

中山高速公路地磅站作業評估之研究¹

ASSESSMENT OF THE OPERATIONS OF WEIGH STATIONS ON SUN-YAT SEN NATIONAL FREEWAY

曾平毅 Pin-Yi Tseng²

王俊成 Jiun-Cheng Wang³

(90 年 10 月 3 日收稿，91 年 1 月 29 日第一次修改，91 年 3 月 27 日
第二次修改，91 年 12 月 20 日定稿)

摘 要

地磅作業效率對於高速公路超載取締及收費作業方面有很大的影響，本研究的目的為了解中山高速公路地磅站作業之現況問題，研析地磅作業與操作效率間之關係及其影響因素。本研究首先探討現行地磅作業程序，以及其對執法與公路養護之影響，並針對各項現況問題提出改善對策。其次，藉由現場調查與電腦模擬來分析重車過磅特性，由現場調查發現地磅作業之容量為 288 輛／小時，經驗證收費站模擬 (TPS) 模式能合理且準確地估計地磅作業之進口路段平均延滯時間。最後，經以 TPS 模式作為地磅站作業與收費站作業之研究工具，其模擬結果可用以評估地磅站進口路段之需要長度，以及尖峰時段收費站大型車流過磅車輛數，以確保地磅站及收費站保持較好的服務績效。

關鍵詞：地磅站；超載；執法；平均延滯；模擬模式

-
1. 本研究承蒙 TPS 模式開發者美國克拉森大學 (Clarkson University) 林豐博教授提供與指導模擬模式，以及兩位審查委員之寶貴意見，特此致謝。
 2. 中央警察大學交通學系暨交通管理研究所副教授 (聯絡地址：333 桃園縣龜山鄉大崗村樹人路 56 號中央警察大學交通學系；電話：03-3282321 轉 4619；E-mail：una139@sun4.cpu.edu.tw)。
 3. 中央警察大學交通管理研究所碩士。

ABSTRACT

Weigh station operations have significant impacts on toll collection and the enforcement of vehicle weight limits on freeways. The purposes of this study are: (1) to identify weaknesses related to the current operations of the weigh stations on Sun-Yat Sen National Freeway; and (2) to examine the relationships between the operating efficiency of a weigh station and its influencing factors. First, current weight-station operating procedures are examined and their implications in law enforcement and freeway maintenance are discussed. Measures that may be taken to rectify current operational problems are then suggested. Subsequently, the vehicle-processing characteristics of weigh stations are analyzed on the basis of field observation and computer simulation. Field data reveal that a weigh station can process about 288 vehicles per hour. The Toll Plaza Simulation (TPS) Model is calibrated and tested to ensure that its estimated vehicle delays at weight stations are realistic. This model is then used to analyze the interacting operations of toll plazas and weigh stations. The simulation results are used to assess the geometric design requirements of weigh stations and the weight flow of current heavy trucks that can be efficiently processed through a weigh station during peak hours.

Key Words: *Weigh station; Overweight; Law enforcement; Average delay; Simulation model*

一、緒 論

目前國內高速公路在主線上皆布設有收費站以收取通行費，由於車輛通過收費站必須經過減速、排隊、收費及加速等階段，收費站常成為高速公路系統中，對車流產生延滯之主要設施之一。目前中山高速公路全線共設 10 處主線欄柵式收費站，除了新市收費站以外，每個收費站皆設有地磅，南北雙向共有 18 座。地磅站係高速公路進行大型車輛之超載執法取締之所在，一般設置在各個收費站的下游區或上游區，高速公路上雖規定大型車輛若有載重（以下簡稱載重車）一律過磅，但因執法警力不足並無法全面要求載重車過磅，因此造成逃磅情形嚴重及超載取締未臻理想的情形。目前高速公路的大貨車及客聯車收費車道皆普遍設置於收費站最外側的 2~3 個車道，載重車則必須在通過收費站之後駛入位於收費站路側的地磅站進行過磅以防超載，載重車輛通過地磅站時，必須經過減速、停等、過磅及加速等階段，地磅站亦是高速公路系統中對大型車車流產生延滯的設施之一。不過，由於地磅站容量有限，每至過磅尖峰時間，地磅站的延滯現象就變得甚為嚴重，進而干擾到收費站大型車收費車道的收費作業及車流之運行。地磅站地磅作業由於受到服務時間、方式或設置型態之不同，對通過收費站大型車收費車道之車流將有不同程度的影響。

收費站作業受車流到達、車輛跟進、收費服務等基本特性，及收費亭調撥、地磅等因

地制宜作業之影響，一般常成為高速公路之瓶頸所在。收費站的需求流率 (traffic demand) 隨時間而變化，其收費車道有時也因而需要調撥，此外，收費站附近之地磅作業亦可能造成大型車收費車道或上游主線之阻塞，這些作業狀況對收費站之服務水準有不可忽視的影響，但其影響之程度卻很難用分析性模式 (analytical model) 加以估計。一般而言，使用模擬模式 (simulation model) 較能反映收費站複雜之作業狀況^[1]。因此交通部運輸研究所乃針對主線欄柵式收費站發展出一套分析方法論，並進一步以該方法論為基礎，發展出電腦模擬法分析程序，主要是利用收費站模擬模式 (toll plaza simulation model，簡稱 TPS 模式)^[1] 模擬整個收費站之詳細運作，計算其運作績效，可用於不同收費站布設之細部評估及運作策略績效分析。

國內對於收費站之研究較著重於服務時間^[2,3]、延滯^[4-6]、容量與服務水準^[7,8]之研究分析，對於地磅作業之相關研究探討文獻甚少，但其作業卻影響收費站作業甚大。因此本研究乃針對中山高速公路的地磅站進行研究，以實地觀測與地磅站延滯調查，並應用 TPS 模式進行模擬分析，藉以了解中山高速公路地磅作業之基本特性及服務績效，以及其對於通過收費站之大型車車流產生的影響程度。

本研究主要目的如下：

1. 分析中山高速公路地磅站設置與運作現況。
2. 探討中山高速公路地磅站超載取締之問題。
3. 分析通過地磅站的載重車所產生的延滯、等候情形及其影響因素。
4. 建立合適的地磅站服務績效指標，並利用 TPS 模式進行不同流量及不同幾何設計下的服務績效分析。

本研究就中山高速公路收費站下游區之地磅站實地資料調查，利用調查的資料進行地磅作業特性分析及延滯特性分析，並以 TPS 模式為基礎，分析中山高速公路地磅作業之服務績效。雖然 TPS 模式也模擬分析地磅作業，但 TPS 模式發展時並未特別驗證地磅作業部分，而主要著重於各收費車道與收費方式之模擬分析^[1]。本研究主要希望透過現場調查資料與 TPS 模式之模擬相比較，以驗證 TPS 模式於地磅作業之實用性。而後，利用不同的流量及不同的幾何設計研擬各種實驗方案組合，藉由 TPS 模式針對不同的方案進行模擬分析，分析地磅站不同設置型態下的服務績效。

二、收費站地磅作業現況與過磅時間特性分析

2.1 地磅站現況

本研究以實地調查、訪談及蒐集報表等方式，以了解地磅站作業情形及現況。

1. 地磅站負責單位

高速公路地磅站係由國道高速公路局交通管理組負責，下設北、中、南工程處，各工程處分別設置工務段負責管理各區段內的地磅站，各工程處所職掌之地磅站整理如表 1。目前有部分的地磅系統之施工、維護及管理等工作，則發包給民間公司負責。

表 1 國道高速公路局各工程處管理之地磅站

工 程 處	地 磅 站
北區工程處	汐止地磅站、泰山地磅站、楊梅地磅站、龍潭地磅站 (北二高)、樹林地磅站 (北二高)
中區工程處	造橋地磅站、后里地磅站、員林地磅站
南區工程處	斗南地磅站、新營地磅站、岡山地磅站、田寮地磅站 (南二高)

註：資料蒐集基準日期為 90 年 3 月 31 日，當時第二高速公路尚有許多路段尚未開通。

2. 地磅站設置型式及基本資料

國內高速公路地磅站大致上可以分為二種，一是設置於收費站下游區，此類地磅站較常見於中山高速公路，諸如泰山、楊梅、新營等；另一是設置於收費站上游區，此類地磅站較常見於北部第二高速公路，諸如樹林、龍潭等，而中山高速公路的汐止地磅站亦屬此種設置型式，目前造橋地磅站正進行改建工程，將原設置於收費站下游區之地磅站改建於收費站上游區。不過，比較值得注意的是中山高速公路的地磅站皆是屬於路側的設置型式，過磅車輛進出地磅站時，比較容易干擾到收費站大型車車流；北部第二高速公路的地磅站則是屬於路外的設置型式，對於收費站大型車車流干擾較少。根據各個地磅站的實際現場調查及量測所得之資料，茲將中山高速公路地磅站的基本資料整理如表 2，其中南向與北向地磅站分別簡稱為南磅、地磅。除了汐止地磅站因地磅站設置於上游區外，其餘地磅站的平均總長度為 166 公尺，其中最大者為楊梅地磅站北磅 210 公尺、最小者為泰山地磅站南磅 140 公尺。平均進口路段長度為 88 公尺，其中最大者為新營地磅站北磅 105 公尺、最小者為泰山地磅站南磅 71 公尺。平均出口路段長度為 58 公尺，其中最大者為楊梅地磅站北磅 102 公尺、最小者為新營地磅站北磅 31 公尺。

3. 地磅站運作時間及配置人數

目前中山高速公路各地磅站均規定為每日 24 小時運作，地磅站每個運作時段僅有 1 名磅工當班，每個運作時段以 8 小時為單位，採三班制輪班，每日的 8 時、16 時及 24 時進行換班。因為磅工的工作枯燥乏味且薪水較低，所以有時會請不到磅工，發生磅工人力不足的現象發生，各工程處為了解決地磅站磅工人力不足的問題，藉由發包的方式，將部分地磅站委由其他的民間公司負責，以減輕人力的負擔，並解決磅工人力不足的現象。目前泰山地磅站南磅部分由 4 名磅工輪班；北磅部分由 3 名磅工輪班，而北磅部分現則由一家民間公司負責。根據實地調查發現，各地磅站磅工人數無一定標準，各地磅站人員編組，彙整如表 3。目前部分地磅站僅以 3 名磅工輪班，不僅有違勞基法兩週 84 工時基本工時的規定，亦會產生輪休的問題，若每人皆是以 8 小時工時計算，則 24 小時運作的地磅站，磅工則無法有休假時間，因此部分地磅採取 1 人休假時，其他 2 人則各多分擔 4 小時為

表 2 地磅站之基本資料

北 磅 部 分					
地磅站名稱	地磅設置位置	進口路段長度	地磅長度	出口路段長度	總長度
汐止地磅站	上游區	130	21	82	233
泰山地磅站	下游區	82	20	65	167
楊梅地磅站	下游區	88	20	102	210
員林地磅站	下游區	85	22	46	153
斗南地磅站	下游區	94	21	58	173
新營地磅站	下游區	105	19	31	155
岡山地磅站	下游區	83	22	71	176
南 磅 部 分					
地磅站名稱	地磅設置位置	進口路段長度	地磅長度	出口路段長度	總長度
汐止地磅站	上游區	104	23	67	194
泰山地磅站	下游區	72	18	50	140
楊梅地磅站	下游區	88	20	93	201
員林地磅站	下游區	85	23	33	141
斗南地磅站	下游區	86	20	58	164
新營地磅站	下游區	103	19	32	154
岡山地磅站	下游區	83	22	58	163

表 3 國道地磅站運作時間及配置人數

地磅站名稱	運作時間	負責單位	配置人數
汐止地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 3 名磅工 南磅 3 名磅工
		南磅－高公局	
泰山地磅站	每日 24 小時	北磅－民間公司	北磅 3 名磅工 南磅 4 名磅工
		南磅－高公局	
楊梅地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 3 名磅工 南磅 3 名磅工
		南磅－民間公司	
造橋地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 3 名磅工 南磅 3 名磅工
		南磅－高公局	
后里地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 3 名磅工 南磅 3 名磅工
		南磅－高公局	
員林地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 4 名磅工 南磅 4 名磅工
		南磅－民間公司	
斗南地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 4 名磅工 南磅 4 名磅工
		南磅－民間公司	
新營地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 5 名磅工 南磅 5 名磅工
		南磅－高公局	
岡山地磅站	每日 24 小時	北磅－高公局	北磅 4 名磅工 南磅 4 名磅工
		南磅－民間公司	

12 小時的方式，來解決休假的問題，若依此方式則必然亦違反基本工時之規定。若以目前勞基法兩週 84 工時規定，每個地磅至少要有 4 名磅工進行輪班。

4. 磅工作業流程

當車輛通過地磅時，地磅站內電腦管理系統會顯示車輛過磅的日期、時間及車輛總重、核重，而汐止地磅站為三台面地磅，故過磅車輛之軸重亦會顯示。車輛通過地磅時，磅工必須輸入每輛過磅車之核定總重，由電腦系統判斷該車輛是否超載，並以鈴聲、燈號或麥克風告知駕駛人。若過磅車輛超載，磅工則須另外輸入車牌號碼，記錄於電腦系統中，再由現場警察執行超載取締作業。超載車輛於電腦報表資料的輸出項目，除與一般車輛相同之過磅日期、時間、車軸重、車輛總重、核定總重外，另外會列印出超載車輛車輛號牌及其超載率。其基本作業流程圖如圖 1 所示。

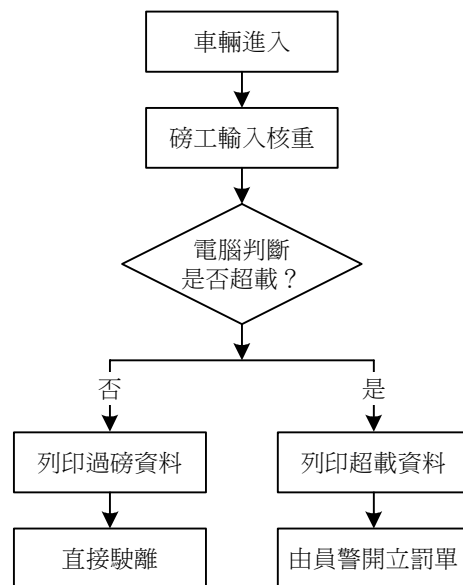


圖 1 地磅站基本作業流程圖

5. 資料處理方式

各地磅站報表輸出方式略有差異，車輛通過地磅時，必須由磅工輸入車輛核定總重，由電腦系統判斷是否為超載後，方由電腦系統進行資料列印輸出，故磅工是否逐一依過磅車次輸入每車核重，即關鍵性地影響到電腦存檔之車輛資料。一般所列印的資料分為未超載及超載兩種，未超載的部分包括：過磅日期、時間、車軸重、車輛總重、核定總重；超載的部分則另增列車輛號牌及其超載率。所有的過磅資料電腦系統每 15 分鐘、每 1 小時以及每 24 小時都會累計 1 次，不過依據實際調查發現累計的資料經常因為停磅或是人為操作疏失而產生錯誤情形，造成資料無法正常列印。過磅資料之電腦檔案及「車輛超載資

料及處理登記表」均彙整送至各區段工程處及高速公路局交通管理組，以統計過磅車數、超載數等相關統計資料，電腦報表則由各地磅站留存約一年。

6. 地磅站作業情形

根據實地觀測時發現，車輛過磅時，部分車輛因未停於適當位置或是未依指示暫時停等，造成磅工無法及時輸入車輛的核重，以致於電腦無法有效判斷；或者是車輛於地磅上緊急煞車造成地磅的錯誤判斷；亦有部分超載車輛並未依規定於車身噴漆註明牌號或牌號已模糊不清，或未依燈號的顯示暫時停等，以至於磅工無法及時輸入牌號；另所訪問的某些地磅站，其燈號或重量顯示器無法正常運作，無法有效告知駕駛人，此類因素都會影響地磅站的作業。

在實地調查的同時，亦經常發現例如大客車、大貨車、聯結車、小客車、拖救車、工程車等車輛，時常暫停於地磅站的出口路段附近或是卸貨場檢查車輛、檢查貨物或休憩，因而影響到要離開地磅站的過磅車輛及地磅之作業。出口路段若較狹短或卸貨場地較小，則過磅車輛所受的干擾會比較大，由表 2 可知，目前的地磅站其出口路段平均長度只有 58 公尺，而最小的出口路段為新營地磅站的南磅，只有 31 公尺，因此若是有車輛暫停於地磅站的出口路段附近或是卸貨場，則剛要離開地磅站的過磅車，經常會受該暫停車輛之干擾，而無法順利離開地磅站。此類情形於各個收費站區之地磅站經常可見，已經明顯違反了「高速公路交通管制規則」第十二條之規定，但卻少見公路警察進行取締或管制。

在中山高速公路泰山地磅站北磅部分，因為在收費站的大型車有三個收費車道，大部分過磅車輛皆是利用最外側的收費車道，以利車輛於繳費後直接駛入地磅站，不過仍有部分的過磅車輛則是利用較靠內側的大型車收費車道進行繳費，於繳費後再切換車道駛入地磅站，但是因為該地磅站前並無明顯的引道，使得較靠內側收費車道的過磅車輛難以在有限空間下切換至外側車道，致使過磅車輛無法順利進入地磅站，因此在地磅站之進口路段則時常發生較靠內側車道的過磅車輛插隊或是逃磅之情形，車輛在插入進入地磅的停等車隊時，亦連帶影響到收費站較靠內側車道的收費作業，產生更多的延滯。根據本研究初步觀察，泰山地磅站平常日 8 時至 11 時為車輛過磅尖峰，車輛壅塞車隊長度甚至會回堵至收費站的上游，因而嚴重影響收費站大型車收費車道車流順暢。此外，因該地磅站卸貨場較小，故即使車輛出現嚴重超載情形，亦難以執行卸貨分裝，此類情形亦常發生於其他地磅站。由此現象觀察得知，因地磅站設置情況失當，會造成地磅站運作情形不佳，影響車輛服務時間及收費站之收費作業。

2.2 地磅站過磅資料分析

為能進一步了解高速公路地磅站之作業情況，必須針對各地磅站每日每小時之過磅資料進行分析。但因為中山高速公路局對於過磅資料之提供有所保留，僅能提供各地磅站過磅資料之總數，無法提供詳細的過磅資料作為研究之用，所以本研究在蒐集資料方面相當困難，除了一方面積極與高速公路局聯絡協調外，另一方面則由各個地磅站作資料蒐集工

作，仍無法得到完整的過磅資料。因此本研究僅就能蒐集到的泰山地磅站北磅於民國 90 年 3 月 1 日至 12 日 (每日 24 小時) 之相關過磅資料，整理得每日不同時段 (表 4) 及每週不同日子 (表 5) 的過磅資料，並分析如下。

表 4 泰山地磅站北磅於 90.3.1 ~ 90.3.12 每日不同時段過磅車輛數

時間 \ 日期	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	3/9	3/10	3/11	3/12
0~1	55	60	83	11	40	0	48	81	39	37	11	77
1~2	50	64	62	15	56	0	73	55	76	67	18	63
2~3	30	45	62	13	9	0	57	67	68	40	3	43
3~4	10	63	43	17	9	0	29	37	14	17	3	41
4~5	17	55	40	20	3	0	81	48	36	12	7	79
5~6	65	91	76	18	30	0	114	84	85	0	25	104
6~7	127	168	92	31	116	77	132	118	143	42	30	115
7~8	45	90	72	21	60	106	105	119	60	102	41	90
8~9	56	62	109	34	60	115	93	97	61	104	26	99
9~10	153	157	147	54	165	195	186	62	127	122	28	131
10~11	137	168	111	58	178	177	188	160	217	99	39	181
11~12	119	89	87	47	128	151	158	138	119	37	34	111
12~13	21	77	48	49	155	158	134	123	130	53	12	53
13~14	92	110	78	49	109	164	123	150	123	64	32	117
14~15	153	137	105	37	172	138	154	130	73	39	39	99
15~16	125	93	71	31	136	131	113	83	122	40	39	105
16~17	90	46	38	46	74	99	69	98	53	36	23	68
17~18	61	26	18	16	52	68	47	51	16	19	29	69
18~19	10	26	25	21	44	42	15	33	28	6	10	31
19~20	31	14	16	15	31	31	31	31	24	27	10	46
20~21	23	17	24	15	39	18	28	39	17	30	12	48
21~22	33	56	18	19	42	51	38	36	61	18	16	49
22~23	43	37	19	59	74	62	53	65	62	17	46	76
23~24	50	65	13	74	71	85	93	65	69	13	84	91
合計	1,596	1,816	1,457	770	1,853	1,868	2,162	1,970	1,823	1,041	617	1,986

1. 每日平均的過磅車輛數為 1,580 輛，每日平均超載車輛數為 47 輛，其中超載的重量在 10%~20% 間的每日平均有 39 輛，大於 20% 以上的每日平均有 8 輛，每日超載車輛數大約占每日的過磅車輛數的 3% 左右。其中 3 月 6 日當天 0 時至 6 時間，因為該地磅站處於停磅的情況，所以並無過磅資料。
2. 由表 4 得知，過磅車輛數一天當中不同時段的變化情形，地磅站每日過磅車輛數大概會

出現三個高峰點，三個高峰點大致是在早上 6~7 時、上午 9~11 時、下午 14~15 時之間，其中又以 9~11 時的過磅車輛數出現全日最高峰的機率為最大。每日的 12~13 時，因為是磅工的用餐時間，所以經常會有停磅的情形出現，因而造成在此一時段間的過磅車輛數變異較大。3 月 4 日及 3 月 11 日因適逢例假日，所以過磅車輛明顯減少。

3. 由表 5 顯示，在一週當中，例假日 (3/4、3/11) 過磅車輛數都相當地低，而在星期一至星期五的平常日期間，每天的過磅車輛數的分布則較一致。此外發現，非假日每日的過磅車輛數介於 1,800~2,200 輛之間，而假日每日的過磅車輛數則較為偏低，介於 600~1,100 輛之間，每日的超載率則介於 2~3% 之間。

表 5 泰山地磅站北磅於 90.3.1~90.3.12 每日過磅車輛數及超載車輛數

日 期	過磅車次	超載10%~20%	超載 > 20%	超載率
3月1日	1,596	46	14	3.76%
3月2日	1,816	44	26	3.85%
3月3日	1,457	23	10	2.26%
3月4日	770	15	3	2.34%
3月5日	1,853	29	9	2.05%
3月6日	1,868	35	7	2.25%
3月7日	2,162	66	10	3.52%
3月8日	1,970	49	3	2.64%
3月9日	1,823	51	4	3.02%
3月10日	1,041	32	3	3.36%
3月11日	617	16	3	3.08%
3月12日	1,986	59	8	3.37%
每日平均	1,580	39	8	2.98%

2.3 地磅站過磅時間之特性

1. 收費站車種組成及過磅百分比

本研究選擇泰山及新營兩處收費站及其南、北向地磅站為調查對象，以連續觀測 50 分鐘兩次的方式，調查整理得表 6 之收費站車種組成，及表 7 之大型車車種組成及過磅百分比。

表 6 泰山收費站及新營收費站車種組成

收費站別	小客車百分比	大客車百分比	大貨車百分比	聯結車百分比
泰山－北向	75	8	7	10
泰山－南向	80	6	8	6
新營－北向	72	9	9	10
新營－南向	72	3	12	13

表 7 泰山收費站及新營收費站大型車車種組成及過磅百分比

收費站別	大客車百分比	大貨車百分比	聯結車百分比	過磅車百分比
泰山－北向	30	28	42	24
泰山－南向	33	37	30	18
新營－北向	33	31	36	38
新營－南向	12	42	46	26

2. 地磅站之過磅服務時間分析⁴

過磅車輛必須停等或以相當低的速率通過地磅，故其過磅服務時間等於在有連續的停等車輛時，一車車尾通過地磅站旁一參考線到下一輛車車尾通過同一參考線之時間。停等車指停止或與前車距離大約在 2~4 公尺，而且車行緩慢，速率約在 25 公里／小時以下之車輛。量測過磅服務時間用的參考線一般位於車輛抵達地磅時車頭的一般位置。

地磅站過磅服務時間受到車輛跟進時間及過磅時間的影響。跟進時間指從前車過磅完畢開始加速離開地磅站到下一停等車輛之駕駛員到達地磅特定位置所需要的時間。過磅時間指駕駛員抵達地磅特定位置開始過磅到過磅完畢開始加速離開所需時間。其調查方式如下：在有排隊的情況之下，當 A 車過磅完畢鈴聲響起時，A 車開始啟動離開，B 車開始啟動進入地磅到達特定位置，一直到 B 車過磅完畢啟動離開，此一段時間為 B 車過磅服務時間，該時間分為跟進時間及過磅時間。跟進時間為 A 車過磅完畢鈴響開始至 B 車車尾通過進入端；過磅時間為 B 車車尾通過進入端開始至過磅完畢鈴響。

根據本研究於民國 90 年 2 月份分別於泰山及新營地磅站北磅部分現場實地調查，總共調查得過磅服務時間資料泰山地磅站 238 筆，其中包含大貨車 166 筆 (占 70%) 及聯結車 72 筆 (占 30%); 新營地磅站 163 筆，其中包含大貨車 84 筆 (占 52%) 及聯結車 79 筆 (占 48%)，泰山及新營地磅站之各車種的平均過磅服務時間，請見表 8 及表 9。其中泰山地磅

4. 交通部運輸研究所「TPS 收費站模擬模式使用手冊」^[1]之參數「平均在地磅之檢查時間」，與本研究指稱之重車平均過磅服務時間 (包括過磅時間與車輛跟進時間) 相同。

站平均服務時間為 11.57 秒、標準差 3.23 秒；新營地磅站平均服務時間為 13.17 秒、標準差 3.18 秒。探討如下：

- (1) 因聯結車停等後啟動較大貨車遲緩，故其過磅時間（泰山 12.6 秒、新營 13.64 秒）大於大貨車（泰山 11.13 秒、新營 12.73 秒）。
- (2) 新營地磅站前設置有減速丘，造成車輛的跟進較為遲緩，與泰山地磅站之跟進時間有所差異，以致於新營地磅站之過磅服務時間（13.17 秒）略大於泰山地磅站之過磅服務時間（11.57 秒）。
- (3) 重車過磅時，依據「高速公路交通管制規則」第二十三條規定，載重車應先行停車再以緩慢速度駛入，不過就實地觀察發現，載重車並無嚴格遵守此項規定，時而可見車輛無先行停車即駛入地磅站的現象，甚至未見磅工顯示可離去燈號遂離開地磅站，於新營地磅站中過磅服務時間最小值僅為 5.10 秒，即反映出此一現象。

表 8 泰山地磅站之過磅服務時間概況表

車種	樣本數	跟進時間 (秒)				過磅時間 (秒)				總過磅服務時間 (秒)			
		平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值
大貨車	166	6.89	2.43	16.06	2.13	4.25	1.20	9.37	2.32	11.13	2.91	24.47	6.04
聯結車	72	8.75	2.99	17.29	3.49	3.85	1.56	8.08	1.71	12.60	3.71	25.19	7.34
全 部	238	7.45	2.75	17.29	2.13	4.13	1.32	9.37	1.71	11.57	3.23	25.19	6.04

表 9 新營地磅站之過磅服務時間概況表

車種	樣本數	跟進時間 (秒)				過磅時間 (秒)				總過磅服務時間 (秒)			
		平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值
大貨車	84	7.69	2.36	12.84	2.84	5.03	1.31	10.18	2.28	12.73	2.70	18.56	7.26
聯結車	79	9.51	3.40	19.52	2.21	4.13	1.22	7.63	1.96	13.64	3.57	22.28	5.10
全 部	163	8.57	3.04	19.52	2.21	4.60	1.34	10.18	1.96	13.17	3.18	22.28	5.10

為了解不同地磅站之過磅服務時間是否有差異，本研究進一步檢定泰山與新營地磅站大貨車與聯結車之平均過磅服務時間。經以信賴水準 95% 進行檢定得知，泰山地磅站及新營地磅站之跟進時間及過磅時間均有明顯的差異，所以綜合反映出總過磅服務時間亦有差

異；泰山地磅站聯結車及大貨車之過磅時間並無明顯的不同，但跟進時間則有差異，綜合反映出總服務時間亦有差異。如進一步區分車種，聯結車部分，兩地磅站之間無明顯差異；大貨車部分，不論是跟進時間、過磅時間或是總服務時間，均有明顯差異。

本研究實地調查之大型車過磅服務時間分配，經以適合度檢定（卡方檢定）得知，在信賴水準 95% 下，顯示大型車過磅服務時間服從常態分配。由於 TPS 模式建立時，並無太多地磅作業資料以供比對，經本研究進一步以現場調查之過磅服務時間分配，比對 TPS 模式運算之過磅服務時間分配，檢定結果顯示為相同分配，表示 TPS 模式對於過磅服務時間之處理，具有相當的合理性與正確性。

三、高速公路地磅站執法現況與問題分析

台灣地區大型車超載情況甚為普遍，而大型車超載超速不僅威脅著用路人行車安全，且對於道路路面造成嚴重的破壞。為防止大型車超載的情形，規定行經高速公路之載重車輛須在各收費站之地磅站過磅，大型車超載重量逾 20% 者，責令當場卸貨分裝，在未改正前，禁止其通行；其超載重量未逾核定總重量之 20% 者，責令於 2 小時內改善，違者得連續舉發處罰。

3.1 車輛超載執法現況

目前車輛載重雖有統一規定，但因部分車輛採用容積法（如砂石車與預拌車），因此須視不同狀況採用不同的取締標準。根據地磅站作業人員表示，核定總重加上考慮儀器誤差之 10% 為多數單位採用之取締標準，車重超過核定總重 10% 以上者則由警方直接開單取締，而超載在核定總重 20% 以上者，除開立罰單外，必須責令該超載車輛就地分裝。雖然靜態地磅之精準度高達 1/1000，但超載執法之取締標準多因考慮儀器誤差而放寬 10%，故業者也都以此放寬後之標準為載重限制，此點對超載取締標準之一致性有不良影響，長期宜應修正此種作業標準。

目前高速公路地磅站之警力配置狀況皆為兼磅方式，即配合公路警察巡邏勤務偶有員警巡邏駐守，且駐守的時間及時間長短並不一定，故多數時間地磅站為無員警駐守狀態。因此在地磅站無員警駐守時，乃先由磅工攔下違規超載車輛，再聯絡就近收費站之公路警察前往地磅站開單取締，部分時間因員警皆出勤巡邏或處理事故，致使無法進行取締作業；或磅工因取締作業困難度高，故對取締作業配合度甚低，因此時遇見車輛超載且地磅站無駐警時，磅工則無意願主動攔停及聯繫員警處理，所以造成若無員警在場時，地磅站則無法發揮超載取締的功效。對於接受取締的超載車輛，磅工則須填寫「車輛超載資料及處理登記表」，登記違規車輛過磅之時間、車號、核定總重、過磅總重、超載比率、違規通知單號碼、駕駛人、車主、地址、超載處理情形。若車輛超載在核定總重 20% 以上者，即由在場員警監督駕駛人員執行卸貨分裝後再行過磅確認重量，但因部分地磅站的卸貨場

之場地限制，卸貨分裝之規定無法完全落實執行。雖規定除空車及貨櫃車外，所有大型車輛均須過磅，但據實地觀察，於員警未駐守時段，車輛時有逃磅現象，或於過磅後即自行駛離，並不依燈號指示停等，造成磅工無法進行抄錄車牌等後續工作，因而造成實際取締作業績效仍不佳。

3.2 地磅站超載執法問題分析

本研究根據實地的觀察、過磅資料及服務時間的調查、以及與地磅站磅工及執法員警的訪談，提出下列目前高速公路地磅作業的問題與其因應對策。

問題一：地磅站的設置型態及幾何設計條件不一。

說明：根據實地的勘查，地磅站的設置位置、與收費站的距離、進口路段長度、地磅長度、出口路段長度、減速丘位置及卸貨場大小的幾何設計條件皆沒有一定的準則，造成國內高速公路各地磅站設置型式不一。

對策：尋求最適的設置位置、與收費站的距離、進口路段長度、地磅長度、出口路段長度、減速丘位置及卸貨場大小的幾何設計條件，制定地磅站的標準設置規定，提供未來設置或變更地磅站時參考。

問題二：地磅站磅工人力不足的現象。

說明：現在所有高速公路的地磅站都是規定 24 小時運作，除非是機械故障、保養維修等因素才可以停磅，否則依規定必須持續運作。但是依據目前勞基法兩週 84 工時的規定，若是地磅站 24 小時運作，則至少必須由 4 人輪班才可以符合勞基法基本工時的規定，但是根據調查資料表 3 的人力配置，大部分的地磅站目前都無法符合規定。

對策：建議高公局考慮將部分地磅站委外發包給民間公司管理，將節省下來的人力支援其他未委外發包的地磅站，以解決磅工人力需求不足的問題；或是取消地磅站 24 小時運作的方式，採取較彈性的運作方式，例如：離峰時段停磅、假日停磅等方式，以解決磅工人力的調度問題。

問題三：無法有效管制車輛的逃磅行為。

說明：因目前地磅站警力皆為兼磅方式，即配合公路警察巡邏勤務偶有員警巡邏駐守，但多數時間地磅站為無員警駐守狀態。若無員警執勤時，則逃磅情形嚴重。而且目前多數地磅站每班皆僅有 1 名磅工執勤，若無執法員警相互配合，僅賴磅工之力亦無法管制車輛逃磅行為。依目前之規定，貨櫃車、油罐車及空車均不需過磅，但是部分車輛因配置密閉式或上開式的車斗，不易由外表判別是否為空車，若是業者有意規避亦難以防範其逃磅行為。

對策：建議可於磅台前方或磅台外側之車道加裝攝影器材，針對車輛逃磅情況照相存證，以提高逃磅車輛之舉發比率，以嚇阻逃磅情形的發生。或於收費站設置篩選

式動態地磅，於載重車通過收費站時先行篩選過濾，以篩選出需過磅的車輛進行過磅。此外，如能全面實施大型車（不含大客車）不論載重與否一律過磅，將可有效杜絕逃磅行為。

問題四：無法對超載車輛發揮即時制裁的力量。

說明：因目前地磅站警力皆為兼磅方式，員警並非隨時駐守於地磅站，且磅工不具舉發超載車輛之權力，故若超載車過磅後逃磅，或通報後員警無法立刻趕赴地磅站時，超載車輛常不配合取締作業，皆無法對超載車輛發揮即時制裁的力量，嚴重影響取締成效。

對策：建議可於磅台前方或磅台外側之車道加裝攝影器材，針對超載車輛以及車輛牌號不符等問題照相存證，以提高超載或違規車輛之舉發比率。對於超載車常不配合取締作業，可增加員警的巡邏班次，並由收費站員警機動配合地磅站之超載取締作業。適當賦予地磅作業人員舉發權力，增加警察人員的巡邏密度，或配合車輛過磅尖峰配置警力執法，可提高超載或違規的取締成效。

問題五：重量法與容積法有差異，無明確、統一的準則。

說明：於民國 87 年 8 月 1 日起雖已規定砂石車一律過磅，但因重量法與容積法間有差距，故有部分砂石車雖合於容積法之標準加掛標示牌，但其總重卻超出重量法標準下的核定總重，對於此類車輛是否屬於超載，並無明確、統一的規定，無法進行取締，造成執法上的困擾。

對策：民國 90 年 6 月 1 日後新修正的「道路交通管理處罰條例」，已將載重車的取締標準回歸於重量法的標準，以重量法的標準為主要的取締標準，具有統一性及公平性執法依據。

四、地磅作業服務績效指標之建立

績效指標 (measure of effectiveness, MOE) 乃反映服務品質之交通參數。因不同交通設施有不同的作業性質，所以有必要利用不同的績效指標劃分不同設施的服務水準。服務水準指交通設施服務品質好壞之程度，目前容量分析之方法通常將服務水準分成 A、B、C、D、E 及 F 等六級^[9]。

4.1 地磅站作業服務績效指標

績效指標係針對交通設施選定可度量或可量化之指標，作為評估該設施服務績效之指標。績效指標亦可作為該設施新建時規劃、設計之依據^[9]。一般績效指標選定原則為：(1) 能配合並解釋所欲評定主體之服務特性。(2) 績效指標應易懂，且為一般使用者所接受。(3) 績效指標資料應能經濟、簡單地取得。

本研究雖然主要探討地磅作業的服務績效，但依照國內高速公路收費站的設置，地磅站與收費站是一個整體的設計，地磅站常設置於收費站的下游區或上游區的路側，所以探討地磅作業的服務績效時，也應一併探討收費站大型車收費車道所受的影響及其服務績效。主要包括兩部分：

1. 地磅站部分以「地磅進口路段平均延滯時間 (average delay on weigh station access road)」，作為主要評量地磅作業之績效指標。TPS 模式能提供此項輸出值，供研究分析之用。
2. 收費站部分以「平均路段延滯 (average approach delay)」，作為配合地磅作業績效指標之參考指標，此項指標亦為「2001 年台灣地區公路容量手冊」建議作為評量收費站服務水準之績效指標^[9]。

本研究選取地磅進口路段平均延滯時間，作為地磅作業之績效指標，主要考量其與收費站作業均屬等候系統 (queuing system)，延滯 (delay) 為最常且合適的績效指標，在配合考量收費站作業以平均路段延滯為績效指標的情況下，乃以地磅進口路段平均延滯時間作為績效指標。

TPS 模式在收費站部分的輸出值還包括「平均車隊延滯 (average time-in-queue)」及「平均車隊長度 (average queue length)」，模擬研究時亦可以提供相關的延滯訊息。在地磅作業部分的輸出值則還包括經過地磅之車流率 (flow rate over all scales)。

「地磅進口路段平均路段延滯」定義為過磅車輛在地磅進口路段之路段延滯，包括從進入進口路段到離開地磅之間所遭遇之延滯。此路段延滯等於實際離開地磅之時間，減掉在進口路段上過磅車輛以自由速率行駛時預期離開地磅站之時間。

茲進一步以圖 2 說明，圖 2 中 C 為收費站孔道，A 為地磅路段進口，B 為離開地磅之點。TPS 模式在估計地磅路段之延滯時，從重車到達 A 點時起算，至 B 點離開地磅為止。如因 AB 路段太短，因為重車須等在 A 點上游，則這些重車之延滯屬於收費站之延滯，而不是地磅路段之延滯。因此，當過磅車流率增加到某一數值以上 (需求流率大於容量) 時，地磅路段擠滿了停等車，AB 路段延滯會維持某一定值，AC 間之停等車輛則可能嚴重影響收費站之作業。

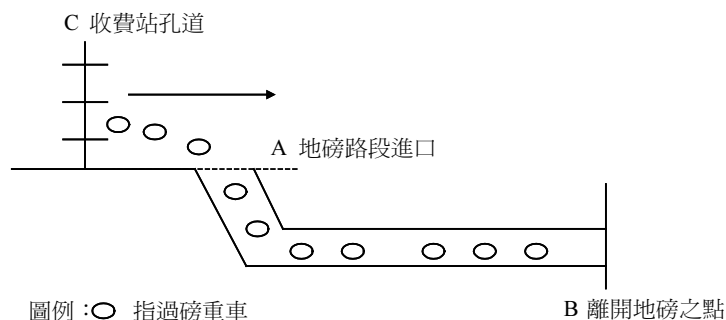


圖 2 TPS 模式之地磅延滯示意圖

4.2 平均延滯之現場調查

當地磅站之幾何設計不變時，地磅站之延滯時間主要受車流特性（如過磅車種的組成）、駕駛人特性、過磅作業特性（如磅工作業熟悉程度）之影響，而這些影響因素亦可能隨地磅站之設置條件而有所不同。國內以往對於地磅站延滯時間，均無完整之基礎調查與分析，以確實了解及掌握地磅站之服務特性，不僅無法有效地分析地磅站延滯特性，且不易針對地磅站進行彈性管制。因此，本研究乃進行泰山地磅站之延滯時間調查分析。

本研究定義大型車之過磅延滯時間為過磅車輛在地磅進口路段之路段延滯，於計算上採用兩個參考線間（一在進口路段起點，另一點在地磅下游），計算過磅車輛實際通過時間與以自由車流速率通過之時間差值。本研究以泰山地磅站北磅為調查對象，每筆延滯資料持續調查 15 分鐘，除記錄資料開始蒐集時已在進口路段之車輛數外，每 20 秒分別記錄通過兩參考線之車輛數，故需要 2 位調查員對時且同時蒐集資料。由此現場調查資料，可以計算得該 15 分鐘之平均延滯，單位為秒／輛。在時間與經費之限制下，本研究共調查取得 22 筆平均延滯資料。經核對各筆現場延滯調查資料（每 20 秒記錄進入與離開地磅系統車輛數資料）發現，在調查之樣本流率範圍（144～280 輛／小時）內，其單位時間（每 20 秒）之進入車輛數均呈現波生（Poisson）分配，亦即過磅車到達型態是呈現指數（exponential）分配到達型態。

本研究將以上之調查資料，將流率與平均延滯資料整理如圖 3。圖 3 的資料分布非常離散，甚至其中有部分資料的流率很相近，但是其平均延滯卻彼此差異相當多，例如圖中 A（168vph, 75.34 秒）與 B（180vph, 12.72 秒）兩筆資料，此乃因為調查起始時間已在進口路段之車輛數，以及調查時段內進入車輛的連續性有關。此一情形由該兩筆資料之車輛到達與離開累積圖（圖 4 與圖 5）即可看出。

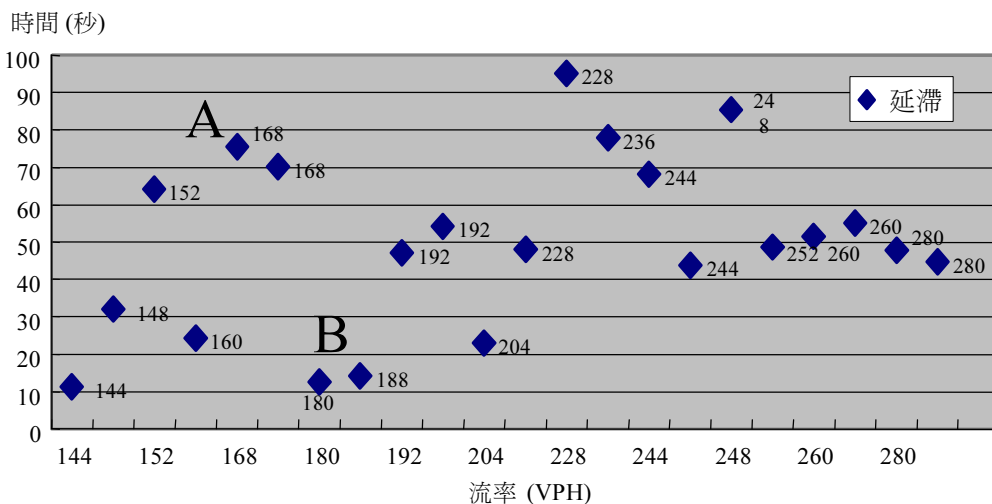


圖 3 流率與平均延滯之分布圖

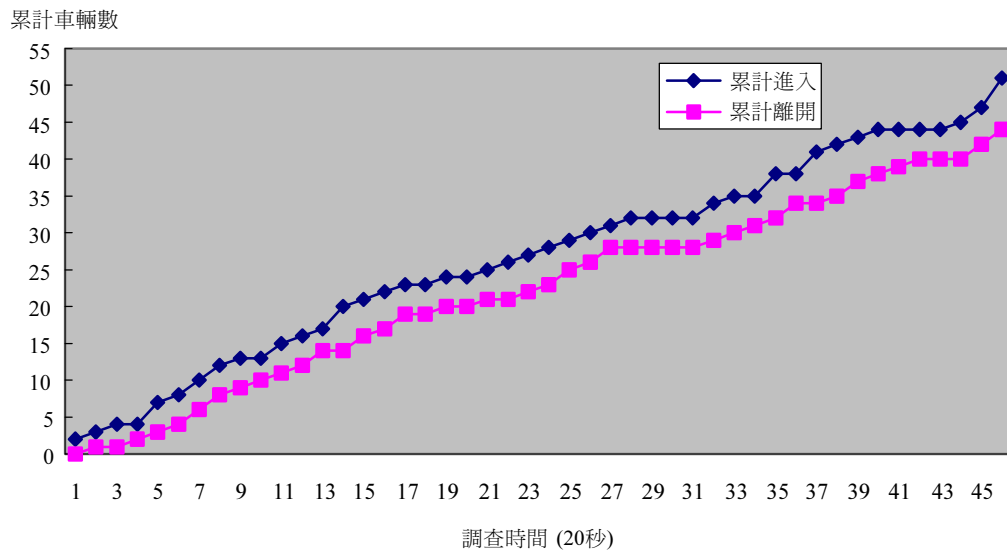


圖 4 資料 A (168vph, 75.34 秒) 調查資料之累計車輛數圖

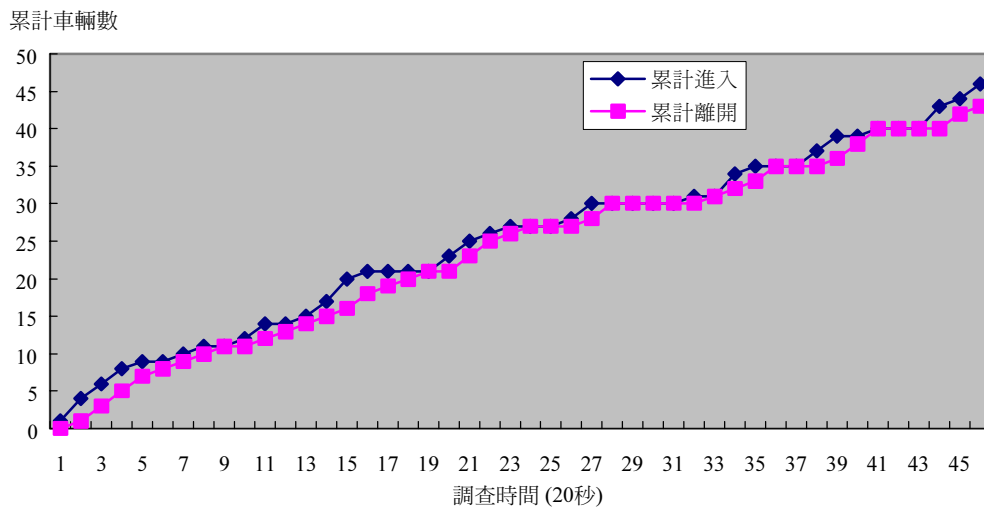


圖 5 資料 B (180vph, 12.72 秒) 調查資料之累計車輛數圖

五、模擬分析與應用

本節主要說明 TPS 模式於地磅作業之驗證工作，並利用 TPS 模式進行應用分析。

5.1 TPS 模式於地磅作業之驗證

雖然 TPS 模式也模擬分析地磅作業，但 TPS 模式發展時並未特別驗證地磅作業部分，而主要著重於各收費車道與收費方式之模擬分析^[1]。本研究主要希望透過現場調查資料與 TPS 模式之模擬相比較，以驗證 TPS 模式於地磅作業之實用性。有關 TPS 模式處理平均過磅服務時間部分，已於 2.3 節說明外，本節主要驗證地磅站進口路段平均延滯部分。

因各調查樣本之平均延滯時間，受到了調查開始時已在地磅站進口路段的車輛數、進口處之過磅車到達型態以及在地磅站的過磅服務時間之影響甚大。例如調查開始時，已經存在於進口路段間的車輛數，從 2 輛增加為 4 輛，則平均延滯可能會增加 30%~100% 以上，所以測試時進口端之到達車輛數是根據現場調查每一分鐘的到達車輛數為輸入值。

多半的調查樣本之服務時間會隨車輛變化很大，而且常常會大於或小於調查的服務時間平均值 11.57 秒/輛。所以在測試時，每個 15 分鐘的調查樣本，要先分割成 2 或 3 個間隔時段，每一個間隔時段則必須另外計算出其個別的平均服務時間。而該模擬時段之流量則為 1 小時除以該分割時段之服務時間，例如某分割時段之服務時間為 12 秒時，則該模擬時段之服務流量為 $3600/12=300$ 輛/小時。

TPS 模式係利用隨機亂數以決定模擬中各車輛之行進行為及服務時間，所以測試之情況必須符合「熱機時間完畢時已在進口路段之模擬車輛數等於現場調查所觀察到之車輛數」之條件，與現場條件相符，才能用以與現場資料比較。

表 10 為 TPS 模式之模擬值與觀測之平均延滯比較表，其中模擬值與觀測值之差異很小，均在 4.5 秒之內，顯示出 TPS 模式確實可以反映高速公路地磅站之特性。由此知：

1. 到達車輛及離開車輛之特性已知時，TPS 模式可提供相當準確之平均延滯時間的估計值。
2. 目前 TPS 模式是假設在收費站上游之車輛到達型態是隨機亂數，地磅在收費站下游時，A 點之車輛到達型態則會受制於收費站之收費時間的變化。目前的 TPS 模式模擬之過磅服務時間分配與現場觀測到的分配很相近，且符合常態分配。所以上游車輛到達型態更隨機時，不論是下游之地磅站或是上游之地磅站，TPS 模式所模擬之平均延滯時間皆可合理的代表實際的平均延滯時間。

5.2 應用分析

本研究以泰山收費站及地磅站為應用分析對象，故將其基本條件作為輸入值，假設模擬時間為 900 秒，每次模擬作業 30 次，以利於計算其平均值；上、下游主線車道各為 4 車道；收費站上、下游區域各為 650 公尺、460 公尺；收費孔道每方向各有 10 個，其中每方向小型車收費孔道各 7 個，大型車收費孔道各 3 個，其中包含 1 個過磅車收費車道；南下、北上車道之車種比率小型車 0.8、大客車 0.05、大貨車 0.04、過磅車 0.07、聯結車 0.04；南下、北上各有 1 個地磅站，通過地磅站之自由速率為 25KPH；地磅站之平均過磅服務時

間為 12 秒。這些參數為本研究實際調查與參考相關研究實地調查資料^[1,2,4,9]所給定。

本研究以實驗設計方法，首先依目前收費站與地磅站之流量進行分析；然後再分別以不同的服務時間或是不同的幾何設計的各種組合下進行模擬分析，探討各種不同實驗設計下地磅作業及收費站大型車收費車道的服務績效。其中，關於收費站之服務水準，係依據「2001 年台灣地區公路容量手冊」^[9]對於收費站服務水準之劃分方式，參見表 11。

表 10 TPS 模式於地磅作業部分之驗證結果

樣本	延滯時間 (調查值)	延滯時間 (模擬值)	分割時段	分割時段 之服務時間
1	43.8 秒	47.1 秒	第 1 ~ 11 分鐘 第 12 ~ 14 分鐘 第 15 分鐘	11.1 秒／輛 42.0 秒／輛 65.0 秒／輛
2	48.0 秒	48.3 秒	第 1 分鐘 第 2 ~ 12 分鐘 第 12 ~ 15 分鐘	45.0 秒／輛 14.5 秒／輛 45.0 秒／輛
3	51.6 秒	53.0 秒	第 1 分鐘 第 2 ~ 14 分鐘 第 15 分鐘	12.5 秒／輛 13.2 秒／輛 24.0 秒／輛
4	55.0 秒	59.2 秒	第 1 ~ 7 分鐘 第 8 ~ 5 分鐘	17.0 秒／輛 10.6 秒／輛
5	23.1 秒	22.3 秒	第 1 ~ 4 分鐘 第 5 ~ 11 分鐘 第 11 ~ 15 分鐘	22.0 秒／輛 18.0 秒／輛 45.0 秒／輛
6	24.4 秒	23.9 秒	第 1 ~ 4 分鐘 第 5 ~ 13 分鐘 第 14 ~ 15 分鐘	24.0 秒／輛 17.0 秒／輛 30.0 秒／輛
7	12.7 秒	14.5 秒	第 1 ~ 15 分鐘	12.5 秒／輛
8	47.1 秒	45.6 秒	第 1 ~ 8 分鐘 第 9 ~ 15 分鐘	30.0 秒／輛 13.0 秒／輛
9	48.8 秒	49.0 秒	第 1 分鐘 第 2 ~ 15 分鐘	55.0 秒／輛 15.0 秒／輛
10	68.2 秒	63.8 秒	第 1 ~ 13 分鐘 第 14 ~ 15 分鐘	12.5 秒／輛 35.0 秒／輛

註：本表係經擷取 TPS 模式之模擬作業過程與現場調查資料相同情境時之資料，以比對現場調查值與模擬值之比較表。

表 11 收費站服務水準評估準則

服 務 水 準	平均路段延滯 (秒／輛)
A	0.0 ~ 10.0
B	10.1 ~ 20.0
C	20.1 ~ 30.0
D	30.1 ~ 40.0
E	40.1 ~ 50.0
F	> 50

1. 不同流率之影響

通過地磅站的車流率是利用過磅車的比率乘上收費站主線的大型車車流率，例如過磅車車種比率 0.2，收費站主線的大型車車流率 1000 (輛／小時, VPH)，則其預估通過地磅站之車輛數為 $1000 \times 0.2 = 200$ (輛)。本研究利用由 10VPH ~ 500VPH 不同流率，透過 TPS 模式進行不同流量下地磅站及收費站之服務績效分析，其結果如表 12 所示，說明如下：

- (1) 地磅站之延滯時間隨著流率的增加而增加，當預估流量增加至 290 輛，此時通過地磅站的車流率為 287 輛、延滯時間為 31.88 秒，已呈現漸趨平穩狀態。地磅容量指在某一車流、地磅站及收費站幾何設計、地磅作業及其他現存或預期狀況下，在不短於 15 分鐘之時段內，能從地磅通過之最高流率^[9]。此外，容量並非最高之觀察值，而是一期望值。在該平穩狀態下，可以由模擬值估計出該地磅站的過磅容量為 288 輛。由模擬的結果可以顯示出當過磅的車輛增加時，地磅站服務績效逐漸低落。
- (2) 收費站之過磅車收費道亦會受到地磅作業之干擾，而隨著過磅車輛的增加，收費站的延滯時間也會隨之增加，而影響其服務水準。由表 12 可以看出，當過磅車輛數增加至 241 輛時，該收費車道之服務水準由 B 轉變為 C，且隨著過磅車輛一直增加，其平均路段延滯、平均車隊延滯及平均車隊長度也會持續增加，服務水準亦由 B 漸變為 F。有此可見，當過磅車輛過多時，不只是會增加地磅站的作業量，造成過磅車輛於地磅站進口路段停等，車輛壅塞至上游的收費車道，嚴重影響到收費站的收費作業及服務水準。
- (3) 根據上述之地磅站過磅容量 (288 輛)，計算出該模擬結果中的 V/C 值，整理於表 12 中，並繪製成延滯時間與 V/C 值之關係圖，如圖 6 所示。由於延滯時間的計算包含進口路段上停等車輛所產生之延滯，由於該路段之空間有限，所以相對地停等車輛所產生的延滯亦是有限，因此在圖 6 中僅能看出 V/C 值為 1 以下的平均延滯時間。

由表 12 發現，當過磅車輛增加至 240 輛／小時，收費站大型車收費車道的服務水準由 B 轉變為 C，當時地磅站過磅車輛的 V/C 值約為 0.8。若收費站大型車收費車道容量設為 500 VPH^[4]，則在收費站的過磅車輛 V/C 值為 0.48。若是想將收費站大型車收費車道服

表 12 不同流率下地磅站與收費站之模擬結果

需求流率 (VPH)	地磅站			收費站			
	流率 (VPH)	V/C	延滯 (秒)	平均路段 延滯 (秒)	平均車隊 延滯 (秒)	平均車隊 長度 (VEH)	服務 水準
10	13	0.05	9.13	12.00	5.40	0.02	B
20	20	0.07	9.06	11.70	5.30	0.03	B
30	34	0.12	9.27	12.20	5.70	0.05	B
40	42	0.15	9.48	12.80	6.00	0.07	B
50	54	0.19	9.73	12.80	6.00	0.09	B
60	61	0.21	10.20	12.70	5.50	0.10	B
70	74	0.26	10.17	12.80	5.40	0.12	B
80	82	0.28	10.92	13.70	6.20	0.15	B
90	94	0.33	9.83	13.50	6.10	0.17	B
100	100	0.35	10.75	14.10	7.30	0.19	B
110	114	0.39	11.32	14.40	6.90	0.23	B
120	120	0.42	10.33	14.10	6.70	0.22	B
130	136	0.47	11.39	14.70	6.80	0.27	B
140	139	0.48	11.97	14.90	7.00	0.29	B
150	152	0.53	11.56	15.00	7.70	0.31	B
160	162	0.56	13.91	16.10	8.00	0.38	B
170	170	0.59	12.94	15.20	7.20	0.34	B
180	176	0.61	14.88	16.30	7.90	0.41	B
190	189	0.66	15.11	17.80	9.20	0.50	B
200	197	0.68	14.56	17.20	9.60	0.44	B
210	213	0.74	16.02	17.40	8.90	0.55	B
220	219	0.76	17.12	18.30	9.90	0.53	B
230	233	0.81	17.46	17.70	8.90	0.61	B
240	238	0.83	19.72	20.50	11.70	0.83	C
250	251	0.87	21.56	20.40	11.00	0.70	C
260	260	0.90	23.57	22.80	13.90	1.10	C
270	269	0.96	24.02	21.50	13.10	0.93	C
280	276	1.00	24.82	23.70	15.60	1.17	C
290	287	0.99	31.88	42.30	35.40	2.20	E
300	285	1.00	32.12	79.40	74.00	3.48	F
310	286	0.99	32.53	135.60	132.40	5.44	F
320	285	1.00	32.87	237.80	238.40	9.59	F
330	287	1.01	33.46	315.90	319.20	13.03	F
340	286	1.00	33.48	407.20	429.50	21.51	F
350	288	1.01	33.54	491.70	506.00	17.74	F
360	290	1.01	33.42	501.50	525.80	21.72	F
370	291	1.01	33.56	593.10	620.90	22.31	F
380	289	1.01	33.68	660.30	689.80	22.64	F
390	291	1.01	33.58	741.80	772.00	22.81	F
400	292	1.01	33.52	810.90	834.70	21.15	F
450	291	1.01	33.99	1225.40	1254.30	22.43	F
500	292	1.01	33.96	1580.60	1611.70	23.12	F

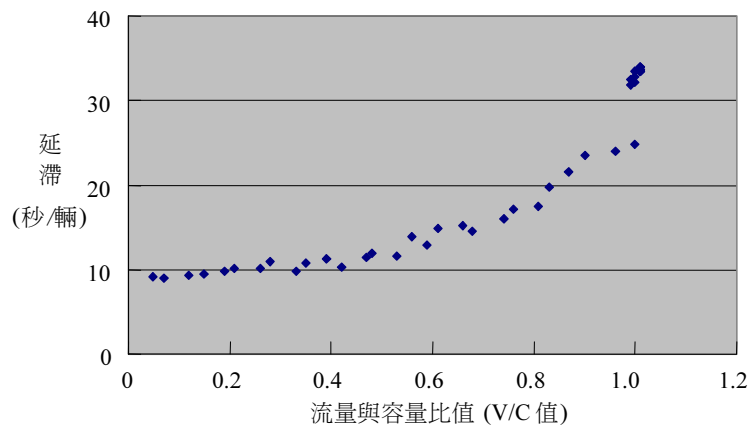


圖 6 地磅作業之延滯時間與 V/C 值關係圖

務水準維持在 C，地磅站平均延滯時間維持在 20 秒以下，則必須將收費站的過磅車輛通過數維持在 240VPH 以下。換言之，若欲維持泰山收費站大型車收費車道之服務水準於 C 級，則泰山收費站北磅較適切之過磅車流率為 240VPH。此一過磅車輛流率資料，可以提供公路警察現場管制通過收費站之過磅車輛數的參考。

2. 過磅服務時間之影響

本研究變更地磅作業的過磅服務時間為 8.5 秒～15 秒之間 (8.5 秒為 TPS 模式的下限值)，以探討其影響。模擬結果整理如表 13，由此顯示地磅站過磅服務時間的增加，對於地磅站及收費站的延滯時間均有影響。由表 13 可以發現，過磅服務時間的增加對於收費站的延滯時間影響較大。過磅服務時間的增加會明顯減低地磅站的服務績效，降低整個收費站的服務水準。因此若想要有效減少地磅站的平均延滯時間，可以考慮由平均減少服務時間著手，例如設置平行之地磅站或是前後雙座式地磅平台等方式。

3. 進口路段長度之影響

進口路段長度提供進入地磅過磅之前的可停等空間，可以容納過磅車輛之行進與停等，如太短，則會影響收費站作業。由圖 2 可知，進口路段 (AB 段) 長度如太短，重車須在進口之前等待進入，將影響離開收費站之車輛行進，其延滯屬於收費站之延滯，而不屬於地磅路段之延滯。此狀況由表 12 之延滯在輸入值超過 290 輛／小時之後，就不再增加可以得知。在此狀況下，收費亭與進口路段起點之間 (圖 2 之 A 點與 C 點之間) 的，停等車輛將嚴重影響收費站之作業。

目前泰山北向地磅站之進口路段長為 52 公尺，本實驗設計在其他條件不變之下，利用 TPS 模式針對地磅站的進口路段長度，進行模擬分析，流率條件包括過磅車流率值為 100、200、300、320、330、340、350 及 360 (輛／小時) 時的狀況，表 14 為模擬結果。當進口路段長度增加時，地磅的延滯時間隨之增加，此乃每一部過磅車輛的停等機會變

大、停等時間也相對變長。相對地，收費站的延滯時間反倒是隨著進口路段長度的增加而減少，因為部分的停等延滯時間已經轉移到地磅站的停等延滯時間上。實務作業的考量，地磅路段長度應以能容納欲通過地磅之停等車隊為原則，由表 14 之收費站延滯可見，如以主線收費亭之服務水準維持在 D 級服務水準（延滯低於 40 秒／車）為主要考量，則可分析得表 15 及圖 7，在不同分析時段（15 分鐘 900 秒、30 分鐘 1,800 秒、60 分鐘 3,600 秒）之過磅車流率與地磅站之最小進口路段長度關係圖。

表 13 不同過磅服務時間下地磅站與收費站之模擬結果

平均服務時間 (秒)	地磅站		收費站			
	需求流率 (VPH)	延滯 (秒)	平均路段 延滯(秒)	平均車隊 延滯(秒)	平均車隊 長度 (VEH)	服務 水準
8.5	248	6.48	21.80	7.80	0.57	C
9.0	248	7.90	21.80	7.80	0.57	C
9.5	248	9.42	21.80	7.80	0.57	C
10.0	248	11.48	21.90	7.90	0.58	C
10.5	246	14.24	22.10	8.10	0.60	C
11.0	245	16.48	22.50	8.50	0.64	C
11.5	245	19.76	23.10	9.20	0.69	C
12.0	244	22.92	24.60	10.80	0.81	C
12.5	243	24.21	27.60	14.00	1.05	C
13.0	241	30.37	34.60	21.60	1.61	D
13.5	240	34.28	52.00	40.50	2.97	F
14.0	239	37.86	79.60	69.90	5.02	F
14.5	238	40.71	112.60	104.80	7.44	F
15.0	236	43.80	159.20	154.00	10.76	F

表 14 不同進口路段長度下地磅站與收費站之模擬結果

分析時段長度		900秒 (15分鐘)		1,800秒 (30分鐘)		3,600秒 (60分鐘)	
需求 流率 (VPH)	進口路段 長度 (m)	地磅站 平均延滯 (秒／輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒／輛)	地磅站 平均延滯 (秒／輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒／輛)	地磅站 平均延滯 (秒／輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒／輛)
100	50	13.17	11.8	11.76	12.0	10.95	12.3
200	50	19.81	15.1	18.34	15.3	16.55	14.8
300	50	36.33	37.7	38.60	39.1	39.21	42.6
	60	41.23	31.4	45.39	34.6	44.67	39.0
320	50	40.53	58.0	42.63	107.4	40.50	99.6
	90	60.64	39.0	67.64	81.3	67.12	75.4

表 14 不同進口路段長度下地磅站與收費站之模擬結果 (續)

分析時段長度		900秒 (15分鐘)		1,800秒 (30分鐘)		3,600秒 (60分鐘)	
需求 流率 (VPH)	進口路段 長度 (m)	地磅站 平均延滯 (秒/輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒/輛)	地磅站 平均延滯 (秒/輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒/輛)	地磅站 平均延滯 (秒/輛)	收費亭平均 路段延滯 (秒/輛)
320	100	65.11	37.6	74.15	75.4	68.12	72.6
	180	85.88	21.0	115.46	39.7	89.12	43.2
	200	88.01	19.9	111.46	33.6	103.81	41.2
	210	89.54	19.8	125.77	30.6	105.62	38.9
330	120	78.47	33.3	90.14	92.0	94.47	230.2
	250	97.70	19.7	144.96	39.9	160.47	168.6
	530	100.95	19.4	164.19	19.7	266.25	43.8
	550	101.55	19.3	164.04	19.7	270.09	37.3
340	100	71.19	70.0	79.22	19.7	80.97	351.8
	150	95.16	47.8	112.33	125.2	118.52	317.7
	180	103.00	35.7	127.02	125.6	137.35	297.9
	370	114.71	19.8	198.65	38.5	240.15	200.6
350	230	128.75	33.0	161.56	134.1	154.79	393.6
	410	136.80	20.7	225.43	69.9	317.88	276.1
	520	137.99	20.7	248.45	39.9	326.61	226.0
360	180	115.23	78.3	—	—	—	—
	290	148.41	39.5	—	—	—	—

註：在高流率過磅車狀況下，TPS 模式並無法處理進口路段停等車輛大於 50 輛之情況，故高流率情況並不易直接獲得最短進口路段長度。

表 15 過磅車流率與最短地磅進口路段長度之關係表

分析時段 過磅車流率 (VPH)	900秒 (15分鐘) 之最短 進口路段長度 (m)	1,800秒 (30分鐘) 之 最短進口路段長度 (m)	3,600秒 (60分鐘) 之 最短進口路段長度 (m)
100	50	50	50
200	50	50	50
300	50	50	60
320	90	180	210
330	120	250	550
340	180	375	—
350	230	520	—
360	290	—	—

註：本表係依據表 14 整理而得。

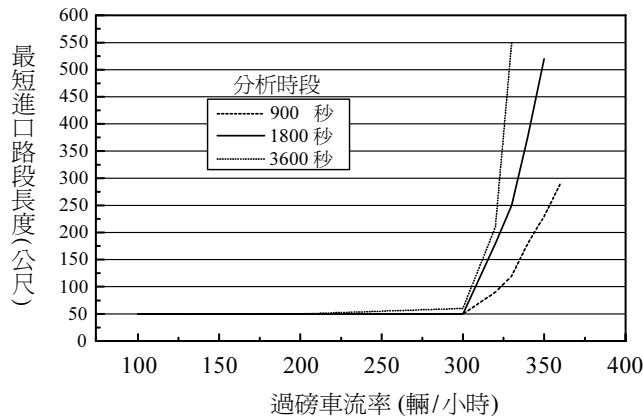


圖 7 過磅車流率與最短進口路段長度關係圖

六、結論與建議

本研究主要探討中山高速公路地磅站之作業特性與建立其績效指標，並應用 TPS 模式分析地磅站的服務績效，獲致以下結論與建議。

6.1 結論

1. 地磅作業對於高速公路超載取締及收費作業方面皆有明顯影響，經實地調查發現，目前高速公路地磅站的設置型式並不一致，在中山高速公路上就有兩種設置位置（上游區及下游區），而且各地磅站的幾何設計也不一致，例如進口路段長度不一，最長的為新營地磅站北磅的 105 公尺、最短的為泰山地磅站南磅的 71 公尺；出口路段長度不一，最長的為楊梅地磅站北磅的 102 公尺、最短的為新營地磅站北磅的 31.2 公尺；減速丘的有無及前後設置並不一致，卸貨場大小則受限於場地的限制各地磅站皆有差異，並無一致的標準。然而，這些幾何設計條件，經觀察與研究發現，確實對於地磅之作業特性有影響。
2. 由泰山北向地磅站之過磅資料顯示，非假日的過磅車輛數介於 1,800 ~ 2,200 之間，假日的過磅車輛數較少，介於 600 ~ 1,100 之間；周一至周五之間每日不同時段的過磅車輛數則呈現三個高峰，分別是每日的 6 ~ 7 時、9 ~ 11 時及 14 ~ 15 時。
3. 由泰山地磅站及新營地磅站的現況調查資料發現，由於設置條件的不同，地磅站在平均過磅服務時間上會有差異，大部分是在於跟進時間上的差異較為明顯。泰山地磅站的平均過磅服務時間為 11.57 秒，新營地磅站的平均過磅服務時間為 13.17 秒，兩者經檢定分析皆服從常態分配，而 TPS 模式的平均過磅服務時間經檢定與現場的調查值一樣服從常態分配，顯示 TPS 模式處理平均過磅服務時間具有合理性與代表性。

4. 本研究以地磅站進口路段之平均延滯時間，作為地磅作業之評估績效的指標。但考量地磅作業與收費站大型車收費車道互有影響關係，所以本研究應用分析時，也一併探討收費站大型車收費車道所受的影響及其服務績效。
5. 在延滯時間的分析過程中發現，地磅站的延滯時間受平均過磅服務時間、車輛到達型態及一開始即已存在於系統內車輛數的影響甚大。
6. 經由 TPS 模式於地磅作業部分的驗證結果顯示，當上游車輛到達型態為隨機的狀態時，TPS 模式於地磅部分之平均延滯時間皆可合理與準確地反映實際平均延滯時間。
7. 本研究利用 TPS 模式作為研究工具，針對泰山收費站北磅作業，在不同流率與不同幾何設計進行模擬分析，以探討各種不同實驗設計下地磅作業及收費站大型車收費車道的服務績效。從泰山站之模擬結果可以了解不同流率下之平均延滯時間（圖 6），地磅站的估計過磅容量為 288 輛／小時。若欲維持泰山收費站大型車收費車道之服務水準於 C 級，則泰山收費站北磅較適切之過磅車流率為 240VPH。
8. 現況泰山收費站北磅進口路段長度 52 公尺之配置並不是很適當，尤其是在高過磅流率狀況下。其進口路段長度可以參考表 15 及圖 7 之不同分析時段探討（不同分析時段長度，代表該流率持續維持之交通狀況），以決定適當之進口路段長度，將可降低重車過磅對於收費站作業之影響。

6.2 建議

1. 由於本研究並無經費之支援，在人力、時間及經費限制之下，僅能就新營地磅站及泰山地磅站進行調查，而無法再就其他地磅站作一全面性的比較與分析，建議後續研究能夠進行全面性的調查，以作一完整性的比較分析。
2. 研究過程因為無法取得詳細的各地磅站的過磅資料，所以無法分析其他地磅站的過磅資料特性，以作為比較分析之用。期望日後解決資料取得上的困難後，能個別分析比較各地磅站地磅作業特性的差異。
3. 建議後續研究可以就設置於收費站上游區的地磅站進行分析，並與下游區之地磅站作一比較分析。並可應用於 TPS 模式，比較當地磅站設置位置改變時之影響。並且可以考慮加入動態地磅篩選機制之特性，作一綜合的研究分析。
4. 本研究嘗試探討地磅站之作業，針對地磅站之基本作業特性、現況問題、影響作業績效等因素進行研究。雖然進入收費站系統之車種組成比率，對於地磅站與收費站之整體運作績效具有一定之影響力，但本研究並未深入探討。但由本研究初步資料顯示，過磅之大貨車與聯結車的平均過磅服務時間差異不大，其車種組成對地磅站之整體運作績效影響並不明顯，文獻^[2]則指出造橋與泰山兩收費站大型車車道之車種組成差異性不大。建議後續研究可以針對進入收費站系統之車種組成部分之影響，深入探討。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，**TPS 收費站模擬模式使用手冊**，民國八十九年四月。
2. 張瓊文、曾平毅，「高速公路收費站服務時間之特性分析」，**中華道路季刊**，第四十卷第二期，民國九十年四月。
3. 黃俊榮，「公路收費站作業模擬模式之研究」，成功大學土木工程研究所碩士論文，民國七十七年六月。
4. 曾平毅、林豐博、張瓊文、蘇振維，「高速公路收費站延滯模式之研究」，**運輸計劃季刊**，第三十一卷第四期，民國九十一年十二月。
5. 吳清在，**中山高速公路收費站對車流影響之研究**，交通部統計處，民國八十二年七月。
6. 交通部運輸研究所，**高速公路收費孔道最適調撥時機模擬之研究**，民國八十三年九月。
7. 郭詩毅，「中山高速公路收費站容量及服務水準界定之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十一年六月。
8. 陳晉源，「高速公路收費站容量分析及其改善措施之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國七十六年六月。
9. 交通部運輸研究所，**2001 年台灣地區公路容量手冊**，民國九十年三月。

