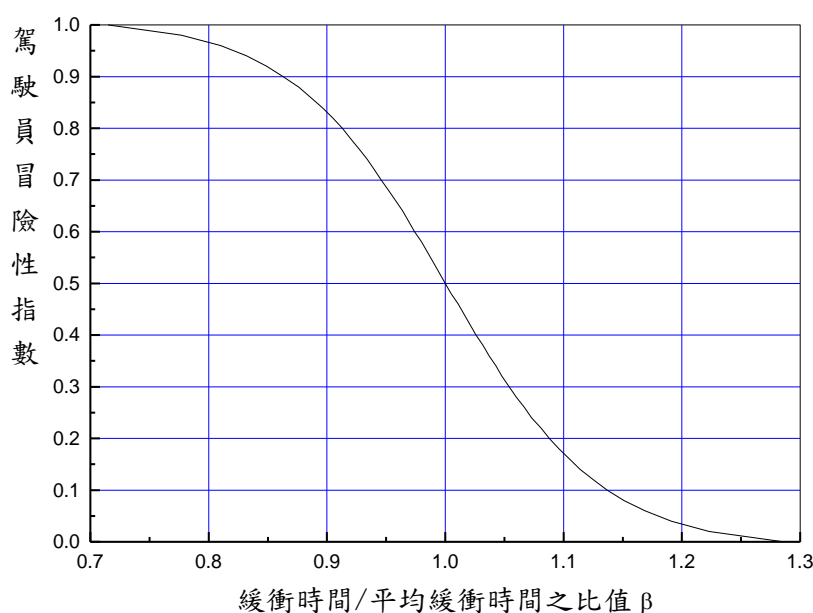


圖 4-8 駕駛行為變異函數 β_1 與駕駛員之冒險性指數之關係

為了比較模擬及現場資料所顯示之流率與速率的關係，本計畫用不同亂數產生車流特性，然後在模擬過程中蒐集不同 15 分鐘時段內之流率及平均速率的資料。這些資料又進一步整合成平均的流率與速率

關係。這些關係與現場 1 分鐘資料所顯示之關係，呈現於圖 4-9 及圖 4-10。模擬與現場的流率與速率關係有同樣的趨勢。

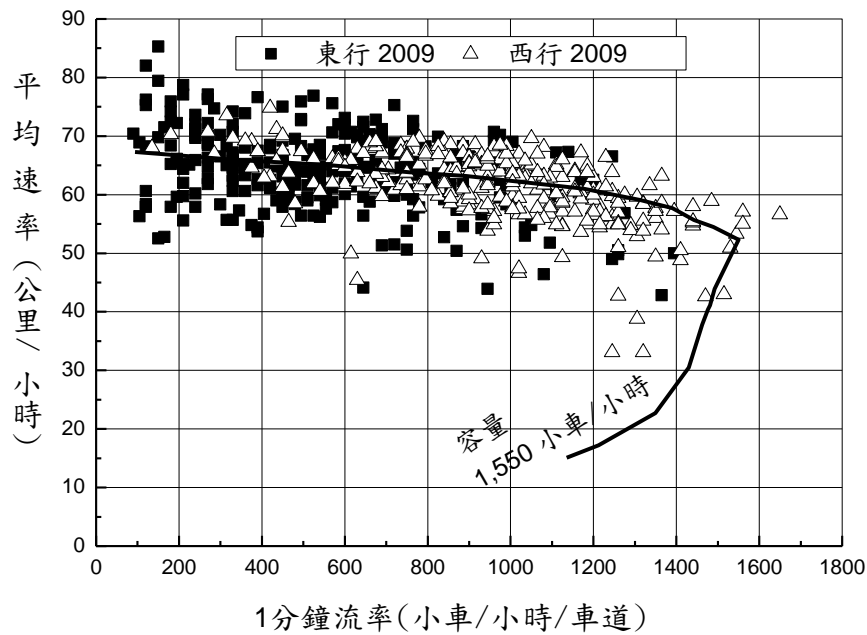


圖 4-9 模擬與現場流率與平均速率關係之對照（台 18 線）

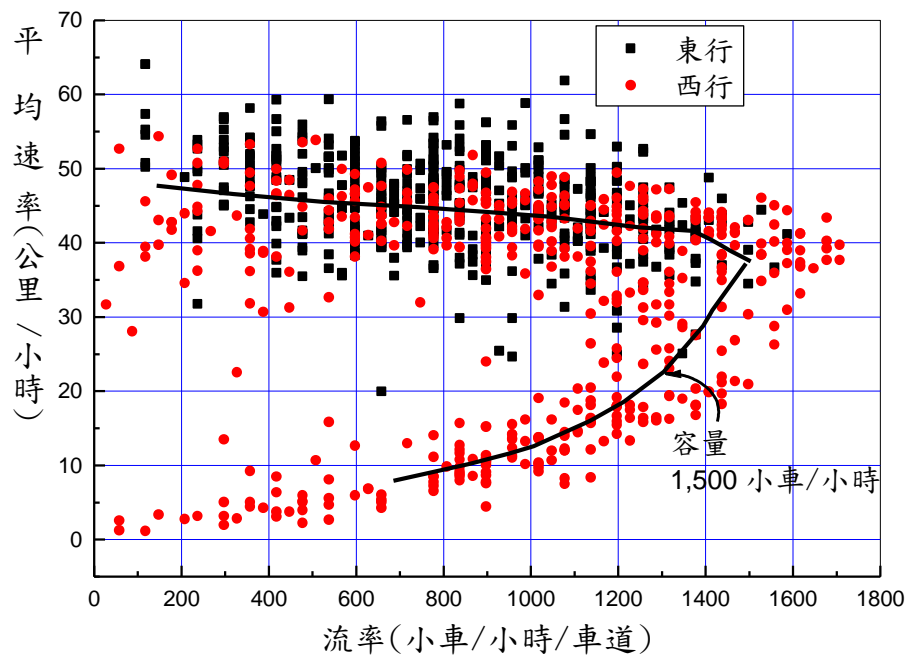


圖 4-10 模擬與現場流率與平均速率關係之對照（縣道 151 線）

4.2 坡度路段之流率及平均速率的關係

民國 102 年 7 月 24 日本所於新北市林口區縣道 108 線蒐集郊區雙車道公路坡度路段之流率與速率資料[64]。同一年 8 月 3 日又在桃園市復興區省道台 7 線蒐集同樣性質的資料。這些資料可用來展示車流在上、下坡不同地點之流率與平均速率的關係，也提供車輛在上、下坡時，從一定點到另一定點平均自由速率變化的資訊。本計畫用在 8 個上、下坡地點所蒐集的資料微調 TGS-2L 模式。

上述兩公路的平面定線(horizontal alignment)及縱切面(vertical alignment)如圖 4-11~圖 4-14 所示。從這些圖，表 4.1 及表 4.2 可知這兩公路相當陡而且有許多曲率半徑很短的平曲線(horizontal curve)。台 7 線上 70%平曲線的曲率半徑在 19 公尺及 82 公尺之間。縣道 108 線曲率半徑在 14 公尺及 80 公尺之間之平曲線，占有所有平曲線之 56%。在這種幾何設計狀況下，車速大受限制，速限均為 50 公里/小時。

本計畫所用的資料來自圖 4-11 及圖 4-12 中所標示之下列地點：

省道 7 線 (圖 4-11)

01 (上坡)，02 (上坡)，01 (下坡)，02 (下坡)

縣道 108 線 (圖 4-12)

01 (上坡)，06 (上坡)，02 (下坡)，03 (下坡)

為方便區分，本計畫將這些地點改稱為 U1，U2，及 U6 來代表上坡調查地點。下坡地點則改稱為 D1，D2，及 D3。這些地點的坡度及同一行車方向兩調查地點的水平距離如表 4.3 所示。

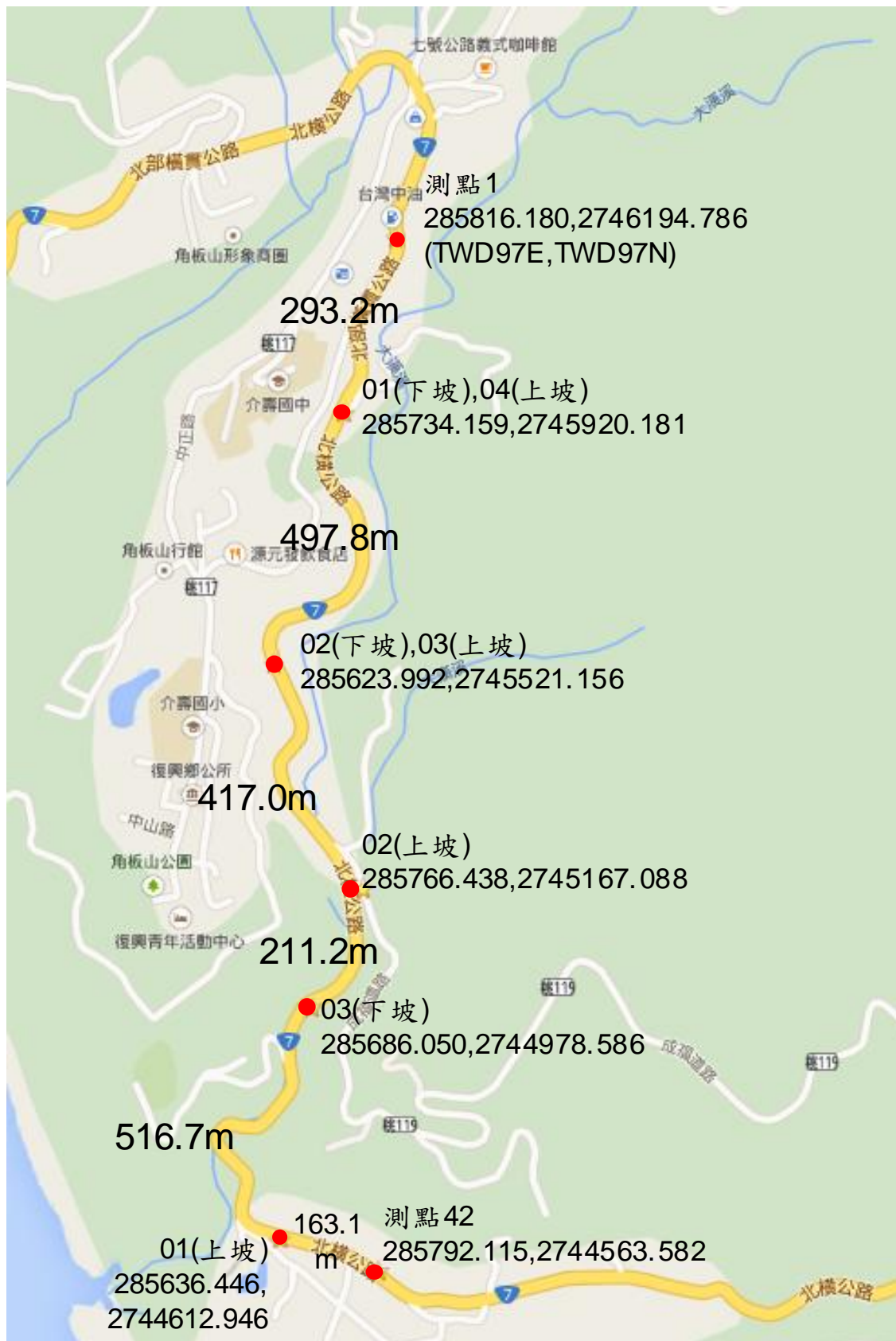


圖 4-11 台 7 線之平面定線

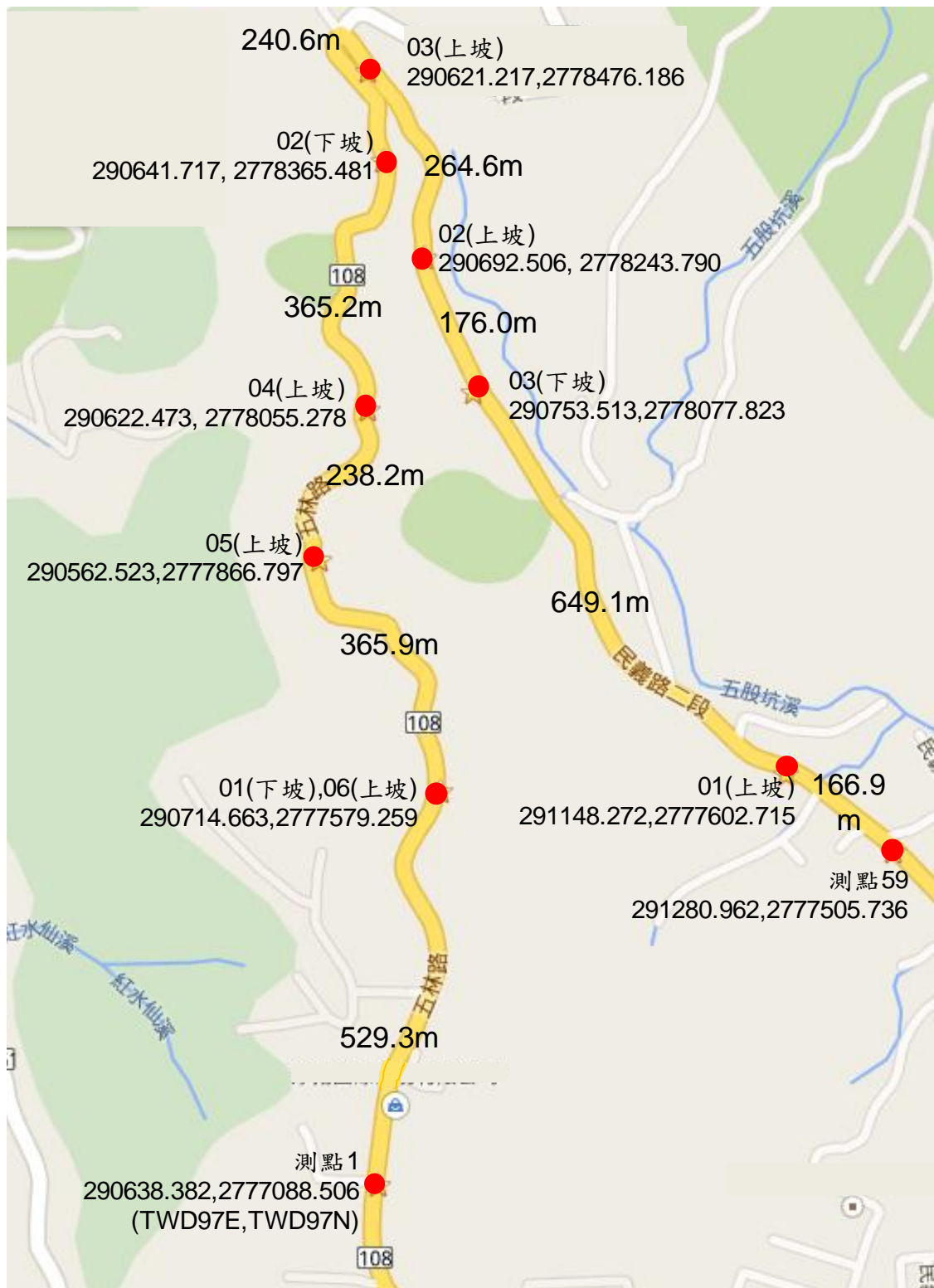


圖 4-12 縣道 108 線之平面定線

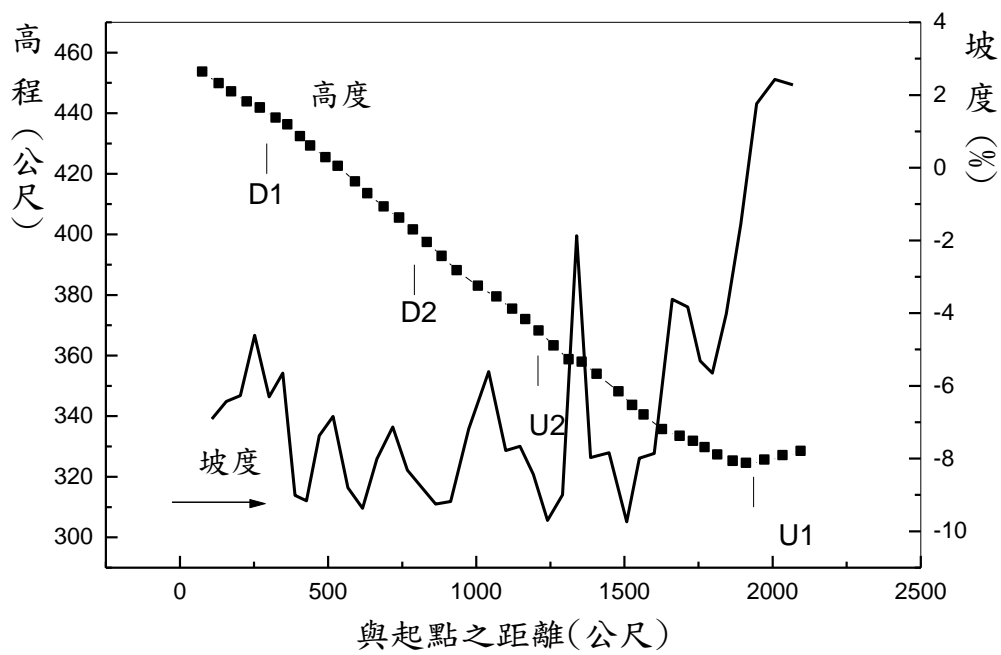


圖 4-13 台 7 線之縱切面

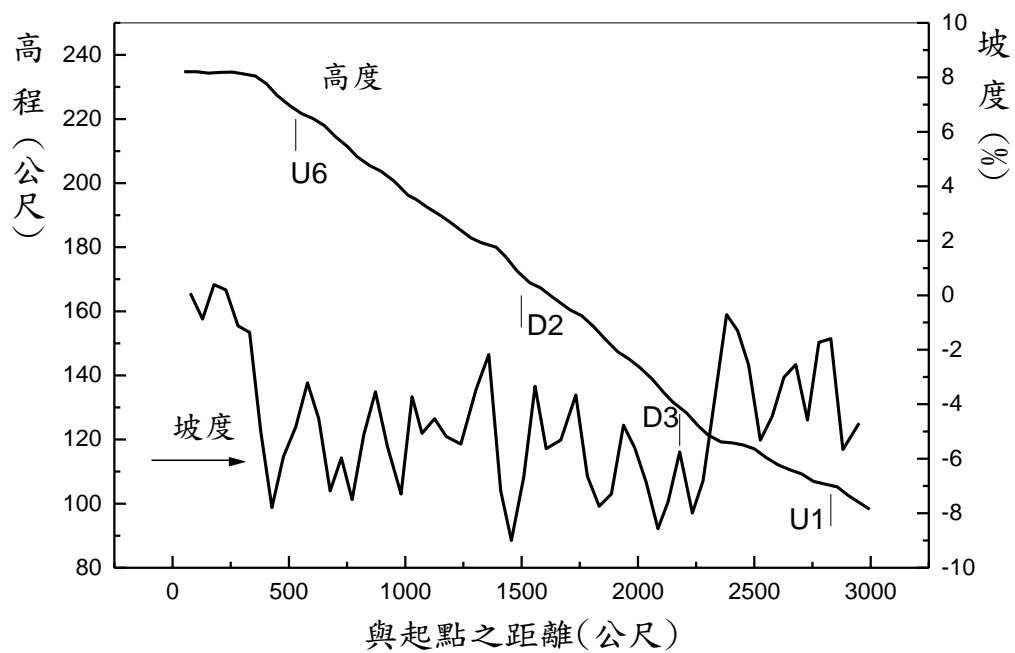


圖 4-14 縣道 108 線之縱切面

表 4.1 台 7 線之平曲線地點及曲率半徑

| 序號 | 起點(m) | 終點(m) | 曲率半徑(m) | 序號 | 起點(m) | 終點(m) | 曲率半徑(m) |
|----|--------|--------|---------|----|--------|--------|---------|
| 1 | 0.0 | 30.1 | 54.7 | 17 | 1270.0 | 1339.1 | 102.9 |
| 2 | 115.6 | 161.8 | 158.1 | 18 | 1350.0 | 1402.6 | 81.7 |
| 3 | 161.8 | 174.4 | 66.2 | 19 | 1402.6 | 1449.1 | 49.4 |
| 4 | 191.0 | 200.0 | 18.4 | 20 | 1449.1 | 1484.9 | 114.1 |
| 5 | 200.0 | 249.5 | 67.2 | 21 | 1484.9 | 1520.0 | 233.1 |
| 6 | 340.0 | 391.1 | 75.7 | 22 | 1520.0 | 1560.0 | 61.6 |
| 7 | 398.3 | 431.4 | 61.5 | 23 | 1560.0 | 1587.3 | 58.5 |
| 8 | 438.2 | 476.1 | 65.8 | 24 | 1620.5 | 1667.5 | 29.6 |
| 9 | 483.9 | 553.6 | 184.3 | 25 | 1667.5 | 1710.0 | 26.7 |
| 10 | 553.6 | 611.4 | 62.6 | 26 | 1717.1 | 1740.0 | 19.2 |
| 11 | 611.4 | 671.2 | 316.8 | 27 | 1740.0 | 1761.3 | 54.1 |
| 12 | 695.9 | 776.3 | 53.0 | 28 | 1784.9 | 1825.1 | 32.5 |
| 13 | 873.6 | 943.8 | 49.3 | 29 | 1847.7 | 1876.0 | 28.7 |
| 14 | 950.0 | 1001.1 | 39.1 | 30 | 1876.0 | 1920.0 | 61.0 |
| 15 | 1010 | 1083.9 | 438.2 | 31 | 2000.0 | 2099.0 | 164.5 |
| 16 | 1095.8 | 1200.0 | 181.8 | | | | |

註：起點及終點的里程，係指圖 4-11 測點 1 開始的里程。

表 4.2 縣道 108 線之平曲線地點及曲率半徑

| 序號 | 起點(m) | 終點(m) | 曲率半徑(m) | 序號 | 起點(m) | 終點(m) | 曲率半徑(m) |
|----|--------|--------|---------|----|--------|--------|---------|
| 1 | 80.0 | 190.0 | 205.7 | 24 | 1450.5 | 1509.0 | 73.3 |
| 2 | 242.5 | 360.3 | 105.1 | 25 | 1516.0 | 1550.0 | 53.1 |
| 3 | 390.0 | 450.1 | 46.4 | 26 | 1560.0 | 1589.0 | 28.0 |
| 4 | 481.2 | 547.7 | 89.9 | 27 | 1650.0 | 1679.2 | 14.0 |
| 5 | 591.3 | 635.9 | 57.6 | 28 | 1679.2 | 1695.5 | 16.4 |
| 6 | 641.0 | 684.0 | 33.7 | 29 | 1695.5 | 1716.7 | 356.1 |
| 7 | 701.0 | 726.2 | 32.0 | 30 | 1721.0 | 1773.0 | 159.9 |
| 8 | 735.1 | 755.2 | 19.7 | 31 | 1780.0 | 1817.0 | 84.8 |
| 9 | 802.2 | 840.0 | 32.5 | 32 | 1823.0 | 1852.0 | 125.0 |
| 10 | 891.8 | 916.0 | 236.8 | 33 | 1856.0 | 1898.0 | 40.0 |
| 11 | 916.0 | 937.6 | 45.7 | 34 | 1901.0 | 1932.8 | 116.3 |
| 12 | 937.6 | 996.3 | 49.5 | 35 | 1950.0 | 1969.0 | 59.5 |
| 13 | 996.3 | 1027.0 | 24.9 | 36 | 1973.7 | 2097.0 | 150.8 |
| 14 | 1041.0 | 1075.6 | 47.1 | 37 | 2010.0 | 2045.1 | 130.0 |
| 15 | 1075.6 | 1097.8 | 18.4 | 38 | 2149.0 | 2213.9 | 231.7 |
| 16 | 1101.4 | 1141.2 | 42.6 | 39 | 2213.9 | 2285.0 | 665.7 |
| 17 | 1147.3 | 1156.6 | 16.3 | 40 | 2320.0 | 2390.0 | 189.4 |
| 18 | 1156.6 | 1222.8 | 76.8 | 41 | 2390.0 | 2441.0 | 55.4 |
| 19 | 1228.4 | 1270.0 | 27.1 | 42 | 2441.0 | 2496.0 | 205.6 |
| 20 | 1276.7 | 1309.5 | 74.0 | 43 | 2514.3 | 2630.0 | 109.7 |
| 21 | 1309.5 | 1338.4 | 100.5 | 44 | 2630.0 | 2740.0 | 189.6 |
| 22 | 1364.4 | 1391.0 | 17.6 | 45 | 2740.0 | 2793.0 | 83.3 |
| 23 | 1403.4 | 1435.0 | 33.0 | 46 | 2793.2 | 2855.4 | 108.2 |

註：起點及終點的里程，係指圖 4-12 測點 1 開始的里程。

表 4.3 坡度路段調查地點之坡度及水平距離

| 公路 | 行車方向 | 調查地點代號 | | 大約坡度 (%) | 調查地點之 距離(m) |
|-------------|------|--------|----|-------------|----------------|
| | | 舊 | 新 | | |
| 省道 台 7 線 | 上坡 | 01 | U1 | 1.5 | 727.9 |
| | | 02 | U2 | 8.4 | |
| | 下坡 | 01 | D1 | -5.5 | 497.8 |
| | | 02 | D2 | -8.5 | |
| 縣道 108 線 | 上坡 | 01 | U1 | 1.6 | 2,299.6 |
| | | 06 | U2 | 4.8 | |
| | 下坡 | 02 | D2 | -7.0 | 681.0 |
| | | 03 | D3 | -5.8 | |

現場調查期間，工作人員在各調查地點設定一長 15 公尺之路段，然後利用錄影機記錄通過該路段的車流。錄影資料經人工判讀之後，得到進入調查路段每一車輛之車種、到達路段上游端點的時間及到達路段下游端點的時間。根據車輛抵達調查路段（長 15 公尺）上、下游端點的時間，工作人員進一步估計每一車輛之速率。

本計畫利用上述調查之尖峰時段（2~2.5 小時）資料，進一步估計每一分鐘之流率及平均速率，也估計不同車種之平均自由速率。自由速率只考慮一車輛與前車車距最少有 7 秒，而且與後車之車距最少有 5 秒時之速率。每一分鐘之流率與平均速率的關係如圖 4-15~圖 4-22 所示。這些圖中在不同流率時之平均速率曲線，乃根據表 4.4 及表 4.5 所示，有同樣 1 分鐘的流率之平均速率的總平均速率。從現場資料估計得之平均自由速率，列於表 4.6 及表 4.7。

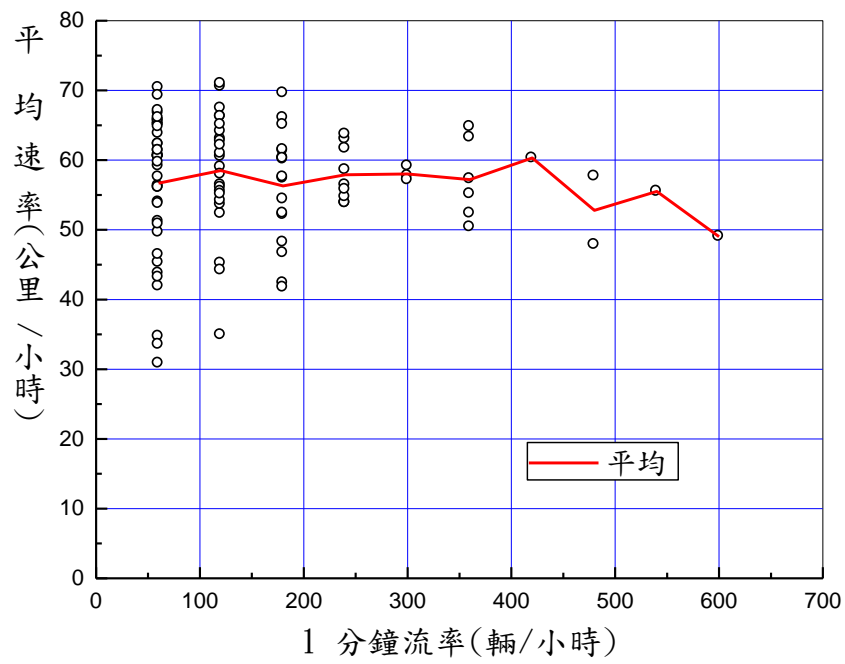


圖 4-15 台 7 線 D1 地點之流率與速率關係

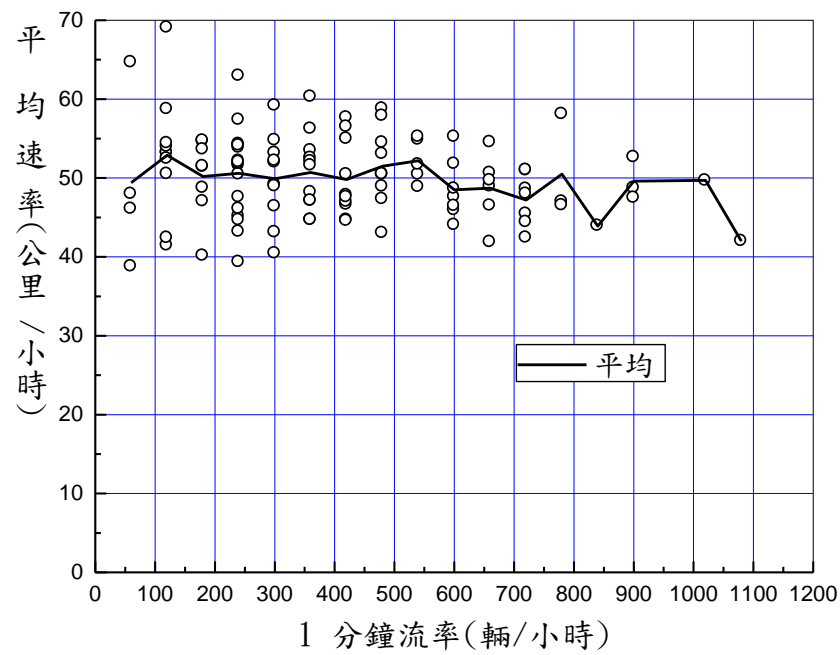


圖 4-16 台 7 線 D2 地點之流率與速率關係

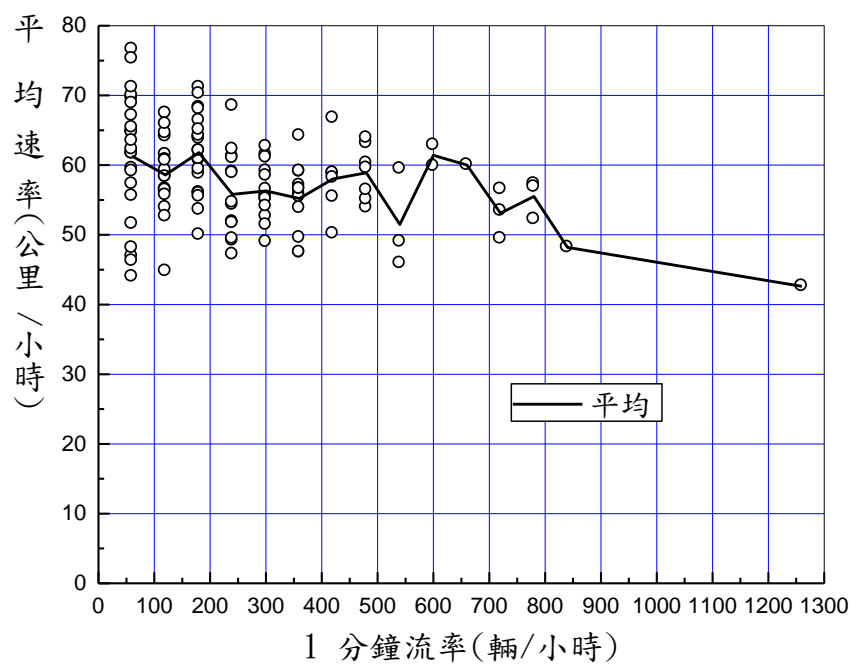


圖 4-17 台 7 線 U1 地點之流率與速率關係

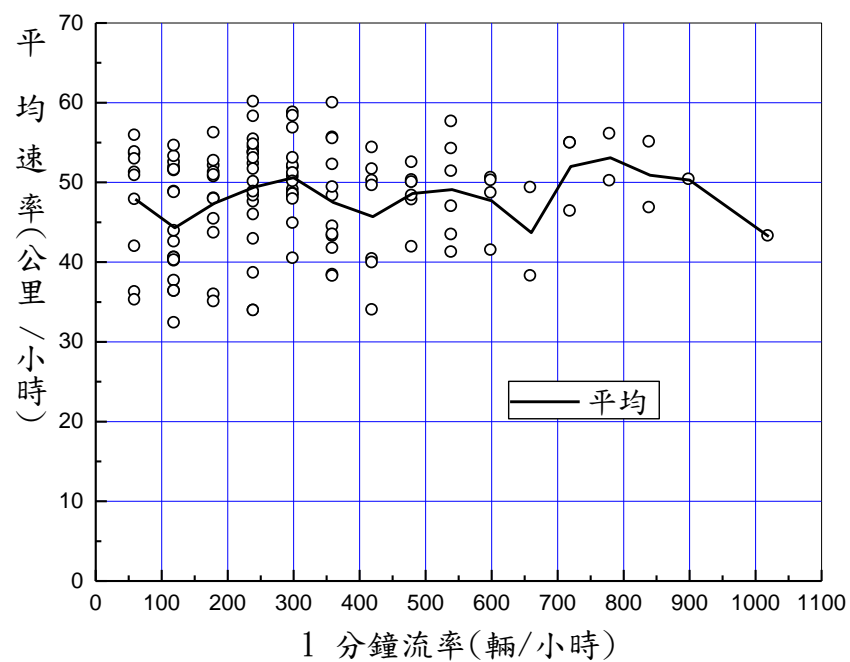


圖 4-18 台 7 線 U2 地點之流率與速率關係

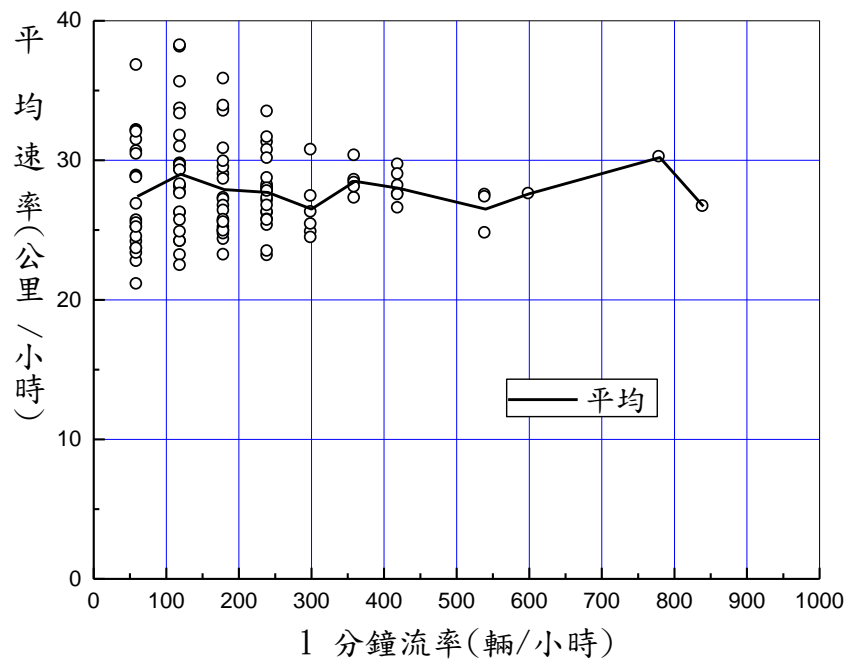


圖 4-19 縣道 108 線 D2 地點之流率與速率關係

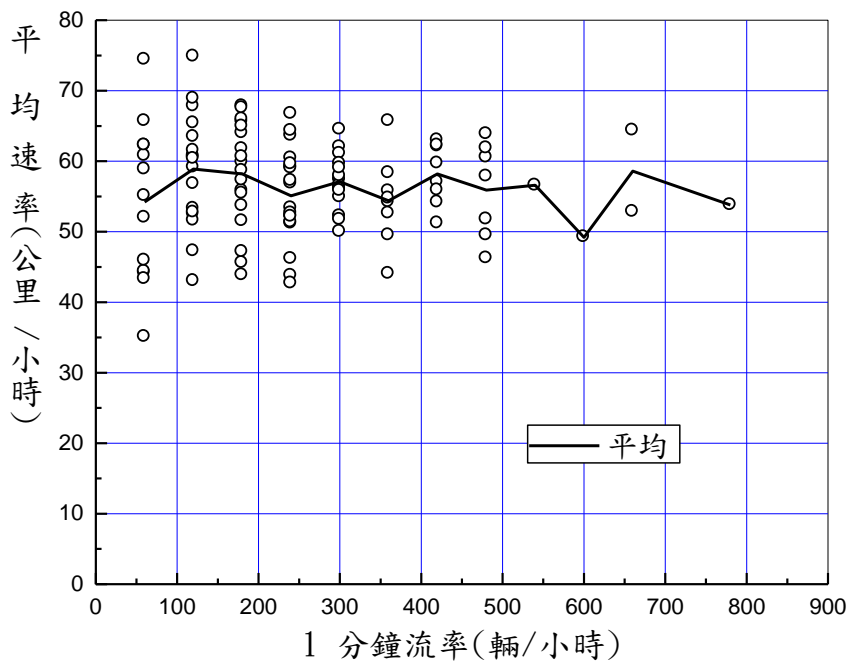


圖 4-20 縣道 108 線 D3 地點之流率與速率關係

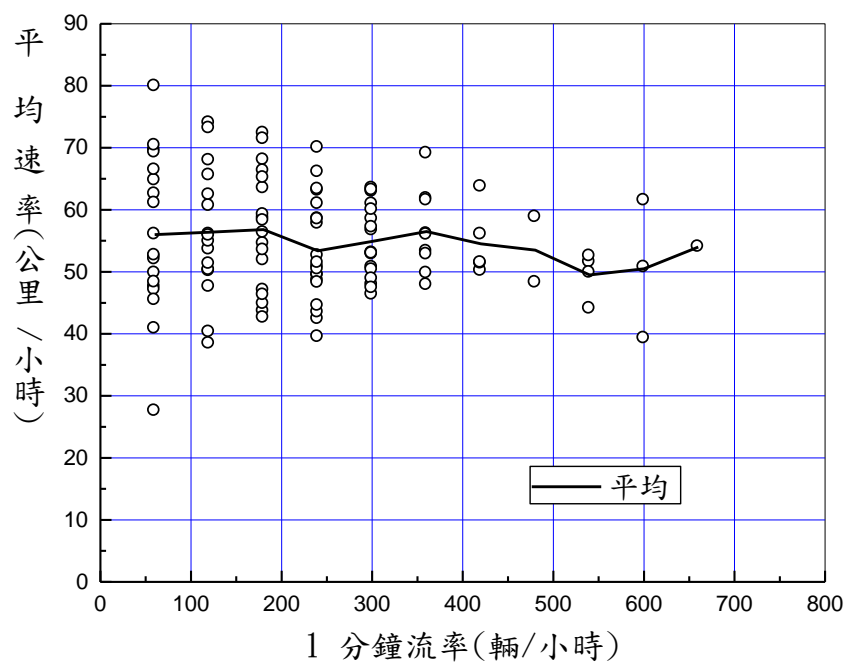


圖 4-21 縣道 108 線 U1 地點之流率與速率關係

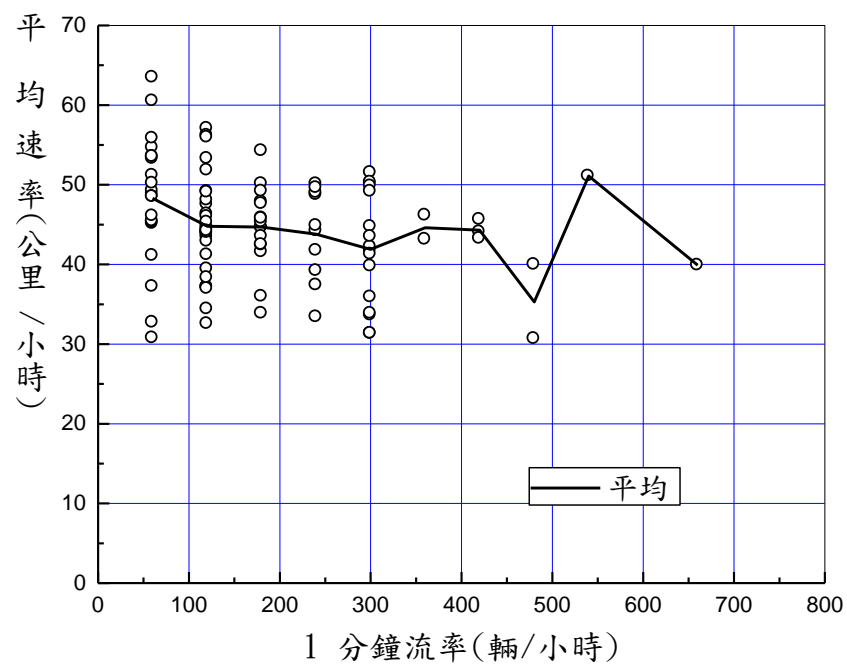


圖 4-22 縣道 108 線 U6 地點之流率與速率關係

表 4.4 台 7 線整合之 1 分鐘流率與平均速率資料

| 地點 D1 | | | 地點 D2 | | | 地點 U1 | | | 地點 U2 | | |
|-------|-----|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| N | Q | V | N | Q | V | N | Q | V | N | Q | V |
| 40 | 60 | 56.7 | 4 | 60 | 49.4 | 23 | 60 | 61.3 | 10 | 60 | 47.9 |
| 24 | 120 | 58.5 | 10 | 120 | 52.9 | 17 | 120 | 58.6 | 19 | 120 | 44.3 |
| 17 | 180 | 56.3 | 8 | 180 | 50.2 | 20 | 180 | 61.8 | 12 | 180 | 47.4 |
| 9 | 240 | 57.9 | 17 | 240 | 50.6 | 14 | 240 | 55.8 | 21 | 240 | 49.4 |
| 3 | 300 | 58.0 | 10 | 300 | 49.9 | 14 | 300 | 56.3 | 16 | 300 | 50.6 |
| 6 | 360 | 57.2 | 11 | 360 | 50.7 | 12 | 360 | 55.2 | 12 | 360 | 47.5 |
| 1 | 420 | 60.3 | 10 | 420 | 49.8 | 6 | 420 | 58.0 | 7 | 420 | 45.7 |
| 2 | 480 | 52.8 | 10 | 480 | 51.5 | 7 | 480 | 58.9 | 7 | 480 | 48.6 |
| 1 | 540 | 55.5 | 5 | 540 | 52.2 | 3 | 540 | 51.5 | 6 | 540 | 49.1 |
| 1 | 600 | 49.0 | 7 | 600 | 48.5 | 2 | 600 | 61.4 | 4 | 600 | 47.7 |
| | | | 6 | 660 | 48.7 | 1 | 660 | 60.0 | 2 | 660 | 43.7 |
| | | | 7 | 720 | 47.2 | 3 | 720 | 53.1 | 3 | 720 | 52.0 |
| | | | 3 | 780 | 50.5 | 3 | 780 | 55.5 | 2 | 780 | 53.1 |
| | | | 1 | 840 | 43.9 | 1 | 840 | 48.2 | 2 | 840 | 50.9 |
| | | | 3 | 900 | 49.6 | 1 | 1260 | 42.6 | 1 | 900 | 50.3 |
| | | | 1 | 1020 | 49.7 | | | | 1 | 1020 | 43.2 |
| | | | 1 | 1080 | 42.0 | | | | | | |

註：表頭之 N 表示 1 分鐘資料之樣本數，Q 為流率(輛/小時)，V 為平均速率(公里/小時)

表 4.5 縣道 108 線整合之 1 分鐘流率與平均速率資料

| 地點 D2 | | | 地點 D3 | | | 地點 U1 | | | 地點 U6 | | |
|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|------|
| N | Q | V | N | Q | V | N | Q | V | N | Q | V |
| 22 | 60 | 27.4 | 13 | 60 | 54.2 | 19 | 60 | 56.0 | 21 | 60 | 48.3 |
| 25 | 120 | 29.0 | 18 | 120 | 58.9 | 16 | 120 | 56.4 | 28 | 120 | 44.8 |
| 23 | 180 | 27.9 | 18 | 180 | 58.2 | 18 | 180 | 56.8 | 17 | 180 | 44.7 |
| 21 | 240 | 27.7 | 18 | 240 | 55.1 | 20 | 240 | 53.4 | 10 | 240 | 43.8 |
| 6 | 300 | 26.5 | 14 | 300 | 57.1 | 17 | 300 | 54.9 | 16 | 300 | 41.9 |
| 5 | 360 | 28.5 | 8 | 360 | 54.4 | 9 | 360 | 56.5 | 2 | 360 | 44.6 |
| 6 | 420 | 28.0 | 8 | 420 | 58.2 | 5 | 420 | 54.5 | 3 | 420 | 44.3 |
| 3 | 540 | 26.5 | 7 | 480 | 55.9 | 2 | 480 | 53.5 | 2 | 480 | 35.3 |
| 1 | 600 | 27.6 | 1 | 540 | 56.6 | 4 | 540 | 49.5 | 1 | 540 | 51.1 |
| 1 | 780 | 30.2 | 1 | 600 | 49.2 | 3 | 600 | 50.5 | 1 | 660 | 39.9 |
| 1 | 840 | 26.7 | 2 | 660 | 58.6 | 1 | 660 | 54.0 | | | |
| | | | 1 | 780 | 53.8 | | | | | | |

註：表頭之 N 表示 1 分鐘資料之樣本數，Q 為流率(輛/小時)，V 為平均速率(公里/小時)

表 4.6 台 7 線調查地點之平均自由速率

| 車種 | 下坡 D1 | | 下坡 D2 | |
|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | 速率(公里/小時) | 樣本數 | 速率(公里/小時) | 樣本數 |
| 小車 | 61.3 | 70 | 53.6 | 103 |
| 機車 | 48.6 | 27 | 42.5 | 30 |
| 大客車 | 51.2 | 5 | 37.7 | 2 |
| 大貨車 | 68.1 | 1 | -- | 0 |
| 聯結車 | -- | 0 | -- | 0 |
| 車種 | 上坡 U1 | | 上坡 U2 | |
| | 速率(公里/小時) | 樣本數 | 速率(公里/小時) | 樣本數 |
| 小車 | 60.2 | 97 | 53.2 | 111 |
| 機車 | 58.3 | 29 | 45.4 | 43 |
| 大客車 | 53.0 | 3 | 31.0 | 4 |
| 大貨車 | 64.4 | 1 | -- | 0 |
| 聯結車 | -- | 0 | -- | 0 |

表 4.7 縣道 108 線調查地點之平均自由速率

| 車種 | 下坡 D2 | | 下坡 D3 | |
|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | 速率(公里/小時) | 樣本數 | 速率(公里/小時) | 樣本數 |
| 小車 | 29.2 | 54 | 62.0 | 89 |
| 機車 | 25.6 | 37 | 52.5 | 54 |
| 大客車 | 24.1 | 1 | 43.8 | 2 |
| 大貨車 | 26.7 | 12 | 61.4 | 6 |
| 聯結車 | 34.7 | 1 | 69.9 | 4 |
| 車種 | 上坡 U1 | | 上坡 U6 | |
| | 速率(公里/小時) | 樣本數 | 速率(公里/小時) | 樣本數 |
| 小車 | 61.3 | 88 | 48.8 | 73 |
| 機車 | 49.1 | 62 | 39.9 | 17 |
| 大客車 | 51.0 | 1 | -- | 0 |
| 大貨車 | 65.3 | 16 | 46.6 | 12 |
| 聯結車 | 59.9 | 4 | 39.3 | 3 |

現場資料有幾個缺陷。其中之一是調查日期之流率很低，1 分鐘流率常低於 800 輛/小時/車道，車流沒有從穩定狀況進入壅塞狀況的情形。因此調查地點的容量無法從現場資料來估計。圖 4-15~圖 4-22 之流率與速率關係顯示這問題。另外一缺陷是除了小車之外，其他車種的樣本數不足（見表 4.6 及表 4.7）。因此現場資料難以用來比較不同車種之行車特性。各調查地點之車種組成如表 4-8 所示。

表 4.8 調查地點之車種組成

| 公路 | 調查地點 | 百分比(%) | | | | |
|-------------|------|--------|------|-----|------|-----|
| | | 小車 | 機車 | 大客車 | 大貨車 | 聯結車 |
| 省道 台 7 線 | D1 | 74.3 | 21.4 | 3.6 | 0.7 | 0.0 |
| | D2 | 74.9 | 24.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 |
| | U1 | 75.7 | 21.3 | 2.5 | 0.5 | 0.0 |
| | U2 | 73.1 | 24.6 | 1.8 | 0.5 | 0.0 |
| 縣道 108 縣 | D2 | 60.9 | 26.8 | 0.5 | 9.8 | 2.2 |
| | D3 | 57.2 | 35.7 | 0.6 | 5.3 | 1.2 |
| | U1 | 53.6 | 34.0 | 0.8 | 8.9 | 2.7 |
| | U6 | 72.9 | 12.1 | 0.3 | 11.2 | 3.5 |

除上述缺陷之外，從現場資料所估計之速率的精確度也有令人質疑的地方。速率的估計乃是根據車輛行走 15 公尺之旅行時間。如果車速為 50 公里/小時，則所需之旅行時間只有 1.08 秒。因此人工判讀錄影資料時，如稍有偏差，則速率的估計值可能有嚴重的估計誤差。原始資料中有不少速率出乎意料過度高或過度低的情形。例如台 7 線下坡 D2 地點的坡度為 8.5%，相當陡。其上游 20 公尺處有一曲率半徑只有 53 公尺之平曲線，其下游 82 公尺處又有一曲率半徑更小（49 公尺）之平曲線。在這種幾何狀況下，即使超高率(superelevation rate)為 12%，平坦路段上之設計速率大約只有 60 公里/小時，安全及舒適的速率大約也只有 75 公里/小時。但是原始資料顯示有些車速超過 90 公里/小時，最高速率達 102 公里/小時，另有一些車速則低於 14 公里/小時，最低速率為 0.9 公里/小時。為了減少在微調模式時，因資料正確性不高所造成的困擾，本計畫在估計平均自由速率時，將超過 85 公里/小時或低於 15 公里/小時的速率資料摒棄不用。

雖然現場資料有缺陷，但其所顯示在各調查地點流率與速率關係之大致趨勢及平均自由速率在兩調查地點之變化，是微調 TGS-2L 模式不可缺的參考資料。現場資料所顯示在各調查地點的速率與上、下游幾何設計的可能關係，對如何模擬駕駛行為也很有助益。因此本計畫根據現場資料所顯示之車流特性，來微調 TGS-2L 模式。

模擬車輛在坡度路段之行車行為，必須設定各車種之代表性質重及駕駛員所採用之馬力。在沒有實際質重及馬力之情況下，代表性質

重及馬力可從平均自由速率在兩調查地點之間的變化來推估。如果模擬車輛之質重及馬力值適用，則模擬速率在兩地點間之變化應接近觀察到的速率變化。因此設定適用之質重及馬力的工作，在於尋找讓模擬自由速率能接近現場觀察值之質重及馬力組合。

TGS-2L 模式考慮一連串會影響車速的因素，來訂定每一模擬單位時間內（例如 0.5 秒或 1 秒）個別車輛的加、減速率。此模式訂定加、減速率的工作包括下列數項：

- 1.如車輛在平坦路段上，則訂定駕駛員在不受平曲線影響，而且是在自由旅行狀況下，所欲採用之加速率 A1。
- 2.如車輛在坡度路段上，則根據質重、馬力、牽引力傳輸效率、氣流阻力、滾動摩擦阻力及坡度等阻力，估計加、減速率 A1。
- 3.估計面臨平曲線及坡度時欲維持之安全速率，然後根據現況之速率及欲維持的安全速率，訂定應有之加、減速率 A2。
- 4.如面臨速限變化，則根據現場之速率、位置及速限變化之程度，估計應採用之加、減速率 A3。
- 5.估計在跟車狀況下應有的加、減速率 A4。
- 6.適用之加、減速率為 A1、A2、A3 及 A4 之最小值。

上述加、減速中，A1、A3 及 A4 的訂定，已在本報告第三章 3.2.3.5、3.2.3.6、3.2.3.7 及 2.2.3.9 小節有所討論。本節說明因行車安全所造成之 A2 的訂定。

車輛在一地點所欲維持的安全速率受到幾何設計、速限及人為因素的影響。在平直路段上，安全速率可用自由旅行速率來代表。在坡度路段上，尤其是面臨平曲線時，駕駛員須比較保守，因此所欲維持的安全速率預期會比在平直路段上之自由速率低。

TGS-2L 模式首先訂定在平坦平曲線之安全速率。此速率之主要影響因素包括曲率半徑、超高率(superelevation rate)及側面摩擦係數(side friction)。從公路設計的角度而言，最高安全速率與這些因素的關係，可用下式來估計[5]：

$$V_d = \sqrt{127R(f + 0.01e)} \quad (4.13)$$

上式中，

V_d = 曲率半徑、側面摩擦係數及超高率在一特定組合狀況之安全速率(公里/小時)；

R = 曲率半徑 (公尺)；

f = 側面摩擦係數；

e = 超高率 (%)。

式 4.13 中之摩擦係數隨車速而變。美國 AASHTO 公路設計規範建議採用之側面摩擦係數不能超過表 4.9 所列之值。同一公路不同平曲線通常有不同的超高率，但不宜超過一上限。AASHTO 公路設計規範建議不受冰雪影響之郊區公路的超高率不應超過 12%。模擬長郊區雙車道公路之車流時，不容易取得各平曲線超高率之資料。如果超高為 8% 或 12% 時，而且摩擦係數等於表 4.9 所列之值，則安全速率與曲率半徑的關係如圖 4-23 所示。

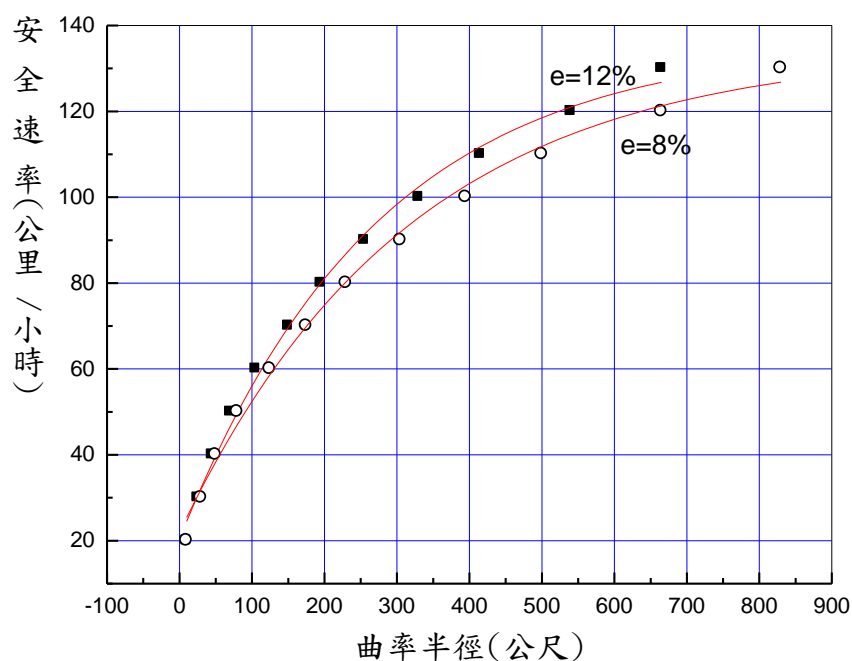


圖 4-23 安全速率與曲率半徑之關係

表 4.9 AASHTO 公路設計規範最高側面摩擦係數

| 設計速率(公里/小時) | 摩擦係數 f | 設計速率(公里/小時) | 摩擦係數 f |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 20 | 0.18 | 80 | 0.14 |
| 30 | 0.17 | 90 | 0.13 |
| 40 | 0.17 | 100 | 0.12 |
| 50 | 0.16 | 110 | 0.11 |
| 60 | 0.15 | 120 | 0.09 |
| 70 | 0.14 | 130 | 0.08 |

資料來源：[5]。

台 7 線及縣道 108 線上絕大多數的平曲線曲率半徑在 200 公尺以下。在這情況下，超高率在 8% 及 12% 之範圍內變化時，對安全速率的影響有限。TGS-2L 模式假設超高率為 12%。因此，根據表 4.9 所估計之安全速率與曲率半徑之關係，可用下式來代表：

$$V_d = -2204.6 + \frac{2340.8}{1 + e^{\frac{R+7685}{2601}}} \quad (4.14)$$

從圖 4-23 或式 4.14 所估計的安全速率代表所有行車環境與設計時假設的狀況相同時，車輛在平坦平曲線上之安全速率。事實上，駕駛員並不能判斷實際的曲率半徑，實際的側面摩擦係數一般也高於表 4.9 所列之設計係數，因此超高 12% 平曲線之安全速率可能比從圖 4-23 或式 4.14 估計得之速率高 10~15 公里/小時。TGS-2L 模式將平坦路段平曲線上之安全速率訂為：

$$V_s = V_d + 13 \quad (4.15)$$

此式中，

V_s = 平坦路段平曲線之安全速率模擬值（公里/小時）；

V_d = 從式 4.14 所估計之安全速率（公里/小時）。

估計平坦路段平曲線之安全速率之後，TGS-2L 模式根據坡度及曲率半徑調整安全速率，在上坡路段坡度超過 1% 之情形下，此模式從式 4.15 所估計之安全速率調整如下：

$$(V_s)_u = V_s - \Delta V_u \quad (4.16)$$

此式中，

$(V_s)_u$ = 上坡時根據曲率半徑調整後之安全速率(公里/小時)；

V_s = 從式 4.15 所估計之平坦平曲線之安全速率(公里/小時)；

ΔV_u = 調整值(公里/小時)。

式 4.16 中安全速率之調整值如表 4.10 所示。

表 4.10 上坡安全速率調整值 ΔV_u (公里/小時)

| 曲率半徑 R (公尺) | 小車 | 機車 | 大客車 | 大型貨車 |
|------------------|----|----|-----|------|
| $R > 90$ | 7 | 21 | 19 | 20 |
| $70 < R \leq 90$ | 8 | 22 | 20 | 21 |
| $70 < R \leq 70$ | 9 | 23 | 21 | 22 |
| $30 < R \leq 50$ | 10 | 24 | 22 | 23 |
| $R < 30$ | 11 | 25 | 23 | 24 |

現場資料顯示下坡時，如果下游 120 公尺內有平曲線，而且此平曲線在持續下坡路段，其曲率半徑 R_2 比車輛所在地之曲率半徑 R_1 短得多，則駕駛員欲採用之安全速率會顯著的降低。在此情況下，TGS-2L 模式將從式 4.15 所估計的安全速率調整為：

$$(V_s)_D = V_s - \Delta V_D \quad (4.17)$$

此式中，

$(V_s)_D$ = 下坡時根據下游曲率半徑調整後之安全速率(公里/小時)；

V_s = 從式 4.15 所估計之平坦平曲線之安全速率(公里/小時)；

ΔV_D = 調整值(公里/小時)。

式 4.17 中 ΔV_D 調整值如表 4.11 所示。

表 4.11 下坡時根據下游曲率半徑之安全速率調整值 (公里/小時)

| 曲率半徑降低值 $R_1 - R_2$ (公尺) | 小車 | 機車 | 大客車 | 大型貨車 |
|-----------------------------|----|----|-----|------|
| ≤ 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20.1 ~ 30 | 8 | 10 | 12 | 9 |
| 30.1 ~ 40 | 10 | 13 | 15 | 12 |
| > 40 | 14 | 17 | 19 | 16 |

次外，即使沒有平曲線的影響，駕駛員在下坡時可能減少馬力或剎車以維持一安全速率。坡度越大，駕駛員須越小心，欲維持的安全速率也可能越低。因此 TGS-2L 模式假設不論有無平曲線，下坡時的安全速率不能超過從下式所訂定之值：

$$V_m = V_f - \Delta V_g \quad (4.18)$$

此式中，

V_m = 下坡路段上最高速率(公里/小時)；

V_f = 平坦路段上欲維持之自由速率(公里/小時)；

ΔV_g = 下坡坡度 G 超過 2% 時之速率調整值(公里/小時)。

上述 ΔV_g 調整值如表 4.12 所示。

表 4.12 式 4.18 之速率調整值 ΔV_g ($G \leq -2\%$)

| 車種 | ΔV_g 調整值 (公里/小時) |
|-----|--------------------------|
| 小車 | $3.5 + G$ |
| 機車 | $0.5 + G$ |
| 大客車 | $-4.5 + G$ |
| 大貨車 | $1 + G$ |
| 聯結車 | $1 + G$ |

根據 V_m 及式 4.16 之 $(V_s)_u$ 或式 4.17 之 $(V_s)_D$ ，TGS-2L 模式估計一車輛應採用之加、減速率 A_2 。如車輛不在平曲線上而且距離下游平曲線超過 7 秒之行車距離，則一車輛之現況速率 V 如超過最高速率 V_m ，TGS-2L 模式以 2 公尺/秒²之減速率將車速降低到 V_m 。如車輛在一平曲線上，平曲線之安全速率為 $(V_s)_u$ 或 $(V_s)_D$ ，則 TGS-2L 模式讓該車加速或減速以維持安全速率。在此情況下，最大減速率限於 2 公尺/秒²。如果車輛不在平曲線上，但已接近下游平曲線，則 TGS-2L 模式將現場車速調整為下游平曲線上之安全速率。

重複測試的結果顯示，如果根據上述加、減速率之模擬值及表 4.13 所示各車種之屬性，則模擬所得之平均自由速率可接近現場資料所顯示之平均自由速率。現場值及模擬值列於表 4.14~表 4.17 中。模擬路段之起點及終點為圖 4-13 及圖 4-14 所示路段之起點及終點。台 7 線及縣

道 108 線之模擬路段長度各為 2,099 公尺及 2,995.8 公尺。

一般而言，現場資料的精確度及不同車種樣本數之不足，將來應該補充調查現場車流的特性。此工作也須增加調查地點。這些調查地點須有不同坡度及曲率半徑之組合。

表 4.13 郊區雙車道公路模擬車輛之屬性

| 屬 性 | 小車 | 機車 | 大客車 | 大貨車 | 聯結車 |
|-------------------------|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1.質重(kg) | 2,000 | 180 | 15,000 | 10,000 | 20,000 |
| 2.馬力(Kw) | 27 | 5 | 150 | 165 | 220 |
| 3.牽引力傳輸效率 | 0.9 | 0.9 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 4.後拉係數 | 0.3 | 1.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 5.正向面積(m ²) | 2.0 | 0.8 | 7.0 | 10.7 | 10.7 |

表 4.14 台 7 線下坡路段平均自由速率現場值與模擬值

| 車 種 | 現場值（公里/小時） | | 模擬值（公里/小時） | |
|-----|------------|-------|------------|------|
| | D1 | D2 | D1 | D2 |
| 小車 | 61.3 | 53.6 | 62.3 | 53.8 |
| 機車 | 48.6 | 42.5 | 49.3 | 44.5 |
| 大客車 | 51.2* | 37.7* | 46.6 | 41.1 |
| 大貨車 | 68.1* | -- | 54.9 | 49.7 |
| 聯結車 | -- | -- | 54.6 | 49.8 |

* 樣本數≤5（見表 4.6）。

表 4.15 台 7 線上坡路段平均自由速率現場值與模擬值

| 車 種 | 現場值（公里/小時） | | 模擬值（公里/小時） | |
|-----|------------|-------|------------|------|
| | U1 | U2 | U1 | U2 |
| 小車 | 60.2 | 53.2 | 61.4 | 47.5 |
| 機車 | 58.3 | 45.4 | 55.1 | 43.1 |
| 大客車 | 53.0* | 31.0* | 52.1 | 34.0 |
| 大貨車 | 64.4* | -- | 55.1 | 44.9 |
| 聯結車 | -- | -- | 55.2 | 37.8 |

* 樣本數≤4（見表 4.6）。

表 4.16 縣道 108 線下坡路段平均自由速率現場值與模擬值

| 車 種 | 現場值 (公里/小時) | | 模擬值 (公里/小時) | |
|-----|-------------|-------|-------------|------|
| | D2 | D3 | D2 | D3 |
| 小車 | 29.2 | 62.0 | 29.6 | 62.5 |
| 機車 | 25.6 | 52.5 | 26.4 | 47.9 |
| 大客車 | 24.1* | 43.8* | 24.8 | 43.8 |
| 大貨車 | 26.7 | 61.4* | 28.3 | 51.7 |
| 聯結車 | 34.7* | 69.9* | 28.4 | 51.7 |

* 樣本數 ≤ 6 (見表 4.7)。

表 4.17 縣道 108 線上坡路段平均自由速率現場值與模擬值

| 車 種 | 現場值 (公里/小時) | | 模擬值 (公里/小時) | |
|-----|-------------|------|-------------|------|
| | U1 | U6 | U1 | U6 |
| 小車 | 61.3 | 48.8 | 61.4 | 48.0 |
| 機車 | 49.1 | 39.9 | 49.3 | 43.0 |
| 大客車 | 51.0* | -- | 53.3 | 40.0 |
| 大貨車 | 65.3 | 46.6 | 53.3 | 44.0 |
| 聯結車 | 59.9* | 39.3 | 53.2 | 43.2 |

* 樣本數 ≤ 4 (見表 4.7)。

根據表 4.8 所示，各調查地點之車種組成，本計畫進一步模擬各調查地點之流率與速率的關係。結果如圖 4-25~圖 4-27 所示。從圖 4-14~圖 4-27 可知，台 7 線上坡第 1 調查地點 U1 之流率超過 700 輛/小時及縣道 108 線上坡第 1 調查地點 U1 之流率超過 500 輛/小時之情況下，現場平均速率顯著的低於模擬值。兩者差異之一可能來源是現場資料樣本數及精確度不足。另一可能來源是台 7 線 U1 地點在模擬路段起點下游 163 公尺處，縣道 108 線之 U1 地點則在模擬路段起點下游 167 公尺處。TGS-2L 模式將車輛送進模擬路段時，假設車輛隨機抵達起點。因此在短短 163~167 公尺之行車距離內，少有慢車擋快車，產生流率增加、平均速率明顯下降之現象。如現場資料正確，則表示流率超過 500 或 600 輛/小時之情況下，車輛抵達 U1 調查地點時，已有不少慢車擋快車之情形。

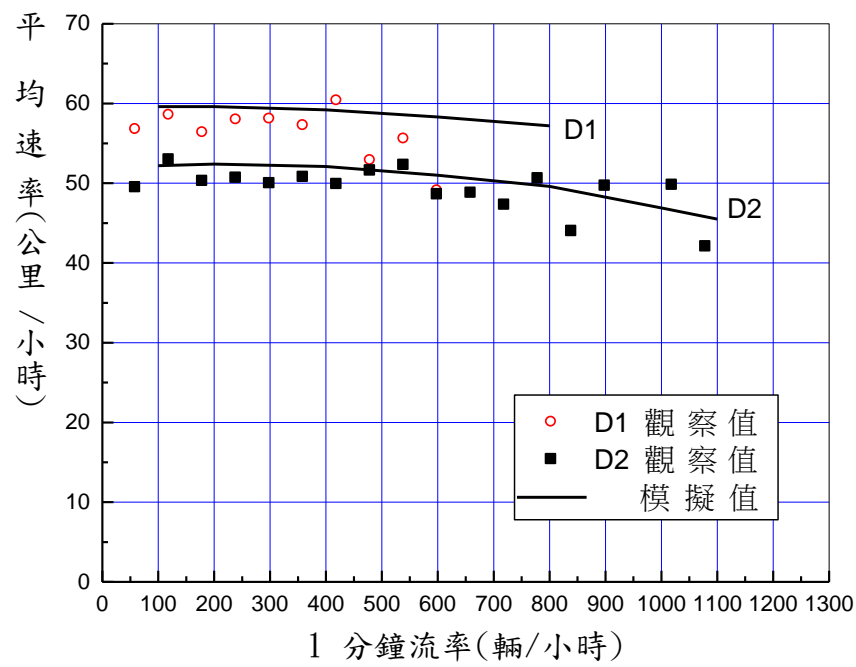


圖 4-24 台 7 線下坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較

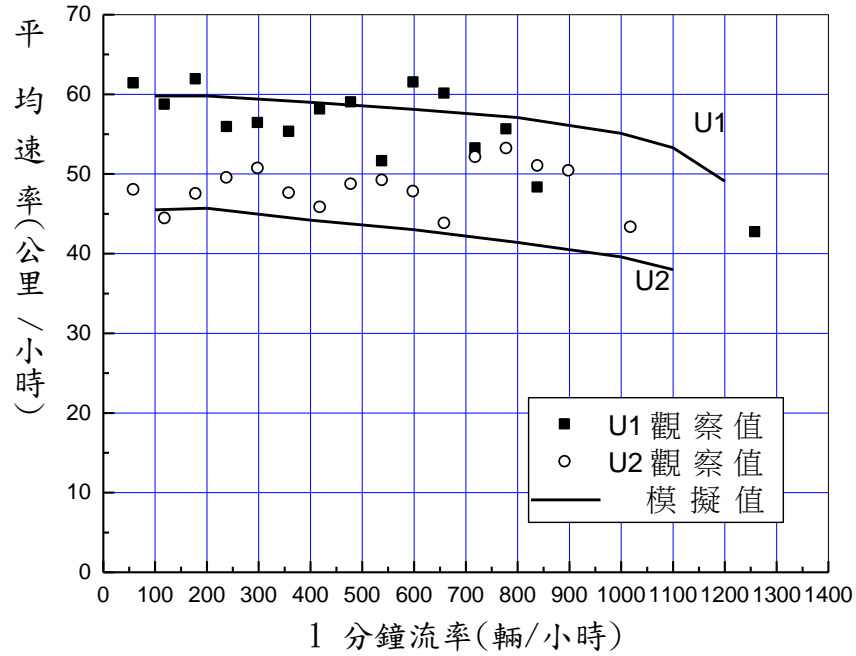


圖 4-25 台 7 線上坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較

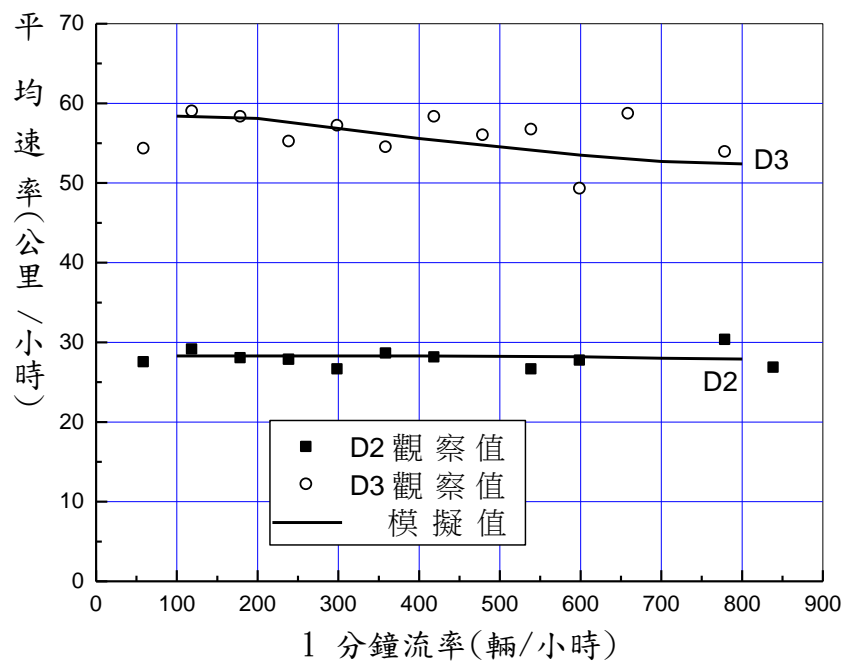


圖 4-26 縣道 108 線下坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較

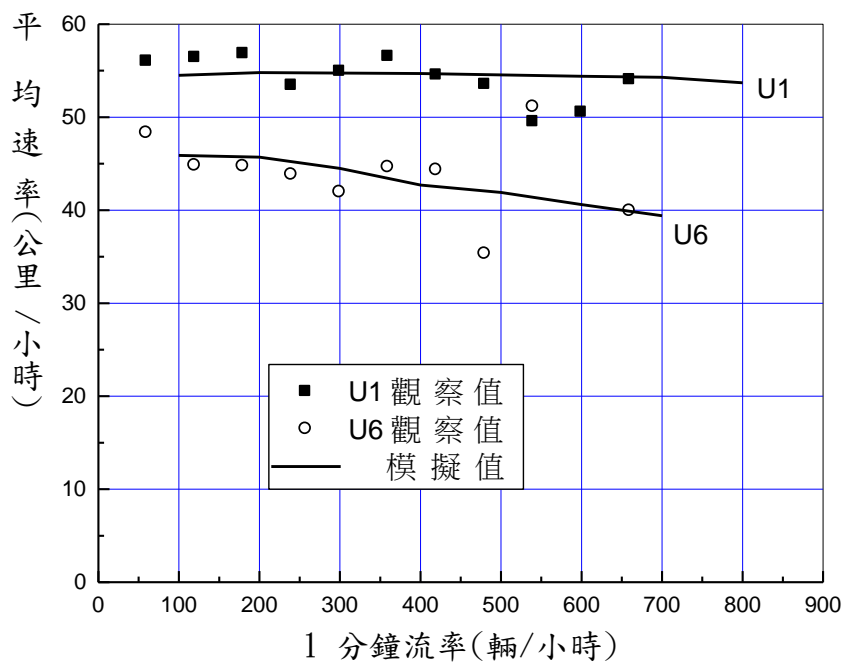


圖 4-27 縣道 108 線上坡地點流率與速率之現場與模擬關係的比較

4.3 超車行為

本報告 3.2.3.6 節對 TGS-2L 模式之超車邏輯有詳細的說明。因為我國交通界沒有針對本土郊區雙車道公路上超車行為加以研究，本計畫參考國外文獻所描述的超車行為來模擬超車行為。這些模擬行為有下列特性：

1. 只有小車及機車可超車。
2. 一車輛之上、下游 200 公尺之內有正在超車之車輛時，該車不能超車。
3. 一車輛之下游在 25 秒行車距離之內若有超車用之車道，該車不會超車。
4. 一車輛受前車阻擋時，駕駛員才會考慮超車。TGS-2L 模式將在下列狀況下的車輛列為受阻擋之車輛：(1)其自由旅行速率比前車之自由旅行速率最少高 5 公里/小時；(2)其瞬間速率比自由速率最少低 2 公里/小時；(3)其與前車車尾之車距在 3.5 秒之內。
5. 冒險性指數超過 0.63 的駕駛員才會考慮超車。TGS-2L 模式用一從 0 到 1 的指數代表駕駛員之冒險性。冒險性越高，指數越高，超車的欲求也越高。
6. 前車下游車距最短必須有 4.5 秒時，駕駛員才會考慮超車。
7. 根據荷蘭之一研究[4]，流率在 600 及 1,000 輛/小時之間，而且對向車流為 450 輛/小時之情況下，超車之車輛占總車輛之 9.5%。超車車輛之比例應會隨超車區的長度而變，但上述的研究沒有說明調查路段之超車區長度。在一路段上，同一車輛可能超車數次，因此本計畫將超車率訂為觀察時段內超車之總次數占從該路段離開之車輛數的百分比。如果駕駛員冒險性指數超過 0.63 時才會有超車的欲求，超車區長度為 1 公里時之 TGS-2L 模式模擬結果顯示超車率為 7.9%。超車區長度增加到 2 公里時，超車率之模擬值為 10.0%。
8. 欲超車之車輛通常會加速跟進直到其與前車之車距相當短時，才

會開始超車。此車距隨駕駛員之特性及行車環境而異。西班牙之一研究[12]發現有 70%之車距短於 2 秒。荷蘭之一研究[4]則顯示超過 90%之車距不到 2 秒。TGS-2L 模式讓欲超車之車輛加速跟進，並與前車車尾之車距在 2 秒之內才開始超車。

9.美國公路設計規範[5]所用的超車加速率大約為 2.3 公里/秒²。此外，美國一 NCHRP 研究[18]發現超車車輛與被超越車輛併行時，超車車輛的平均速率比被超越車輛高 24.8 公里/小時。根據這些行為所導出之占用對向車道時間比 NCHRP 研究所發現之 9.9 秒平均值高，更比荷蘭的 7.8 秒高得多。本計畫微調 TGS-2L 模式以讓超車時占用對向車道的時間接近荷蘭的現場值。為了達到這目標，TGS-2L 模式採用下列公式所訂定的超車加速率：

$$a = 2.8 + 2.4R - 0.353G \quad (4.19)$$

上式中，

a = 超車加速率(公里/秒²)；最少為 1 公里/秒²；

R = 駕駛員冒險性指數；

G = 坡度 (%/100)，上坡為正值，下坡為負值。

此外，超車之最高速率訂定如下：

$$V_{\max} = V_1 + 17.5 + 15R \quad (4.20)$$

此式中，

V_{\max} = 超車時之最高速率 (公里/小時)；

V_1 = 開始超車時，被超越車輛之速率 (公里/小時)；

R = 駕駛員冒險性指數。

根據上述超車行為模擬所得之佔據雙向車道平均時間隨速率的增加而增長。在平均自由速率為 48 及 68 公里/小時之公路上，平均佔據時間各為 7.9 秒及 9.5 秒，其個別車輛佔據時間的分布如圖 4-28 及圖 4-29 所示。

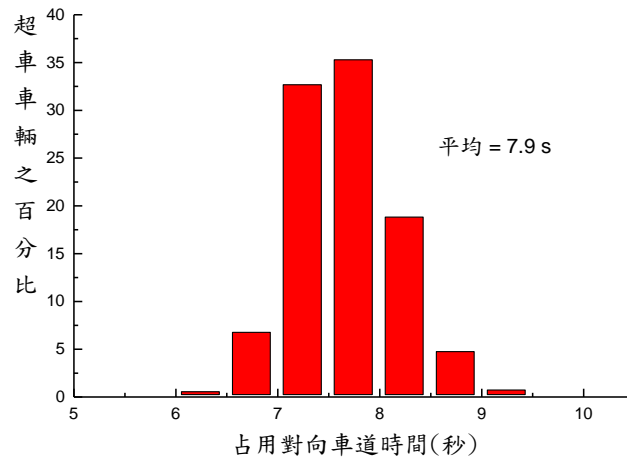


圖 4-28 平均自由速率 48 公里/小時公路上超車車輛占用對向道模擬之時間次數分布

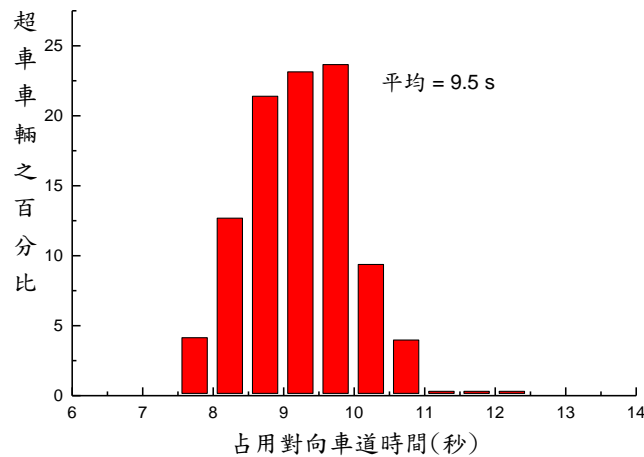


圖 4-29 平均自由速率 68 公里/小時公路上超車車輛占用對向道模擬之時間次數分布

10. 超車車輛之車尾必須與被超越車輛之車頭最少有 2 車長之間距時，才能回到原來車道。
11. 超車車輛回到原來車道時與對向車須有則夠的安全間距。根據美國公路設計規範，TGS-2L 模式用下式訂定最小安全間距。

$$D_s = 10.78e^{V_{\max}/45.9} \quad (4.21)$$

此式中，

D_s = 超車車輛回到原來車道時與對向車輛必須保持的最小間距（公尺）；

V_{max} = 超車時之最高速率（公里/小時）。

超車行為所顯示的超車率受許多因素的影響。本計畫進一步探討當這些因素變化時，TGS-2L 模式是否能產生合理的超車率估計值。

超車方向流率與超車區長度之影響

一般而言，超車方向流率增高時，在一車輛下游能讓超越車輛使用已安全的回到原來車道之車距會減少。因此超車率應隨超車方向流率的增高而減少。另一方面，超車區長度增加時，欲超車駕駛員有較多的時間等待合適的機會，超車率也因而會隨著增加。TGS-2L 模式之模擬結果也顯現這些預期的現象，如圖 4-30 所示。

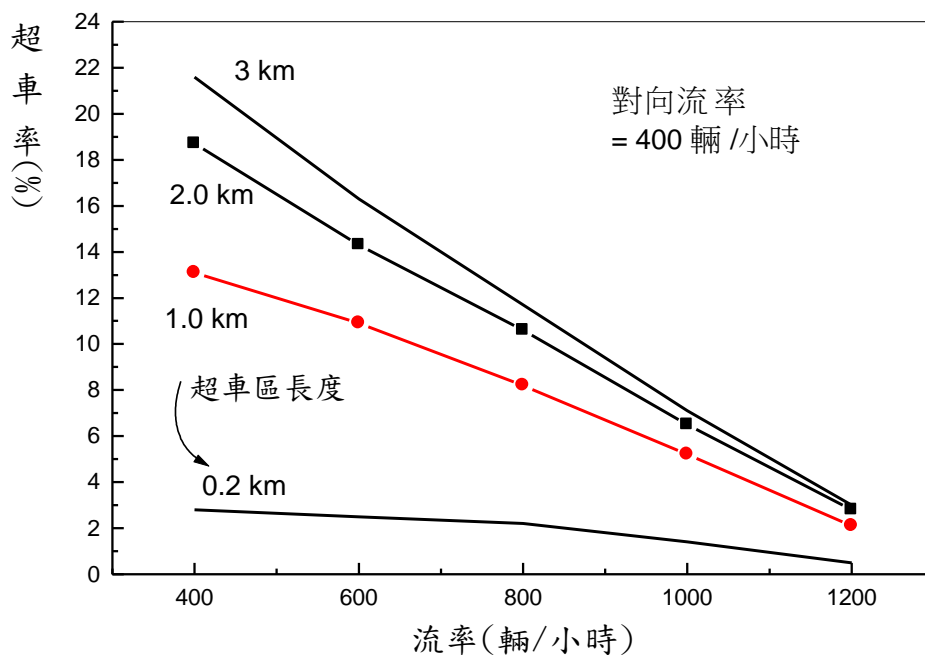


圖 4-30 超車率隨超車方向流率及超車區長度之變化
（對向流率=400 輛/小時）

圖 4-30 亦顯示下列超車方向流率及超車區長度影響超車率之特性：

- 超車率有隨著超車方向流率的增加而呈線性下降趨勢。
- 增加超車長度雖然能增加超車率，但是每一單位長度增加量之效益會迅速的消失。例如超車方向車流為 400 輛/小時，將超車區從 0.2 公里增長到 1 公里可讓超車率從 2.8% 增加到 13.1%。超車區從 1 公里增到 2 公里時，超車率只從 13.1% 增加到 18.7%。
- 超車方向之流率低時，加長超車區對增加超車率的效果比流率高時良好。這是因為在高流率時，下游沒有許多大的車距來接受超車車輛。

對向流率之影響

對向流率增高時，對向車道能用來超車的空間減少，因此超車率會減低。這現象如圖 4-31 及圖 4-32 之模擬結果所顯示。對向流率每增加一單位（如 100 輛/小時），超車率的降低幅度增大。如果超車區長度不變，圖 4-31 顯示超車方向流率低時（如 400 輛/小時）的超車率受對向流率的影響，比在流率高時（如 1,200 輛/小時）顯著。超車方向之流率固定時，圖 4-32 顯示對向流率對不同超車區長度之超車率似乎有同樣的影響程度。

駕駛員冒險性門檻值之影響

TGS-2L 模式只讓冒險性指數超過 0.63 的駕駛員超車。此門檻值可用輸入檔來變更以得到與現場觀察值較吻合的超車率。將冒險性指數之門檻提高時，考慮超車的駕駛員會減少，如圖 4-33 之模擬結果所示。冒險性指數之門檻從 0.63 增加 0.10 時，超車率降低的幅度大約等於門檻值從 0.63 減 0.10 時，超車率增加的幅度。

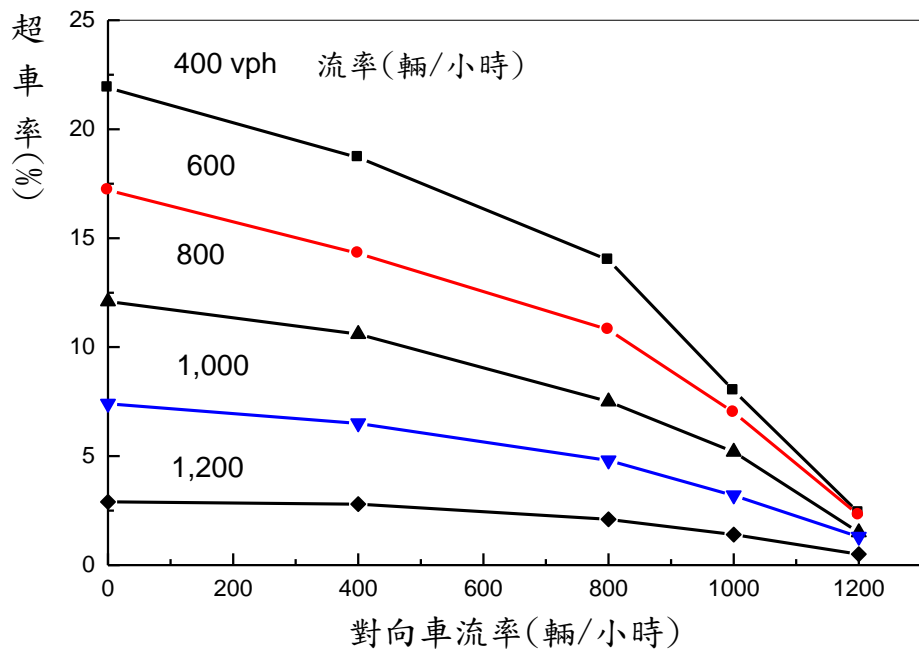


圖 4-31 超車區長度固定時，超車率隨對向流率及超車方向流率之變化（超車區長度=2 公里）

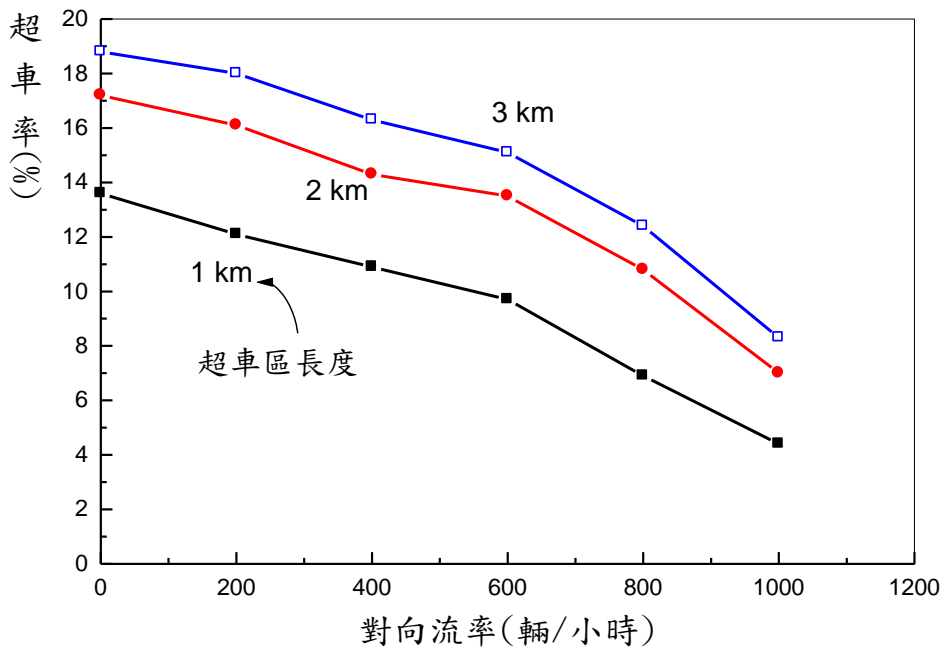


圖 4-32 超車方向流率固定時，超車率隨對向流率及超車區長度之變化（超車方向流率=600 輛/小時）

超車後可用來回到原車道之同方向車距門檻值的影響

TGS-2L 模式假設被超越車輛前方的車距最少須有 4.5 秒時，駕駛員才會超車。此門檻值也可利用輸入檔來變更。可使用之車距的門檻值越高，能使用之車距數減少，因此超車率會減少。圖 4-34 模擬結果顯示這現象。

4.4 跟車模式微調之替代方法

TGS-2L 模式之模擬車流是否能正確的反映實際的流率與平均速率的關係，取決於跟車模式中緩衝時間之訂定。目前此模式根據本章第 4.1 節式 4.4、圖 4-6 及圖 4-7 所顯示之關係，來訂定平均緩衝時間。原則上，車流未進入壅塞狀況時（車速高於臨界速率）的適用函數（見圖 4-6）異於車流在壅塞時（車速低於臨界速率）的適用函數（見圖 4-7）。但是如圖 4-1 之流率與平均速率的關係所示，臨界速率事實上難以準確的訂定而且車流尚未進入壅塞狀況時，個別車輛的速率有時已低於選定之臨界速率。在這種情形之下，一穩定行駛之車輛有被誤認為壅塞狀況下之車輛的可能。減少這困擾之一方法是根據速率與緩衝距離（見圖 4-3 之 D_B ）的關係，來訂定個別車輛的瞬間速率及加、減速率。

速率通常隨緩衝距離之縮短而持續下降。兩者的關係相當於速率與車流密度的關係，這關係隨公路類型而變。但是如果將一接近或等於臨界速率之速率 V_0 及其相關的緩衝距離（ D_0 ）當基準來訂定其他狀況下之正常化速率（ V/V_0 ）及緩衝距離（ D/D_0 ），則 V/V_0 與 D/D_0 之關係不隨公路類型而有顯著的變化，如圖 4-35 所示。此圖是根據圖 4-34 之代表性流率與平均速率的關係，並且用臨界速率當作基準（ V_0 ）而導出。應用圖 4-35 所示之關係來模擬跟車行為時，不必考慮車流是在穩定狀況或壅塞狀況。此外，基準速率是否等於臨界速率也無關緊要。因此，後續發展 TGS 及 TGS-2L 模式時，宜探討如圖 4-35 所示之關係的適用性。

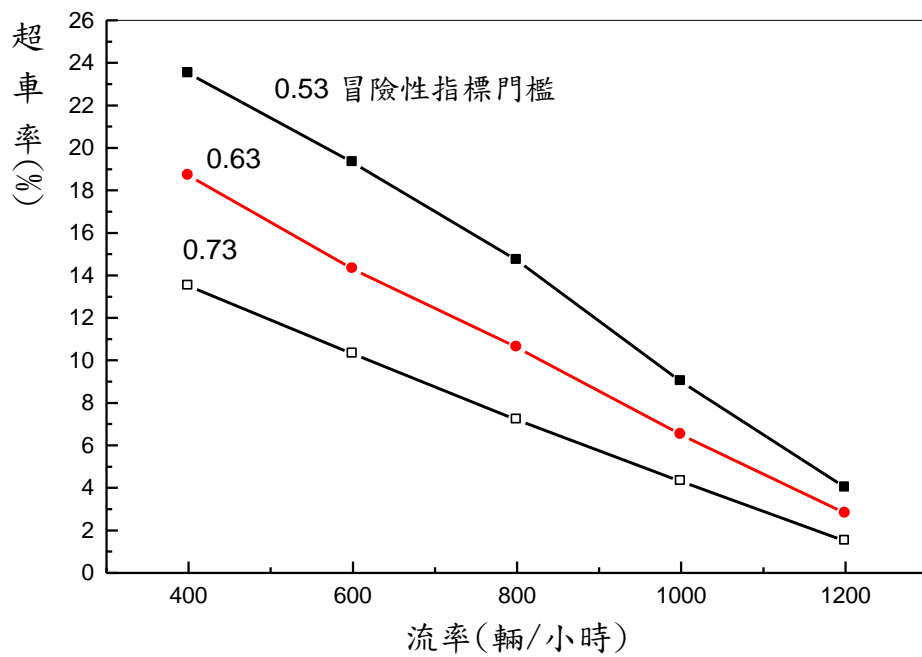


圖 4-33 超車率隨冒險性指數門檻值之變化 (超越區長度=2 公里；對向流率=450 輛/小時)

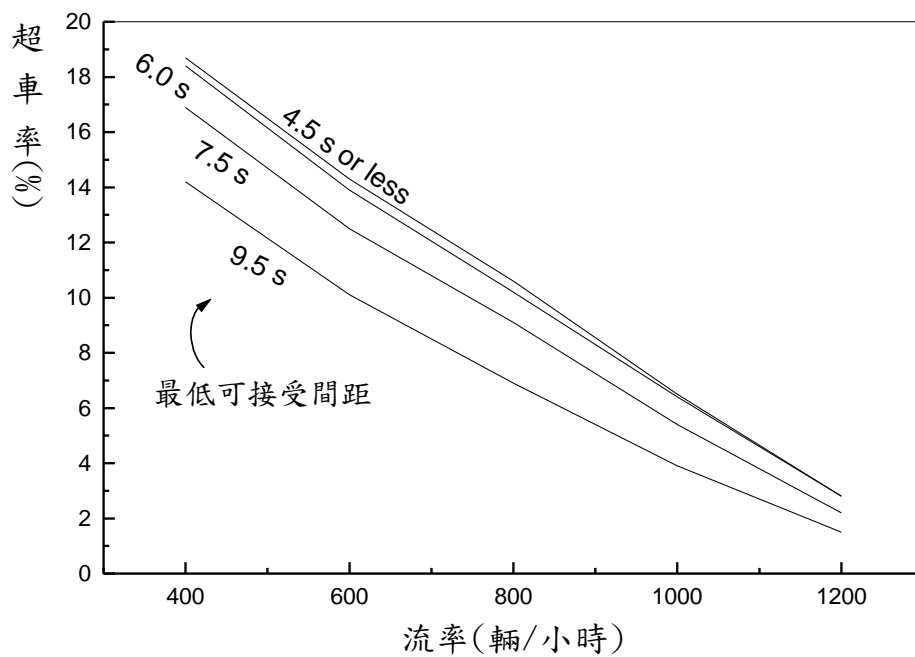


圖 4-34 超車率隨被超越車輛前方車距之門檻值的變化 (超越區長度=2 公里；對向流率=400 輛/小時)

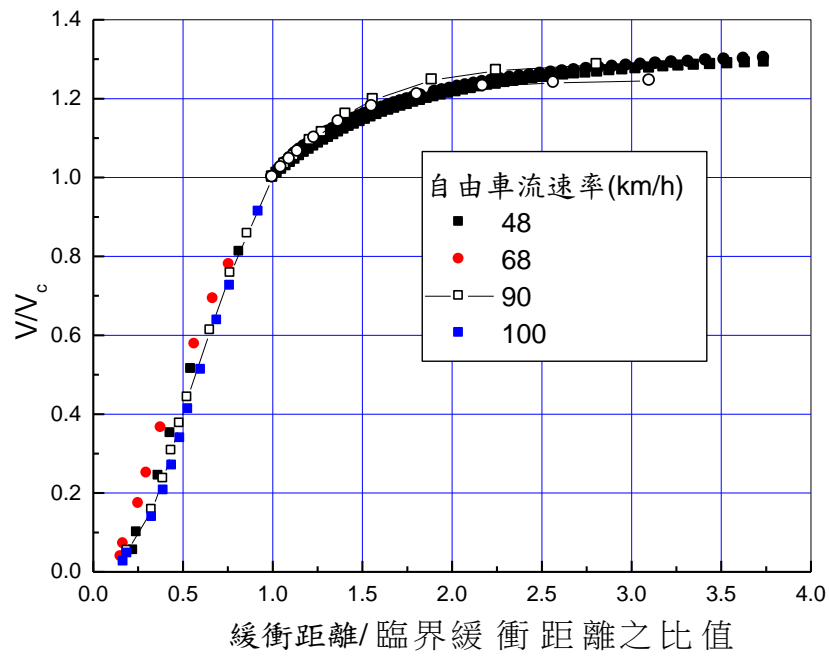


圖 4-35 正常化緩衝距離 D/D_0 與速率 V/V_0 之關係

第五章 郊區雙車道公路交通運作之分析

5.1 背景

「2011 年臺灣公路容量手冊」沿用民國 79 年（1990 年）「臺灣地區公路容量手冊」[66]第 12 章的方法，分析郊區雙車道公路之容量及服務水準。民國 79 年之手冊是根據 TRB 1985 年[31]公路容量手冊之方法。這些方法將雙車道公路依照所在地形劃分成平原區、丘陵區及山嶺區公路，並用延滯時間百分比及平均速率評估服務水準。這種分析方法不能滿足美國交通界的需要，因此已被 TRB 2000 年及 2010 年公路容量手冊的分析方法陸續取代。我國郊區雙車道公路之車流特性及幾何設計異於美國，所以有必要建立適用於本土環境的分析方法。

臺灣郊區雙車道公路常通過山嶺區，因此有許多坡度路段及平曲線。以第四章所描述，桃園市復興區省道台 7 線為例，在一長 2 公里之路段上，這公路共有 31 個平曲線，其長度占該路段長度之 74%。平均每平曲線之長度只有 48 公尺。曲率半徑最短的只有 18.9 公尺，不到 70 公尺者占 61%，其中只有 2 平曲線之曲率半徑超過 300 公尺。此路段之坡度在 1.54% 及 9.7% 之間，大約 80% 的路段之坡度超過 6%。平曲線之間的直線路段平均只有 15 公尺。

在這種幾何設計之狀況下，一地點之服務水準深受其上下游地點車流特性之影響，因此造成複雜的交通運作狀況及分析工作之困難。目前沒有適當的分析性方法(analytical method)可評估有頻繁坡度及曲度之郊區雙車道公路。本計畫所發展之 TGS-2L 模式可彌補這缺陷。

本報告第四章指出 TGS-2L 模式能合理的模擬縣道 151 線及台 18 線平坦路段之車流，也能合理的模擬新北市林口區縣道 108 線及桃園市復興區省道台 7 線之坡度路段之車流。但是郊區雙車道公路坡度及曲率半徑的組合範圍相當廣，上述公路之車流行為也不一定與其他公路上之車流行為相似，所以將來仍必要繼續蒐集現場資料來調整 TGS-2L 模式之邏輯。

本章討論分析容量及服務水準所牽涉到的問題，並說明 TGS-2L 模式之應用，以供將來修訂容量手冊之參考。

5.2 績效指標及服務水準之劃分

郊區雙車道公路的服務水準可用許多指標來評估。這些指標包括平均速率、平均速率與自由速率或速限的差距、跟車時間百分比等。本報告第二章第 2.3 節對世界各國所考慮的績效指標已有介紹。

因為雙車道公路上超車不易，常有慢車擋快車之現象。從被擋駕駛員的立場而言，這現象反映不佳之服務水準。因此近 10 年來跟車時間百分比、跟車百分比及跟車密度等指標的適用性，深受國際交通界的關切。在何狀況下一車輛屬於跟車車輛（亦即受阻擋），並無客觀的門檻值。TRB 之容量手冊將與前車之車距不超過 3 秒之車輛視為跟車車輛。估計跟車時間百分比必須長時間跟隨每一跟車車輛。這工作一般無法進行，因此跟車時間百分比是一不實用之績效指標。TRB 之容量手冊用使用跟車百分比替代跟車時間百分比。其他國家的交通界則認為跟車密度比較能反映實際的交通運作狀況。

本計畫利用在省道台 18 線阿里山公路所蒐集之現場資料，探討跟車百分比及跟車密度是否適用來評估臺灣郊區雙車道公路。這兩績效指標之值皆可用在一定點所蒐集之車流資料來估計。跟車百分比為通過一定點之車輛中，屬於跟車車輛之百分比。跟車密度為通過一定點的跟車流率除以跟車車輛之空間平均速率。

省道台 18 線之資料包括東西向車輛抵達一定點的時間與速率。本計畫亦將與前車之車距不超過 3 秒之車輛設定為跟車車輛，並用每 15 分鐘之資料估計跟車百分比及跟車密度。

從圖 5-1 及圖 5-2 可知，同一跟車百分比可存在於平均速率很不同之車流狀況。圖 5-3 及圖 5-4 顯示流率大不相同時，跟車百分比可能一樣。因此，跟車百分比事實上難以反映交通運作品質之好壞。此外，一駕駛員跟隨一速率相當高之車輛及跟隨一速率低之車輛的感受應有明顯的不同。跟車百分比也不能反映這種感受之差異。因此跟車百分比不適用。

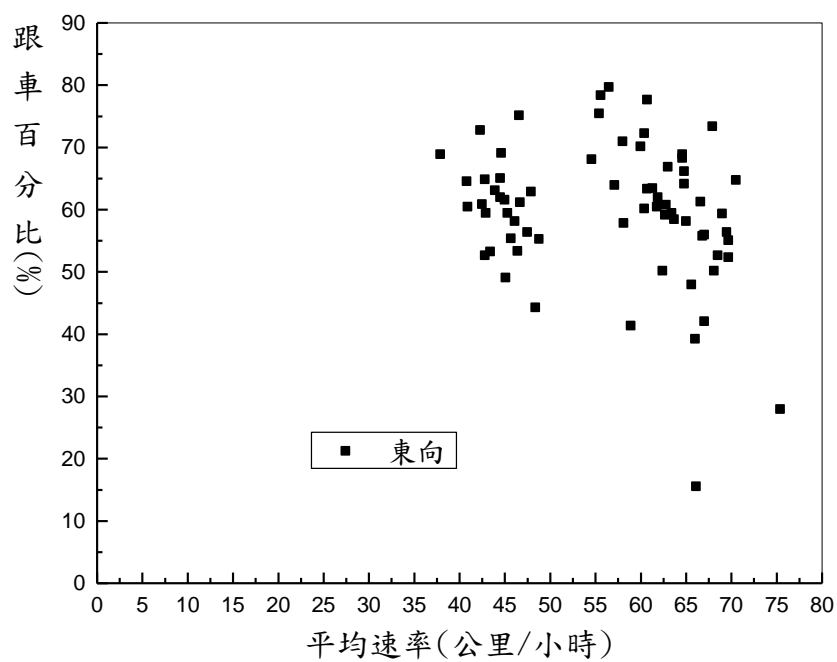


圖 5-1 台 18 線東行車流跟車百分比與平均速率的關係

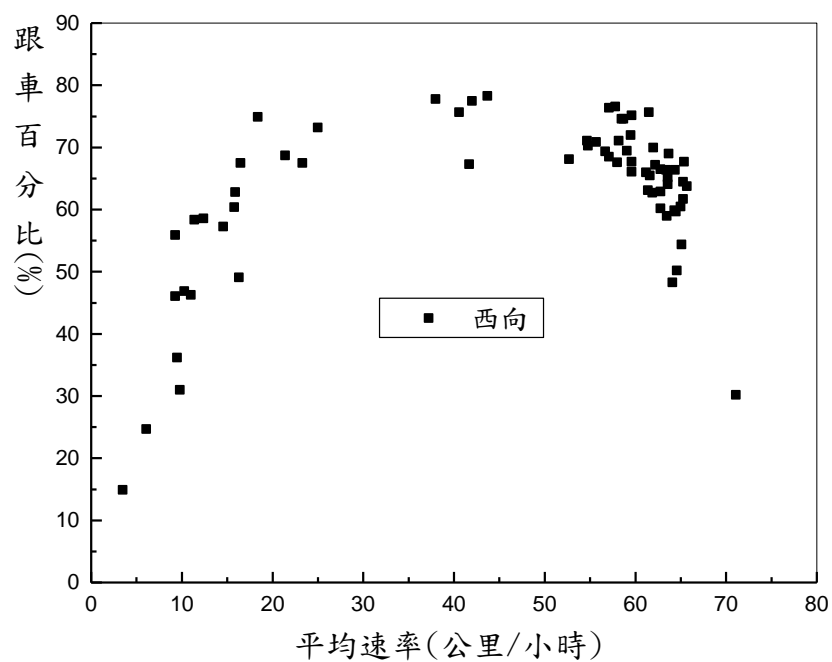


圖 5-2 台 18 線西行車流跟車百分比與平均速率的關係

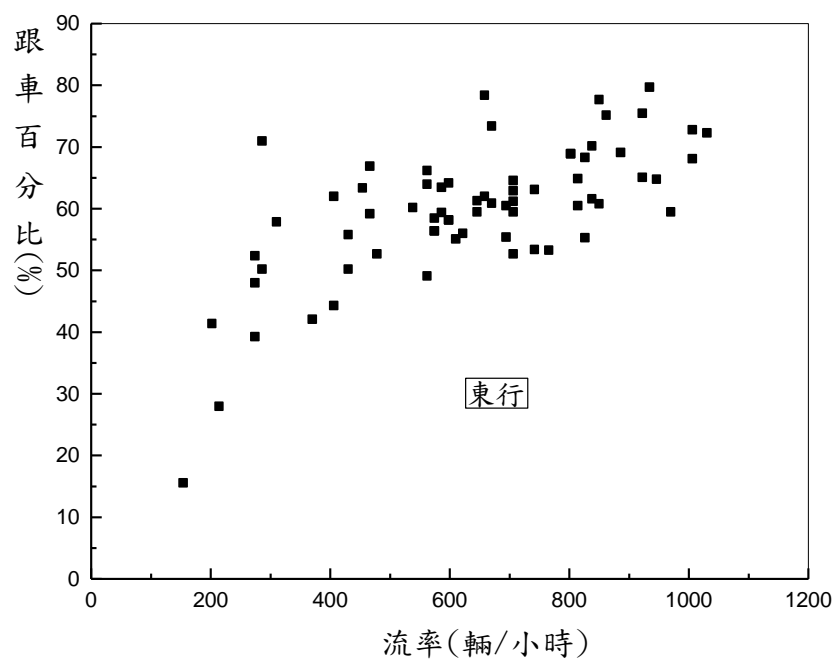


圖 5-3 台 18 線東行車流跟車百分比與流率的關係

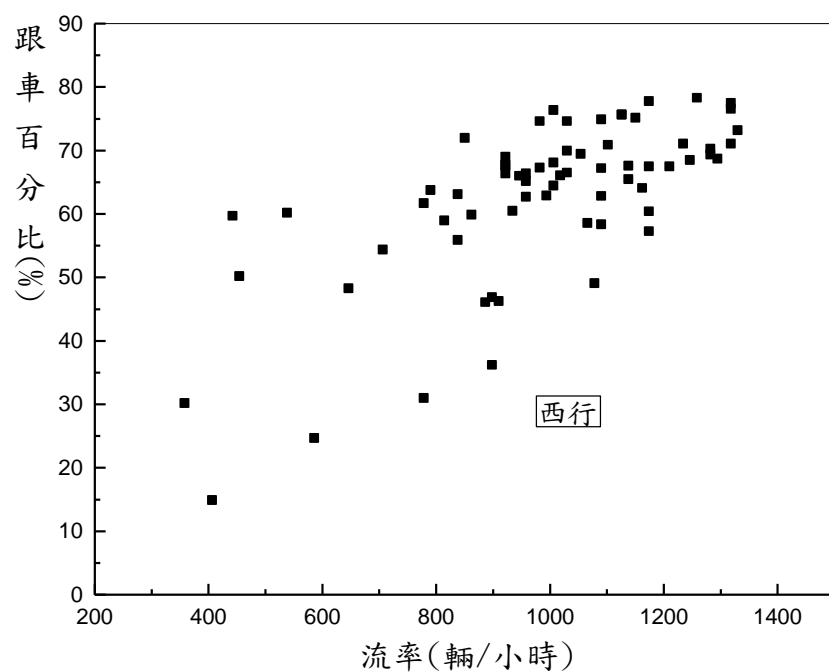


圖 5-4 台 18 線西行車流跟車百分比與流率的關係

至於跟車密度，圖 5-5 及圖 5-6 顯示跟車密度超過大約 16 輛/公里之後，同一跟車密度之相關流率及跟車流率可能大不相同，而且不同行車方向有顯著不同之流率及跟車密度的關係。此現象表示同一跟車密度難以用來評估不同車道或路段的交通運作。從圖 5-7 也可知車流平均速率大不相同時，其相關之跟車密度可能相同。另一方面，圖 5-8 顯示總車流之密度在 36 輛/公里以下時，跟車密度與總車流密度有密切的關係，在高密度時，兩者之間的關係則很微弱。但是總密度增加時，跟車密度有降低之趨勢。此外，圖 5-9 顯示在穩定車流狀況下（平均車速約 37 公里/小時以上），平均跟車速率與平均車速沒有實質的差別。但是在壅塞狀況下，平均跟車速率反而比平均速率高。這些現象表示在穩定車流狀況下，使用跟車密度作為績效指標並不比用車流密度或平均速率有意義，因為跟車密度與車流總密度或平均速率有強烈的關係。在壅塞狀況下，雖然前車明顯擋後車，但是因為速率低，所以許多車距可能超過 3 秒，因而其相關車輛被劃分為非跟車之車輛。在此情況下，跟車密度失去了反映前車擋後車嚴重性之功能。基於這些考量，本計畫亦不建議採納跟車密度作為績效指標。

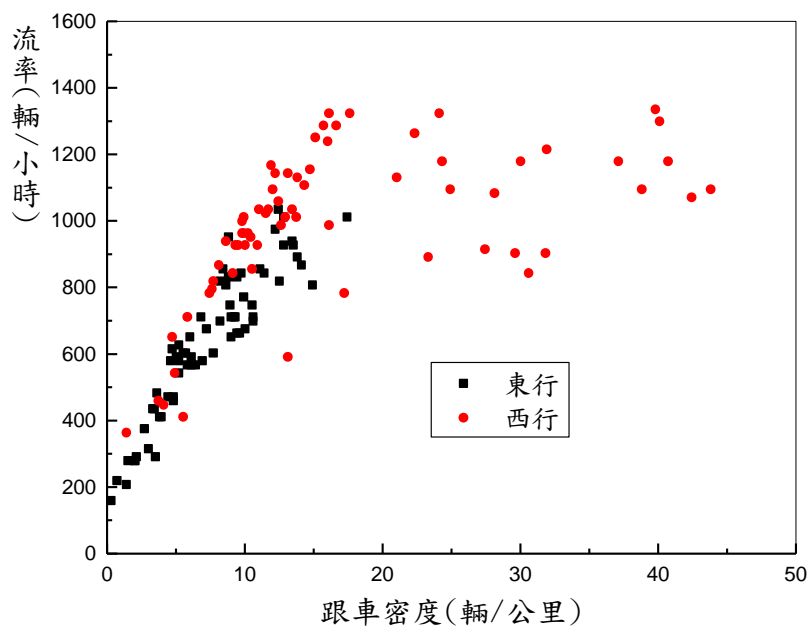


圖 5-5 跟車密度與流率之關係

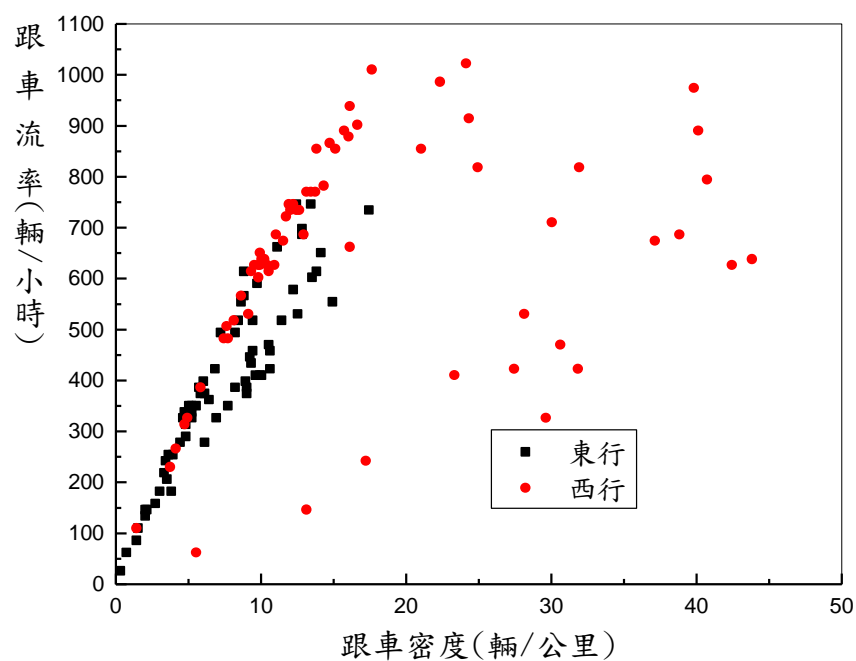


圖 5-6 跟車密度與跟車流率的關係

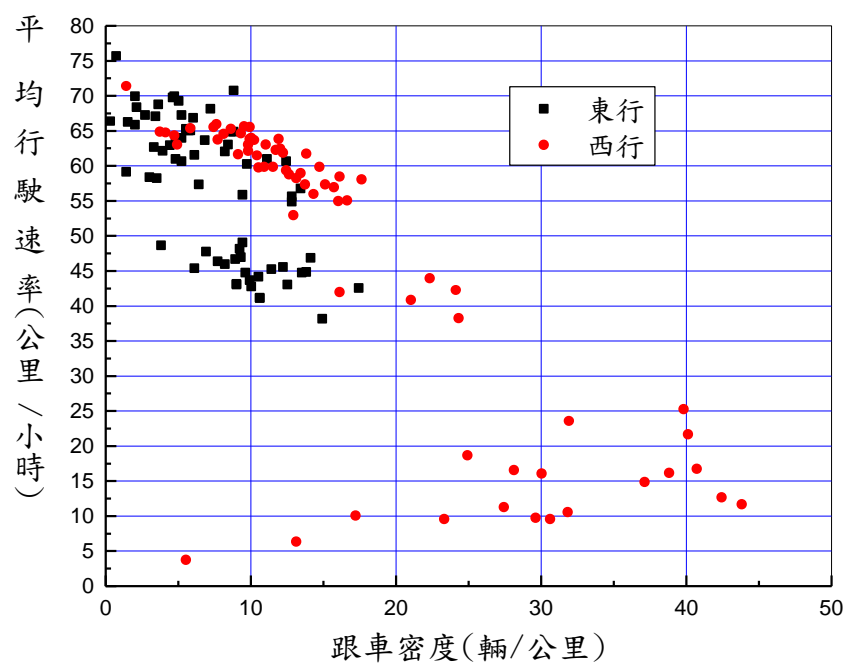


圖 5-7 跟車密度與平均速率的關係

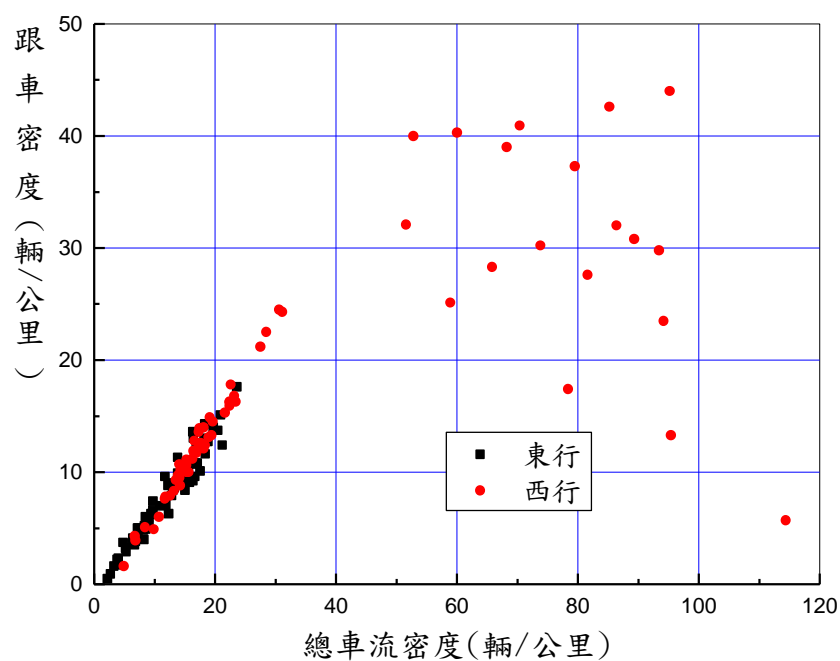


圖 5-8 跟車密度與總密度的關係

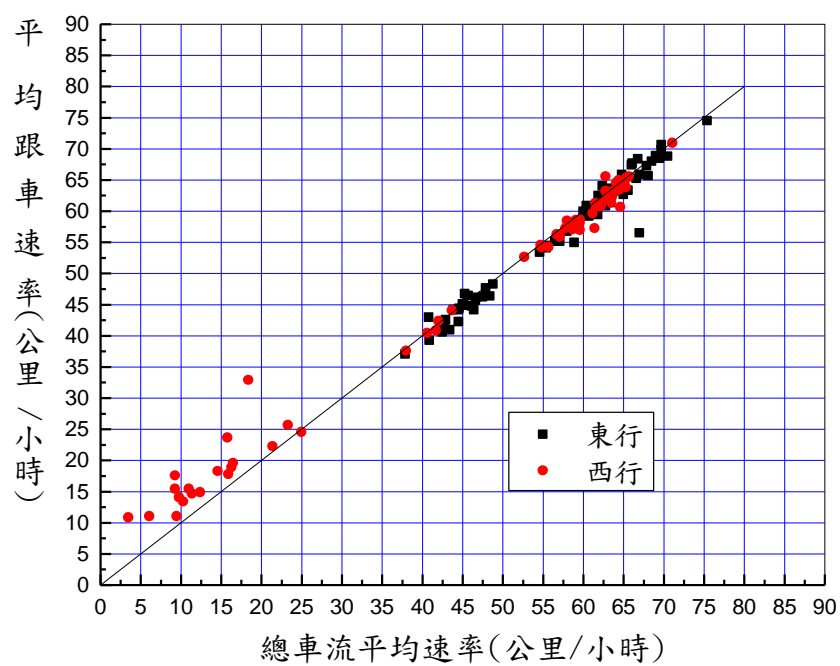


圖 5-9 平均跟車速率與總平均速率的關係

選擇績效指標時必須考慮績效指標是否能代表一重要的服務品質，但是也須考慮其實用性。一般而言，駕駛員在車流中所關切的是速率的變化及壅塞程度。因此「2011 年臺灣公路容量手冊」用「需求流量/容量比(volume/capacity ratio，簡稱 V/C 比)」及「平均速率與速限的差距」，作為高速公路基本路段績效指標。V/C 比越高，壅塞程度越嚴重。但是 V/C 比低時，並不一定表示服務品質良好。例如坡度路段可能有低的 V/C 比，但是因為坡度及坡長的影響，平均車速也可能低。因此同時用 V/C 比及平均速率評估交通運作比較理想。2011 年之容量手冊根據 V/C 比，將服務水準劃分成 A、B、C、D、E 及 F 等級，也將服務水準依照平均速率與速限的差距，分成 1、2、3、4、5 及 6 級。所以一路段之服務水準可能屬 A2、A5、C3、C6 或其他等級。

利用平均速率與速限的差距來評估運作績效之一潛在問題，是速限的訂定不一定合乎駕駛員之期望。例如前述台 7 線及縣道 108 線的路段速限皆為 50 公里/小時，但是台 7 線之平均自由旅行速率大約為 68 公里/小時，縣道 108 線的平均自由旅行速率則只有 48 公里/小時。這現象表示這兩路段的行車環境並不同，因而駕駛員欲維持的速率也不同，因此似乎用平均速率與自由速率的差距或比例，來劃分服務水準比較合理。

但是使用平均速率與自由速率的差距也有其困難之處。因為評估的人員必須蒐集現場資料或用一模式來估計自由速率。目前沒有模式能準確的估計郊區雙車道公路路段之平均自由速率。將來是否能建立一可靠的估計模式也是一疑問。此外，從另外一角度而言，速限之訂定常優先考慮行車安全。如果速限甚低於自由速率，而且即使 V/C 比接近或等於 1 時，平均速率仍高於速限，則從速率的角度而言，一路段的交通運作良好，沒有改善的必要。所以平均速率與速限的差距是一比較實用的績效指標。

根據前述台 18 線及縣道 151 線之流率與速率關係（見圖 4-9 及圖 4-10），V/C 比超過大約 0.5 時，平均速率有開始明顯下降的趨勢。因此 V/C 比小於 0.5 時，駕駛員有充分的行車空間。此範圍之交通運作

品質可劃分成 A 及 B 級。V/C 比值超過 0.5 之後，平均速率隨 V/C 比之增加而降低的程度越來越大，表示行車之自由程度的惡化程度加快。V/C 超過 0.85 時，車流可能從穩定狀況進入不穩定狀況。因此，本計畫建議用表 5.1 所示之標準劃分服務水準等級。

表 5.1 根據 V/C 比之服務水準等級劃分標準

| V/C 比 | 服務水準等級 |
|-----------------------|--------|
| $V/C \leq 0.25$ | A |
| $0.25 < V/C \leq 0.5$ | B |
| $0.5 < V/C \leq 0.7$ | C |
| $0.7 < V/C \leq 0.85$ | D |
| $0.85 < V/C \leq 1.0$ | E |
| $V/C > 1.0$ | F |

第四章圖 4-10 所示縣道 151 路段上之自由速率大約等於速限。平均車速從大約 50 公里/小時降到 38 公里/小時以下時，車流開始會進入走走停停之不穩定狀況。從速率的立場而言，這種狀況應屬難以接受之服務水準等級。因此本計畫建議根據表 5.2 所示之標準劃分服務水準等級。此表之速限為分析路段上平直區段，或分析路段附近平直路段之速限。

表 5.2 根據平均速率 V 及速限 V_L 之差距的服務水準等級劃分標準

| 差距 (公里/小時) $\Delta V = V_L - V$ | 服務水準等級 |
|------------------------------------|--------|
| $\Delta V \leq -2$ | 1 |
| $-2 < \Delta V \leq 4$ | 2 |
| $4 < \Delta V \leq 6$ | 3 |
| $6 < \Delta V \leq 9$ | 4 |
| $9 < \Delta V \leq 12$ | 5 |
| $\Delta V > 12$ | 6 |

如果一路段之服務水準等級屬於 B 及 3，則該路段之服務水準等級可稱為 B3。

5.3 容量

容量代表經常能通過一路段而且最少能維持 15 分鐘的最高流率。郊區雙車道公路任何一地點或路段的容量很難確定。這問題的一主要原因是郊區雙車道公路之流率偏低，而且很少有機會可以觀察到能通過一定點的持久最高流率。另一原因是郊區雙車道公路常在短距離內有許多不同曲率半徑及坡度組合之地點。其中幾何設計狀況較差的地點造成瓶頸，因而其下游會產生高流率的可能性更低。在這種缺乏現場資料的狀況下，容量估計的正確性難以判斷。

5.3.1 平坦路段之容量

根據第四章圖 4-9 及圖 4-10 所示之流率與速率關係，平均自由速率為 50 及 70 公里/小時之平坦路段的容量大約各為 1,500 及 1,550 小車/小時/車道。如一路段下游短距離內有妨礙車流之狀況（如號誌化路口），則容量可能低於 1,500/小車小時/車道。

平均自由速率遠低於 50 公里/小時之相關容量，目前沒有現場資料用來作為估計的參考。一般而言，平均自由速率越低，容量有隨著降低的現象。平均自由速率等於零時，容量應該也是零。因此本計畫假設容量與平均自由速率的關係如圖 5-10 所示。這關係可用下式來代表：

$$Q_{\max} = -13.5 + \frac{1571.2}{1 + e^{\frac{V_f - 18.055}{9.779}}} \quad (5.1)$$

此式中，

Q_{\max} = 容量（小車/小時/車道）；

V_f = 平均自由旅行速率（公里/小時）。

用式 5.1 估計容量時，機車的小車當量可訂為 0.7，大車之小車當量則大約為 1.5。這些當量值不適用於分析坡度路段之交通運作。

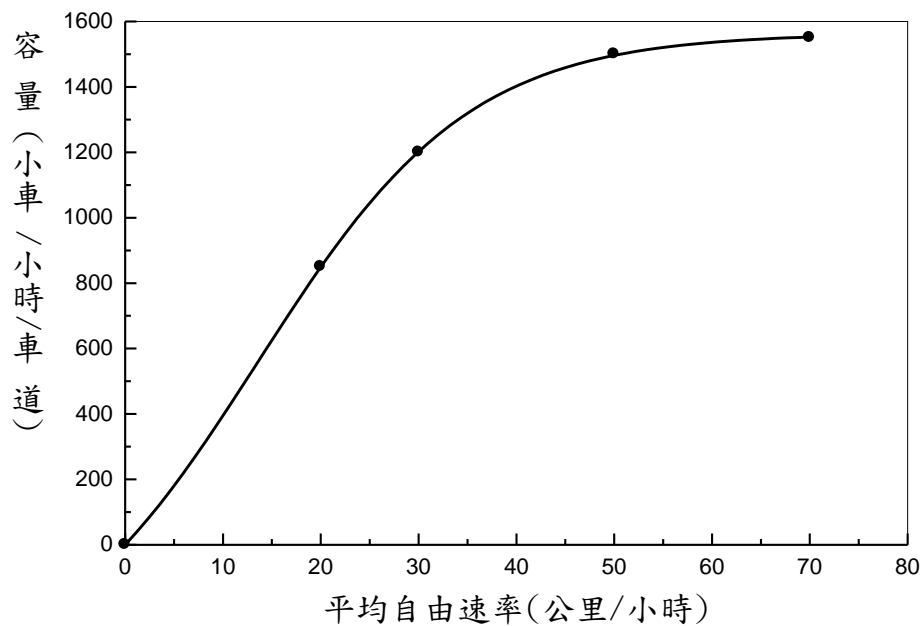


圖 5-10 容量與平均自由速率之可能關係

至於臨界速率（亦即流率等於容量時之平均速率），高速公路現場資料顯示，平均自由速率為 100 及 90 公里/小時之路段臨界速率各為 80 及 70 公里/小時。本報告第四章圖 4-9 及圖 4-10，則顯示郊區雙車道公路之平均自由速率達 70 及 50 公里/小時之情況下，路段的臨界速率大約各為 53 及 38 公里/小時。目前沒有現場資料可供估計平均自由速率低於 45 公里/小時之路段的臨界速率，本計畫假設臨界速率與平均自由速率有如圖 5-11 所示之關係。這關係可用下式來代表：

$$V_c = 8.9 + 0.462V_f + 0.00248V_f^2 \quad (5.2)$$

此式中，

V_c = 臨界速率（公里/小時）；

V_f = 平均自由速率（公里/小時）。

根據上述之容量及臨界速率與平均自由速率的關係，本計畫建立圖 5-12 所示之代表性流率與速率的關係，以作為分析平直路段之參考。圖中的虛線(broken line)代表車流進入壅塞狀況之後，流率與速率可能之關係。

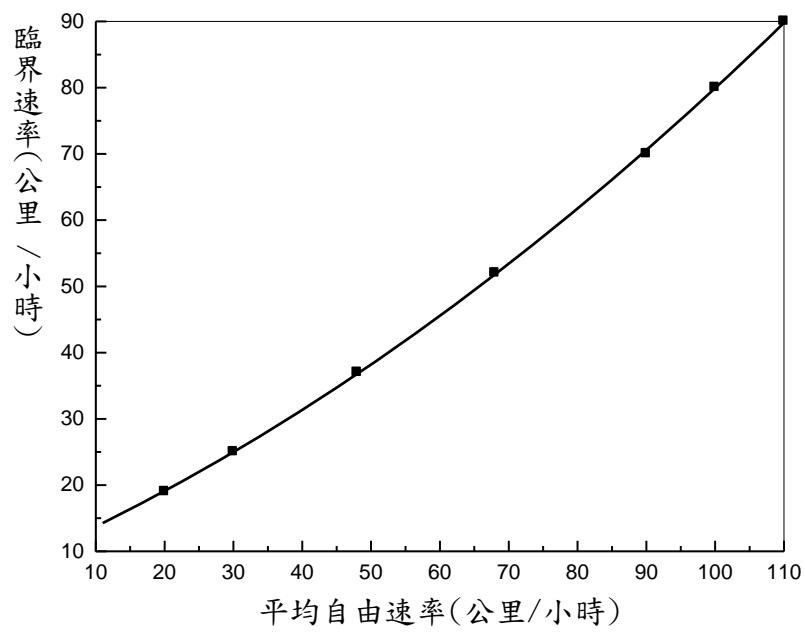


圖 5-11 臨界速率與平均自由速率之可能關係

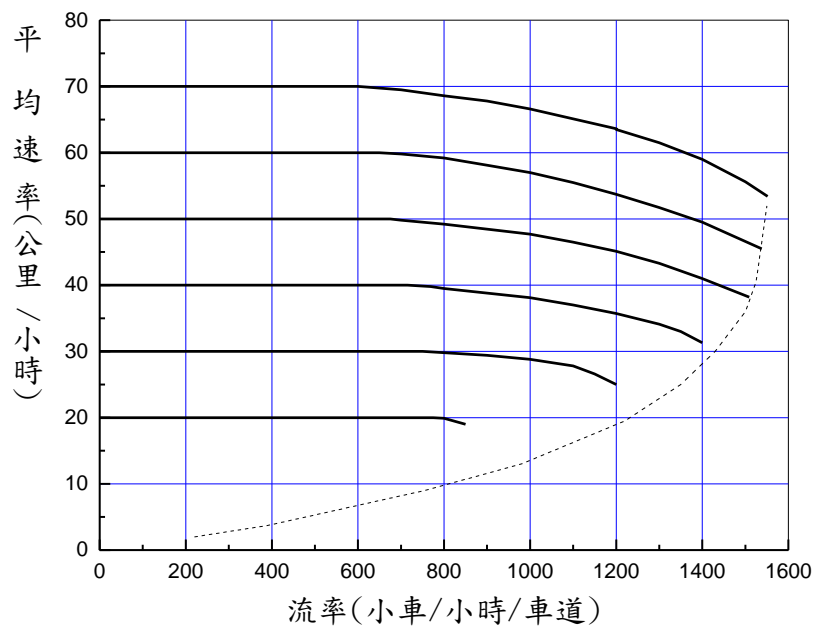


圖 5-12 平直郊區雙車道公路流率與速率之可能關係

5.3.2 平坦路段上平曲線(Horizontal Curve)之容量

車輛從直線路段進入平曲線時，可能須減速以保持一安全速率。從公路設計的角度而言，如果一平坦路段上平曲線的超高率為 $e\%$ ，側面摩擦係數為 f ，曲率半徑為 R ，則在平曲線上之平衡速率(equilibrium speed，公里/小時)可用下式來估計：

$$V = \sqrt{127 R(0.0e + f)} \quad (5.3)$$

如果將式 5.3 中之側面摩擦係數 f 訂為設計公路時不應超過之最大值，則從式 5.3 所估計的平衡速率，代表曲率半徑及超高率各為 R 及 e 時之最高設計速率。此速率相當於行車環境吻合設計環境時之最高安全速率。

美國 AASHTO 公路設計規範指出，為了駕駛員之舒適及安全，設計公路所用之側面摩擦係數，不應超過圖 5-13 所示之值。這些值可用下式來估計：

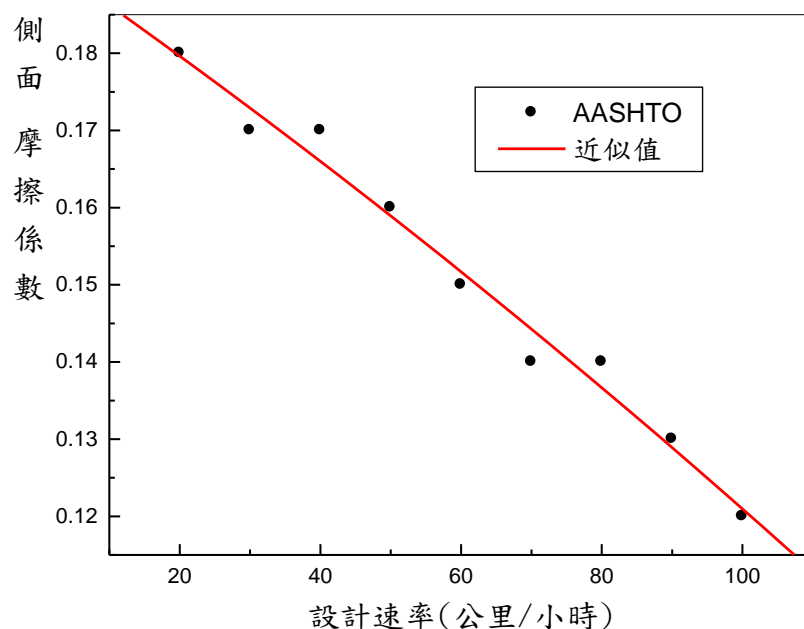


圖 5-13 美國 AASHTO 使用的側面摩擦係數

$$f = \beta_1 + \beta_2 V + \beta_3 V^2 \quad (5.4)$$

此式中，

f = 最高側面摩擦係數；

β_1 = 0.193；

β_2 = -6.294×10^{-4} ；

β_3 = -8.658×10^{-8} 。

根據式 5.3 及式 5.4 所得的設計速率，如圖 5-14 所示。曲率半徑在 2,000 公尺以下時，這些速率可用下式來估計：

$$V_d = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (5.5)$$

此式中，

V_d = 設計速率（公里/小時）；

A = $127R\beta_3 - 1$ ；

B = $127R\beta_2$ ；

C = $1.27Re + 127R\beta_1$ ；

R = 曲率半徑（公尺）；

e = 超高率(%)；

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = 從式 5.4 所得之係數。

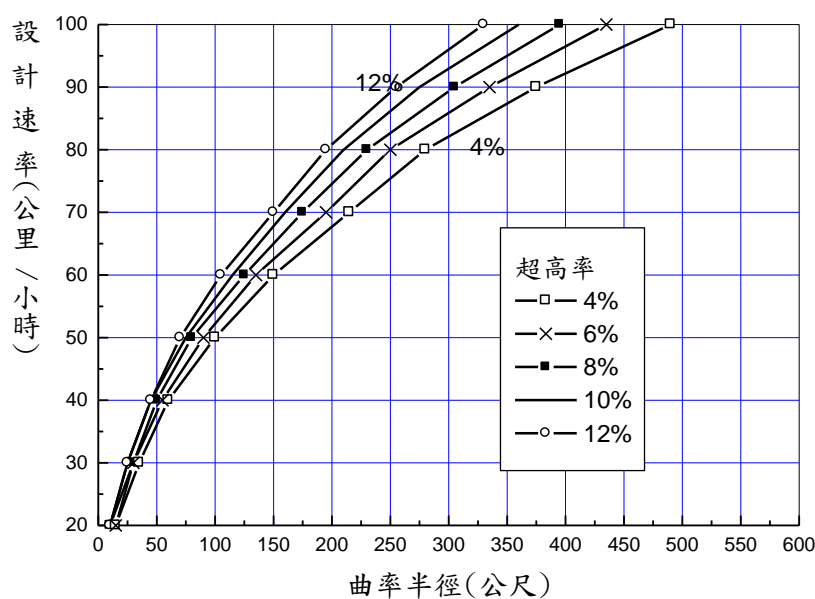


圖 5-14 AASHTO 最高設計速率與曲率半徑的關係

臺灣郊區雙車道公路上平曲線之曲率半徑經常不到 50 公尺。從圖 5-14 可知，如果這些公路是根據 AASHTO 之設計標準所建造，則其設計速率不到 45 公里/小時。事實上，設計時所假設的行車環境比較保守，實際的車速常遠高於設計速率，因此 TGS-2L 模式估計在平曲線之安全速率時，假設安全速率等於 $V_d + 13$ 公里/小時。這簡易的估計方法是否可靠，須在將來加以探討。

TGS-2L 模式只用估計的安全速率調整個別車輛接近或已在平曲線上時的速率。能通過一分析路段的最高流率，必須從模式的輸出值來估計。

如果不依靠如 TGS-2L 模式以模擬方法來估計容量，則一替代方法是先估計安全速率如下：

$$V_S = V_d + \beta_5 \quad (5.6)$$

此式中，

- V_S = 在平坦平曲線上之安全速率（公里/小時）；
- V_d = 根據式 5.3 及式 5.4 所估計之設計速率（公里/小時）；
- β_5 = 安全速率之調整值（公里/小時）。

因為安全速率其實是安全的平均自由速率，所以從式 5.6 所估計之安全速率可用式 5.1 ($V_f = V_S$) 來估計容量。這方法簡單，但是式 5.6 中之 β_5 可能受到視線、車道寬、路肩寬等因素的影響。

5.3.3 坡度路段的容量

車輛在有上下坡及平曲線之路段時，其速率受各地點之坡度、坡長、曲率半徑及車輛之載重、性能及駕駛員特性的影響。目前估計坡度路段容量比較適用的方法是電腦模擬。

5.4 TGS-2L 模式之應用

TGS-2L 模式可用於協助公路設計及評估服務水準。應用此模式的主要工作是建立一輸入資料檔。這工作及如何執行模擬，說明於附錄 A。本節用一長 4 公里之雙車道公路說明 TGS-2L 模式之用途。此公路

可用圖 5-15 所示之模擬路網來代表。路網的節點 610 是車輛進入節線 1（亦即東行車道）之起點。本節只考慮節線 1 方向之交通運作。表 5.3 之資料為一用來模擬圖 5-15 所示路網之一輸入檔。

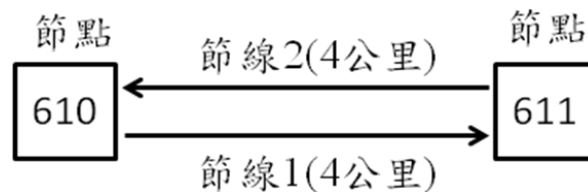


圖 5-15 模擬路網示意圖

5.4.1 均勻坡度上坡度路段自由速率之變化

設計有坡度路段之公路時，一令人關切的問題是車速的變化。如上坡之坡度及坡長迫使某些車輛的速率大幅下降（如超過 15 公里/小時），則該路段的容量、服務水準，甚至交通安全皆可能受到負面的影響。因此估計自由速率隨在坡度上地點的變化，是一重要設計工作。

如果一上坡路段之坡度不變，而且沒有平曲線，則表 5.3 中有數個檔型(data type)資料須設定如下，來估計不同車種在上坡路段之代表性自由速率隨行車距離的變化：

1. 設定檔型 0 之第 1 數據

檔型 0 輸入資料包括 N_1 、 N_2 、... N_8 八數據。第 1 數據指 N_1 。在表 5.3 中，檔型 0 之 N_1 之等於 1，表示欲使用一套亂數模擬一次，而不用多次模擬結果估計平均自由速率。此外，表 5.3 之檔型 0 資料亦表示此模擬作業包括 2 模擬時段（ $N_2 = 2$ ）。第一時段為熱機時段，其長度為 300 秒（ $N_3 = 300$ ）。第二時段的長度為 1800 秒（ $N_4 = 1800$ ）。模擬之單位時間為 0.5 秒（ $N_5 = 0.5$ ）。資料蒐集開始及結束的時間各為模擬開始後 300 秒（ $N_6 = 300$ ）及 1800 秒（ $N_7 = 1800$ ）。此外，模擬用之亂數種子為 $N_8 = 250987$ 。

2. 設定檔型 12 之數據

檔型 12 輸入資料包括 Node、Link、period、 Q 、 P_1 、 P_2 、... P_8 。其中 Node 為車輛進入一節線之起點的節點代號。在表 5.3 中 Node

表 5.3 模擬圖 5-15 之路網可用之一輸入檔

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-----|-----|--|
| 5555 0 | simulation controls, number of runs, # periods, data collection period, seed | | | | | | | | | | | |
| 1 2 | 300 | 1800 | 0.5 | 300 | 1800 | 250987 | | | | | | |
| 5555 1 | read type 1 data, upstream node, down stream node, ids of 6 continuous lanes | | | | | | | | | | | |
| 1 610 | 611 | 0 | NO | 1 | 3.5 | 2.0 | 1.2 | 4. | 0.0 | | | |
| 2 611 | 610 | 0 | NO | 1 | 3.5 | 2.0 | 1.2 | 4. | 0.0 | | | |
| 5555 2 | read type 2 data, auxiliary lanes, type, side, 3lane ids, | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | MID | 2 | 0 | 0 | 5.500 | 6.0 | | | | | | |
| 2 1 | MID | 2 | 0 | 0 | 15.7 | 20.9 | | | | | | |
| 5555 3 | read type 3 data, node, entry links | | | | | | | | | | | |
| 611 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 610 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 5555 7 | read Type 7 data , link, start \$ end of 5 passing zones | | | | | | | | | | | |
| 1 5.5 | 6.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 5555 10 | Type 10 data, turn type allowed, ids of lanes | | | | | | | | | | | |
| 1 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 5555 12 | Type 12 data, flow rates at source nodes | | | | | | | | | | | |
| 610 1 | 1 | 10 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 100.00 | 000.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 610 1 | 2 | 10 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 100.00 | 000.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 611 1 | 1 | 000 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 100.00 | 000.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 611 1 | 2 | 000 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 100.00 | 000.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| 5555 13 | Type 13 data, turning movements at end of link | | | | | | | | | | | |
| 1 5 | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | | | | |
| 2 5 | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | 100. | | | | |
| 5555 15 | Type 15 data, Speed Zones | | | | | | | | | | | |
| 1 0.0 | 50 | 50 | 50 | | | | | | | | | |
| 2 0.0 | 50 | 50 | 50 | | | | | | | | | |
| 5555 17 | Type 17 data , change free flow speed for each zone | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | 70 | 70 | 70 | | | | | | | | | |
| 2 1 | 70 | 70 | 70 | | | | | | | | | |
| 5555 18 | Type 18 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, adjustment | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | 1550. | 0. | | | | | | | | | | |
| 2 1 | 1550. | 0. | | | | | | | | | | |
| 5555 19 | TYPE 19 data, starting free-flow speed at origin nodes | | | | | | | | | | | |
| 610 70. | 70.0 | 70.0 | | | | | | | | | | |
| 611 70. | 70.0 | 70.0 | | | | | | | | | | |
| 5555 30 | TYPE 30 data for grades | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | 0.000 | 4. | 6.00 | | | | | | | | | |
| 2 1 | 0.000 | 4. | -6.00 | | | | | | | | | |
| 5555 32 | TYPE 32 DATA for horizontal curves | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | 10.0 | 12.3 | 3000. | | | | | | | | | |
| 1 2 | 15.8 | 19.1 | 3000 | | | | | | | | | |
| 5555 35 | Type 35 data, detector for flow data | | | | | | | | | | | |
| 1 0.025 | 0.05 | 0.075 | 0.1 | 0.125 | 0.15 | 0.175 | 0.2 | 0.225 | 0.25 | | | |
| 2 0.025 | 0.05 | 0.075 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1.0 | | | |
| 5555 36 | Type 36 Force or not to force veh to behave in the same way | | | | | | | | | | | |
| 1 99 | 1=To behave in the same way' 0=random | | | | | | | | | | | |
| 5555 41 | Type 41 data, revise mass, horsepower, efficiency | | | | | | | | | | | |
| 1 2000 | 27 | 0.90 | | | | | | | | | | |
| 2 180 | 5 | 0.9 | | | | | | | | | | |
| 3 15000 | 150 | 0.85 | | | | | | | | | | |
| 4 10000 | 165 | 0.85 | | | | | | | | | | |
| 5 20000 | 220 | 0.85 | | | | | | | | | | |
| 99999 | 99999 | | | | | | | | | | | |

為 610 或 611。Link 為接收從起點來到的車輛的節線代號。在表 5.3 中 Link 為 1 或 2。Q 代表欲進入節線節線 1 或節線 2 之流率。因為模擬之目的在於估計代表性自由速率隨地點的變化，所以應用一很低的流率。表 5.3 中進入節線 1 之 Q 值為 10 輛/小時。Period 為模擬時段之代號 (1, 2, ...)。其他 8 個輸入數據用來設定在流率 Q 中，8 車種的百分比。 P_1 、 P_2 、...、 P_8 各代表小車、機車、大客車、大貨車、半聯結車、全聯結車、其他車輛 1 及其他車輛 2。目前 TGS-2L 模式不模擬特別車種 (P_7 及 P_8 必須設定為 0)。如模擬的對象為小車，則表 5.3 中，第 1 時段及第 2 時段之 P_1 皆須設定為 100 (或 100.0)，其他 P_2 、 P_3 、...、 P_8 則須設定為 0。

3. 設定檔型 15 之數據

檔型 15 資料包括 Link、Start、 V_1 、 V_2 及 V_3 。Link 為一節線的代號 (如 1, 2)。Start 為節線上一速限區開始地點與節線上游端點的距離。第一速限區開始地點皆為節線上游端點，所以表 5.3 中之 Start 等於 0 公里。 V_1 、 V_2 及 V_3 代表速限區中小車、機車及大車之個別速限 (公里/小時)。

4. 檔型 17 之數據

檔型 17 資料包括 Link、Zone、 V_1 、 V_2 及 V_3 。Link 為一節線的代號，Zone 為一速限區之代號。表 5.3 只在每一節線上設一速限區 (亦即速限不變)，所以 Zone 等於 1。 V_1 、 V_2 及 V_3 則各代表沒有坡度時在速限區內小車、機車及大車之個別平均自由速率 (公里/小時)。

5. 設定檔型 19 之數據

檔型 19 資料包括 Node、 V_1 、 V_2 及 V_3 。Node 為車輛進入一節線時之節點的代號 (如 610)。 V_1 、 V_2 及 V_3 各代表小車、機車及大車進入模擬路網在起點的平均速率 (公里/小時)。如果起點平均速率為 70 公里/小時，則 V_1 、 V_2 及 V_3 須設定為 70，如表 5.3 所示。

6. 設定檔型 30 之數據

檔型 30 資料包括 Link、IG、Start、End 及 Slope。Link 為一

節線之代號。IG 為從上游到下游各縱切線之代號 (1, 2, 3, ...)。因為模擬的節線 1 有固定的坡度，所以 IG 等於 1 (亦即第 1 縱切線)。Start 及 End 各代表一縱切線之起點與終點從節線上游端點算起之里程 (公里)。因為節線 1 之長度為 4 公里，而且第 1 縱切線的長度等於節線的長度，所以 Start 等於 0 公里，End 等於 4 公里。最後一數據為縱切線之坡度(%)。本節假設節線 1 之坡度為 6%。

7. 設定檔型 35 之數據

檔型 35 資料包括 Link、 D_1 、 D_2 、... 及 D_{10} 。Link 代表一節線的代號。 D_1 、 D_2 、... 及 D_{10} 代表為蒐集資料所設定，10 個偵測站離節線上游端點之距離 (公里)。每偵測站在資料蒐集期間記錄通過該站之車輛的車種及速率，然後在模擬工作結束之後，估計通過該站之流率、空間平均速率、時間平均速率及各車種的百分比。

如果模擬之路段相當長，因而 10 個偵測站不能蒐集充分的資料，則須更改偵測站位置，然後重複進行模擬。偵測站數目的限制可能於本研究第 3 年期發展之模式中放寬。

8. 設定檔型 36 之數據

檔型 36 資料包括 K_1 及 K_2 。其中 K_1 之值為 0 或 1。 K_2 之值固定為 99。

模擬正常車流時，TGS-2L 模式之模擬車輛各有不同之屬性 (如車長、駕駛員之冒險性、加減速行為、欲維持之自由速率等)。如欲估計代表性自由速率，則必須迫使每一車輛有同樣的屬性。否則快車會追上慢車而受阻，導致低估代表性自由速率。

在模擬正常車流時，最好不要有檔型 36 之資料在輸入檔中。如有此檔型的資料，則 K_1 須設定為 0。另一方面， K_1 必須設定為 1 才能迫使每一車輛有同樣的屬性。表 5.3 將 K_1 設定為 1。

9. 設定檔型 41 之數據

檔型 41 資料包括 Kind、Mass、Power 及 Efficiency。Kind 為一車種之代號 (小車 = 1，機車 = 2，大客車 = 3，大貨車 = 4，半聯結車 = 5，全聯結車 = 6)。Mass 代表一車種之代表性質重

(kg)。Power 為一車輛之代表性馬力 (kW)。Efficiency 則為一車輛之牽引力傳輸效率。

TGS-2L 模式設定了許多與估計不同車種加速率有關之參數的代表值 (見附錄 A 檔型 41 之說明)。其中車輛之質重、馬力及牽引力、傳輸效率對加速率的影響較大。如果代表性參數值不適用，則可用檔型 41 及其他檔型資料來更正。表 5.3 所列之檔型 41 資料乃根據台 7 線及縣道 108 線現場資料微調後所採用之質重、馬力及傳輸效率。

根據第四章表 4.6 及表 4.7 之現場資料，在同一上坡地點的平均自由速率有下列性質：

1. 小車之平均自由速率可能比機車高 2 到 12 公里/小時。
2. 小車之平均自由速率可能比大客車高 7 到 22 公里/小時。一般而言，大客車之速率是所有車種中最低者。
3. 大貨車之平均自由速率可能比小車約高 4 公里/小時。
4. 聯結車之平均自由速率比小車低 1 到 9 公里/小時。

假設圖 5-15 之節線 1 有 +6% 之坡度，車輛從節點 610 進入此節線之起始速率為 70 公里/小時，而且其他模擬狀況如表 5.3 之輸入檔所設定，則模擬結果如表 5.4 所示。此表顯示半聯結車 (第 5 車種) 以 70 公里/小時之速率進入 +6% 之上坡而且行進 225 公尺 (水平距離) 之後，速率降到 60 公里/小時。

如果將檔型 35 中偵測站之位置更改並重複模擬，然後將檔型 12 中之模擬車種陸續改為全部小車、全部機車等，則模擬結果如圖 5-16 所示。此圖顯示大客車有最差的爬坡性能。以 70 公里/小時之速率進入並行走 330 公尺之後，大客車之自由速率預期會降低 15 公里/小時左右。如果進入 +6% 上坡時的速率為 60 公里/小時，則大約行走 1 公里左右，自由速率才會下降 15 公里/小時。

表 5.4 半聯結車自由速率在+ 6%上坡之變化模擬值

*****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

gasoline density: 0.71~0.77 kg/l

INPUT FLOWs at Source Nodes

| Source | Side of Receiving LINK | Period | Demand Flow vph | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|------------------------|--------|-----------------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 610 | 1 | 1 | 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 610 | 1 | 2 | 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 1 | 0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 2 | 0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

****WARNING:Every vehicle is forced to behave in the same way. Check Type 36 data

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

| LINK | Flow vph | Average Speed(km/h) | Fuel Consumption liter | liters/veh-km | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----------|---------------------|------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | 10. | 50.8 | 9. | 0.593 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

DETECTOR STATION STATISTICS

| Link | Station at km | Lane | Flow vph | Speed (km/h) Time-Mean | Space-Mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|---------------|------|----------|------------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | 0.025 | 1 | 8. | 69.1 | 69.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.050 | 1 | 8. | 67.7 | 67.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.075 | 1 | 8. | 66.9 | 66.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.100 | 1 | 8. | 65.7 | 65.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.125 | 1 | 8. | 64.5 | 64.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.150 | 1 | 8. | 63.5 | 63.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.175 | 1 | 8. | 62.4 | 62.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.200 | 1 | 8. | 61.5 | 61.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.225 | 1 | 8. | 60.9 | 60.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.250 | 1 | 8. | 60.0 | 60.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

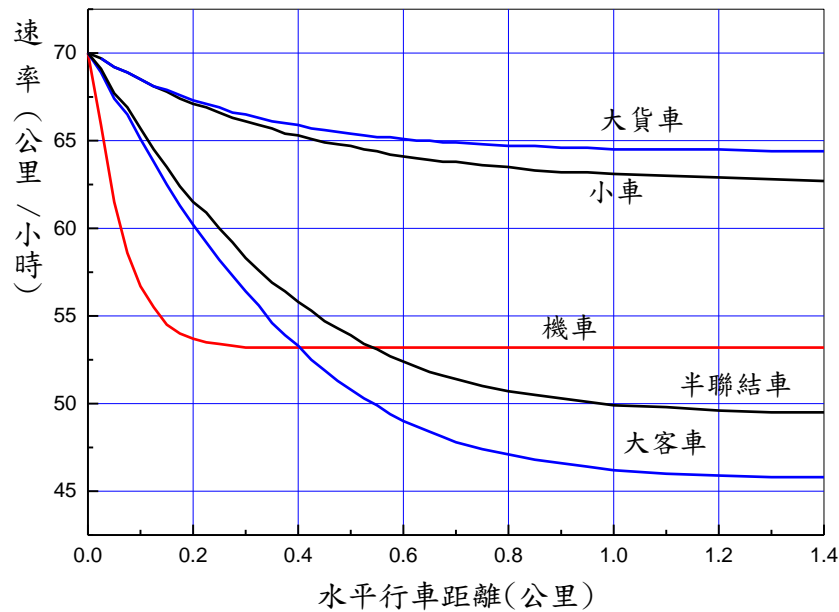


圖 5-16 車輛在+ 6%上坡路段之自由速率與水平行車距離之模擬關係

5.4.2 坡度路段容量之估計

一路段的容量代表能持續通過（離開路段下游端點）該路段之最高流率。郊區雙車道公路之幾何設計狀況隨地點的變化可能相當顯著。因此一分析路段的容量不僅受到該路段上之瓶頸的影響，也可能受到其上下游端點附近瓶頸地點的影響。

以圖 5-17 之分析路段為例。此路段上有 3 個平曲線，其中在 B 及 C 點之間平曲線的曲率半徑最短，而且只有 20 公尺左右。如果其他幾何設計狀況（如坡度、車道寬、視線等）不隨地點而變，則 B 及 C 點之間的平曲線預期會有最低的容量。因此雖然大部分的分析路段能承載高流率，因 B 及 C 點之間的瓶頸，能通過整個路段的流率會偏低。

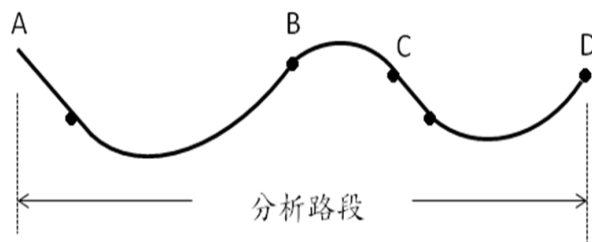


圖 5-17 分析路段示意圖之一

能進入或通過一分析路段的最高流率，也可能受到分析路段上下游端點附近之瓶頸的限制。例如圖 5-18 中之分析路段有良好之幾何設計及行車狀況，但其東向下游端點附近有一幾何設計條件很差之瓶頸。在此狀況下，西向能進入分析路段之流率受瓶頸的限制而偏低。所以實際能西行通過分析路段的流率也不高。如果瓶頸離分析路段東向下游端點不遠，則東行車流接近瓶頸時，可能因瓶頸有壅塞造成衝擊波往上游傳遞而受阻。結果實際能通過東向分析路段之最大流率也被壓低。

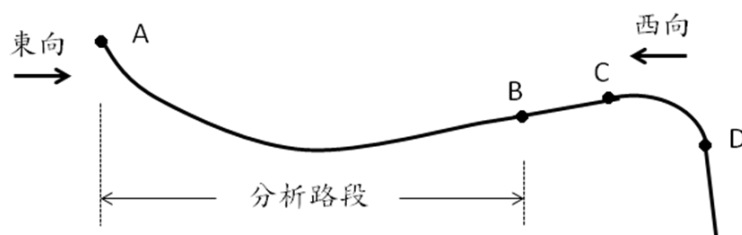


圖 5-18 分析路段示意圖之二

一般而言，一郊區雙車道公路之幾何設計不均勻時，該公路上之路段容量必須區分為實際容量及潛在容量。實際容量代表在分析路段本身及上下游路段幾何及其他行車環境之限制下，能持久通過分析路段下游端點之最高流率。潛在容量則為不考慮分析路段之外的路段時，能持久通過分析路段下游端點之最高流率。此外，如果一分析路段本身有瓶頸地點，則該路段之容量其實只反映瓶頸地點之容量。

利用 TGS-2L 模式估計路段的容量工作包括下列數項目：

1. 訂定分析路段之上下游端點位置。
2. 根據選定之分析路段建立一輸入檔。檔型 0 中資料蒐集開始及結束的時間必須相當於最少 900 秒（15 分鐘）之資料蒐集時間。檔型 39 之資料最好不要放在輸入檔中。如放在輸入檔中，則必須將此檔之第一個數據設定為 0 來代表正常模擬。
3. 利用檔型 15 資料設定速限區及小車、機車及大車之速限。這些速限是一般性速限，而非每一平曲線之建議速限(advisory speed)。TGS-2L 模式會自動估計進入一平曲線時之安全速率。

4. TGS-2L 模式根據速限估計小車、機車及大車之平均自由速率。檔型 16 資料可用來訂定欲使用之平均自由速率。這些自由速率為假設一速限區在平直路段時之平均自由速率。臺灣平坦郊區雙車道公路上小車之平均自由速率大約在 50~70 公里/小時之範圍。
5. 利用檔型 18 資料設定每一速限區在平坦路段上之容量及容量調整值。平坦路段上之容量可用式 5.1 或圖 5-10 來估計。如模擬所得之容量異於設定之容量，可利用調整值來修正。此工作須將檔型 30 中之坡度設定為 0，或將檔型 31 中不同地點之高程設定為同一數值。
6. 利用檔型 19 資料設定車輛進入一節線時之起始平均速率。此速率應隨車流密度而變，但可用平均自由速率來代表。如所訂的起始速率太高或太低，車輛進入節線並行駛一段距離之後就會達到一平衡的速率。因此節線起點之下游約 0.5~1.0 公里之範圍內的車流可能屬過渡性。
7. 將檔型 12 資料中進入一節線之需求流率，逐漸調整直到從離開該節線之流率達到最高值為止。此最高值代表該節線之容量。因為駕駛行為不同時會造成不同之容量估計值，所以宜用多套不同亂數之模擬結果來估計容量。換言之，檔型 0 之第一數據最少須設定為 2，表示重複模擬 2 次。

表 5.3 輸入檔所描述的節線 1 有下列之性質：

1. 沒有超車區，因為檔型 7 資料將超車區起點設定在里程 5.5 公里處。此地點在節線長度（4 公里）之範圍外。
2. 車流中只有半聯結車（檔型 12 資料）。
3. 速限為 50 公里/小時（檔型 15 資料）。
4. 節線之平均自由速率（檔型 17 資料）及起始平均速率（檔型 19 資料）皆設定為 70 公里/小時。
5. 節線如平坦時之容量為 1,550 小車/小時/車道（檔型 18 資料）。
6. 坡度為 +6%（檔型 30 資料）。

為了說明如何調整檔型 18 所設定之容量，表 5.3 之輸入值可做如下之修改：

- 1.將檔型 0 第 1 數據從 1 改為 2，表示欲用 2 次模擬的結果取平均值。
- 2.欲用模擬估計容量時，需求流率必須大於容量。所以先將檔型 12 中之節線 1 需求流率設定為 1,700 小車/小時/車道，並將小車百分比設定為 100%，半聯結車之百分比降為 0%。
- 3.檔型 30 中之坡度須改為 0%，因為檔型 18 資料之容量設定值屬於平坦路段。
- 4.檔型 35 之偵測站位置改用 0.02、0.5、...、3.5 及 4.0。
- 5.檔型 36 之資料須廢除或將其第 1 數據從 1 改為 0，以執行正常車流之模擬。

根據修改後之輸入檔所模擬的結果列於表 5.5。從此表中節線資料 (Link Statistics) 可知通過節線的流率只有 1,524 小車/小時，比欲模擬之容量 (1,550 小車/小時) 稍低。從表中偵測站之資料 (Detector Station Statistics) 亦可知靠近節線 1 起點之地點車輛平均速率比下游車輛之平均速率低。這現象之一起因是需求流率超過容量，造成車流回堵。偵測站之資料亦顯示越下游地點之流率越低，這是因為車流受慢車影響所造成。

如將需求流率改為 1,600 或 1,800 小車/小時重新模擬，則能從節線 1 離開之流率各為 1,523 及 1,524 小車/小時。因此可研判節線 1 之模擬容量只能達 1,524 小車/小時左右。如果此模擬容量不能接受，則可用檔型 18 之第 4 數據來調整。如果將表 5.3 中之調整值從 0 改為 28 小車/小時，則模擬的容量在 1,550 小車/小時，等於欲模擬之節線特性。根據調整後之輸入值，節線 1 有坡度或平曲線時之容量可執行模擬來估計。例如將檔型 30 中節線 1 之坡度改為 6%，將車種組成改為 95% 小車及 5% 半聯結車，並用不同需求流率進行模擬，可得表 5.6 所列之結果。根據此表，需求流率逐漸增高到 1,600~1,800 小車/小時之範圍時，能通過節線 1 之流率穩定在 1,458 及 1,465 小車/小時之間。因此節線 1 在一長 4 公里之 6% 上坡時，其容量大約為 1,460 小車/小時，比路段平坦而且只有小車時之容量約低 90 小車/小時。

表 5.5 修改表 5.3 以模擬路段容量之輸出值

*****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

gasoline density: 0.71~0.77 kg/l

INPUT FLOWs at Source Nodes

| Source | Side of Receiving LINK | Period | Demand Flow vph | % of Vehicle Type | | | | | | | |
|--------|------------------------|--------|-----------------|-------------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 610 | 1 | 1 | 1700 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 610 | 1 | 2 | 1700 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 1 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 2 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

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

| LINK | Flow vph | Average Speed(km/h) | Fuel Consumption liter | liters/veh-km | | % of Vehicle type | | | | | | | |
|------|----------|---------------------|------------------------|---------------|-------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 1 | 1524. | 44.2 | 233. | 0.092 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |

DETECTOR STATION STATISTICS

| Link | Station at km | Lane | Flow vph | Speed (km/h) | | % Vehicle Type | | | | | | | |
|------|---------------|------|----------|--------------|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | Time-Mean | Space-Mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0.025 | 1 | 1560. | 15.4 | 14.8 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.050 | 1 | 1558. | 18.6 | 18.1 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.075 | 1 | 1555. | 21.2 | 20.9 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.100 | 1 | 1554. | 23.5 | 23.3 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.125 | 1 | 1553. | 25.6 | 25.5 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.150 | 1 | 1552. | 27.6 | 27.4 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.175 | 1 | 1551. | 29.4 | 29.3 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.200 | 1 | 1550. | 31.1 | 31.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.225 | 1 | 1552. | 32.7 | 32.6 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.250 | 1 | 1552. | 34.1 | 34.1 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

表 5.6 4 公里長、6%上坡之需求流率及能通過之流率之模擬關係（95%小車及 5%半聯結車）

| 檔型 12 需求流率設定值 (小車/小時) | 離開節線 1 之流率 (小車/小時) |
|--------------------------|-----------------------|
| 1,400 | 1,385 |
| 1,500 | 1,460 |
| 1,600 | 1,476 |
| 1,700 | 1,481 |
| 1,800 | 1,477 |
| 1,900 | 1,476 |

註：容量估計值 = $(1,476+1,481+1,477+1,476)/4=1,478$

5.4.3 服務水準之評估

本計畫建議暫時採用表 5.1 及表 5.2 所列之標準，來評估郊區雙車道的服務水準。這工作須先依照第 5.4.2 節所述之程序估計容量，然後根據欲模擬的需求流率執行模擬，來估計平均速率。為了說明這工作，本小節將表 5.3 之輸入資料做以下修改：

- 1.檔型 12 節線 1 之需求流率改為 800 輛/小時，並將小車及半聯結車之百分比各設定為 95%及 5%。
- 2.檔型 15 所列之小車、機車及大車速限皆改為 50 公里/小時。
- 3.檔型 18 之容量調整值設定為 27 輛/小時，以讓模擬之平坦路段的容量值等於 1,550 小車/小時/車道。
- 4.用檔型 32 資料設置 2 平曲線在節線 1 上。第 1 平曲線在里程 1 公里到 1.5 公里之間，其曲率半徑為 50 公尺。第 2 平曲線在里程 2.5 公里到 2.7 公里之間，其曲率半徑只有 20 公尺。
- 5.用檔型 35 資料在各平曲線之起點、中點及終點設置偵測站。
- 6.將檔型 36 第 1 數據設定為 0 來模擬正常車流。

根據上述更正的輸入檔，並將檔型 12 節線 1 之需求流率逐漸增加提高重複模擬，結果顯示節線 1 的容量大約 1,040 輛/小時。如果進入節線 1 的需求流率為 800 輛/小時（檔型 12 資料），則模擬的結果如表 5.7 所示。節線 1 上之平均速率為 44.9 公里/小時。因此節線 1 之 V/C 比值為 $800/1,040 = 0.77$ ，其平均速率比速限低 5.1 公里/小時。根據表 5.1 及表 5.2，此路段的服務水準為 D3。

表 5.7 模擬之路段平均速率及速率隨地點之變化

*****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

gasoline density: 0.71~0.77 kg/l

INPUT FLOWs at Source Nodes

| Source | Side of Receiving LINK | Period | Demand Flow vph | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|------------------------|--------|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 610 | 1 | 1 | 800 | 95.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 610 | 1 | 2 | 800 | 95.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 1 | 0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 611 | 1 | 2 | 0 | 100.0 | 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 liter | liters/veh-km | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----------|---------------------|------------------------|---------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 776. | 44.9 | 331. | 0.256 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

DETECTOR STATION STATISTICS

| Link | Station at km | Lane | Flow vph | Speed (km/h) Time-Mean | Space-Mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|---------------|------|----------|------------------------|------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 0.020 | 1 | 791. | 66.3 | 66.1 | 94.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.000 | 1 | 799. | 42.0 | 41.8 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.250 | 1 | 799. | 41.5 | 41.3 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.500 | 1 | 798. | 40.8 | 40.6 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.000 | 1 | 791. | 49.8 | 49.6 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.500 | 1 | 807. | 25.0 | 24.4 | 94.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.600 | 1 | 805. | 25.8 | 24.9 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.700 | 1 | 807. | 29.1 | 28.8 | 94.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 3.000 | 1 | 789. | 47.8 | 47.5 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 4.000 | 1 | 787. | 54.1 | 53.8 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

用平均速率評估一路段的服務水準有一嚴重弱點。其原因是平均速率不能反映分析路段中服務水準特別差的地點。表 5.7 偵測站的個別平均速率顯示這問題。根據此表的資料，節線 1 上之平均速率隨地點的變化很顯著。一般而言，在第一平曲線（里程 1 公里到 1.5 公里）及第 2 曲線（里程 2.5 公里到 2.7 公里）上的平均速率偏低。第 2 平曲線之曲率半徑只有 20 公尺，造成在此曲線上的平均速率低於 25 公里/小時，其相關的服務水準等級為 6。因此用速率評估服務水準時，不僅須考慮整個路段的平均速率，也須探討速率隨地點的變化。

5.4.4 超車區效益之評估

如一輸入資料檔中沒有檔型 7 的資料，TGS-2L 模式不讓車輛超車。如有檔型 7 的資料，而且此檔所設的超車區在節線上，則 TGS-2L 模式讓小車及機車超車。超車區為超車視距充足之區域，但是一車輛是否超車受駕駛特性、前方車輛之行為、對向來車之位置及速率等因素的影響。

有超車區時，TGS-2L 模式根據從分析路段離開之車數及執行超車之次數估計超車率。超車率越高，超車區的功能越好。但是超車區的效益也應從平均速率的改善來衡量。

如果將表 5.3 之輸入檔更改如下：

1. 利用檔型 7 資料設定一從里程 2 公里到節線端點（里程 4 公里）的超車區。
2. 將檔型 12 中節線 1 之流率改為 800 輛/小時，其中 95% 為小車，5% 為半聯結車。
3. 將檔型 12 中節線 2（節線 1 之對向車道）之流率改為 400 輛/小時，其中所有車輛皆為小車。
4. 將檔型 36 之第 1 數據改為 0 來模擬正常車流。

將上述修改輸入檔之後執行模擬，則模擬結果顯示超車率為 3.5%，通過節線 1 之流率為 810 輛/小時，平均車速為 53.9 公里/小時。在沒有超車區的狀況下，通過節線 1 之流率為 799 輛/小時，平均車速為 53.0 公里/小時。

5.4.5 爬坡道及超車用短車道之評估

TGS-2L 模式讓使用者用檔型 2 資料設置爬坡道，或讓慢車使用以避開快車之短車道。這種附屬車道的效益可從其使用率及對平均速率的影響來評估。

目前 TGS-2L 模式沒有直接估計附屬車道之使用率。但模式的使用者可用檔型 35 資料，在附屬車道上設置數個偵測站來紀錄通過的流率。這些偵測站也同時紀錄主線在同一地點之流率。在一偵測站地點之附屬車道使用率，等於從附屬車道及從同一地點主線通過之流率的比值。附屬車道的平均速率影響可從在有附屬車道及沒有附屬車道時之平均速率的差異來衡量。

第六章 結論與建議

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 年起展開一項為期 3 年的研究工作以發展適用之模擬模式，本計畫為此研究之第 2 年期工作，目的為發展一微觀模擬模式以分析郊區雙車道公路非阻斷性車流路段之容量與服務水準。

本計畫之結論與建議說明如下：

6.1 結論

本年度完成之工作項目，概述如下：

一、分析郊區雙車道公路車流特性

1. 郊區雙車道公路之容量難以確定。根據本所目前有限的現場資料，平均自由速率為 50 及 70 公里/小時左右之平坦路段，其容量大約各為 1,500 及 1,550 小車/小時左右。但是如果路段下游有妨礙車流之地點（如號誌化路口），則容量有可能顯著降低。
2. 我國郊區雙車道公路上常有坡度大（6%~10%）而且曲率半徑很短（小於 50 公尺）的平曲線。這些平曲線之容量沒有現場資料可供參考，但其平均自由速率預計會遠低於 50 公里/小時。根據平均自由速率與容量之可能關係（見圖 5-10），本計畫估計平均自由速率為 20 及 30 公里/小時之平坦平曲線的容量大約各為 850 及 1,200 小車/小時/車道。
3. 根據桃園市復興區省道臺 7 線及新北市林口區縣道 108 線之自由速率資料，表 4.13 所列之代表性車輛，可用來模擬類似公路之交通運作。

二、發展坡度路段微觀車流模擬模式

1. 本計畫發展了坡度路段微觀車流模擬模式 (Traffic-on-Grade

Simulation Model – 2 Lane)，簡稱 TGS-2L 模式，以作為分析郊區雙車道公路交通運作績效之工具。

- 2.分析平坦路段之容量及服務水準時，可將各車種用小車當量轉換。分析有上下坡路段時，不宜用小車當量，而應直接用模擬模式估計容量及平均速率。
- 3.TGS-2L 模式可用來協助公路設計，如探討設計車(design vehicle)之自由速率隨地點之變化、爬坡道之效益、讓慢車使用以避開快車之短車道對交通運作之影響等。此模式之另一主要用途在於評估容量及服務水準。
- 4.應用 TGS-2L 模式須有 Windows 平台之電腦。使用者只須此模式之執行檔及輸入檔就可執行模擬，不需要購買其他軟體。
- 5.本報告附錄 A 說明 TGS-2L 模式輸入檔之建立。第五章說明模式之各種應用。

三、提出郊區雙車道公路績效指標及服務水準劃分標準

- 1.國外評估雙車道公路績效採用跟車百分比、跟車密度、以流率及速率關係所訂之密度或平均速率等許多指標，而指標的實用性，以及是否能反映實際交通運作，亦有多項研究關切討論。
- 2.根據本所之現場調查資料，跟車百分比與跟車密度不適用於評估我國郊區雙車道公路之交通運作。
- 3.本計畫建議採用「需求流率與容量比(V/C ratio)」及「平均速率與速限之差距」，作為績效指標。而建議之服務水準等級劃分標準列於第五章之表 5.1 及表 5.2。

6.2 建議

- 1.2011 年臺灣公路容量手冊第 12 章分析郊區雙車道公路的方法，不適用於現有環境。容量研究後續工作，建議使用 TGS-2L 模式探討郊區雙車道公路車流特性，並建立一以 TGS-2L 模式為基礎的分析方法，來修訂容量手冊。

- 2.TGS-2L 模式能合理的模擬平直路段的車流、桃園市復興區省道台 7 線坡度路段之車流，及新北市林口區縣道 108 線坡度路段之車流。但是其他郊區雙車道公路的車流特性可能不同，因此有必要繼續蒐集現場資料來測試 TGS-2L 模式。比較需要的資料包括不同車種之車輛接近及進入一平曲線時自由速率之變化，資料蒐集對象須有不同之坡度及曲率半徑之組合。另一需要的資料為各車種在一長約 2 公里之上下坡路段之旅行時間。進一步測試及微調 TGS-2L 模式的工作，須在修訂容量手冊第 12 章之工作開始之前完成。
- 3.表 5.1 及表 5.2 所列服務水準劃分標準，後續可彙集公、私立交通機構之意見，以調整修正。

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，「公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)」，103-76-1343，民國 103 年 5 月。
- 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之研究(3/3)」，102-94-1330，民國 102 年 4 月。
- 4.Hegeman, G., Brookhuis, K., and Hoogendoorn, S., "Opportunities of Advanced Driver Assistance Systems Towards Overtaking," *European Journal of Transportation Infrastructure Research*, Volume 5, no. 4, 2005, pp. 281-296.
5. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, fifth edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2011.
6. Ohene, F. A., and Ardekani, S. A., "Minimum Passing Sight Distance for Completing or Aborting the Passing Maneuver," *ITE Journal*, Vol. 58 No. 7, 1988, pp. 29-33.
7. Glennon, J. C., "New and Improved Model of Passing Sight Distance on Two-Lane Highways," *Transportation Research Record 1195*, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1998, pp. 59-69.
8. van Valkenburg, G. W., and Michael, H. L., "Criteria for No-Passing Zones," *Highway Research Record 377*, HRB, National Research Council, Washington, DC, 1971, pp. 1-19.
9. Weaver, G. D., and Glennon, J. C., "Design and Striping for Safe Passing Operations," *Highway Research Record 388*, HRB, National Research Council, Washington, D.C., 1972, pp. 36-39.
10. Harwood, D. W., and Glennon, J. C., "Framework for Design and Operation of Passing Zones on Two-Lane Highways," *Transportation Research Record 601*,

- TRB, National Research Council, Washington, DC, 1976, pp. 45–50.
11. Lieberman, E. B., “Model for Calculating Safe Passing Sight Distance on Two-Lane Rural Roads,” *Transportation Research Record* 869, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1982, pp. 70–76.
 12. Saito, M., “Evaluation of the Adequacy of the MUTCD Minimum Passing Sight Distance Requirement for Aborting the Passing Maneuver,” *ITE Journal*, Vol. 54, No. 1, 1984, pp. 18–22.
 13. Harwood, D. W., and Glennon, J. C., Passing Sight Distance Design for Passenger Cars and Trucks. *Transportation Research Record* 1208, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1989, pp. 59–69.
 14. Rilett, L. R., Hutchinson, B. G., and Whitney, M., “Mechanics of the Passing Maneuver and the Impact of Large Trucks,” *Transportation Research Part A*, Vol. 24A, No. 2, 1990, pp. 121–128.
 15. Forbes, G. J., “The Origin of Minimum Passing Sight Distances for No-Passing Zones,” *ITE Journal*, Vol. 60, No. 2, 1990, pp. 20–24.
 16. Hassan, Y., Easa, S. M., and Abd El Halim, A. O., “Passing Sight Distance on Two-Lane Highways: Review and Revision,” *Transportation Research Part A*, Vol. 30, No. 6, 1996, pp. 453–469.
 17. Wang, Y., and Cartmell, M. P., “New Model for Passing Sight Distance on Two-Lane Highways,” *ASCE Journal of Transportation Engineering*, Vol. 124, No. 6, November/December 1998, pp. 536–545.
 18. *NCHRP Report 605*, Passing Sight Distance Criteria, Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
 19. Llorca, C., and Garcia, A., “Evaluation of Passing Process on Two-Lane Rural Highway in Spain Using New Methodology Based on Video Data,” *Transportation Research Board 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, 2011.
 20. Romana, M. G., “Passing Activity on Two-Lane Highways in Spain,” *Transportation Research Record: J. of Transportation research board*, No.

- 1678, National Research Council, 1999, pp.90-95.
- 21.Bar-Gera, H., and Shinar, D., “The Tendency of Drivers to Pass Other Vehicles,” *Transportation Research*, Part F, Vol. 8, 2005, pp.429-439.
 - 22.Pollatschek, M. A., and Polus, A., “Modeling Impatience of Drivers in Passing Maneuvers,” *International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, 2005.
 - 23.Farah, H., Bekhor, S., Polus, A., and Toledo, T., “A model for Passing Decisions on Two-Lane Rural Highways,” *TRB 87th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, Transportation Research Board, 2008.
 - 24.Vlahogianni, E. I., “Modeling Duration of Overtaking in Two Lane Highways,” *Transportation Research F*, Vol. 20, 2013, pp. 135-146.
 25. British Columbia Ministry of Transportation and Highways, *Passing Lane Draft Warrants and Design*, Engineering Branch Design Standards Bulletin DS97003, 1997.
 - 26.Ontario Ministry of Transportation, *Geometric Design Standards for Ontario Highways*, OMoT: Downsview, Ontario, 1985.
 - 27.Alberta Transportation and Utilities, *Highway Geometric Design Guide*, ATU: Edmonton, Alberta, 1995.
 - 28.FGSV: *Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual)* HBS 2001, Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2002 (revised edition: 2005).
 - 29.Catbagan, J. L., “Evaluation of Performance Measures for two-Lane Expressway in Japan,” *Transportation Research Record: J. of Transportation research Board*, No. 1988, 2006, pp.111-118.
 - 30.交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究（3/3）」，99-113-1282，民國 99 年 9 月。
 - 31.Special Report 209, *Highway capacity Manual*, 3rd Ed.,Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1985.
 - 32.*Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board, National

- Research council, Washington, D. C., 2000.
33. *HCM2010 Highway Capacity Manual*, Volume 1: concepts, Volume 2: Uninterrupted flow, and Volume 3: interrupted Flow, TRB of the National Academies, Washington, 2010.
 34. Guell, D. L., and Virkler, M. R., "Capacity Analysis of Two-Lane Highways," *Transportation Research Record 1194*, Transportation Research Board, National Research Council, 1988, pp. 199-205.
 35. Luttinen, R. T. "Statistical Properties of Vehicle Time Headways," *Transportation Research Record 1365*, Transportation Research Board, National Research Council, 1992, pp. 92-98.
 36. Cameron, L. J., Cenek, P. D., and Wanty, D. K., "Passing & Overtaking on New Zealand Two- and State Highways: Policy to Practice," 23rd ARRB Conference, Adelaide, Australia, 2008.
 37. Al-Kaisy, A., and Durbin, C., "Platooning on Two-Lane Two-Way Highways: An Empirical Investigation," *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 43, Issue 1, 2009, pp. 71-86.
 38. Luttinen, R. T. "Percent Time-Spent-Following as Performance Measure for Two-Lane Highways," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1776, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2001, pp. 52–59.
 39. Dixon, M. P., Sarepali, S. S. K., and Young, K. A., "Field Evaluation of Highway Capacity Manual 2000 Analysis Procedures for Two-Lane Highways," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1802, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2002, pp. 125–132.
 40. van As, C. *The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service on Two-Lane Undivided Highways in South Africa*, Project Summary, South African National Roads Agency, Limited, Pretoria, 2003.
 41. Romana, M. G., and Pérez, I., "Measures of Effectiveness for Level-of-

- Service Assessment of Two-Lane Roads: An Alternative Proposal Using a Threshold Speed,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1988, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006, pp. 56–62.
- 42.Morrall, J. F., and Werner, A., “Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtakings,” *Transportation Research Record 1287*, TRB, National Research Council, Washington D.C., 1990, pp. 62–69.
- 43.Al-Kaisy, and Karjala, S., “Indicators of Performance on Two-Lane Rural Highways :Empirical Investigation,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2071, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008, pp. 87–97.
- 44.*Modeling Performance Indicators on Two-Lane Rural Highways: The Oregon Experience*, Facility Analysis and Simulation Team, Transportation Development Division, Oregon Department of Transportation, December 2010.
- 45.Brilon, W., and Weiser, F., “Two-Lane Rural Highways: The German Experience,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1988, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006, pp. 38–47.
- 46.Brannolte, U., *Simulation program LASI. Bauhaus-University of Weimar*, 1996.
- 47.St. John, A.D., and Harwood, D.W., *A User's Guide to TWOPAS - A Microscopic Computer Simulation Model of Traffic on Two-Lane, Two-Way Highways* (Performing Organization Report No. 7533-S(6)), Washington, DC: Federal Highway Administration, 1986.
- 48.Dixon, M., Haderlie, S., 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.
- 49.*TSIS 6.2 – CORSIM*, Office of Operations Research, Development and

- Technology, FHWA, February 2010.
50. Washburn, S. S., and Li, J., *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.
51. Hoban, C., Shepherd, R., Fawcett, G., and Robinson, G., *A model for Simulating Traffic on Two-Lane Roads: User Guide and Manual for TRARR*, Version 3.2, Australian Road Research Board, Technical Manual ATM10 B, 1991.
52. *Economic Evaluation of Road Investment Proposals: Overtaking Lanes-An International Review*, Austroads Research Report No. AP-R269/05, Sydney, Australia, 2005.
53. Tapani, A., "Versatile Model for Simulation of Rural Road Traffic," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1934, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., 2005, pp. 169-178.
54. *Traffic Engineering Handbook*, 5th Ed., Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 2007.
55. 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.
56. 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。
57. 交通部運輸研究所，「臺灣地區多車道郊區公路容量及特性研究(三)」，94-78-1221，民國 94 年 6 月。
58. Poplin, W. M., "Acceleration of Heavy Trucks," www.wpoplin.com., Accessed on June 9, 2013.
59. Rakha, H., Lucic, I., Demarchi, S. H., Setti, J. R., and Van Aerde, M., "Vehicle Dynamic Model for Predicting Maximum Truck Acceleration Levels," *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, Sep/Oct 153, Vol. 127, No. 5., 2001, pp. 418-425.

60. Fitch, J. W., *Motor Truck Engineering Handbook*, 4th Ed., Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1994.
61. Noon, R. K., *Forensic Engineering Investigation*, CRC Press, 2002.
62. 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.
63. 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。
64. 交通部運輸研究所，「雙車道公路坡度路段交通特性調查」，民國 102 年 11 月。
65. Pignataro, L. J., *Traffic Engineering – Theory and Practice*, Prentice-Hall, Engle-Wood Cliffs, N.J., 1973.
66. 交通部運輸研究所，「臺灣地區公路容量手冊」，79-27-160，民國 79 年 10 月。
67. 交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究 (1/3)」，97-94-1248，民國 97 年 7 月。
68. 交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究 (2/3)」，99-95-1275，民國 99 年 7 月。

附錄 A、TGS-2L 模式輸入檔(TGS2L.txt)之建立

應用 TGS-2L 模式之主要工作在於建立一輸入檔。此輸入檔之檔名必須設定為 TGS-2L.txt。TGS-2L 模式之執行檔檔名為 TGS-2L.exe，此檔可用於有 Windows 平台（如 XP、Windows 7、Windows 8）之電腦。執行模擬時只須將 TGS-2L.txt 及 TGS-2L.exe 兩個檔案放在同一子目錄(folder)中，然後快速按兩下(double click)執行檔之圖案(icon)就可進行模擬。模擬之輸出檔檔名為 TGS2Lout.txt。

2014 年之 TGS-2L 模式只適用於模擬無號誌化路口之郊區雙車道公路。本附錄說明輸入檔之建立。

A.1 模擬路網

模擬路網包括節點及節線。節線代表兩節點之間的路段。節點分成兩類；第一類代表車輛進入或離開模擬路段之地點，此類節點依序用 600 到 620 之代號來註明；第二類節點代表讓車輛從第一節線進入到另一節線的地點，其代號從 1 開始。節點之總數不能超過 80。

TGS-2L 模式對一節線的狀況有下列的限制：

- 1.速限不同之區段不能超過 5。
- 2.平曲線的數目不能超過 50。
- 3.用縱切線設定路段之縱切面定線(vertical alignment)時，縱切線的數目不能超過 50。
- 4.用在不同地點的高程代表縱切面定線時，有高程輸入值的地點不能超過 500。
- 5.主線右側如有爬坡道或讓慢車避開快車用之短車道時，這種附屬設施的數量不能超過 3。
- 6.一路段有超車區及非超車區時，超車區之數量不能超過 35。

後續發展 TGS-2L 模式之過程中，這些限制可能加以放寬。如果模擬路段的狀況不超過上述之限制，則模擬路網可設定如圖 A-1 所示。

其兩節點的代號須在 600 到 620 之範圍內。一方向之主線車道可設定為節線 1，另一方向之主線車道則可訂為節線 2。

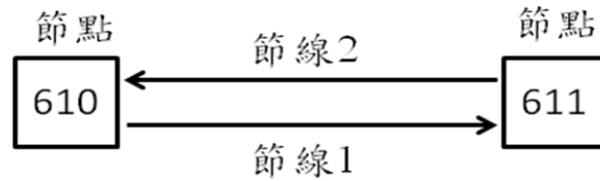


圖 A-1 模擬路網示意圖一

如果一模擬路段的狀況超過前述之限制，則此路段須用較多的節線來代表，如圖 A-2 所示。此圖中，在節點 601 及節點 602 之間的節點之代號須在 600 以下。

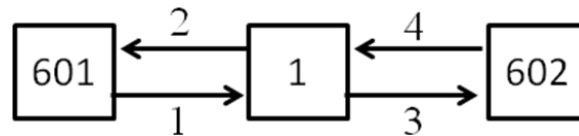


圖 A-2 模擬路網範例之二

每一節線最多可有一全長的主線車道及 9 個附屬車道。以圖 A-3 為例，全長的车道的代號為 1。其他附屬短車道則依序從外到內，並且從上游到下游，分別訂為車道 2, 3, 4, ... 等。

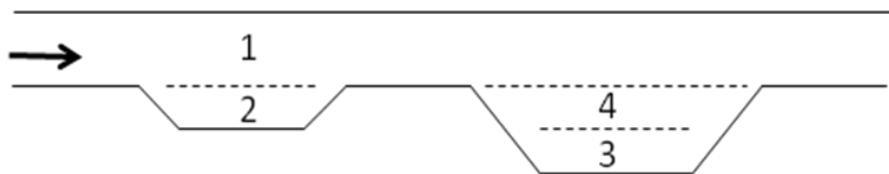


圖 A-3 車道代號示意圖

A.2 輸入檔資料之檔型及資料安排

TGS-2L 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-2L 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-2L 模式已沒有其他輸入資料。

輸入檔各檔型資料的安排如表 A.1 所示。

表 A.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。

A.3 各檔型資料內容

TGS-2L 模式的輸入檔資料有三種型式：整數(integer number)、浮點數(floating number)及文字(character)。整數用來設定如平曲線之代號、車道代號、或節線及節點之代號等狀況。浮點數用來設定如速限、距離、高程、車道寬等狀況。如果浮點數其實也是整數，則該數據也可當作整數（不必有小數點）輸入。例如速限為 60 公里/小時之輸入值可設定為 60，不必用 60.00。

TGS-2L 模式之輸入資料是根據自由格式(free format)來設定。每一行有固定數目的輸入值。兩輸入值之間最少須有 1 空格。所有輸入值必須在第 1 及第 70 欄位之內。如一行輸入值須有 6 個數據，但模擬路段的狀況只須 3 個數據，則該行最後 3 個數據須用 0 來代表，不能空白。附錄 B 及附錄 C 各為分析省道台 7 線及縣道 108 線之輸入檔樣本。

檔型 0 資料

| Nrun | Np | Warm | Dur | T | Tbeg | Tend | Iseed |
|-------|---------------------------------------|------|-----|---|------|------|-------|
| Nrun | = 欲重覆模擬的次數（每次用不同亂數）， $Nrun \leq 30$ ； | | | | | | |
| Np | = 模擬時段數， $Np \leq 10$ ； | | | | | | |
| Warm | = 熱機時間（秒）； | | | | | | |
| Dur | = 熱機之後每一模擬時段之長度（秒）； | | | | | | |
| T | = 模擬單位時間（0.5 或 1.0 秒）； | | | | | | |
| Tbeg | = 開始蒐集時間之瞬間（秒）； | | | | | | |
| Tend | = 結束資料蒐集之瞬間（秒）； | | | | | | |
| Iseed | = 產生亂數之種子（seed number，20991~999999）。 | | | | | | |

如果模擬過程中車流狀況（流率、車種組成等）不變，則模擬時段應包括熱機時段及 1 熱機時段後的時段。在此情況下， $Np = 2$ 。如果車流狀況隨時間而變，則最多可設定 10 個模擬時段，每一時段的長度一樣（如 300 秒）。模擬開始不久之期間內，車流尚未達正常狀況，在這熱機時段內，不宜蒐集資料。原則上，熱機時間最少須等於一車輛走完全程所需的時間。例如模擬路段的長度為 2 公里，預期之速率為 40 公里/小時，則熱機時間最少要有 $2/40$ 小時，亦即大約 180 秒。

TGS-2L 模式之使用者可選用 0.5 秒或 1 秒之單位時間進行模擬。模擬單位時間為 0.5 秒時，TGS-2L 模式每 0.5 秒訂定每一車輛的加速率、速率及位置。所以其模擬所需電腦時間（CPU time）比用 1 秒之模擬單位時間長，但可減少估計誤差。

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

檔型 1 資料

Link Nup Ndn In Cont N Wid

- Link = 一節線之代號（如 1 或 2）；
Nup = 節線 Link 上游節點的代號（如 610）；
Ndn = 節線 Link 下游節點的代號（如 611）；
In = 模擬雙車道公路時，In 值為 0；
Cont = 模擬雙車道公路時，Cont 值為 1；
N = 全長車道數，雙車道公路之 N 等於 1；
Wid = 車道寬（公尺）。

檔型 2 資料

Link Iside Aux L₁ L₂ L₃ Start End

此檔型資料只用在右側有附屬短車道（如爬坡道或慢車用之避車道）之情況。

- Link = 一節線之代號；
Iside = 附屬車道在節線右側時，Iside = 1，否則 Iside = 2；
Aux = 附屬設施種類之代號，在節線端點之間的短車道或爬坡道須訂定為 MID；
L₁, L₂, L₃ = 附屬設施 MID 中，依序從外到內，並且從上游到下游之車道代號（見圖 A-3），如果只有一車道時，則將 L₂ 及 L₃ 設定為 0；
Start = 附屬設施 MID 起點與節線起點之距離（公里）；
End = 附屬設施 MID 終點與節線起點之距離（公里）。

每一附屬設施須有一行檔型 2 之資料。

檔型 3 資料

Node L(1) L(2) L(3) ... L(8)

- Node = 一節點之代號，如圖 A-2 中之節點 1、610 或 611；
L(1) = 進入節點之節線的代號，如圖 A-2 中進入節點 1 之節線 1；
模擬雙車道公路路段時，L(2), ..., L(8) 設定為 0。

檔型 4 資料

Link Kturn Next L_1 L_2 Dis

此檔型資料只用在如圖 A-2 所示，單方向節線超過 1 之情況。

Link = 一節線代號；

Kturn = 圖 A-4 所示，從 Link 離開時之行車方向的代號，模擬雙車道公路路段時，Kturn 等於 5；

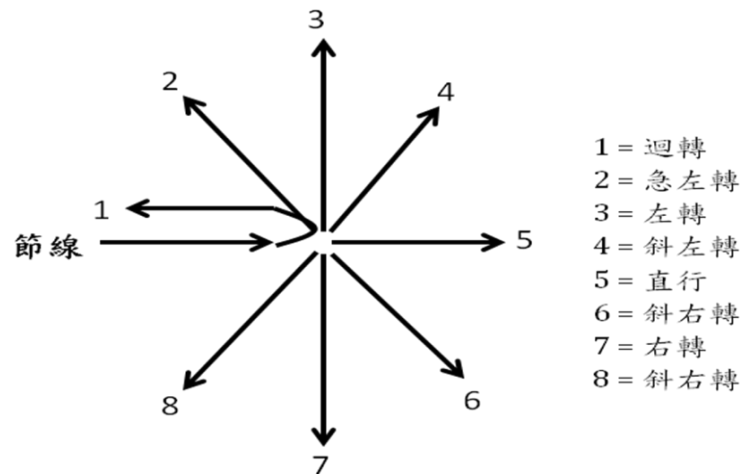


圖 A-4 行進方向之代號

Next = 根據一行車方向離開節線 Link 之後會進入之節線；

L_1 = 節線 Link 之主線車道代號；雙車道公路節線之 L_1 為 1（只有一主線車道）；

L_2 = 從節線 Link 直行進入下游節線時所使用之下游節線的車道代號，因下游節線只有一主線車道，其代號為 1，所以 $L_2 = 1$ ；

Dis = 從一節線以行車方向 Kturn 進入另一節線時，在兩節線交接處之行車距離（公尺），因為沒有交叉路口，所以 $Dis = 0$ 。

檔型 7 資料

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

此檔型資料只用於有超車區之狀況。車輛超車時須占用對向車道。

Link = 一節線代號；

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

如一節線的超車區數目超過 5，則多加檔型 7 之資料。

檔型 10 資料

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

Link = 一節線代號；

Itu = 從節線端點離開時之行車方向，設定為 5（直行）；

L(1) = 以行車方向 Itu 離開節線時能使用之一車道的代號；設定為 1（只有 1 車道）；

模擬雙車道公路路段時，L(2), ..., L(6)設定為 0。

檔型 12 資料

Node Iget IP IQ X(1) X(2) ... X(8)

Node = 讓車輛進入模擬路段之一節點的代號(如圖 A-1 之 610)；

Iget = 設定為 1；

IP = 模擬時段之代號，熱機時段為第 1 時段 (IP=1)，隨後時段之代號為 2, 3, ..., 30)；

IQ = 時段 IP 之流率（輛/小時）；

X(1) = 小車之百分比（如 80.6）；

X(2) = 機車之百分比；

X(3) = 大客車之百分比；

X(4) = 單體大貨車之百分比；

X(5) = 半聯結車之百分比；

X(6) = 全聯結車之百分比；

X(7) = 0；

X(8) = 0。

各車種百分比之總和必須等於 100。

檔型 13 資料

Link Itu X(1) X(2) ... X(8)

Link = 一節線代號；

Itu = 從節線 Link 離開時之行進方向，設定為 5，代表直行；

$X(1), X(2), \dots, X(6)$ = 小車、機車、大客車、單體大貨車、半聯結車、
全聯結車中行進方向為 Itu 之個別百分比，定訂
為 100，表示每一車輛皆直行離開節線；

$X(7) = 0$ ；

$X(8) = 0$ 。

檔型 15 資料

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

Link = 一節線之代號；

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

L(1) = 速限區內小車之速限（公里/小時）；

L(2) = 速限區內機車之速限（公里/小時）；

L(3) = 速限區內大車之速限（公里/小時）；

從上游到下游，每一速限區須有一行檔型 15 之資料。

檔型 17 資料

Link Zone V_1 V_2 V_3

Link = 一節線代號；

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

V_1 = 速限區 Zone 內小車之平均自由速率（公里/小時）；

V_2 = 速限區 Zone 內機車之平均自由速率（公里/小時）；

V_3 = 速限區 Zone 內大車之平均自由速率（公里/小時）；

TGS-2L 模式根據檔型 15 之速限估計平均自由速率如下：

小車：速限加 6 公里/小時；

機車：速限加 3 公里/小時；

大車：速限加 3 公里/小時；

如果這些設定值不適用，則用檔型 17 資料加以調整。訂定 V_1 、
 V_2 及 V_3 時宜用平直路段的速限做基準來估計。有平曲線或坡度
時，TGS-2L 模式會自動估計自由速率。如有現場觀察值，則應用

觀察值。

檔型 18 資料

Link Zone Cap Adj

Link = 一節線代號；

Zone = 一速限區代號；

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

Adj = 容量之調整值(小車/小時/車道)。

如果輸入檔中有檔型 18 之資料，則 TGS-2L 模式用輸入之容量及調整值模擬車流。

如果某速限區沒有檔型 18 之輸入資料，TGS-2L 模式根據平均自由速率或安全速率來估計一速限區之容量。估計模式如下：

$$Cap = 668 + \frac{896.7}{1 + e^{\frac{V_f - 15.134}{12.841}}} \quad (A-1)$$

此式中，

Cap = 容量(小車/小時/車道)；

V_f = 平均自由速率或安全速率(公里/小時)。

平均自由速率或安全速率為 68, 48, 30 及 20 公里時，從式 A-1 所估計之容量各為 1,550、1,500、1,350 及 1,200 小車/小時/車道。在平直路段上，容量之估計是根據平均自由速率，否則 TGS-2L 模式根據曲率及坡度估計安全速率，然後估計容量。

檔型 19 資料

Node V_1 V_2 V_3

Node = 讓車輛進入模擬路網之一節點的代號(如 600, 601)；

V_1 = 從 Node 進入路網時小車之平均自由速率(公里/小時)；

V_2 = 從 Node 進入路網時機車之平均自由速率(公里/小時)；

V_3 = 從 Node 進入路網時大車之平均自由速率(公里/小時)；

檔型 30 資料

Link ID Begin Over Slope

Link = 一節線代號；

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

Begin = 縱切線起點與節線起點的距離 (公里)；

Over = 縱切線終點與節線起起點的距離 (公里)；

Slope = 縱切線之坡度 (%)，上坡為正值，下坡為負值。

TGS-2L 模式讓使用者選擇代表縱切面定線(vertical alignment 或 profile)之性質。如一路段是根據現代公路設計標準所建造，因此有一連串的縱切線及豎曲線，則用檔型 30 的資料訂定縱切面之性質比較方便。否則使用者必須用檔型 31 資料。

另一方面，如果模擬路段沒有坡度，則不須用檔型 30 或 31 之輸入資料。設定檔型 30 之資料時，一節線的第一縱切線從節線的起點開始，最後一縱切線也須終止在節線的終點。但事實上節線的起點及終點可能沒有在一縱切線上，如圖 A-5 所示。在這情況下，在節線起點及終點處必須設定一沒有長度的虛擬(virtual)縱切線。模擬使用者必須估計此縱切線之坡度。

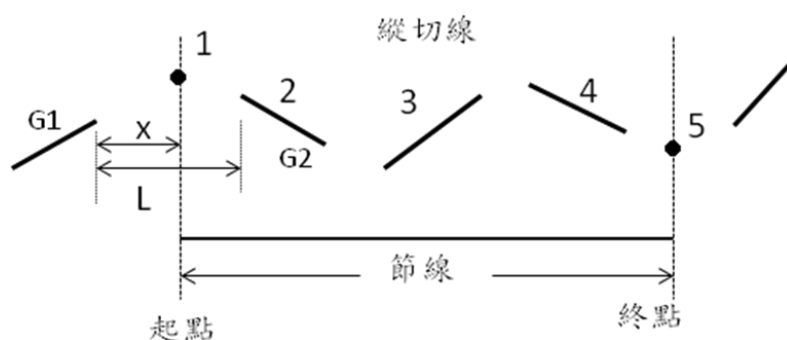


圖 A-5 節線起點及終點無縱切線（在曲線上）之示意圖

以圖 A-5 在節線起點兩旁之縱切線為例。如果起點左側之縱切線的坡度為 G_1 ，右側縱切線之坡度為 G_2 ，兩切線之間曲線之長度為 L ，節線起點到上游切線之距離為 x ，則路段在起點之坡度可估計如下：

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

此式中，

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

節線之起點或終點的坡度估計完成之後，第一縱切線之相關檔型 30 資料可能如下所示：

1 1 0.0 0.0 -3.8

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

另一方面，如果一節線的起點或終點在一縱切線上，如圖 A-6 所示，第一縱切線（ID = 1）從第一節線之起點開始（Begin = 0.0），其終點離節線起點 0.5 公里（Over = 0.5），則檔型 30 資料為：

1 1 0.0 0.5 3.2

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

1 4 1.8 2.0 -4.0

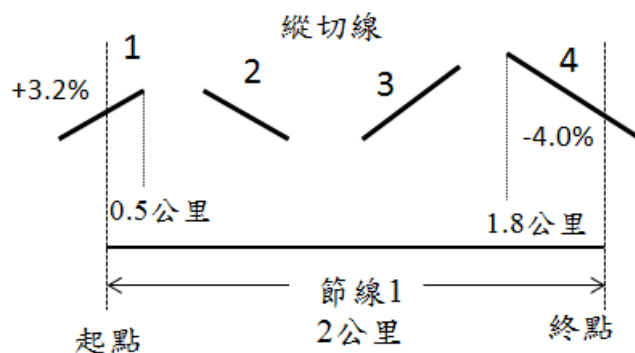


圖 A-6 節線起點及終點在縱切線上之示意圖

檔型 31 資料

Link ID X E

Link = 一節線之代號；

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

X = 定點 ID 與節線起點之平平距離（公里）；

E = 定點 ID 之高程（公尺）；

如果不用檔型 30 資料設定縱切面的狀況，而且節線有坡度，則須設定檔型 31 資料。此資料之第一定點及最後一定點必須各為節線之起點及終點。兩定點之間的距離越短越能較準確地代表實際的縱切面。

檔型 32 資料

Link ID Begin Over Radius

Link = 一節線之代號；

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

Begin = 平曲線 ID 起點與節線起點之距離（公里）；

Over = 平曲線 ID 終點與節線起點之距離（公里）；

Radius = 平曲線 ID 之曲率半徑（公尺）。

檔型 35 資料

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

Link = 一節線之代號；

D(i) = 從上游到下游，第 i 車輛偵測站與節線起點之距離（公里）；

TGS-2L 模式讓使用者在每節線上最多設置 10 個車輛偵測器，以利於進行交通分析。這些偵測器蒐集通過偵測站之車輛的流率、空間平均速率、時間平均速率及各車種之百分比。如一節線無偵測站，則不須設定檔型 35 資料。如果一節線之偵測站數少於 10，則不存在之偵測站須用 0 代表 D(i) 之值。

檔型 36 資料

Fixed Const

Fixed = 0 或 1 ；

Const = 99 或任何 0 到 999 之數據（不能空白）。

TGS-2L 之模擬車輛各有不同之行為（如加速率及欲維持之最高速率）。如模式之使用者欲使用代表性車輛（亦即有平均行車行為之車輛）估計自由速率隨坡度及坡長之變化，則須將 Fixed 設定為 1。否則不可用此檔型或必須將 Fixed 設定為 0。

檔型 40 資料

Alt Const

Alt = 模擬路段之高程（公尺）；

Const = 99 或任何 0 到 999 之數據（不能空白）。

TGS-2L 模式將每一模擬路段的高程設定為 200 公尺。此高程對坡度路段上車輛加速率的估計值有輕微的影響。如果 200 公尺之高程可接受，則不須用此檔型資料加以修改。

檔型 41 資料

Kind Mass Power Eff

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

Mass = 車種 Kind 之質量（kg，公斤）；

Power = 車種 Kind 之馬力（kW）；

Eff = 車種 Kind 之牽引力傳輸效率。

TGS-2L 模式將各車種的質重、馬力及牽引力傳輸效率設定如表 A.2 所示。

如果表 A.2 之設定值適用，則不必用檔型 41 資料更改設定值。

表 A.2 代表性質重、馬力及牽引力傳輸效率

| 車種 | 質重(kg) | 馬力(kW) | 動力傳輸效率 |
|------|--------|--------|--------|
| 小車 | 1,590 | 30 | 0.90 |
| 機車 | 200 | 5 | 0.90 |
| 大客車 | 18,000 | 200 | 0.85 |
| 大貨車 | 10,500 | 165 | 0.85 |
| 半聯結車 | 20,000 | 220 | 0.85 |
| 全聯結車 | 20,000 | 220 | 0.85 |

檔型 42 資料

Kind Drag Area

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

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

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

TGS-2L 模式將各車種的後拉係數及正向面積, 設定如表 A.3 所示。

表 A.3 代表性後拉係數及正向面積

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

如果表 A.3 所列之代表值不適用, 則可用檔型 42 資料加以改正。

附錄 B、模擬省道台 7 線路段之輸入值

```

5555 0    simulation controls,number of runs, # periods, data collection period, seed
2    2    300  2500 0.5  1200  2800 250987
5555 1    read type 1 data, upstream node, down stream node, ids of 6 continuous
lanes
1    610  611  0    NO    1    3.5  2.0  1.2  2.099  0.0
2    611  610  0    NO    1    3.5  2.0  1.2  2.099  0.0
5555 2    read type 2 data, auxiliary lanes, type, side, 3lane ids,
1    1    MID  2    0    0    13.000    14.0
2    1    MID  2    0    0    15.7    20.9
5555 3    read type 3 data, node, entry links
611  1  0    0    0    0    0    0    0
610  2  0    0    0    0    0    0    0
5555 7    read Type 7 data , link, start $ end of 5 passing zones
1    1.0  1.0  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
5555 10    Type 10 data, turn type allowed, ids of lanes
1    5    1    0    0    0    0    0
2    5    1    0    0    0    0    0
5555 12    Type 12 data, flow rates at source nodes
610  1    1    30  000.0  000.  100.  000.  000. 000. 000.0  000.
610  1    2    30  000.0  000.  100.  000.  000. 000. 000.0  000.
611  1    1    30  000.0  000.  100.  000.  000. 000. 000.0  000.
611  1    2    30  000.0  000.  100.  000.  000. 000. 000.0  000.
5555 13    Type 13 data, turning movements at end of link
1    5    100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
2    5    100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
5555 15    Type 15 data, Speed Zones
1    0.0    50  50  50
1    5.0    50  50  50
2    0.0    50  50  50
5555 17    Type 17 data , change free flow speed for each zone
1    1    72  57  60
1    2    72  57  60

```

| | | | | |
|---|-----|--------|-------|----|
| 2 | 1 | 72 | 61 | 60 |
| 5555 18 Type 18 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, adjustment | | | | |
| 1 | 1 | 1500 | 0 | |
| 1 | 2 | 1500 | 0 | |
| 2 | 1 | 1500 | 0 | |
| 5555 19 TYPE 19 data, starting free-flow speed at origin nodes | | | | |
| 610 | 72. | 57.0 | 60.0 | |
| 611 | 72. | 57.0 | 60.0 | |
| 5555 31 TYPE 31 data for Souththbound (Downgrade)elevations on P7 | | | | |
| 1 | 1 | 0.0000 | 458.7 | |
| 1 | 2 | 0.0800 | 453.3 | |
| 1 | 3 | 0.1353 | 449.5 | |
| 1 | 4 | 0.1774 | 446.8 | |
| 1 | 5 | 0.2300 | 443.5 | |
| 1 | 6 | 0.2747 | 441.4 | |
| 1 | 7 | 0.3274 | 438.1 | |
| 1 | 8 | 0.3670 | 435.8 | |
| 1 | 9 | 0.4100 | 432.0 | |
| 1 | 10 | 0.4440 | 428.8 | |
| 1 | 11 | 0.4958 | 425.0 | |
| 1 | 12 | 0.5374 | 422.2 | |
| 1 | 13 | 0.5956 | 417.1 | |
| 1 | 14 | 0.6371 | 413.2 | |
| 1 | 15 | 0.6923 | 408.8 | |
| 1 | 16 | 0.7444 | 405.0 | |
| 1 | 17 | 0.7910 | 401.2 | |
| 1 | 18 | 0.8384 | 397.0 | |
| 1 | 19 | 0.8880 | 392.4 | |
| 1 | 20 | 0.9390 | 387.7 | |
| 1 | 21 | 1.0105 | 382.6 | |
| 1 | 22 | 1.0732 | 379.1 | |
| 1 | 23 | 1.1257 | 375.0 | |
| 1 | 24 | 1.1700 | 371.6 | |
| 1 | 25 | 1.2150 | 367.8 | |
| 1 | 26 | 1.2657 | 362.9 | |

| | | | | | |
|---|----|--------|-------|----|--------|
| 1 | 27 | 1.3163 | 358.3 | | |
| 1 | 28 | 1.3608 | 357.5 | | |
| 1 | 29 | 1.4110 | 353.5 | | |
| 1 | 30 | 1.4850 | 347.7 | | |
| 1 | 31 | 1.5310 | 343.2 | | |
| 1 | 32 | 1.5695 | 340.2 | | |
| 1 | 33 | 1.6315 | 335.3 | | |
| 1 | 34 | 1.6915 | 333.1 | | |
| 1 | 35 | 1.7362 | 331.4 | | |
| 1 | 36 | 1.7750 | 329.3 | | |
| 1 | 37 | 1.8176 | 326.9 | | |
| 1 | 38 | 1.8700 | 324.8 | | |
| 1 | 39 | 1.9150 | 324.1 | | |
| 1 | 40 | 1.9773 | 325.2 | | |
| 1 | 41 | 2.0383 | 326.7 | | |
| 1 | 42 | 2.0990 | 328.1 | | |
| 2 | 1 | 0.0000 | 328.1 | 42 | 2.0990 |
| 2 | 2 | 0.0607 | 326.7 | 41 | 2.0383 |
| 2 | 3 | 0.1217 | 325.2 | 40 | 1.9773 |
| 2 | 4 | 0.1840 | 324.1 | 39 | 1.9150 |
| 2 | 5 | 0.2290 | 324.8 | 38 | 1.8700 |
| 2 | 6 | 0.2814 | 326.9 | 37 | 1.8176 |
| 2 | 7 | 0.3240 | 329.3 | 36 | 1.7750 |
| 2 | 8 | 0.3628 | 331.4 | 35 | 1.7362 |
| 2 | 9 | 0.4075 | 333.1 | 34 | 1.6915 |
| 2 | 10 | 0.4675 | 335.3 | 33 | 1.6315 |
| 2 | 11 | 0.5295 | 340.2 | 32 | 1.5695 |
| 2 | 12 | 0.5680 | 343.2 | 31 | 1.5310 |
| 2 | 13 | 0.6140 | 347.7 | 30 | 1.4850 |
| 2 | 14 | 0.6880 | 353.5 | 29 | 1.4110 |
| 2 | 15 | 0.7382 | 357.5 | 28 | 1.3608 |
| 2 | 16 | 0.7827 | 358.3 | 27 | 1.3163 |
| 2 | 17 | 0.8333 | 362.9 | 26 | 1.2657 |
| 2 | 18 | 0.8840 | 367.8 | 25 | 1.2150 |
| 2 | 19 | 0.9290 | 371.6 | 24 | 1.1700 |

| | | | | | |
|---|----|--------|-------|----|--------|
| 2 | 20 | 0.9733 | 375.0 | 23 | 1.1257 |
| 2 | 21 | 1.0258 | 379.1 | 22 | 1.0732 |
| 2 | 22 | 1.0885 | 382.6 | 21 | 1.0105 |
| 2 | 23 | 1.1600 | 387.7 | 20 | 0.9390 |
| 2 | 24 | 1.2110 | 392.4 | 19 | 0.8880 |
| 2 | 25 | 1.2606 | 397.0 | 18 | 0.8384 |
| 2 | 26 | 1.3080 | 401.2 | 17 | 0.7910 |
| 2 | 27 | 1.3546 | 405.0 | 16 | 0.7444 |
| 2 | 28 | 1.4067 | 408.8 | 15 | 0.6923 |
| 2 | 29 | 1.4619 | 413.2 | 14 | 0.6371 |
| 2 | 30 | 1.5034 | 417.1 | 13 | 0.5956 |
| 2 | 31 | 1.5616 | 422.2 | 12 | 0.5374 |
| 2 | 32 | 1.6032 | 425.0 | 11 | 0.4958 |
| 2 | 33 | 1.6550 | 428.8 | 10 | 0.4440 |
| 2 | 34 | 1.6890 | 432.0 | 9 | 0.4100 |
| 2 | 35 | 1.7320 | 435.8 | 8 | 0.3670 |
| 2 | 36 | 1.7716 | 438.1 | 7 | 0.3274 |
| 2 | 37 | 1.8243 | 441.4 | 6 | 0.2747 |
| 2 | 38 | 1.8690 | 443.5 | 5 | 0.2300 |
| 2 | 39 | 1.9216 | 446.8 | 4 | 0.1774 |
| 2 | 40 | 1.9637 | 449.5 | 3 | 0.1353 |
| 2 | 41 | 2.0190 | 453.3 | 2 | 0.0800 |
| 2 | 42 | 2.0990 | 458.7 | 1 | 0.0000 |

5555 32 TYPE 32 data, horizontal curves

| | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|----------------------------------|
| 1 | 1 | 0.0000 | 0.0301 | 54.7 | Curve ID, Start, end, radius (m) |
| 1 | 2 | 0.1156 | 0.1618 | 158.1 | |
| 1 | 3 | 0.1618 | 0.1744 | 66.2 | |
| 1 | 4 | 0.1910 | 0.2000 | 18.4 | |
| 1 | 5 | 0.2000 | 0.2495 | 67.2 | |
| 1 | 6 | 0.3400 | 0.3911 | 75.7 | |
| 1 | 7 | 0.3983 | 0.4314 | 61.5 | |
| 1 | 8 | 0.4382 | 0.4761 | 65.8 | |
| 1 | 9 | 0.4839 | 0.5536 | 184.3 | |
| 1 | 10 | 0.5536 | 0.6114 | 62.6 | |
| 1 | 11 | 0.6114 | 0.6712 | 316.8 | |

| | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1 | 12 | 0.6959 | 0.7763 | 53.0 | | |
| 1 | 13 | 0.8736 | 0.9438 | 49.3 | | |
| 1 | 14 | 0.9500 | 1.0011 | 39.1 | | |
| 1 | 15 | 1.0100 | 1.0839 | 438.2 | | |
| 1 | 16 | 1.0958 | 1.2000 | 181.8 | | |
| 1 | 17 | 1.2700 | 1.3391 | 102.9 | | |
| 1 | 18 | 1.3500 | 1.4026 | 81.7 | | |
| 1 | 19 | 1.4026 | 1.4491 | 49.4 | | |
| 1 | 20 | 1.4491 | 1.4849 | 114.1 | | |
| 1 | 21 | 1.4849 | 1.5200 | 233.1 | | |
| 1 | 22 | 1.5200 | 1.5600 | 61.6 | | |
| 1 | 23 | 1.5600 | 1.5873 | 58.5 | | |
| 1 | 24 | 1.6205 | 1.6675 | 29.6 | | |
| 1 | 25 | 1.6675 | 1.7100 | 26.7 | | |
| 1 | 26 | 1.7171 | 1.7400 | 19.2 | | |
| 1 | 27 | 1.7400 | 1.7613 | 54.1 | | |
| 1 | 28 | 1.7849 | 1.8251 | 32.5 | | |
| 1 | 29 | 1.8477 | 1.8760 | 28.7 | | |
| 1 | 30 | 1.8760 | 1.9200 | 61.0 | | |
| 1 | 31 | 2.0000 | 2.0990 | 164.5 | | |
| 2 | 1 | 0.0000 | 0.0990 | 164.5 | 0.0000 | 0.0301 |
| 2 | 2 | 0.1790 | 0.2230 | 61.0 | 0.1156 | 0.1618 |
| 2 | 3 | 0.2230 | 0.2513 | 28.7 | 0.1618 | 0.1744 |
| 2 | 4 | 0.2739 | 0.3141 | 32.5 | 0.1910 | 0.2000 |
| 2 | 5 | 0.3377 | 0.3590 | 54.1 | 0.2000 | 0.2495 |
| 2 | 6 | 0.3590 | 0.3819 | 19.2 | 0.3400 | 0.3911 |
| 2 | 7 | 0.3890 | 0.4315 | 26.7 | 0.3983 | 0.4314 |
| 2 | 8 | 0.4315 | 0.4785 | 29.6 | 0.4382 | 0.4761 |
| 2 | 9 | 0.5117 | 0.5390 | 58.5 | 0.4839 | 0.5536 |
| 2 | 10 | 0.5390 | 0.5790 | 61.6 | 0.5536 | 0.6114 |
| 2 | 11 | 0.5790 | 0.6141 | 233.1 | 0.6114 | 0.6712 |
| 2 | 12 | 0.6141 | 0.6499 | 114.1 | 0.6959 | 0.7763 |
| 2 | 13 | 0.6499 | 0.6964 | 49.4 | 0.8736 | 0.9438 |
| 2 | 14 | 0.6964 | 0.7490 | 81.7 | 0.9500 | 1.0011 |
| 2 | 15 | 0.7599 | 0.8290 | 102.9 | 1.0100 | 1.0839 |

| | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 2 | 16 | 0.8990 | 1.0032 | 181.8 | 1.0958 | 1.2000 |
| 2 | 17 | 1.0151 | 1.0890 | 438.2 | 1.2700 | 1.3391 |
| 2 | 18 | 1.0979 | 1.1490 | 39.1 | 1.3500 | 1.4026 |
| 2 | 19 | 1.1552 | 1.2254 | 49.3 | 1.4026 | 1.4491 |
| 2 | 20 | 1.3227 | 1.4031 | 53.0 | 1.4491 | 1.4849 |
| 2 | 21 | 1.4278 | 1.4876 | 316.8 | 1.4849 | 1.5200 |
| 2 | 22 | 1.4876 | 1.5454 | 62.6 | 1.5200 | 1.5600 |
| 2 | 23 | 1.5454 | 1.6151 | 184.3 | 1.5600 | 1.5873 |
| 2 | 24 | 1.6229 | 1.6608 | 65.8 | 1.6205 | 1.6675 |
| 2 | 25 | 1.6676 | 1.7007 | 61.5 | 1.6675 | 1.7100 |
| 2 | 26 | 1.7079 | 1.7590 | 75.7 | 1.7171 | 1.7400 |
| 2 | 27 | 1.8495 | 1.8990 | 67.2 | 1.7400 | 1.7613 |
| 2 | 28 | 1.8990 | 1.9080 | 18.4 | 1.7849 | 1.8251 |
| 2 | 29 | 1.9246 | 1.9372 | 66.2 | 1.8477 | 1.8760 |
| 2 | 30 | 1.9372 | 1.9834 | 158.1 | 1.8760 | 1.9200 |
| 2 | 31 | 2.0689 | 2.0990 | 54.7 | 2.0000 | 2.0990 |

5555 35 Type 35 data, detector for flow data

1 0.293 0.791 3.0 5.0 6.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0

2 0.163 0.891 3.0 5.0 6.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0

5555 41 Type 41 data, revise mass, horsepower, efficiency

1 2000 27 0.90

2 180 5.0 0.9

3 15000 150 0.85

4 10000 165 0.85

5 20000 220 0.85

99999 99999

附錄 C、模擬縣道 108 線路段之輸入值

```

5555 0    simulation controls,number of runs, # periods, data collection period, seed
2    2    300  2500 0.5  1200  2800 250987
5555 1    read type 1 data, upstream node, down stream node, ids of 6 continuous lanes
1    610  611  0    NO   1    3.5  2.0  1.2  3.0  0.0
2    611  610  0    NO   1    3.5  2.0  1.2  3.0  0.0
5555 2    read type 2 data, auxiliary lanes, type, side, 3lane ids,
1    1    MID  2    0    0    13.000    14.0
2    1    MID  2    0    0    15.7    20.9
5555 3    read type 3 data, node, entry links
611  1  0    0    0    0    0    0    0
610  2  0    0    0    0    0    0    0
5555 7    read Type 7 data , link, start $ end of 5 passing zones
1    1.0  1.0  0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
5555 10    Type 10 data, turn type allowed, ids of lanes
1    5    1    0    0    0    0    0
2    5    1    0    0    0    0    0
5555 12    Type 12 data, flow rates at source nodes
610  1    1    100  000.0  100.0  000.0  000.0  000.00 0.0  0.0  0.0
610  1    2    100  000.0  100.0  000.0  000.0  000.00 0.0  0.0  0.0
611  1    1    100  000.0  100.0  000.0  000.0  000.00 0.0  0.0  0.0
611  1    2    100  000.0  100.0  000.0  000.0  000.00 0.0  0.0  0.0
5555 13    Type 13 data, turning movements at end of link
1    5    100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
2    5    100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
5555 15    Type 15 data, Speed Zones
1    0.0    50  50  50
1    5.0    50  50  50
2    0.0    50  50  50
5555 17    Type 17 data , change free flow speed for each zone
1    1    65  60  60
1    2    65  60  60
2    1    58  55  55

```

5555 18 Type 18 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, adjustment

1 1 1500 0

1 2 1500 0

2 1 1500 0

5555 19 TYPE 19 data, starting free-flow speed at origin nodes

610 65. 60.0 60.0

611 55. 56.0 55.0

5555 31 TYPE 31 data for northbound grades at San-Yi

1 1 0.0000 234.9

1 2 0.0500 234.7

1 3 0.1033 234.8

1 4 0.1550 234.3

1 5 0.2022 234.5

1 6 0.2574 234.6

1 7 0.3062 234.1

1 8 0.3558 233.4

1 9 0.4037 231.0

1 10 0.4502 227.4

1 11 0.5043 224.2

1 12 0.5554 221.7

1 13 0.6041 220.1

1 14 0.6532 217.9

1 15 0.7018 214.4

1 16 0.7500 211.5

1 17 0.7946 208.2

1 18 0.8491 205.4

1 19 0.8952 203.8

1 20 0.9512 200.7

1 21 1.0125 196.2

1 22 1.0472 194.9

1 23 1.0966 192.4

1 24 1.1562 189.7

1 25 1.1956 187.7

1 26 1.2824 182.9

1 27 1.3275 181.4

| | | | | | |
|---|----|--------|-------|----|--------|
| 1 | 28 | 1.3902 | 180.0 | | |
| 1 | 29 | 1.4303 | 177.1 | | |
| 1 | 30 | 1.4823 | 172.4 | | |
| 1 | 31 | 1.5353 | 168.9 | | |
| 1 | 32 | 1.5810 | 167.4 | | |
| 1 | 33 | 1.6300 | 164.6 | | |
| 1 | 34 | 1.7080 | 160.5 | | |
| 1 | 35 | 1.7584 | 158.6 | | |
| 1 | 36 | 1.8075 | 155.4 | | |
| 1 | 37 | 1.8592 | 151.4 | | |
| 1 | 38 | 1.9136 | 147.4 | | |
| 1 | 39 | 1.9628 | 145.1 | | |
| 1 | 40 | 2.0100 | 142.4 | | |
| 1 | 41 | 2.0626 | 138.8 | | |
| 1 | 42 | 2.1100 | 134.7 | | |
| 1 | 43 | 2.1505 | 131.7 | | |
| 1 | 44 | 2.2091 | 128.3 | | |
| 1 | 45 | 2.2585 | 124.3 | | |
| 1 | 46 | 2.3013 | 121.4 | | |
| 1 | 47 | 2.3572 | 119.3 | | |
| 1 | 48 | 2.4054 | 118.9 | | |
| 1 | 49 | 2.4513 | 118.3 | | |
| 1 | 50 | 2.5000 | 117.1 | | |
| 1 | 51 | 2.5521 | 114.3 | | |
| 1 | 52 | 2.6028 | 112.1 | | |
| 1 | 53 | 2.6533 | 110.6 | | |
| 1 | 54 | 2.7033 | 109.3 | | |
| 1 | 55 | 2.7544 | 106.9 | | |
| 1 | 56 | 2.8012 | 106.1 | | |
| 1 | 57 | 2.8566 | 105.3 | | |
| 1 | 58 | 2.9055 | 102.5 | | |
| 1 | 59 | 3.0 | 98.2 | | |
| 2 | 1 | 0.0000 | 98.2 | 59 | 2.9958 |
| 2 | 2 | 0.0903 | 102.5 | 58 | 2.9055 |
| 2 | 3 | 0.1392 | 105.3 | 57 | 2.8566 |

| | | | | | |
|---|----|--------|-------|----|--------|
| 2 | 4 | 0.1946 | 106.1 | 56 | 2.8012 |
| 2 | 5 | 0.2414 | 106.9 | 55 | 2.7544 |
| 2 | 6 | 0.2925 | 109.3 | 54 | 2.7033 |
| 2 | 7 | 0.3425 | 110.6 | 53 | 2.6533 |
| 2 | 8 | 0.3930 | 112.1 | 52 | 2.6028 |
| 2 | 9 | 0.4437 | 114.3 | 51 | 2.5521 |
| 2 | 10 | 0.4958 | 117.1 | 50 | 2.5000 |
| 2 | 11 | 0.5445 | 118.3 | 49 | 2.4513 |
| 2 | 12 | 0.5904 | 118.9 | 48 | 2.4054 |
| 2 | 13 | 0.6386 | 119.3 | 47 | 2.3572 |
| 2 | 14 | 0.6945 | 121.4 | 46 | 2.3013 |
| 2 | 15 | 0.7373 | 124.3 | 45 | 2.2585 |
| 2 | 16 | 0.7867 | 128.3 | 44 | 2.2091 |
| 2 | 17 | 0.8453 | 131.7 | 43 | 2.1505 |
| 2 | 18 | 0.8858 | 134.7 | 42 | 2.1100 |
| 2 | 19 | 0.9332 | 138.8 | 41 | 2.0626 |
| 2 | 20 | 0.9858 | 142.4 | 40 | 2.0100 |
| 2 | 21 | 1.0330 | 145.1 | 39 | 1.9628 |
| 2 | 22 | 1.0822 | 147.4 | 38 | 1.9136 |
| 2 | 23 | 1.1366 | 151.4 | 37 | 1.8592 |
| 2 | 24 | 1.1883 | 155.4 | 36 | 1.8075 |
| 2 | 25 | 1.2374 | 158.6 | 35 | 1.7584 |
| 2 | 26 | 1.2878 | 160.5 | 34 | 1.7080 |
| 2 | 27 | 1.3658 | 164.6 | 33 | 1.6300 |
| 2 | 28 | 1.4148 | 167.4 | 32 | 1.5810 |
| 2 | 29 | 1.4605 | 168.9 | 31 | 1.5353 |
| 2 | 30 | 1.5135 | 172.4 | 30 | 1.4823 |
| 2 | 31 | 1.5655 | 177.1 | 29 | 1.4303 |
| 2 | 32 | 1.6056 | 180.0 | 28 | 1.3902 |
| 2 | 33 | 1.6683 | 181.4 | 27 | 1.3275 |
| 2 | 34 | 1.7134 | 182.9 | 26 | 1.2824 |
| 2 | 35 | 1.8002 | 187.7 | 25 | 1.1956 |
| 2 | 36 | 1.8396 | 189.7 | 24 | 1.1562 |
| 2 | 37 | 1.8992 | 192.4 | 23 | 1.0966 |
| 2 | 38 | 1.9486 | 194.9 | 22 | 1.0472 |

| | | | | | |
|---|----|--------|-------|----|--------|
| 2 | 39 | 1.9833 | 196.2 | 21 | 1.0125 |
| 2 | 40 | 2.0446 | 200.7 | 20 | 0.9512 |
| 2 | 41 | 2.1006 | 203.8 | 19 | 0.8952 |
| 2 | 42 | 2.1467 | 205.4 | 18 | 0.8491 |
| 2 | 43 | 2.2012 | 208.2 | 17 | 0.7946 |
| 2 | 44 | 2.2458 | 211.5 | 16 | 0.7500 |
| 2 | 45 | 2.2940 | 214.4 | 15 | 0.7018 |
| 2 | 46 | 2.3426 | 217.9 | 14 | 0.6532 |
| 2 | 47 | 2.3917 | 220.1 | 13 | 0.6041 |
| 2 | 48 | 2.4404 | 221.7 | 12 | 0.5554 |
| 2 | 49 | 2.4915 | 224.2 | 11 | 0.5043 |
| 2 | 50 | 2.5456 | 227.4 | 10 | 0.4502 |
| 2 | 51 | 2.5921 | 231.0 | 9 | 0.4037 |
| 2 | 52 | 2.6400 | 233.4 | 8 | 0.3558 |
| 2 | 53 | 2.6896 | 234.1 | 7 | 0.3062 |
| 2 | 54 | 2.7384 | 234.6 | 6 | 0.2574 |
| 2 | 55 | 2.7936 | 234.5 | 5 | 0.2022 |
| 2 | 56 | 2.8408 | 234.3 | 4 | 0.1550 |
| 2 | 57 | 2.8925 | 234.8 | 3 | 0.1033 |
| 2 | 58 | 2.9458 | 234.7 | 2 | 0.0500 |
| 2 | 59 | 3.0 | 234.9 | 1 | 0.0000 |

5555 32 TYPE 32 data, horizontal curves

| | | | | | Curve ID, Start, end, radius (m) |
|---|----|--------|--------|-------|----------------------------------|
| 1 | 1 | 0.0800 | 0.1900 | 205.7 | |
| 1 | 2 | 0.2425 | 0.3603 | 105.1 | |
| 1 | 3 | 0.3900 | 0.4501 | 46.4 | |
| 1 | 4 | 0.4812 | 0.5477 | 89.9 | |
| 1 | 5 | 0.5913 | 0.6359 | 57.6 | |
| 1 | 6 | 0.6410 | 0.6840 | 33.7 | |
| 1 | 7 | 0.7010 | 0.7262 | 32.0 | |
| 1 | 8 | 0.7351 | 0.7552 | 19.7 | |
| 1 | 9 | 0.8022 | 0.8400 | 32.5 | |
| 1 | 10 | 0.8918 | 0.9160 | 236.8 | |
| 1 | 11 | 0.9160 | 0.9376 | 45.7 | |
| 1 | 12 | 0.9376 | 0.9963 | 49.5 | |
| 1 | 13 | 0.9963 | 1.0270 | 24.9 | |

| | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1 | 14 | 1.0410 | 1.0756 | 47.1 | | |
| 1 | 15 | 1.0756 | 1.0978 | 18.4 | | |
| 1 | 16 | 1.1014 | 1.1412 | 42.6 | | |
| 1 | 17 | 1.1473 | 1.1566 | 16.3 | | |
| 1 | 18 | 1.1566 | 1.2228 | 76.8 | | |
| 1 | 19 | 1.2284 | 1.2700 | 27.1 | | |
| 1 | 20 | 1.2767 | 1.3095 | 74.0 | | |
| 1 | 21 | 1.3095 | 1.3384 | 100.5 | | |
| 1 | 22 | 1.3644 | 1.3910 | 17.6 | | |
| 1 | 23 | 1.4034 | 1.4350 | 33.0 | | |
| 1 | 24 | 1.4505 | 1.5090 | 73.3 | | |
| 1 | 25 | 1.5160 | 1.5500 | 53.1 | | |
| 1 | 26 | 1.5600 | 1.5890 | 28.0 | | |
| 1 | 27 | 1.6500 | 1.6792 | 14.0 | | |
| 1 | 28 | 1.6792 | 1.6955 | 16.4 | | |
| 1 | 29 | 1.6955 | 1.7167 | 356.1 | | |
| 1 | 30 | 1.7210 | 1.7730 | 159.9 | | |
| 1 | 31 | 1.7800 | 1.8170 | 84.8 | | |
| 1 | 32 | 1.8230 | 1.8520 | 125.0 | | |
| 1 | 33 | 1.8560 | 1.8980 | 40.0 | | |
| 1 | 34 | 1.9010 | 1.9328 | 116.3 | | |
| 1 | 35 | 1.9500 | 1.9690 | 59.5 | | |
| 1 | 36 | 1.9737 | 2.0970 | 150.8 | | |
| 1 | 37 | 2.0100 | 2.0451 | 130.0 | | |
| 1 | 38 | 2.1490 | 2.2139 | 231.7 | | |
| 1 | 39 | 2.2139 | 2.2850 | 665.7 | | |
| 1 | 40 | 2.3200 | 2.3900 | 189.4 | | |
| 1 | 41 | 2.3900 | 2.4410 | 55.4 | | |
| 1 | 42 | 2.4410 | 2.4960 | 205.6 | | |
| 1 | 43 | 2.5143 | 2.6300 | 109.7 | | |
| 1 | 44 | 2.6300 | 2.7400 | 189.6 | | |
| 1 | 45 | 2.7400 | 2.7930 | 83.3 | | |
| 1 | 46 | 2.7932 | 2.8554 | 108.2 | | |
| 2 | 1 | 0.1404 | 0.2026 | 108.2 | 0.0800 | 0.1900 |
| 2 | 2 | 0.2028 | 0.2558 | 83.3 | 0.2425 | 0.3603 |

| | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 2 | 3 | 0.2558 | 0.3658 | 189.6 | 0.3900 | 0.4501 |
| 2 | 4 | 0.3658 | 0.4815 | 109.7 | 0.4812 | 0.5477 |
| 2 | 5 | 0.4998 | 0.5548 | 205.6 | 0.5913 | 0.6359 |
| 2 | 6 | 0.5548 | 0.6058 | 55.4 | 0.6410 | 0.6840 |
| 2 | 7 | 0.6058 | 0.6758 | 189.4 | 0.7010 | 0.7262 |
| 2 | 8 | 0.7108 | 0.7819 | 665.7 | 0.7351 | 0.7552 |
| 2 | 9 | 0.7819 | 0.8468 | 231.7 | 0.8022 | 0.8400 |
| 2 | 10 | 0.9507 | 0.9858 | 130.0 | 0.8918 | 0.9160 |
| 2 | 11 | 0.8988 | 1.0221 | 150.8 | 0.9160 | 0.9376 |
| 2 | 12 | 1.0268 | 1.0458 | 59.5 | 0.9376 | 0.9963 |
| 2 | 13 | 1.0630 | 1.0948 | 116.3 | 0.9963 | 1.0270 |
| 2 | 14 | 1.0978 | 1.1398 | 40.0 | 1.0410 | 1.0756 |
| 2 | 15 | 1.1438 | 1.1728 | 125.0 | 1.0756 | 1.0978 |
| 2 | 16 | 1.1788 | 1.2158 | 84.8 | 1.1014 | 1.1412 |
| 2 | 17 | 1.2228 | 1.2748 | 159.9 | 1.1473 | 1.1566 |
| 2 | 18 | 1.2791 | 1.3003 | 356.1 | 1.1566 | 1.2228 |
| 2 | 19 | 1.3003 | 1.3166 | 16.4 | 1.2284 | 1.2700 |
| 2 | 20 | 1.3166 | 1.3458 | 14.0 | 1.2767 | 1.3095 |
| 2 | 21 | 1.4068 | 1.4358 | 28.0 | 1.3095 | 1.3384 |
| 2 | 22 | 1.4458 | 1.4798 | 53.1 | 1.3644 | 1.3910 |
| 2 | 23 | 1.4868 | 1.5453 | 73.3 | 1.4034 | 1.4350 |
| 2 | 24 | 1.5608 | 1.5924 | 33.0 | 1.4505 | 1.5090 |
| 2 | 25 | 1.6048 | 1.6314 | 17.6 | 1.5160 | 1.5500 |
| 2 | 26 | 1.6574 | 1.6863 | 100.5 | 1.5600 | 1.5890 |
| 2 | 27 | 1.6863 | 1.7191 | 74.0 | 1.6500 | 1.6792 |
| 2 | 28 | 1.7258 | 1.7674 | 27.1 | 1.6792 | 1.6955 |
| 2 | 29 | 1.7730 | 1.8392 | 76.8 | 1.6955 | 1.7167 |
| 2 | 30 | 1.8392 | 1.8485 | 16.3 | 1.7210 | 1.7730 |
| 2 | 31 | 1.8546 | 1.8944 | 42.6 | 1.7800 | 1.8170 |
| 2 | 32 | 1.8980 | 1.9202 | 18.4 | 1.8230 | 1.8520 |
| 2 | 33 | 1.9202 | 1.9548 | 47.1 | 1.8560 | 1.8980 |
| 2 | 34 | 1.9688 | 1.9995 | 24.9 | 1.9010 | 1.9328 |
| 2 | 35 | 1.9995 | 2.0582 | 49.5 | 1.9500 | 1.9690 |
| 2 | 36 | 2.0582 | 2.0798 | 45.7 | 1.9737 | 2.0970 |
| 2 | 37 | 2.0798 | 2.1040 | 236.8 | 2.0100 | 2.0451 |

| | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 2 | 38 | 2.1558 | 2.1936 | 32.5 | 2.1490 | 2.2139 |
| 2 | 39 | 2.2406 | 2.2607 | 19.7 | 2.2139 | 2.2850 |
| 2 | 40 | 2.2696 | 2.2948 | 32.0 | 2.3200 | 2.3900 |
| 2 | 41 | 2.3118 | 2.3548 | 33.7 | 2.3900 | 2.4410 |
| 2 | 42 | 2.3599 | 2.4045 | 57.6 | 2.4410 | 2.4960 |
| 2 | 43 | 2.4481 | 2.5146 | 89.9 | 2.5143 | 2.6300 |
| 2 | 44 | 2.5457 | 2.6058 | 46.4 | 2.6300 | 2.7400 |
| 2 | 45 | 2.6355 | 2.7533 | 105.1 | 2.7400 | 2.7930 |
| 2 | 46 | 2.8058 | 2.9158 | 205.7 | 2.7932 | 2.8554 |

5555 35 Type 35 data, detector for flow data

1 1.498 2.179 3.2 5.0 6.0 D2 D1

2 0.167 2.466 3.2 5.0 6.0 U1 U6

5555 41 Type 41 data revise mass horsepower efficiency for vehicle type

1 2000 25 0.90

2 180 4 0.9

3 15000 190 0.85

4 10000 165 0.85

5 27500 220 0.85

99999 99999

附錄 D、期中座談會紀錄與回應表

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|---|------|
| 中興工程顧問公司： | | |
| 1.目前評估雙車道公路績效指標仍採用 V/C。 | 本計畫建議採用 V/C 及平均速率與速限的差距，作為服務水準之績效指標。請參見報告 5.2 及 5.4.3 節之相關討論。 | 同意。 |
| 2.坡度路段速率之評估在 103 年 5 月 16 日技術講習會時，曾請教林教授 SOG 模式輸入參數--里程點高程，因為設計資料不見得如道高程，但可知坡長與坡度，請問模式要如何應用？ | SOG 模式已依此項意見調整改版，並公布於臺灣公路容量分析專區網站。 (http://thcs.iot.gov.tw:8080/THCS) | 同意。 |
| 臺灣世曦工程顧問公司： | | |
| 1.需要改善之雙車道公路採用 V/C 評估績效時，評估結果仍常為 B 或 C 級，不能反映公路現況之交通問題。 | 1)除 V/C 外，另可使用平均速率與速限之差距來評估。請參見報告 5.2 及 5.4.3 節之相關討論。 2)2011 版公路容量手冊於高速公路基本路段新增了速限與平均速率差距之服務水準等級劃分標準。然為何不以自由速率為標準？係因評估時又需增加自由速率估計的工作，且又要考量自由速率估計之工作程序是否合理。當然，以速限為標準，需考量速限訂定是否合理，美國是以第 85 百分位之速率訂定速限。 | 同意。 |
| 2.實務上以「速率」評估雙車道公路績效，較能反映實際狀況 | | |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|--|------|
| 3.目前評估郊區雙車道公路尚須考慮大型重型機車之運作需求，例如要在哪裡設超車道、超車道要設多長？目前沒有可參考之設計原則。 | <p>1)就法規的操作而言，大型重型機車等同於一小型車。</p> <p>2)TGS-2L 模式中有考慮到機車的操作行為，且可提供分析設置超車道之參考。</p> <p>3)目前國外並沒有相關的設置原則，而澳洲的模擬模式(TRARR)，可評估超車道設置位置及長度。以國外經驗來看，模式發展需長期持續改善修正，除了需長期投入高額經費，也需有研發人力願意參與。澳洲的模式經幾次修正改版後，近年亦因資源投入高而回收效益低，故未再進行修正。再以美國之經驗而言，超車道長度小於 200 公尺沒益處，但是美國的車速快，於臺灣車速 20~40kph 的狀況下，究竟超車道多長才有效，還需進一步探討。</p> | 同意。 |
| 4.有些山區道路斷面空間不夠或地點不適合，無法設置超車路段。 | 山區道路的改善除需要進行交通運作分析外，當然也需要考量實際的空間條件，再行決定改善方案。 | 同意。 |
| 公路總局： | | |
| 1.郊區公路行經山區路段，因安全因素考量研議拓寬或增設避車彎，對於拓寬車道、或設置避車彎位置及線形，除依公路路線設計等相關規範規定辦理，改善方案內容（增設車道或避車彎），常依實際環境條件個案評估，進行初步現勘及測量等相關調查後，再據以評估改善方案內容。 | 敬悉。改善方案仍需要依據實際的空間條件來考量。 | 同意。 |
| 2.山區公路之速限，與設計速率有關，如山嶺區設計速率較低，因地勢險峻，如最低設計速率為 40kph(四級路)、30kph(五級路)、20kph(六級路)，本模擬模式可否應用評估。 | TGS-2L 模式可以模擬分析不同自由速率從 20~70 公里/小時的交通運作。自由速率 70 公里/小時以上，則可能必須區分為多車道公路之運作。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|---|------|
| <u>林大煜教授：</u> | | |
| 1.經由簡報內容可知容量研究的困難。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 2.雙車道公路最小超車視距標準，各國差異很大，如在 60 及 80kph 之設計速率下，各在 180~420 公尺及 245~570 公尺之範圍。AASHTO 的假設與現場資料差異大，如超前車輛與被超越車輛並行時的速率差距。而在美國觀察到的超車行為與在其他國家的行為亦有不同。因此目前發展模式所需的參數，國內有相關數據嗎？而雙車道平坦路段的調查資料或高速公路可取得的資料，是否足夠模式發展用以模擬車流行為？ | 1)敬悉。 2)目前發展模擬模式的確面臨現場資料不足的課題，如能有越多的現場資料，將直接有助於模擬模式之發展。 3)本計畫暫時利用本所歷年來陸續蒐集的有限現場資料來發展模擬模式。就目前的測試，尚符合模式發展需要。本計畫最後也建議未來還需要蒐集現場資料的方向。請參見報告第六章。 | 同意。 |
| 3.績效指標部分，南非雙車道公路跟車密度與服務水準等級之劃分，其跟車密度代表值以及代表範圍，看起來複雜，內含更多課題在裡面。建議仿照既有指標，如平均速率與速限或自由速率的差異。V/C 指標仍可使用，但績效評估時需滿足多個標準，才能產生評估結果。 | 1)同意。 2)經多項研究分析發現跟車流密度指標與車流狀況有顯著關係，既然有關，何不用一般車流指標就好，不需再創造 1 個與既有指標相關的新指標。 3)美國所發展出之跟車指標，重視個別車輛，部分反映係為處理駕駛人跟車不耐所衍生之社會問題。而德國即以整體之車流狀況--流率與速率關係評估雙車道公路。 4)評估指標之討論，請參見報告 5.2 及 5.4.3 節之說明。 | 同意。 |
| 4.坡度路段分析是否應著重關鍵點的服務水準？而哪些是關鍵點也需特別說明。就相對小或短但為關鍵地點分析，避免長路段把服務水準平均掉了。 | 1)敬悉。 2)模擬模式是設計路段每一點都可模擬，所以就能看出關鍵點，並可以進一步分析。 3)相關討論請見報告 5.4.2 及 5.4.3 節之說明。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|---|------|
| 黃承傳教授： | | |
| 1.有關國外參數的引用，若屬車輛物理特性，差異不大可引用；若屬駕駛行為特性，各國差異大，宜予調整。 | 敬悉。國內車流特性資料，仍有需要儘量多蒐集現場資料。 | 同意。 |
| 2.曾看過國外文獻，以 5~6 分鐘之流量速率資料分析容量，因 1 分鐘資料易高估容量，15 分鐘又太長。 | 1)從設計公路的角度而言，國際上並沒有以 5~6 分鐘之平均流率來設計公路，因為流率觀察時間太短，並不合適。 2)以估計容量角度而言，以 15 分鐘流率來設計較為適合；當然雙車道公路流量較低，15 分鐘可能稍長。而壅塞時間常大於 3 分鐘，所以若分析時間太短，也看不出容量。因此，15 分鐘是較為合適的分析時段。 | 同意。 |
| 3.績效指標部分，平均速率與速限的差異以絕對值或百分比呈現，哪一個較適合？是否有不同意義。 | 1)有不同意義。 2)以速率差異較為直接，駕駛員可明顯感受得到；以絕對值表示則較間接，以百分比呈現還需多一個轉換步驟。 3)事實上，各個指標均有其限制，故需要多種指標共同來衡量服務水準。 | 同意。 |
| 4.雙車道上，允許超車路段或禁止超車路段影響速率，模式有反映嗎？ | 1)TGS-2L 模式能反映此車流狀況，且能模擬超車區的行為。 2)臺灣雙車道公路以雙黃線禁止超車，TGS-2L 模式可反映這些速率不同的行為。 | 同意。 |
| 蘇振維組長： | | |
| 1.臺灣道路速限主要依據幾何設計條件訂定，雪隧速限提升至 90kph，也需檢視是否符合設計。然因違規超速之規定，自由速率不會超出速限太多。 | 1)敬悉。 2)相關的討論請見第 5.4.3 節，本計畫建議以 V/C 及平均速率與速限之差距來評估服務水準。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|--|------|
| 2.因國民旅遊興盛，山區景點假日車多，聯外道路多為雙車道公路，近年主要以安全角度檢視，改善路幅不足、會車困難之地點。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 鼎漢工程顧問公司： | | |
| 1.雙車道車流量較低，但少部分路段於特定時段重複壅塞，該如何改善。 | 1) TGS-2L 模式之應用請參見報告 5.4 節。 2)澳洲的模擬模式(TRARR)，可作為評估道路拓寬或設置超車道之依據。除了模擬車速提升情形，亦可對改善方案進行經濟效益評估。 3)模式發展需長期投入高額經費與人力，佛羅里達州亦花了 2 年時間增加 CORSIM 模式功能，始能模擬雙車道公路超車行為。 | 同意。 |
| 易緯工程顧問公司： | | |
| 1.生活圈道路計畫常有雙車道公路需改善，惟 V/C 低，不能反映現況交通問題，以「速率」評估，雙車道之評估指標為「行駛速率」、多車道之評估指標為「旅行速率」常造成拓寬後「速率」反而更低的情形。是否可有同一標準，避免誤解。 | 1)敬悉，僅以 V/C 無法反映實際的服務品質。 2)拓寬之後常有需求增加的情況，故不能以多車道車流狀況直接與改善前雙車道車流狀況來比較。因為需求並不相同。 3)基本上，直接以相同的車流績效指標來衡量車流品質，比較直接。 4)不同公路類型確實需要同一績效評估指標，除了不同類型可以互相比較外，改善後公路類型變更也有一致的比較基礎。 | 同意。 |
| 主席結論： | | |
| 1.有關與會學者專家及各單位之建議，請研究團隊納入考量作為未來研究之參考。 | 遵照辦理，將於期末報告提出本次座談會之意見與回應表。 | 已完成。 |
| 2.本案依合約完成期中座談會議，請依合約規定續辦相關事宜。 | 遵照辦理。 | 已完成。 |

附錄 E、期末審查會議紀錄與回應表

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|---|------|
| 林大煜教授： | | |
| 1.報告 57-58 頁圖 4-4、4-5 之關係與報告 106 頁圖 5-11、5-12 之關係，請說明清楚。模擬模式中「假設」臨界速率與平均自由速率有如圖 5-11 之關係。請問此「假設」之條件為何？是否為隨不同坡度道路而變動？ | 1)圖 4-4 及圖 4-5 之關係，乃取自於臺灣高速公路及郊區雙車道公路之現場資料及關係。 2)圖 5-11 及圖 5-12 係利用前述之現場關係所構建之關係式(式 5.1 及式 5.2) 所「估算」之關係圖。 3)此處所討論的是「平坦」路段之容量及臨界速率等關係。 | 同意。 |
| 2.報告 90 頁「冒險性指數」如何定義？如何計算？冒險性門檻值是否會影響不同坡度之容量計算？ | 冒險性指數為隨機產生從 0 到 1 之亂數(random number)，此亂數控制駕駛行為。此指數之門檻值只用於調整超車行為，超車行為對容量之影響很小。 | 同意。 |
| 3.報告 103 頁，服務水準之「V/C」與「平均速率 V 與速限 V_L 之差距」組合中，是否可藉本模擬模式了解其最極端的可能組合？除可了解不同組合之交通狀況外，尚可作為爾後模擬結果對應現實道路關係「除誤」之參考。 | 1)模擬分析「極端之可能組合」並無實務上的意義，模擬模式所產出的各種績效指標，可作為交通工程師研擬交通改善計畫之基礎。 2)交通工程師必須確實了解分析之公路特性及關鍵問題，後者可透過模擬分析來探討，才能研擬具體的改善計畫。 | 同意。 |
| 4.在多次之模擬後，應如何決定採用哪幾次模擬結果的平均值估計容量，如報告 121 頁表 5.6，為何係採最後 4 次之平均值？ | 1)估計路段容量的關鍵不在於模擬幾次，而是在於能否掌握到上游逐漸增高的需求流率，而路段輸出流率並無法承受，所顯現之最高輸出模擬值。這些模擬值即是能從現場觀測到的最大輸出流率觀察值。這些觀察值的平均值即是容量的合理估計值。 2)最後 4 次的模擬呈現前述之現象，故以該資料估計容量。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|---|------|
| 5.報告 126 頁建議第 4 點，研究團隊是否能提供公路速限設定是否合理之評估方法與準則，以便實務單位加以應用。 | 本報告已刪除此項建議。速限之設定仍必須依據車流通行效率或基於安全考量等因素，合理訂定。 | 同意。 |
| 6.報告目錄第 II 頁，第五章標題缺「郊」字，請修正。 | 感謝指正，已經修正。 | 已修正。 |
| 張建彥副教授： | | |
| 1.本研究為公路容量分析本土化之重要研究，研究內容兼具深度與嚴謹度，研究結果具有實用性。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 2.本研究參數、公式與模式的校估及確認工作相當複雜且困難，研究報告已儘量完成並提供基本的設定說明，建議可將需要再研究之參數列出，後續並加強模式之本土化驗證。 | 本三年期之計畫主要針對有坡度之公路進行分析，104 年期工作會有進一步相關說明。 | 同意。 |
| 3.報告 8 頁，第 1 段，文中提及 HCM 2000 將此估計值提高為 3,200 PCU/小時，其公式是否與式 2.1 有所不同？因為若代 $P=0.5$ 入公式中，結合第二行有關容量削減為 1,700 PCU/小時($P=1$)之敘述，則只有 2,500 PCU/小時。 | 期末報告為文字敘述不清造成之誤解，已調整文字說明。 | 已修正。 |
| 4.報告 8~10 頁描述美國 HCM 對雙車道公路績效指標之改變，某種程度反映希望指標合理化，又因為跟車時間調查困難，所以提供簡易公式，便於實務單位應用，此為分析性模式之優點。模擬模式有多重應用價值為其優點，但因實務單位時間寶貴，而模式學習時間長，建議應著手進行模擬模式轉化為分析性模式之工作。 | 1)分析性方法難以處理實際的複雜問題。 2)模擬模式轉化為分析性模式之工作，可以嘗試進行看看。但是牽涉到的變數相當多，所以成功的機會不大，而且除非使用者願意接受很不可靠或是應用範圍很有限的分析性模式。 | 同意。 |
| 5.報告 19 頁表 3.1，特種車(法規定義)分為特種車 1 及特種車 2，是否代表特種車僅能設定兩種？或者改為其他車種。 | 1)『特種車』已有法令上的特殊定義，故改為『其他車輛 1 及 2』。 2)目前 TGS-2L 模式允許設定常見的 6 車種以外，104 年發展之模式可自行設定 2 種其他車種。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|--|------|
| 6.報告 84~85 頁，圖 4-24 至 4-27 之模擬值是否為程式之執行結果？若是，則應當只有對應觀察值之流率有平均速率值，而非呈曲線之連續函數。 | 包括觀察值及模擬值，模擬值使用平均曲線代表才有意義。而現場值也可連結成曲線，以顯示速率及流率之關係。 | 同意。 |
| 7.報告 103 頁，表 5.1 及表 5.2 採用 V/C 及平均速率與速限差(ΔV)兩種指標作為服務水準評估指標，則應用上如何進行比較，加以衍生有不同情境組合，例如 B3 及 C2，請再補充說明。 | 報告第 102 頁有相關說明，例如： 1)坡度路段可能有低的 V/C 比，但是因為坡度及坡長的影響，平均車速也可能低。 2)V/C 比接近或等於 1 時，平均速率仍高於速限，則從速率的角度而言，一路段的交通運作良好，沒有改善的必要。 | 同意。 |
| 8.報告 121 頁，表 5.6 之容量估計方式，係以模擬結果為基礎，建議後續宜建立一較明確之程序來估計容量，俾利相關單位參考應用。 | 估計容量時，可以透過逐漸增加流率（TGS-2L 模式輸入檔,檔型 12）的方式，觀察離開流率的變化情形；若發現隨著需求流率之增加，而離開流率不再升高、甚至下降，這些觀察值可用來估計容量。 | 同意。 |
| 9.報告 126 頁建議第 3 點，建議回歸原服務水準訂定之精神，以車流狀況與駕駛人感受劃分等級。另服務水準訂定之工作建議於以模擬模式為基礎發展之公路容量分析性模式工作中討論。模擬模式之優點為直接呈現不同績效指標，服務水準分析係其中一項功能，而不同的公路或情境，服務水準可能一樣，但有不同的改善方案，模擬模式即為不同改善方案之分析工具。 | 1)表 5.1 及表 5.2 關於服務水準之劃分，原本就是以車流狀況與駕駛人感受來劃分等級。 2)由於劃分服務水準等級的標準相當主觀，故需要參考交通各界之意見來劃分。 | 同意。 |
| 10.報告 126 頁建議第 4 點請再斟酌，公路速限訂定考量因素甚多，如行駛安全、油耗…，並非單以行駛速率考量。 | 本報告已刪除此項建議。速限之設定仍必須依據車流通行效率或基於安全考量等因素，合理訂定。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|--|------|
| 11.模擬模式上線前建議先測試，以回饋程式修正及模式之應用發展。 | 由於目前現場資料有限，建議優先蒐集更多現場資料以調校模式。 | 同意。 |
| 12.TGS-2L 輸出資料有時間平均速率與空間平均速率，為避免實務上不知如何選擇，建議僅呈現空間平均速率。 | 1)各偵測站之空間平均速率事實上沒有什麼意義，因為偵測站只是一地點而不是路段。 2)使用者可選用空間或時間平均速率做評估或驗證工作(視需要而定)。 | 同意。 |
| 內政部營建署張組長之明： | | |
| 1.建議提供軟體應用範例及操作步驟說明。 | 第五章已有一些例題。未來可再辦理相關講習或教育訓練。 | 同意。 |
| 2.依 2011 年公路容量手冊，雙車道公路之服務水準，於市區以不低於 D 級，郊區以不低於 C 級為原則，於實務應用上，亦為規劃設計及路段改善之標準，請教本計畫是否針對服務水準有建議之標準。 | 本報告建議之服務水準劃分標準，後續可彙集公、私立交通機構之意見，再做調整修正，以符實用。 至於是否提出設計或改善應達之標準，建議於未來容量手冊修訂時予以考量。 | 同意。 |
| 3.報告第四章，分析現場資料時，採用每分鐘資料評估流率與平均速率之關係，請教為何非採用典型 15 分鐘資料進行評估。 | 因為資料不夠，若整合成 15 分鐘資料，則不能顯示可能的速率與流率關係。 | 同意。 |
| 4.報告第五章針對所蒐集之資料進行初步統計分析(如 99~101 頁，圖 5-5~5-9)，發現部分資料無顯著關係乙節(如跟車密度與流率、跟車流率、平均速率)，由於車流行為在自由車流與壅塞車流狀態時之關係函數並不一致，故建議將資料分群以多階段模式描述不同交通狀態之車流行為，以判斷有無相關趨勢。 | 這幾頁所討論的參數，必須從現場資料取得。資料整合之後，同一跟車密度或跟車百分比可能屬於很不同之車況。因此這些參數不實用，不應花時間探討其在不同車況之應用。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|---|------|
| 5.報告 102 頁提及,「2011 年臺灣公路容量手冊」採用「平均速率與速限差距」作為服務水準之績效指標,查該手冊係採「平均行駛速率」當作郊區雙車道公路績效指標,以「平均速率與速限差距」作為高速公路績效指標,請於文字補充敘述。 | 1)102 頁第 5 行之「作為績效指標」,應改為「作為高速公路基本路段績效指標」。 2)目前郊區雙車道公路之章節老舊,尚未更改服務水準之訂定方法。 | 同意。 |
| 6.報告 103 頁,表 5.2 之速限為「分析路段上平直區段」或「分析路段附近平直路段」之速限,查「2011 年臺灣公路容量手冊」高速公路基本路段服務水準分析之速限,為「幾何設計標準最高路段」之速限,請說明不同公路設施評估服務水準之速限定義不同之意義及原因。 | 1)高速公路之幾何設計比較均勻,所以可用幾何設計標準最高路段之速限做標準,以顯示不同路段之相對服務水準。 2)郊區雙車道公路之幾何設計隨地點變化很大。為了顯示不同路段之相對服務水準,最好也能用幾何設計標準最高路段之速限。但分析路段可能在新北市,同一公路之幾何設計較高標準路段可能在桃園縣,如何選擇其基準速率的問題,須在將來修訂 HCM 時加以討論。 | 同意。 |
| 7.本案於結論中建議以「需求流率與容量比」及「平均速率與速限之差距」,作為劃分服務水準等級之標準,然摘要中以「需求流率與容量比」及「平均旅行速率」作為劃分,建議修正。 | 謝謝指正,中英文摘要均已修正。 | 已修正。 |
| 8.報告誤植部分提供參考: (1)目錄部份 a.「第五章 區雙車道公路交通作業之分析」漏字,建議修正為「第五章 『郊』區雙車道公路交通作業之分析」。 b.「第六章結論及建議」建議修正為「第六章 結論及建議」。 (2)第二章頁7,結果如圖1 所示,應修正為如圖「2-1」所示,另圖2-1,圖示中台19應修正為台18。 | 謝謝指正。 1) a.已經修正。 b.已經修正。 2)已經修正。 | 已修正。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|---|------|
| <p>(3)第三章頁18，3.2.3.1節，訂定節線之模擬次序第5項，4項條件「接」不滿足，應修正為「皆」。</p> <p>(4)第四章頁56，本計畫用圖4-4...，雙車道公路之相關代表『性』性關係，建議修正。</p> <p>(5)第五章頁104，用式5.1估計容量時，機車的小車當「輛」建議修正為小車當「量」。頁103，如果一路段之服務水準等級屬於B及3，則該路段之服務水準等『即』可稱為B3，建議修正為等「級」。</p> <p>(6)文獻回顧中，第30 與第63為同一篇。</p> <p>(7)部分資料所對應之參考文獻是否登載有誤，請再次確認，如頁7 提及運研所曾在2008及2009年蒐集調查資料[30]，該文獻查無該相關資料；另頁53提及運研所在民國96年調查南投縣相關路段資料[55]等，亦有相同情況發生，請再加以確認。</p> | <p>3)已經修正。</p> <p>4)已經修正。</p> <p>5)已經修正</p> <p>6)文獻[30]誤植，已修正。</p> <p>7)文獻[30]誤植，已修正；頁 53 亦誤植，改為[67]。</p> | |
| 綜合技術組張組長瓊文(書面意見)： | | |
| 1.坡度對車流運作的影響不小，坡度路段的車流分析很重要，特別在有限的資料下，發展一可合理模擬應用的模式，非常不易，肯定研究團隊的費心與努力，成果相當具體。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 2.報告第 3.2.3.11 節關於油耗量之估計對於評估有關交通管理策略之節能減碳效果評估相當有用，惟目前現場資料仍相當有限，是否請研究團隊對於這部分資料要求的內容與特性有一些說明，可供相關計畫蒐集資料之參考。 | 原則上須有平坦及坡度上(上、下坡)，在不同加速率(包括減速率)，從不同起始速率到不同終止速率狀況下之耗油量的樣本資料。 | 同意。 |
| 3.報告 77 頁提及加、減速率 A1、A3 及 A4 於第三章有討論，請補充討論之小節。 | 該處引述之第三章內容包括 3.2.3.5、3.2.3.6、3.2.3.7 及 3.2.3.9 小節。內文已補充。 | 已補充。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|--|------|
| 4.超車行為之現場資料很難調查，根據文獻回顧來看，各研究(含模擬及現場蒐集分析)之結果差異頗大，請說明本研究 TGS-2L 微調以荷蘭研究成果為主要參考的原因。 | 荷蘭為小國家，公路設計狀況比較接近臺灣情形。美國郊區雙車道公路之速限通常在 88 公里/小時或以上，比臺灣高得多。 | 同意。 |
| 5.本案所建之模擬模式需要更多現場資料來微調，建議運計組儘早規劃後續資料調查工作，以利模式之調整精進。 | 需要大量現場資料才能微調與校估模擬模式，目前需要的資料還很多，需要繼續快步前進。 | 同意。 |
| 交通部公路總局： | | |
| 1.台 18 線自由速率 70kph 高出速限 50kph 甚多，可能係阿里山觀光團客較多且須趕行程，觀測結果應為駕駛人心態之行為狀況。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 2.模擬模式與過去分析模式概念差異大，例如台 151 線車道較寬(車道寬 3.8m、路肩 0.5m)容量為 1500 小車/小時，台 18 線車道稍窄(車道寬 3.6m、無路肩)容量為 1550 小車/小時。 | 車道寬在某一範圍內與容量的關係很微弱。此外，容量其實很難準確地訂定。目前的了解是自由速率較高之路段會有較高的容量，但是一路段下游若有瓶頸（如隧道）則又造成很複雜的情形。 | 同意。 |
| 3.有別於高速公路之封閉型，省道、縣道及鄉道為開放性，速限並非全線一致。而如大客車禁行路段和行駛應特別注意路段之速限，考量因素有路寬、平曲線最小半徑、隧道淨高、坡度、坡長、及天候等。以速限作為服務水準評估標準，在實務操作上，可能較為困難，建議服務水準評估指標另予討論。 | 國內交通界須針對這一問題加以討論。一般而言，可選擇一在長而且平坦路段之小車速限作為劃分標準。所以應用上並不困難。 | 同意。 |
| 4.簡報 26 頁，貨車與聯結車速率現場值高於模擬值，建議說明差異原因。 | （簡報 26 頁）報告中表 4.13~表 4.17，係因為大貨車、聯結車之現場自由速率樣本數較少之故，未來宜繼續多蒐集現場資料。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|--|---|------|
| 5.本局有 5 個工程處，目前正進行 10 年一次的公路清查，故明年底會有詳細坡度資料，後續之研究成果可搭配坡度資料應用。 | 1)若能有郊區雙車道公路之幾何設計資料，可用來模擬分析以協助評估瓶頸路段之改善。 2)未來繼續合作。 | 同意。 |
| 中興工程顧問公司： | | |
| 1.報告 121 頁，表 5.6 之容量估計，請問在程式上，有無可能以相對極大之流量輸入值，產生容量推估值？ | 如果輸入值超過容量甚大，則流率可能遠低於容量，所以必須用不同之輸入流率來探討。 | 同意。 |
| 2.簡報應用例題 case3，若模擬之公路有多處不同之坡度及平曲線組合，能否得知哪一處是瓶頸點？ | 可在每一曲線中點設置一偵測站。一般而言，平均速率最低之曲線為瓶頸點。 | 同意。 |
| 鼎漢工程顧問公司： | | |
| 1.報告 77 頁說明，設定適用之質重及馬力的工作，在於尋找讓模擬自由速率能接近現場觀察值之質重及馬力組合。因此報告 82 頁表 4.13，模擬車輛屬性是否依現場觀察值微調校估而得？另該表中機車馬力與報告 43 頁表 3.3 不同，請確認。 | 1)車輛屬性是根據在不同地點現場自由速率校估之結果。 2)表 3.3 (43 頁)之機車馬力應修正為 5kW。 | 同意。 |
| 2.大型重型機車與一般機車馬力數值相異，是否未來會納入考量？ | 只要有現場坡度路段之自由速率資料，就可訂定適用之馬力；大型重型機車之質重（包括駕駛員及乘客）可用實際的代表性質。 | 同意。 |
| 3.有關特種車之參數，是否能讓使用者自行調整，以符合實際需求？ | 1)『特種車』已有法令上的特殊定義，故改為『其他車輛 1 及 2』。 2)目前 TGS-2L 模式允許設定常見的 6 車種以外，104 年發展之模式可自行設定 2 種其他車種。 | 同意。 |
| 易緯工程顧問公司： | | |
| 1.模式建構上，節點與節線有無數目的限制。 | 附錄 A 有相關說明。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|--|------|
| 2.報告 116 頁圖 5-16，不同車種於 6% 的坡度上速率降低幅度，為何係大貨車最小？ | 現場資料也顯示同樣現象，真實原因目前不明，可能重量與馬力比最低之緣故。 | 同意。 |
| 台灣世曦工程顧問公司(書面意見)： | | |
| 1.臺灣山區雙車道公路眾多，欣見所方著手建立 TGS-2L 模式，藉以發展本土化雙車道公路評估方法，其中如運用模擬模式來估算郊區雙車道公路之容量較能反映實際布設，惟在計算過程確實比過往分析性模式複雜許多，未來在方法論建構完成、更新後，THCS 軟體可因應撰寫子系統，便利使用者應用。 | 敬悉。 | 敬悉。 |
| 2.報告 103 頁表 5.2 之說明提到該表之速限為分析路段上平直區段，或分析路段附近平直路段之速限，故未來使用者應用於判定服務水準時，可以整段評估對象公路的平均速率為基礎嗎？還是需特別挑出較為平直路段，以其平均速率作為評估基礎？ | 最好用同一公路上平直路段之小車速限作為基準。這問題宜在修訂 HCM 之前加以討論。 | 同意。 |
| 運計組(書面意見)： | | |
| 1.報告 14 頁，圖 3-1 所示節線長度 L，請調整與文字說明相符。 | 已修正。 | 已修正。 |
| 2.報告 14 頁，第 2 段「一節線與下游節線之距離」，是否須引用去年報告說明清楚，請依本年度模式開發內容斟酌補充。 | TGS-2L 模式為 TGS-F1 模式之改良版，所以不再引用去年的定義。 | 同意。 |
| 3.報告 15 頁第 3 段，TGS-2L 模式測試輸入資料合理性含括哪些部分？使用者能否事先於初步自行檢核？模式顯示輸入資料之錯誤訊息是否明確指出錯誤原因？ | 104 年發展之模式會有詳細的錯誤訊息，輸入資料合理性須由使用者自行判斷，屆時使用者手冊將會指出適當的範圍。 | 同意。 |

| 與會人員及所提意見 | 處理情形或說明 | 審查意見 |
|---|---|------|
| 4.報告 15 頁第 4 段，模擬次數是否有建議值？ | 沒有特定的次數。104 年使用者手冊會交代，如只模擬無號誌化路口之路段，模擬 6 次之平均值可能已有相當高的代表性。因為 cpu time 並不長，使用者可增加模擬次數。 | 同意。 |
| 5.報告 20 頁第 2 段，請補充說明 TGS-2L 模式車道數超過 1 之情形。 | 第 20 頁產生車道之邏輯適用於有不同車道數之公路。模擬雙車道時，產生車輛之地點不會有超過 1 車道之情形。 | 同意。 |
| 6.報告 26 頁第 3 行，f 值請修正為 1.15。 | 已將原標註之 f=1.0 刪除。 | 已修正。 |
| 7.報告 33 頁最末段，大車跟車加速率上限為「式 3.10」所得代表值之 210%，是否應為「式 3.8」，請確認？ | 應為「式 3.11」，已修正。 | 已修正。 |
| 8.報告 40 頁，曲線阻力中特別說明臺灣「高速公路」滑行角度，非本年度研究對象，建議刪除，若有雙車道公路滑行角度資料請補充。 | 已修正該處文字。 | 已修正。 |
| 9.報告 77 頁中段，應為 5 項不同加減速率，A1~A5 序號請調整，並修正相關文字說明。 | 針對個別車輛而言，第 1 項及第 2 項不能同時存在，所以皆稱為 A1 項加減速率。 | 同意。 |
| 主席結論： | | |
| 1.本期末報告審查通過，各委員及單位代表提供之意見，請研究團隊檢討修訂並製表回應，並請於 12 月 26 日前提送修正定稿。 | 遵照辦理。 | 已完成。 |
| 2.報告建議 3，服務水準指標及劃分標準於後續另案探討訂定。 | 敬悉。 | 同意。 |
| 3.報告建議 4，因速限設定考量因素眾多，請予刪除。 | 遵照辦理。 | 已修正。 |

附錄 F 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(2/3) 期末簡報

計畫主持人：林豐博 教授

協同主持人：曾平毅 教授

民國 103 年 12 月 11 日

1

簡報內容

- 一、緒論
- 二、文獻回顧
- 三、郊區雙車道公路坡度路段模擬模式
(TGS-2L)之基本架構及邏輯
- 四、TGS-2L模式之測試及微調
- 五、郊區雙車道公路交通作業之分析
- 六、結論與建議

2

一、緒論-1

- **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沒有可靠資訊，以提供**坡度路段**規劃、設計或服務水準分析之用。
- 運研所展開一**3年期計畫**來發展**模擬模式**，作為分析工具。本報告為第二年期工作。工作對象為**不受交叉路口影響之郊區雙車道公路**。

3

一、緒論-2

- **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。

4

一、緒論-3

- 第一期所發展之模擬模式稱為「坡度路段模擬模式 (Traffic-on-Grade Simulation Model, 簡稱**TGS模式**)」。第二期計畫，將TGS模式之功能加強以**模擬郊區雙車道公路之交通作業**。為區分方便起見，能模擬郊區雙車道公路之模式，稱為**TGS-2L模式**。
- 本報告說明發展TGS-2L模式之各項工作及成果。

5

二、文獻回顧-1

- 雙車道公路是一般國家各型公路中里程最高之類型。除非設置有爬坡道或超車道，這種公路因為單向只有一車道，快車常受慢車持久阻礙因而減低交通績效。
- 雙車道公路交通作業令人關切的事項包括**容量、超車行為、超車需求、超車機會，作業績效指標之選擇，幾何設計及交通控制之影響，及分析方法之建立**。

6

二、文獻回顧-2

AASHTO雙車道公路上超車時間及距離

| | 平均超車速率（公里/小時） | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|
| 加速 | 56.6 | 70.0 | 85.4 | 99.8 |
| 加速率（公里/小時/秒） | 2.25 | 2.30 | 2.37 | 2.41 |
| 時間（秒） | 3.6 | 4.0 | 4.3 | 4.5 |
| 距離（公尺） | 45 | 66 | 89 | 113 |
| 佔用對向車道 | | | | |
| 時間（秒） | 9.3 | 10.0 | 10.7 | 11.3 |
| 距離（公尺） | 145 | 195 | 251 | 314 |
| 與對向車之安全距離（公尺） | 30 | 55 | 75 | 90 |
| 對向車行車之距離（公尺） | 97 | 130 | 168 | 209 |

7

二、文獻回顧-3

AASHTO超車視距設計標準

| 設計速率 （公里/小時） | 假設速率（公里/小時） | | 超車視距設計值（公尺） |
|-----------------|-------------|------|-------------|
| | 被超越車輛 | 超前車輛 | |
| 30 | 29 | 44 | 120 |
| 40 | 36 | 51 | 140 |
| 50 | 44 | 59 | 160 |
| 60 | 51 | 66 | 180 |
| 70 | 59 | 74 | 210 |
| 80 | 65 | 80 | 245 |
| 90 | 73 | 88 | 280 |
| 100 | 79 | 94 | 320 |
| 110 | 85 | 100 | 355 |
| 120 | 90 | 105 | 395 |
| 130 | 94 | 109 | 440 |

8

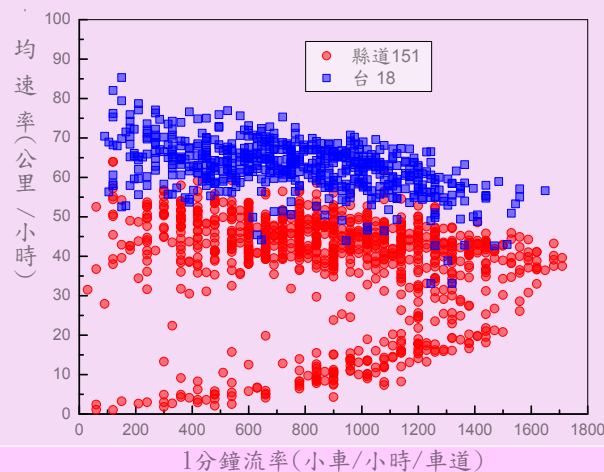
二、文獻回顧-4

- 郊區雙車道公路之容量受駕駛行為、超車視距之供應、雙向車流中車距分布等因素影響。
- 德國長雙車道公路之單向容量大約在1,200 ~ 1,450輛/小時；雙向容量預期不太可能超過2,500輛/小時。
- 日本雙車道快速道路之單向容量只有1,100 ~ 1,180輛/小時。
- TRB之HCM1985 $C = 2,000 + 1,600(1-P)$
P=流率較高方向之流率佔雙向總流率之比例。

9

二、文獻回顧-5

縣151及臺18雙車道公路車流之流率與速率關係



10

二、文獻回顧-6

- 國際交通界曾建議或採用許多績效指標來評估雙車道公路之交通作業。
- 多數績效指標針對慢車阻擋快車對車流的影響。但是如何判斷一車是被前車阻擋的意見則不一。
- HCM 1985 採用延滯百分比 (percent time delay) 及平均速率評估上坡路段的服務水準。
- HCM 2000 將之改稱跟車時間百分比 (PTSF)。並使用 PTSF 及平均旅行速率評估供長程而且高速行車之公路。

11

二、文獻回顧-7

- HCM 2010 將雙車道公路分成三類。評估各類公路的績效指標如下：
 1. 高速行車公路 (Class I)：平均旅行速率及 PTSF。
 2. 通過風景區或有許多坡度路段之公路 (Class II)：PTSF。
 3. 位於土地使用密集之區域的公路 (Class III)：旅行速率為自由速率之百分比 (percent of free-flow speed)。
- 日本、南非、德國……

12

二、文獻回顧-8

■許多國家用模擬模式分析雙車道公路，或協助分析性模式之建立。

- 1.德國：**LASI**模式。
- 2.美國：以**TWOPAS**模式估計容量，建立估計PTSF之分析性模式，及設定大車在坡度路段之小車當量。此外，將**CORSIM**改為能模擬美國Florida州有許多號誌化路口之雙車道公路。。
- 3.澳洲：**TRARR**模式；也被加拿大、紐西蘭及南非之交通機構採用。
- 4.瑞典：**VTI**模式。

13

三、TGS-2L之基本架構及邏輯-1

■TGS-2L模式是根據**TGS**模式之基本架構所發展的微觀模式。

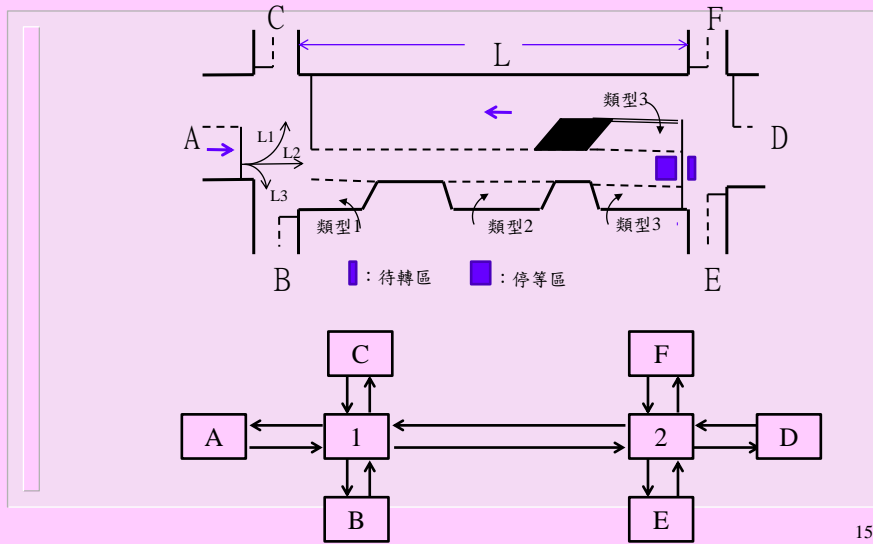
■TGS-2L模式採用並在必要時改良TGS模式之一些主要邏輯，但此模式亦有TGS模式沒有的邏輯，例如**超車行為**之邏輯。

■基本架構包括：**模擬路網**、**基本模擬程序**、**主要邏輯**等三部分。

14

三、TGS-2L之基本架構及邏輯-2

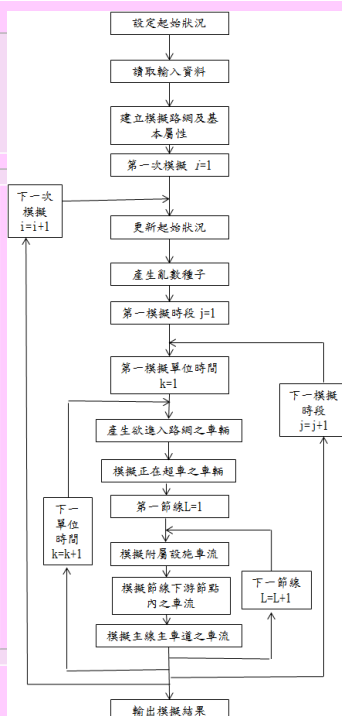
郊區雙車道公路之設施示意圖與模擬路網示意圖



15

三、TGS-2L之基本架構及邏輯-3

TGS-2L模式之基本模擬流程



16

三、TGS-2L之基本架構及邏輯-4

■TGS-2L模式之主要邏輯：

- 1.訂定節線之模擬次序
- 2.產生車輛之邏輯
- 3.自由旅行車輛與跟車車輛之區分
- 4.平坦路段自由速率
- 5.平坦路段自由旅行加速率
- 6.跟車邏輯
- 7.坡度路段加速率之模擬
- 8.超車邏輯
- 9.速限變化之加速率
- 10.超車道或爬坡道之使用
- 11.耗油量之估計

17

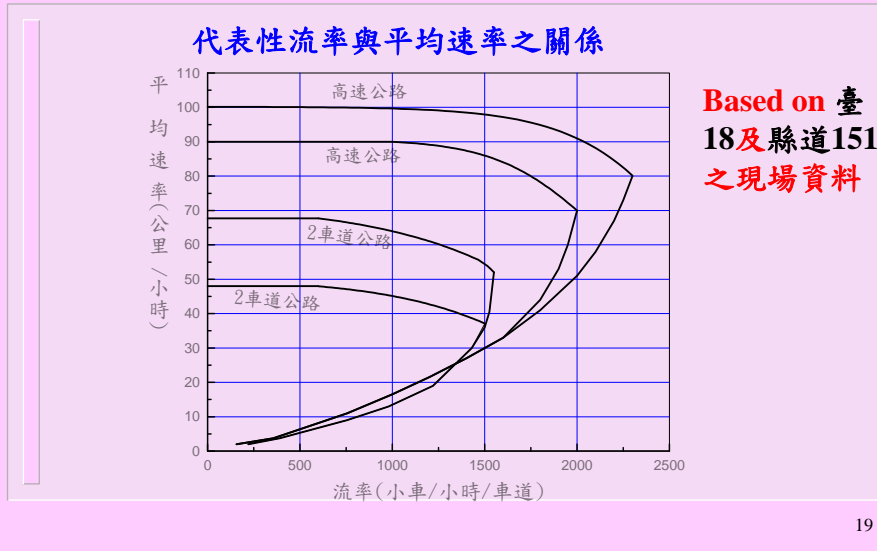
四、TGS-2L模式之測試及微調-1

- 4.1平坦路段之流率與平均速率的關係
- 4.2坡度路段之流率及平均速率的關係
- 4.3超車行為
- 4.4跟車模式微調之替代方法

18

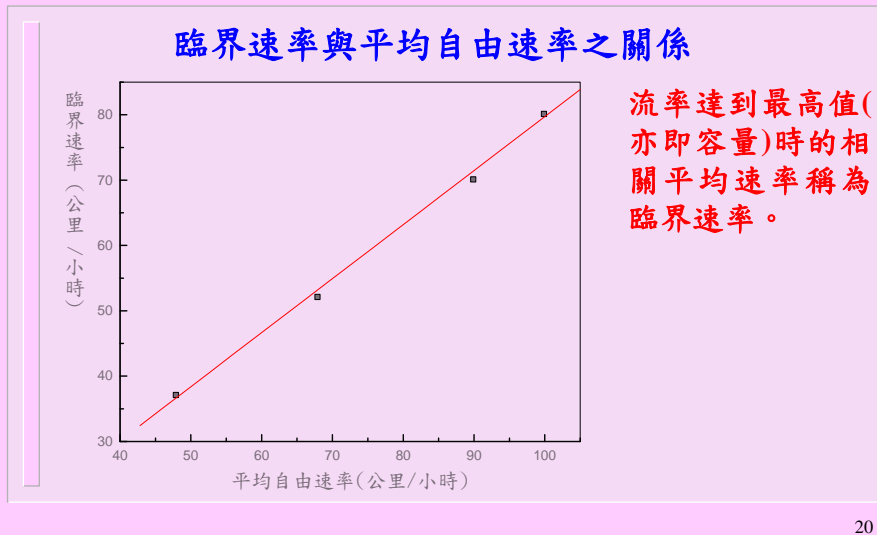
四、TGS-2L模式之測試及微調-2

4.1 平坦路段之流率與平均速率的關係



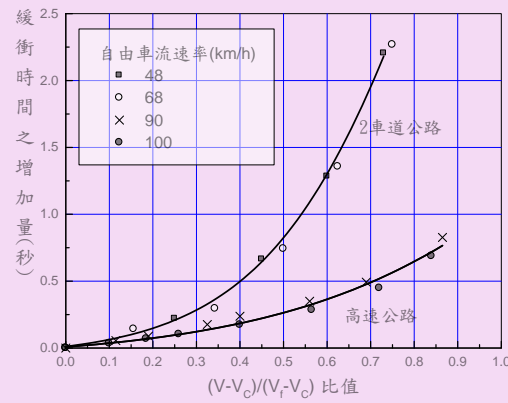
四、TGS-2L模式之測試及微調-3

4.1 平坦路段之流率與平均速率的關係



四、TGS-2L模式之測試及微調-4

4.1平坦路段之流率與平均速率的關係



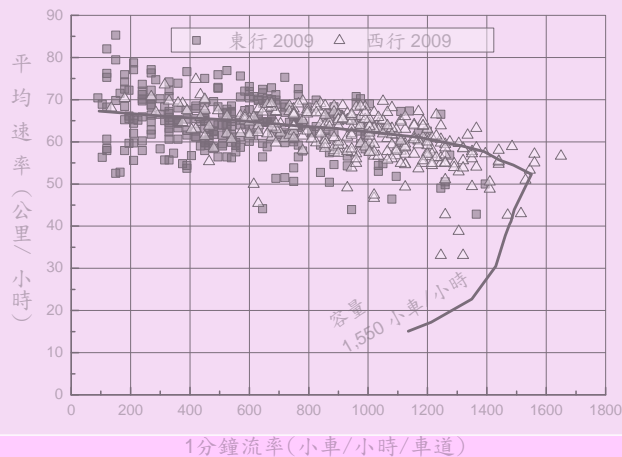
此圖顯示雙車道公路之平均緩衝時間之增加量與高速公路平均緩衝時間之增加量，有明顯不同的性質，但是同一類型公路緩衝時間增加量與正常化平均速率的關係，則不隨平均自由速率而變。

21

四、TGS-2L模式之測試及微調-5

4.1平坦路段之流率與平均速率的關係

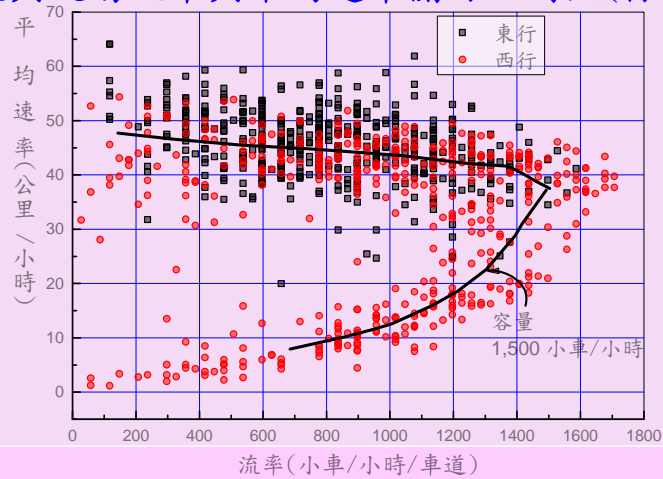
模擬與現場流率與平均速率關係之對照(臺18)



22

四、TGS-2L模式之測試及微調-6

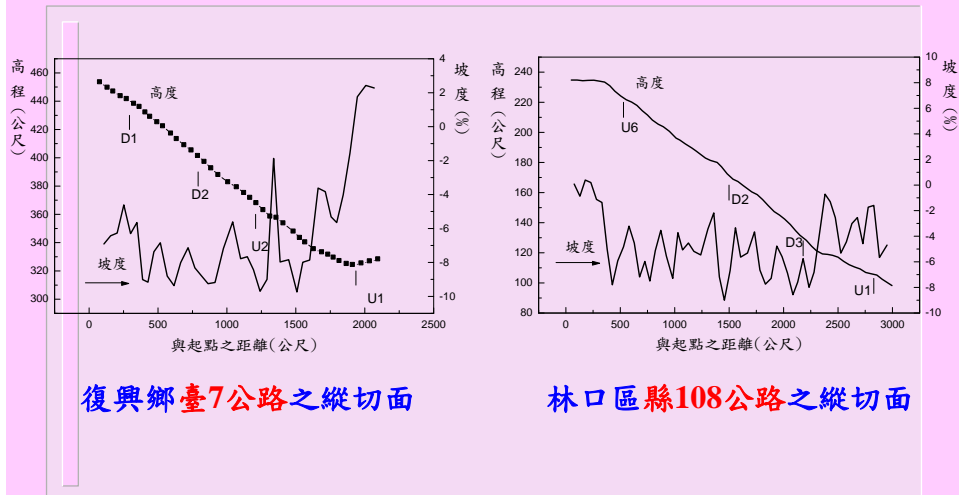
模擬與現場流率與平均速率關係之對照(縣151)



23

四、TGS-2L模式之測試及微調-7

4.2 坡度路段之流率與平均速率的關係



復興鄉臺7公路之縱切面

林口區縣108公路之縱切面

24

四、TGS-2L模式之測試及微調-8

4.2坡度路段之流率與平均速率的關係

郊區雙車道公路模擬車輛之屬性

| 屬性 | 小車 | 機車 | 大客車 | 大貨車 | 聯結車 |
|-------------------------|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1.質重(kg) | 2,000 | 180 | 15,000 | 10,000 | 20,000 |
| 2.馬力(Kw) | 27 | 5 | 150 | 165 | 220 |
| 3.牽引力傳輸效率 | 0.9 | 0.9 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 4.後拉係數 | 0.3 | 1.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 5.正向面積(m ²) | 2.0 | 0.8 | 7.0 | 10.7 | 10.7 |

25

四、TGS-2L模式之測試及微調-9

平均自由速率現場值與模擬值

臺7上坡路段

| 車種 | 現場值(kph) | | 模擬值(kph) | |
|-----|----------|-------|----------|------|
| | U1 | U2 | U1 | U2 |
| 小車 | 60.2 | 53.2 | 61.4 | 47.5 |
| 機車 | 58.3 | 45.4 | 55.1 | 43.1 |
| 大客車 | 53.0* | 31.0* | 52.1 | 34.0 |
| 大貨車 | 64.4* | -- | 55.1 | 44.9 |
| 聯結車 | -- | -- | 55.2 | 37.8 |

臺7下坡路段

| 車種 | 現場值(kph) | | 模擬值(kph) | |
|-----|----------|-------|----------|------|
| | D1 | D2 | D1 | D2 |
| 小車 | 61.3 | 53.6 | 62.3 | 53.8 |
| 機車 | 48.6 | 42.5 | 49.3 | 44.5 |
| 大客車 | 51.2* | 37.7* | 46.6 | 41.1 |
| 大貨車 | 68.1* | -- | 54.9 | 49.7 |
| 聯結車 | -- | -- | 54.6 | 49.8 |

縣108上坡路段

| 車種 | 現場值(kph) | | 模擬值(kph) | |
|-----|----------|------|----------|------|
| | U1 | U6 | U1 | U6 |
| 小車 | 61.3 | 48.8 | 61.4 | 48.0 |
| 機車 | 49.1 | 39.9 | 49.3 | 43.0 |
| 大客車 | 51.0* | -- | 53.3 | 40.0 |
| 大貨車 | 65.3 | 46.6 | 53.3 | 44.0 |
| 聯結車 | 59.9* | 39.3 | 53.2 | 43.2 |

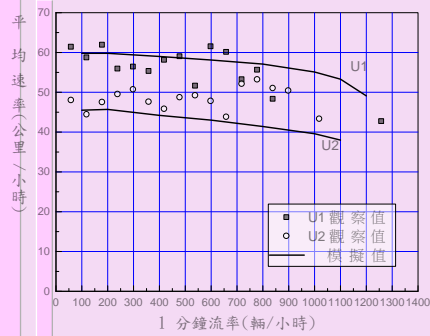
縣108下坡路段

| 車種 | 現場值(kph) | | 模擬值(kph) | |
|-----|----------|-------|----------|------|
| | D2 | D3 | D2 | D3 |
| 小車 | 29.2 | 62.0 | 29.6 | 62.5 |
| 機車 | 25.6 | 52.5 | 26.4 | 47.9 |
| 大客車 | 24.1* | 43.8* | 24.8 | 43.8 |
| 大貨車 | 26.7 | 61.4* | 28.3 | 51.7 |
| 聯結車 | 34.7* | 69.9* | 28.4 | 51.7 |

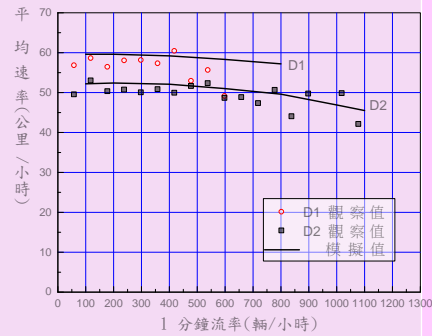
26

四、TGS-2L模式之測試及微調-10

流率與速率之現場與模擬關係的比較



臺7上坡路段

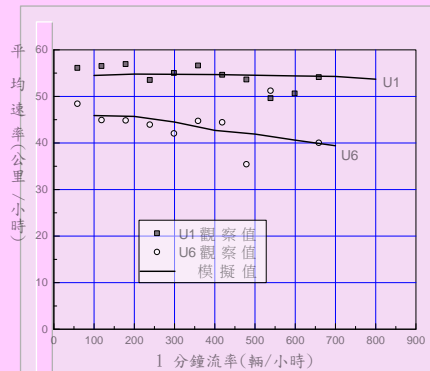


臺7下坡路段

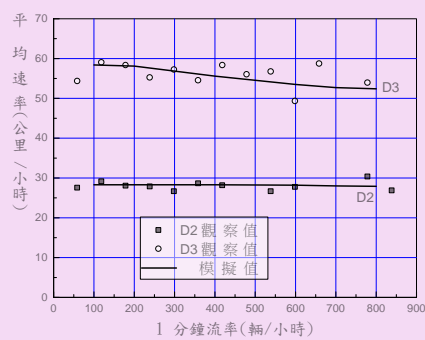
27

四、TGS-2L模式之測試及微調-11

流率與速率之現場與模擬關係的比較



縣108上坡路段



縣108下坡路段

28

四、TGS-2L模式之測試及微調-12

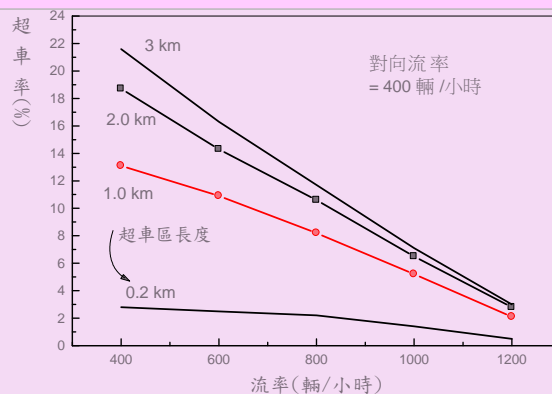
4.3超車行為

- 1.臺灣交通界沒有針對本土郊區雙車道公路上超車行為加以研究，本計畫參考國外文獻所描述的超車行為來模擬超車行為。
- 2.超車方向流率與超車區長度之影響
- 3.對向流率之影響
- 4.駕駛員冒險性門檻值之影響
- 5.超車後可用來回到原車道之同方向車距門檻值的影響

29

四、TGS-2L模式之測試及微調-13

4.3超車行為

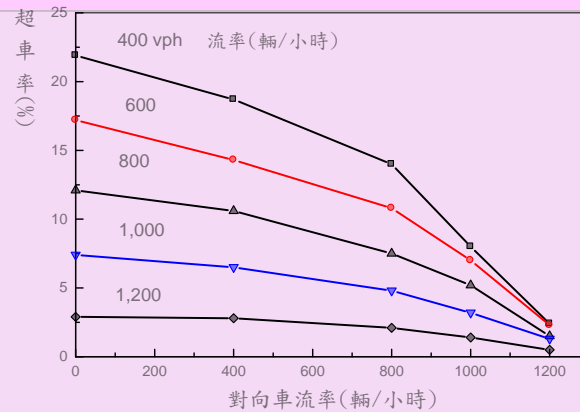


超車率隨超車方向流率及超車區長度之變化(對向流率=400vph)

30

四、TGS-2L模式之測試及微調-14

4.3超車行為

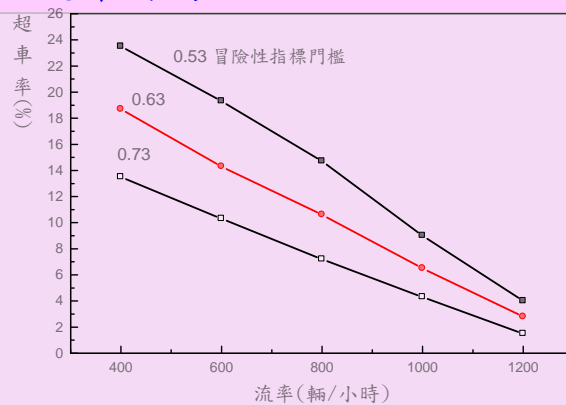


超車區長度固定時，超車率隨對向流率及超車方向流率之變化 (超車區長度=2公里)

31

四、TGS-2L模式之測試及微調-15

4.3超車行為

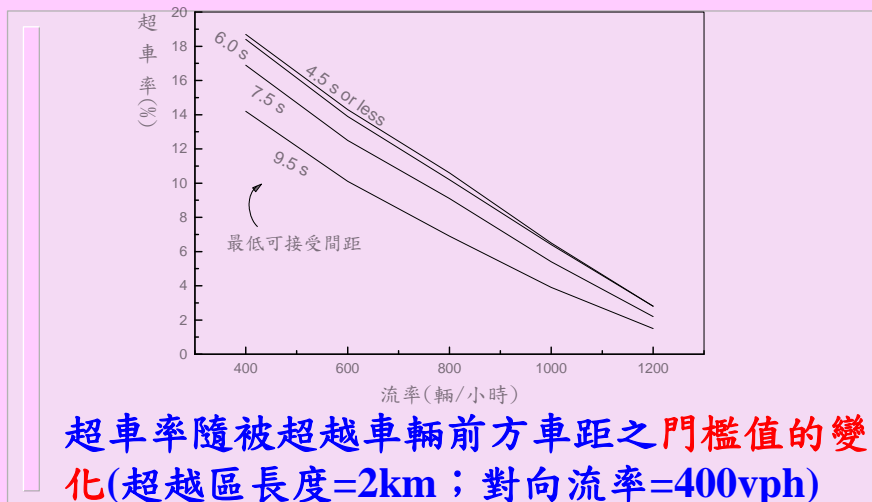


超車率隨冒險性指數門檻值之變化(超越區長度=2km；對向流率=450vph)

32

四、TGS-2L模式之測試及微調-16

4.3 超車行為

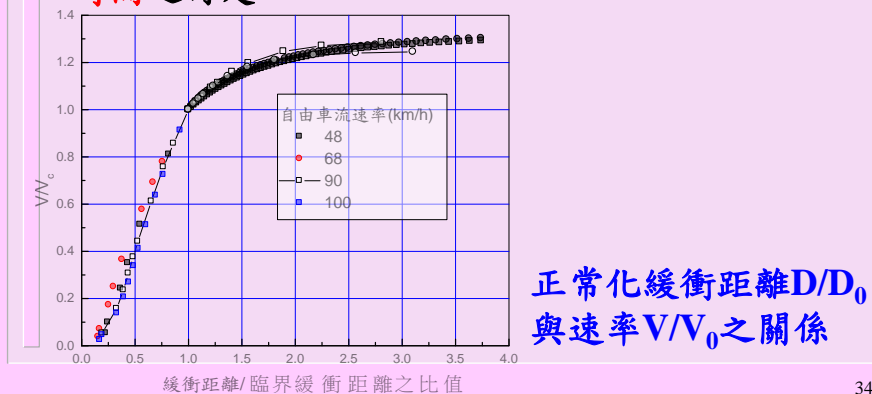


33

四、TGS-2L模式之測試及微調-17

4.4 跟車模式微調之替代方法

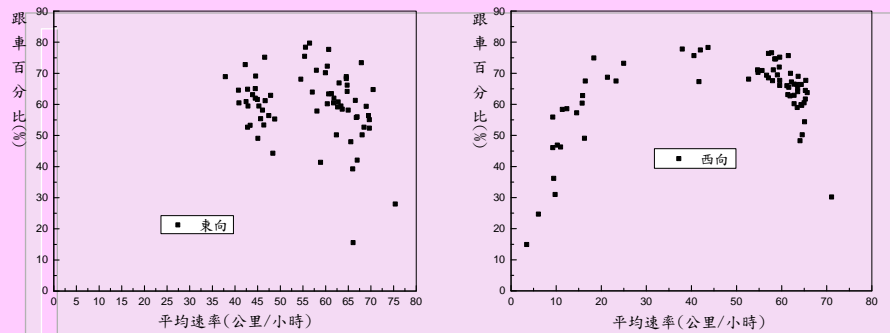
TGS-2L模式之模擬車流是否能正確的反映實際的流率與平均速率的關係，取決於跟車模式中緩衝時間之訂定。



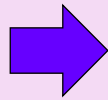
34

五、郊區雙車道公路交通作業分析-1

5.1 績效指標及服務水準之劃分



臺18車流跟車百分比與平均速率的關係

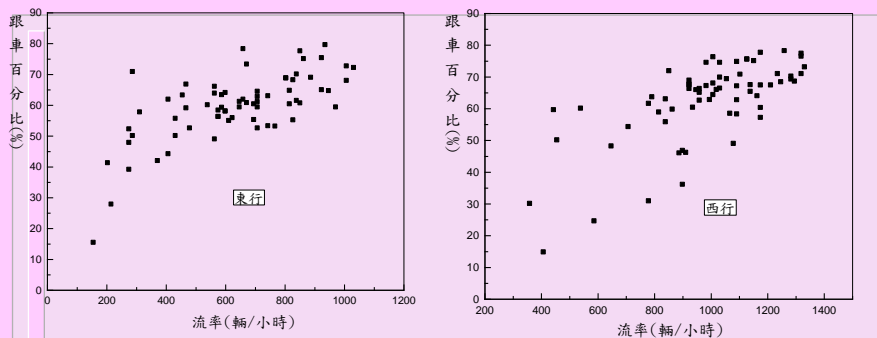


同一跟車百分比可存在於平均速率很不同之車流狀況

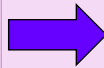
35

五、郊區雙車道公路交通作業分析-2

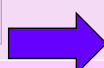
5.1 績效指標及服務水準之劃分



臺18車流跟車百分比與流率的關係



流率大不相同時，跟車百分比可能一樣



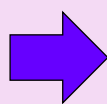
跟車百分比難以反映交通品質之好壞

36

五、郊區雙車道公路交通作業分析-3

5.1 績效指標及服務水準之劃分

1. 同一跟車密度之相關流率及跟車流率可能大不相同，而且不同行車方向有顯著不同的關係。此表示同一跟車密度難以用來評估不同車道或路段的交通作業。
2. 車流平均速率大不相同時，其相關之跟車密度可能相同。壅塞狀況下，跟車密度失去了反映前車擋後車嚴重性之功能。



基於這些考量，本計畫亦不建議以跟車密度作為績效指標。

37

五、郊區雙車道公路交通作業分析-4

5.1 績效指標及服務水準之劃分

一般而言，駕駛員在車流中所關切的是速率的變化及壅塞程度。本研究建議：

| V/C比 | LOS | 差距 (公里/小時) $\Delta V = V_L - V$ | LOS |
|-----------------------|-----|------------------------------------|-----|
| $V/C \leq 0.25$ | A | $\Delta V \leq -2$ | 1 |
| $0.25 < V/C \leq 0.5$ | B | $-2 < \Delta V \leq 4$ | 2 |
| $0.5 < V/C \leq 0.7$ | C | $4 < \Delta V \leq 6$ | 3 |
| $0.7 < V/C \leq 0.85$ | D | $6 < \Delta V \leq 9$ | 4 |
| $0.85 < V/C \leq 1.0$ | E | $9 < \Delta V \leq 12$ | 5 |
| $V/C > 1.0$ | F | $\Delta V > 12$ | 6 |

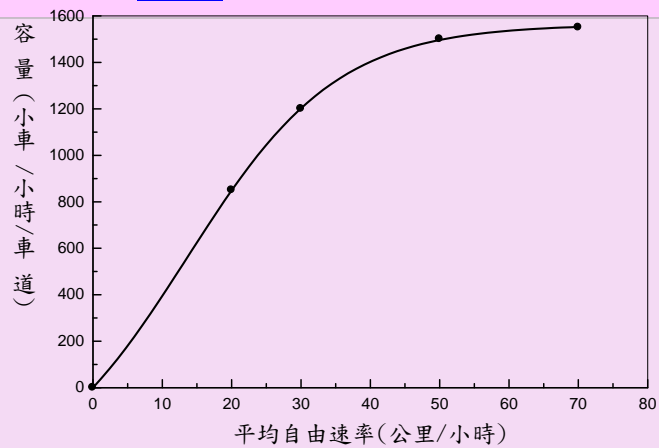
以V/C劃分LOS

以平均速率及速限之
差距劃分LOS

38

五、郊區雙車道公路交通作業分析-5

5.2 容量

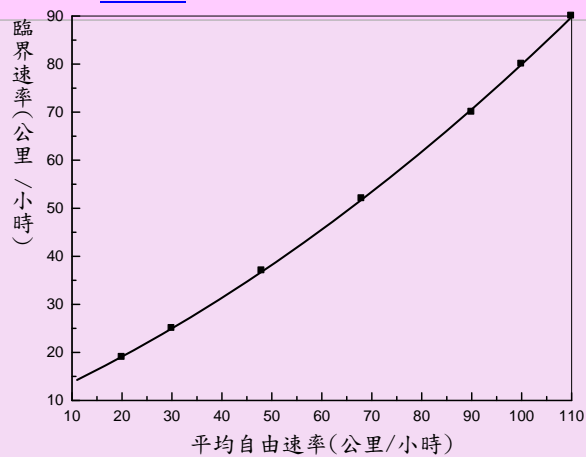


平坦路段容量與平均自由速率之可能關係

39

五、郊區雙車道公路交通作業分析-6

5.2 容量

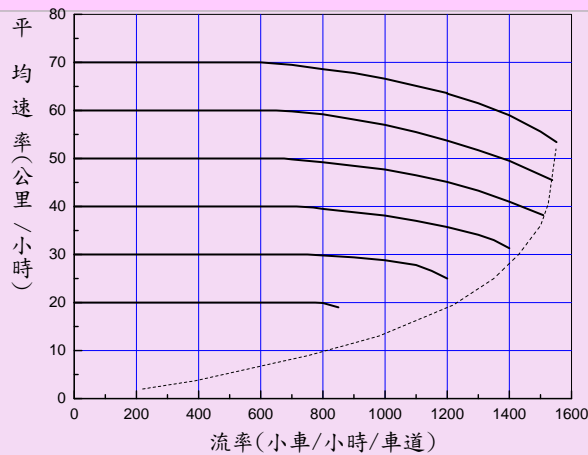


平坦路段臨界速率與平均自由速率之可能關係

40

五、郊區雙車道公路交通作業分析-7

5.2 容量



平直郊區雙車道公路流率與速率之可能關係

41

五、郊區雙車道公路交通作業分析-8

1. 平坦路段上平曲線之容量

車輛進入平曲線之速率受到設計速率、超高、曲率半徑、側面摩擦係數之影響，駕駛員必須控制在一安全速率。

2. 坡度路段的容量

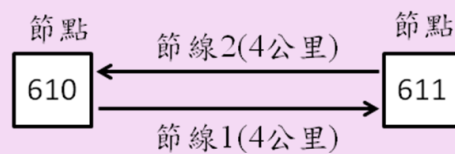
車輛在有上下坡及平曲線之路段時，其速率受各地點之坡度、坡長、曲率半徑及車輛載重、性能及駕駛員特性的影響。目前比較適用的方法是電腦模擬。

42

五、郊區雙車道公路交通作業分析-9

5.4TGS-2L模式之應用

應用TGS-2L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-2L.txt**。**附錄A**說明資料檔的內容及建立。



模擬網路示意圖

43

五、郊區雙車道公路交通作業分析-10

TGS-2L.txt例子

```

5555 0 simulation controls, number of runs, # periods, data collection period, seed
1 2 300 1800 0.5 300 1800 250987 模擬次數、單位時間、熱機與模擬時間、亂數
5555 1 read type 1 data, upstream node, down stream node, ids of 6 continuous lanes
1 610 611 0 NO 1 3.5 2.0 1.2 4. 0.0 節點與節線之設定
2 611 610 0 NO 1 3.5 2.0 1.2 4. 0.0
5555 2 read type 2 data, auxiliary lanes, type, side, 3lane ids,
1 1 MID 2 0 0 5.500 6.0 短車道或爬坡道等附屬車道之設定
2 1 MID 2 0 0 15.7 20.9
5555 3 read type 3 data, node, entry links 進入節點之節線設定
611 1 0 0 0 0 0 0
610 2 0 0 0 0 0 0
5555 7 read Type 7 data , link, start $ end of 5 passing zones 超車區之設定by里程
1 5.5 6.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
5555 10 Type 10 data, turn type allowed, ids of lanes 從節線端點離開時之行車方向
1 5 1 0 0 0 0 0 5為直行
2 5 1 0 0 0 0 0
  
```

44

五、郊區雙車道公路交通作業分析-10

TGS-2L.txt例子

```

5555 12 Type 12 data, flow rates at source nodes 不同模擬時段之車種組成
610 1 1 10 000.0 000.0 000.0 000.0 100.00 000.0 0.0 0.0
610 1 2 10 000.0 000.0 000.0 000.0 100.00 000.0 0.0 0.0
611 1 1 000 000.0 000.0 000.0 000.0 100.00 000.0 0.0 0.0
611 1 2 000 000.0 000.0 000.0 000.0 100.00 000.0 0.0 0.0
5555 13 Type 13 data, turning movements at end of link 從節線Link離開時之行進
1 5 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
2 5 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100. 100.
5555 15 Type 15 data, Speed Zones 速限區之設定by里程
1 0.0 50 50 50 小車、機車、大車速限
2 0.0 50 50 50
5555 17 Type 17 data , change free flow speed for each zone 速限區之自由速率
1 1 70 70 70 小車、機車、大車
2 1 70 70 70
5555 18 Type 18 data, Link, Speed Zone ID, Capacity, adjustment 速限區之小車容量與調整值
1 1 1550. 0.
2 1 1550. 0.
5555 19 TYPE 19 data, starting free-flow speed at origin nodes 45
610 70. 70.0 70.0 由節點進入之小車、機車、大車平均速率

```

五、郊區雙車道公路交通作業分析-10

TGS-2L.txt例子

```

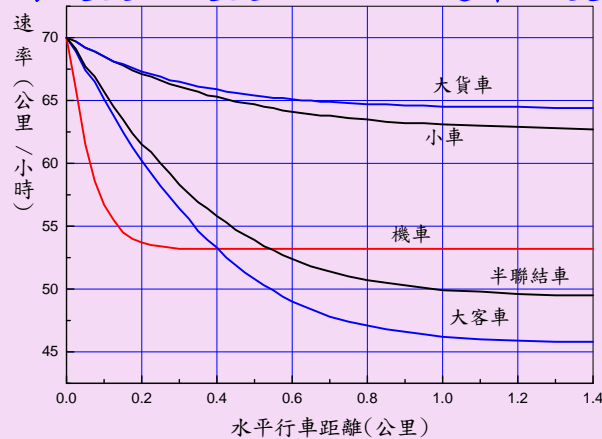
5555 30 TYPE 30 data for grades 坡度設定by里程
1 1 0.000 4. 6.00
2 1 0.000 4. -6.00
5555 32 TYPE 32 DATA for horizontal curves 平曲線曲率半徑設定by里程
1 1 10.0 12.3 3000.
1 2 15.8 19.1 3000
5555 35 Type 35 data, detector for flow data 偵測站之位置設定by里程
1 0.025 0.05 0.075 0.1 0.125 0.15 0.175 0.2 0.225 0.25
2 0.025 0.05 0.075 0.1 0.15 0.2 0.3 0.4 0.5 1.0
5555 36 Type 36 Force or not to force veh to behave in the same way 使用代表性車輛
1 99 1=To behave in the same way' 0=random
5555 41 Type 41 data, revise mass, horsepower, efficiency 代表性車輛之性質調整
1 2000 27 0.90
2 180 5 0.9
3 15000 150 0.85
4 10000 165 0.85
5 20000 220 0.85
99999 99999 輸入檔結束

```

五、郊區雙車道公路交通作業分析-10

5.4TGS-2L模式之應用

1.均勻坡度上坡度路段自由速率之變化



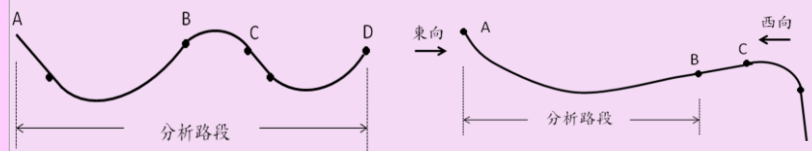
在+6%上坡路段之自由速率與水平距離之模擬關係⁷

五、郊區雙車道公路交通作業分析-11

5.4TGS-2L模式之應用

2.坡度路段容量之估計

一路段的容量代表能持續通過（離開路段下游端點）該路段之最高流率。郊區雙車道公路之幾何設計狀況隨地點的變化可能相當顯著。因此一分析路段的容量不僅受到該路段上之**瓶頸**的影響，也可能受到其**上下游端點附近瓶頸地點**的影響。



五、郊區雙車道公路交通作業分析-12

5.4TGS-2L模式之應用

3.服務水準之評估(表5.1及表5.2)

| Link | Station at km | Lane | Flow vph | Speed (km/h) | | % Vehicle Type | | | | | | | |
|------|------------------|------|-------------|--------------|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | Time-Mean | Space-Mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0.020 | 1 | 791. | 66.3 | 66.1 | 94.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.000 | 1 | 799. | 42.0 | 41.8 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.250 | 1 | 799. | 41.5 | 41.3 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 1.500 | 1 | 798. | 40.8 | 40.6 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.000 | 1 | 791. | 49.8 | 49.6 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.500 | 1 | 807. | 25.0 | 24.4 | 94.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.600 | 1 | 805. | 25.8 | 24.9 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 2.700 | 1 | 807. | 29.1 | 28.8 | 94.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 3.000 | 1 | 789. | 47.8 | 47.5 | 94.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 4.000 | 1 | 787. | 54.1 | 53.8 | 94.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

49

五、郊區雙車道公路交通作業分析-13

5.4TGS-2L模式之應用

4.超車區效益之評估

如一輸入檔沒有檔型7資料，TGS-2L模式不讓車輛超車。如有檔型7的資料，而且此檔所設的超車區在節線上，則TGS-2L模式讓小車及機車超車。

5.爬坡道及超車用短車道之評估

TGS-2L模式可利用檔型2設置爬坡道，或慢車避讓之短車道，且可從其使用率及對平均速率的影響來評估其效益。使用者可用檔型35，在附屬車道上設置數個偵測站來記錄通過的流率。

50

TGS-2L模式之展示-1

Case 1：模擬+6%上坡半聯結車自由速率隨地點之變化。

Case 2：於+6%上坡，無平曲線、超車區、附屬車道，80%小車、15%機車、5%半聯結車，逐漸增加流率（檔型12），直至離開流率不再升高、甚至下降，以用來估計容量。

51

TGS-2L模式之展示-2

Case 3：與Case 2同，但於1.0~1.5km之間有一半徑25m之平曲線（檔型32），流率從800vph逐步增加，以估計容量（大幅低於Case 2）。

Case 4：於里程1.0~3.0km之間有可超車區（檔型7）對向及超車方向流率各為400vph及800vph，可輸出超車率。

Case 5：在1.0~2.0km之間有爬坡道，可利用偵測站流率估計其使用率。

52

六、結論與建議-1

- 1.本計畫發展一微觀坡度路段車流模擬模式(TGS-2L模式)，可作為分析臺灣郊區雙車道公路之一工具。
- 2.TGS-2L模式可用來協助公路設計，以及評估容量及服務水準。
- 3.附錄A說明TGS-2L模式輸入檔之建立。第五章說明模式之各種應用。
- 4.平均自由速率為50及70kph之平直路段容量，大約各為1,500及1,550小車/小時左右。

53

六、結論與建議-2

- 5.臺灣郊區雙車道公路上常有坡度大(6%~10%)而且曲率半徑很短(小於50公尺)的平曲線。其平均自由速率預計會遠低於50kph。本計畫估計平均自由速率為20及30kph之平坦平曲線的容量大約各為850及1,200pcphpl。
- 6.依臺7及縣108公路自由速率資料，表4.11之代表性車輛，可用來模擬類似公路之交通作業。

54

六、結論與建議-3

7. 跟車百分比及跟車密度不適用來評估臺灣郊區雙車道公路之交通作業。本計畫建議採用V/C比及平均速率與速限之差距，作為劃分服務水準等級之標準。
8. 分析平坦路段之容量及服務水準時，可將各車種用小車當量(*pce*)轉換。分析有上下坡路段時，不宜用小車當量，而應直接用模擬模式估計容量及平均速率。

55

六、結論與建議-4

1. 建議以TGS-2L模式探討郊區雙車道公路車流特性，並建立一以TGS-2L模式為基礎的分析方法，來修訂容量手冊。
2. 仍有必要繼續蒐集現場資料來測試TGS-2L模式。比較需要的資料包括不同車種之車輛接近及進入一平曲線時自由速率之變化，資料蒐集對象須有不同之坡度及曲率半徑之組合。另一需要的資料為各車種在一長約2公里之上下坡路段之旅行時間。

56

六、結論與建議-5

- 3.建議運研所參考公、私立交通機構之意見，探討表5.1及表5.2所列服務水準劃分標準如何修訂。
- 4.建議公路總局及各縣市能針對目前郊區雙車道公路速限的設定是否合理，做一全臺性的評估，並建立訂定速限之準則。

57

中華民國運輸學會

公路坡度路段模擬模式 之發展及應用(2/3)

簡報完畢
敬請指正

58

