

公路鋪面績效及破壞預測 模式構建之研究



交通部運輸研究所

中華民國八十四年七月

交通部運輸研究所

委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱 中文：公路鋪面績效及破壞預測模式構建之研究 外文：Development of the Pavement Performance and Deterioration Prediction Models.			
國際標準書號(或叢刊號)	政府出版品統一編號 009104840398	運輸研究所出版品編號 84-44-239	
本所主辦單位：運輸工程組 主管：侯和雄 主辦人員：黃萬益 楊立奇 張昭芸	委託研究單位：國立臺灣大學 慶齡工業研究中心 計畫主持人：周家蓓 研究人員：曾國鴻、吳政隆、牛文元、賴義隆 地址：台北市羅斯福路四段一號 聯絡電話：3625920-302	研究期間： 自83年10月 至84年06月	
關鍵詞：鋪面績效、預測模式、鋪面服務力指標			
摘要： 鋪面管理系統(Pavement Management System)應用於道路鋪面工程之管理，於許多先進國家，如：美、澳、日、英、北歐多國等，均有十分成功的先例；利用鋪面管理系統對轄區內道路鋪面進行適時、適地的養護，不僅可達到維持道路服務水準，延長道路壽命的基本目的，更能藉此降低道路維護成本，達成資源有效利用的目標。 基於鋪面績效為反映用路人對鋪面行駛品質(Ride-ability)主觀之感受，故因國情及駕駛人特性之不同，對鋪面行駛舒適度之感受亦會不同，因此確有進行本土化研究之必要。事實上，鋪面乃因先有破壞（廣義解釋包含表面破壞(Distresses)及糙度增加）而降低服務能力。但由於績效及破壞預測模式需於現有路段進行較長時間之相關資料收集，再經統計或其他分析方法方可獲得，是故本研究計畫主要之研究目的如下：1. 建立糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係。2. 建立本土化用路人行駛舒適度(Riding Comfort-ability)與鋪面糙度之關係。3. 研擬鋪面績效及破壞預模式之構建程序計畫。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
84年 7月	267	300	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，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工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密 (<input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密) <input type="checkbox"/> 限閱 (<input type="checkbox"/> 解限日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限) <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

第一篇、總 論

目 錄

1.1 研究緣起.....	1-1
1.2 研究目的與內容.....	1-2
1.3 研究範圍.....	1-4
1.4 研究流程.....	1-4

第二篇、鋪面糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係

目錄

第一章	文獻回顧.....	2-1
第二章	鋪面糙度之速度校估模式構建.....	2-2
2.1	速度校估方法評析.....	2-2
2.2	市區鋪面糙度之速度校估模式建立.....	2-11
第三章	國道與市區鋪面校估模式	
	發展工作之比較.....	2-19
3.1	糙度量測工作進行方面.....	2-19
3.2	鋪面狀況及施測車速方面.....	2-20
3.3	市區鋪面糙度/速度校估模式.....	
	發展之困難及改善對策.....	2-20
第四章	鋪面糙度與破壞模式之發展.....	2-22
4.1	破壞調查.....	2-22
4.2	糙度調查.....	2-24
4.3	鋪面糙度與破壞模式發展.....	2-29
第五章	結論.....	2-32
5.1	速度校估模式發展方面.....	2-32

5.2 鋪面破壞與糙度指標關係之發展方面.....	2-33
參考文獻.....	2-34

第三篇、柔性鋪面現況服務力指標之研究

目錄

第一章 緒論.....	3-1
1.1 研究背景與緣起.....	3-1
1.2 研究目的.....	3-1
1.3 研究範圍與內容.....	3-2
1.4 研究方法.....	3-3
1.5 研究流程.....	3-4
第二章 文獻回顧.....	3-7
2.1 小組評分.....	3-7
2.2 鋪面糙度.....	3-17
2.3 現況服務力指標.....	3-20
第三章 資料蒐集與實驗設計.....	3-25
3.1 小組評分調查.....	3-25
3.2 實驗設計.....	3-26
第四章 調查結果分析.....	3-29
4.1 台北市區.....	3-29
4.2 國道.....	3-51
4.3 省道.....	3-65

4.4 影響評分員評分之因素分析.....	3-73
第五章 柔性鋪面現況服務力指標模式發展.....	3-85
5.1 PSI模式發展.....	3-85
5.2 PSI模式改善.....	3-98
5.3 柔性鋪面終極服務力指標.....	3-114
第六章 結論與建議.....	3-124
6.1 結論.....	3-124
6.2 建議.....	3-127
參考文獻.....	3-129
附錄一.....	3-132
附錄二.....	3-139

第四篇、本土化鋪面績效預測模式構建程序

目錄

第一章	緒論.....	4-1
1.1	研究緣起.....	4-1
1.2	研究目的.....	4-2
1.3	研究範圍.....	4-2
1.4	研究內容方法.....	4-2
1.5	研究流程.....	4-4
第二章	文獻回顧.....	4-5
2.1	鋪面績效指標.....	4-5
2.2	鋪面績效指標影響變數.....	4-8
2.3	鋪面績效預測模式構建型式.....	4-13
2.4	鋪面績效預測模式文獻總整理.....	4-23
第三章	國內鋪面調查現況.....	4-27
3.1	國道高速公路局.....	4-28
3.2	臺灣省公路局.....	4-29
3.3	北市工務局養護工程隊.....	4-31
3.4	訪談單位之鋪面狀況調查現況總整理.....	4-31
第四章	本土化鋪面績效預測模式構建程序.....	4-33

4.1 本土化鋪面績效預測模式評估條件.....	4-33
4.2 選擇國內最適鋪面績效預測模式構建型式.....	4-35
4.3 建立本土化鋪面績效預測模式構建程序.....	4-38
4.4 本土化鋪面績效預測模式之特色.....	4-49
 第五章 實例分析.....	4-52
5.1 高公局資料實例分析.....	4-52
5.2 公路局實例分析.....	4-62
 第六章 結論與建議.....	4-74
6.1 結論.....	4-74
6.2 建議.....	4-76
 參考文獻.....	4-78
附錄.....	4-81

第一篇、總 論

目錄

1.1 研究緣起.....	1-1
1.2 研究目的與內容.....	1-2
1.3 研究範圍.....	1-4
1.4 研究流程.....	1-4

圖目錄

圖 1-1 建立糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係式流程圖.....	1-5
圖 1-2 發展台灣地區柔性鋪面現況 服務力指標 (PSI) 流程圖.....	1-6
圖 1-3 建立本土化鋪面績效預測模式構建程序流程圖.....	1-7

壹、總 論

1.1 研究緣起

鋪面績效預測模式（Pavement Performance Prediction Model；PPPM）是鋪面管理系統（Pavement Management System；PMS）中重要的一環。它不僅可預測未來鋪面服務績效，更可對鋪面管理系統中之設計、維修養護及評估等次系統提供強而有力的協助。雖然國內近年來已有數位學者積極投入PMS構建的研究，其中周家蓓等君在持續多年的研究後，也已建立第一套中文化道路鋪面養護管理電腦程式；但因缺乏國內長期鋪面使用狀況資料，故該程式中尚未建立鋪面績效預測模式，也就無法發揮PMS能掌握鋪面未來服務績效之功能。

欲構建鋪面績效預測模式，首先需釐清何謂鋪面績效。鋪面績效（Pavement Performance）常用之定義為“鋪面於一段使用期間內之連續服務能力（Serviceability）表現狀況”。根據諸多文獻顯示，常為學者採用之鋪面績效指標計有：現況服務力指標（Present Serviceability Index；PSI）、鋪面狀況指標（Pavement Condition Index；PCI）、糙度指標等三種。

現況服務力指標（PSI）係依據 AASHO 道路試驗之研究成果，以道路使用者對各種研究道路的主觀評分值來代表鋪面服務能力。然而目前國內採用之PSI計算公式為直接引用美國公式而來，並未考

慮國內實際鋪面特性。因為PSI值雖由多項客觀之鋪面量測值所決定，但實際卻反應出用路人之主觀感受，因此勢必因人、因時、因地而不同，故有必要依據國內實際鋪面特性，發展台灣地區之現況服務力指標（PSI）。

至於在糙度指標方面，被廣泛應用於國際間以評估鋪面糙度情形之反應式鋪面糙度儀（Response-Type Road Roughness Measuring Systems；RTRRMS）所測得之鋪面糙度值大小係因施測車速之不同而異，為能了解鋪面糙度值與施測車速間之關係，實有必要發展鋪面糙度之速度校估模式，俾可將任意測速所得之糙度值轉換成標準測速下之糙度資料，以便道路主管單位能確實掌握鋪面糙度之量測值意義。

有鑑於此，如何針對國內道路系統特性及道路主管單位需求構建適用於國內的糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係式，發展台灣地區之現況服務力指標（PSI）及鋪面績效預測模式（PPPM），以提昇鋪面管理系統（PMS）應用在道路鋪面工程管理上，可使道路主管單位能全盤了解轄區內道路鋪面現在與未來之服務績效，進而在有限的資源及經費下，對鋪面進行最適時、適地的大型整修與養護（Rehabilitation & Maintenance；R/M）以維持道路服務水準，提高鋪面使用年限的功能。實為鋪面工程界之重要課題。

1.2 研究目的與內容

本研究計畫主要之研究目的與內容如下：

1.建立糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係式

由於反應式鋪面糙度儀(RTRRMS)之量測輸出值受施測速度影響，因此本研究嘗試發展梅氏儀之速度校估模式，並分別針對國道及市區道路進行分析，以比較不同等級破壞之鋪面對於梅氏儀之影響。分析方式採用不同的施測速度量測相同的鋪面，並利用迴歸分析法進行梅氏儀速度校估模式之發展。再利用實地量測之糙度值，校估本研究所發展之速度校估模式，以確保模式之準確性。

2.研究台灣地區柔性鋪面現況服務力指標（PSI）

發展鋪面現況服務力指標所需蒐集之資料包括：小組評分資料(PSR)、鋪面破壞資料、及鋪面糙度資料等三部份。利用小組評分員進行小組評分，並蒐集評分資料。本研究利用小汽車及巴士進行小組評分，以比較用路人乘坐不同交通工具時對於鋪面平坦度之感受。鋪面糙度資料係使用本所自有之梅氏糙度儀進行研究路段之糙度資料蒐集。而鋪面破壞資料則以調查員於實地進行破壞調查。本研究使用迴歸分析法發展PSI模式，並進一步嘗試分析一般用路人對於鋪面平坦度之感受臨界值(Pt)。

3.建立本土化鋪面績效預測模式之構建程序

欲發展本土化鋪面績效預測模式之構建程序，首先需蒐集國內、外相關鋪面績效預測模式（PPPM）之文獻，並訪談國內道路主管單位（高公局、公路局、北市養工處），了解目前國內鋪面調查現況。待充份掌握各鋪面績效預測模式構建型式特性及國內道路主管單位目前鋪面調查方法後，方能選擇目前最適國內使用之鋪面績效預測模式構建型式，進而建立本土化鋪面績效預測模式之構建程序。最後則運用本研究發展之構建程序進行實例分析，驗證本土化鋪面服務績效預測模式構建程序之目前可行性。

1.3 研究範圍

本研究初期基於研究時間及經費之限制，僅將研究範圍定於新竹以北的國道、省道部份。但在考量市區道路每日需服務數百萬用路人的重要性後，本研究最後決定之研究範圍係包括新竹以北的國道、省道及台北市區道路等三部份。利用此一包含國內各種等級道路系統之研究範圍進行研究，將可使整個研究內容更加完整、與詳盡。

1.4 研究流程

本研究之三個研究目的，因各具相當完整之獨立性，可同步進行，故分別以下列三個流程圖分別闡述相關之研究流程。

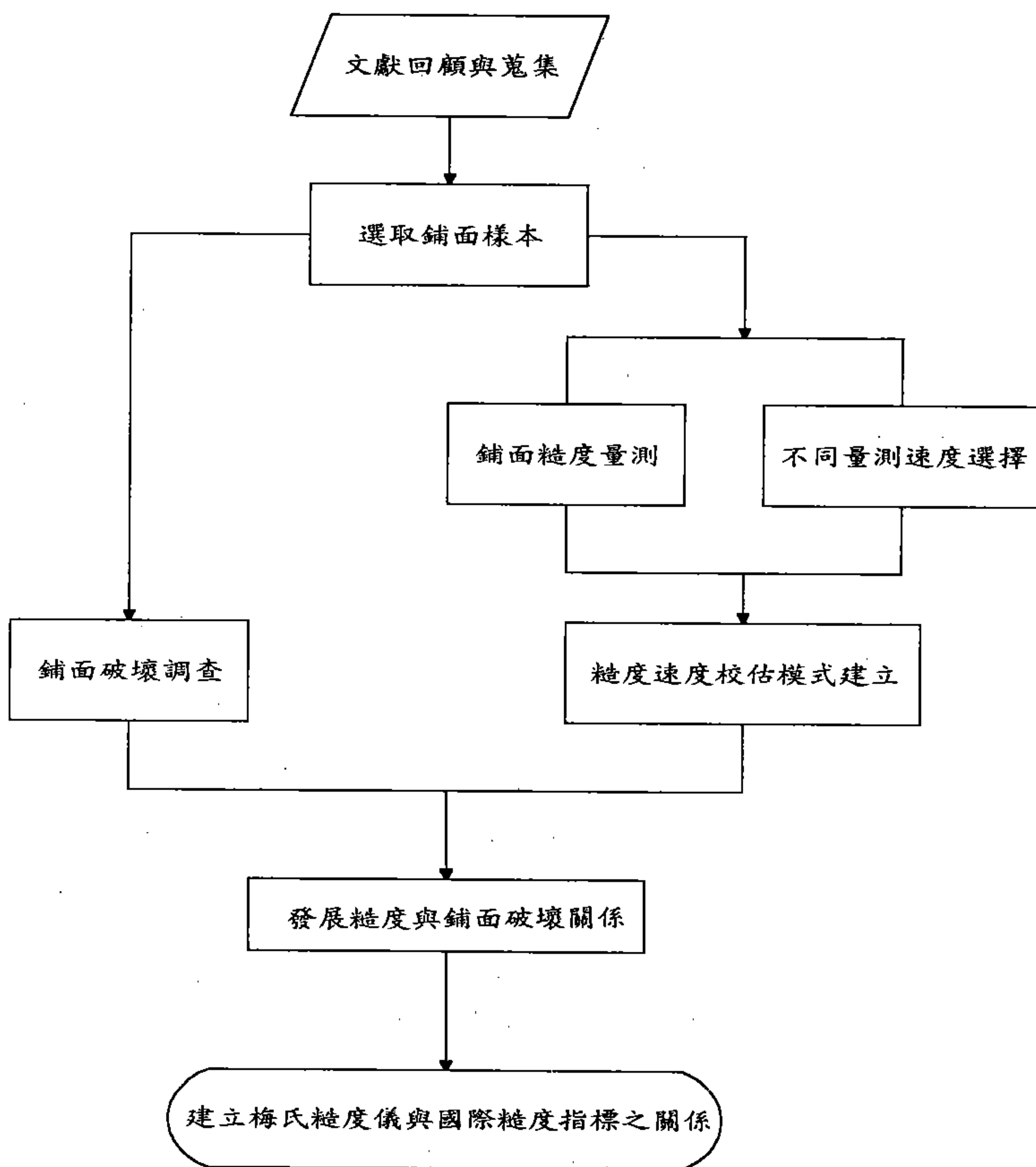


圖 1-1 建立糙度與行駛速度及鋪面破壞之關係式流程圖

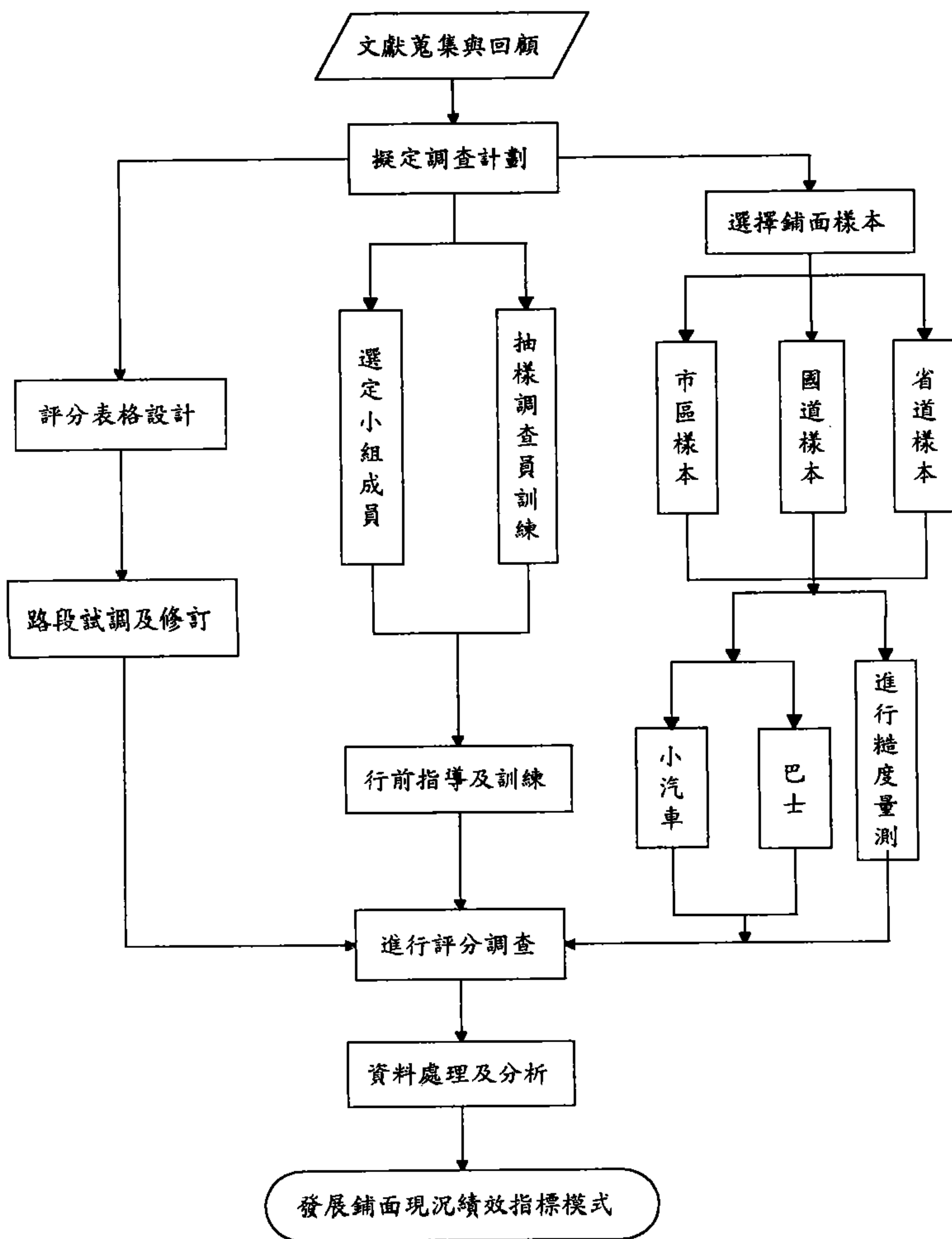


圖 1-2 發展台灣地區柔性鋪面現況服務力指標（PSI）流程圖

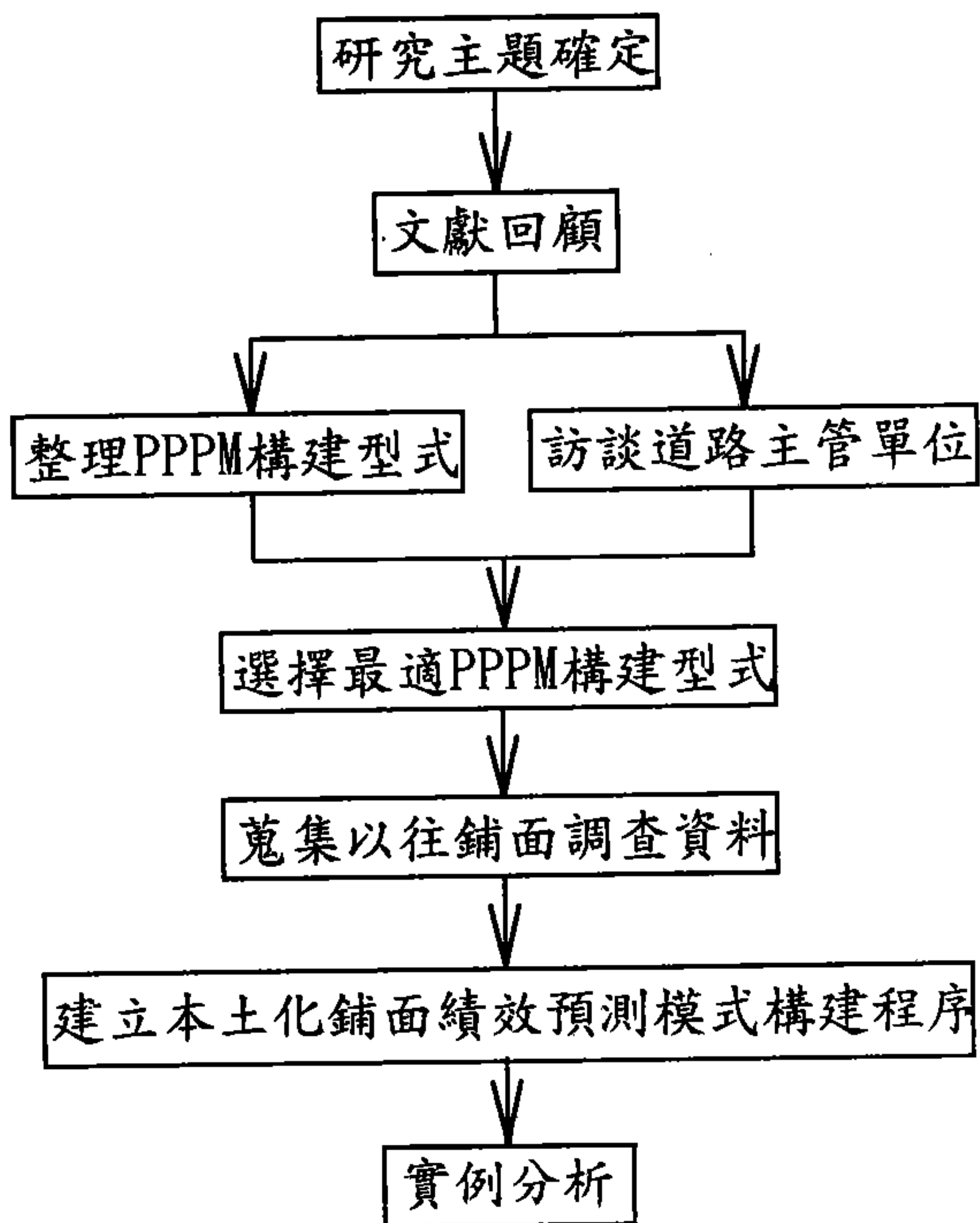


圖 1-3 建立本土化鋪面績效預測模式構建程序流程圖

第二篇

鋪面糙度與行駛速度 及鋪面破壞之關係

目錄

第一章 文獻回顧.....	2-1
第二章 鋪面糙度之速度校估模式構建.....	2-2
2.1 速度校估方法評析.....	2-2
2.2 市區鋪面糙度之速度校估模式建立.....	2-11
第三章 國道與市區鋪面校估模式	
發展工作之比較.....	2-19
3.1 糙度量測工作進行方面.....	2-19
3.2 鋪面狀況及施測車速方面.....	2-20
3.3 市區鋪面糙度/速度校估模式	
發展之困難及改善對策.....	2-20
第四章 鋪面糙度與破壞模式之發展.....	2-22
4.1 破壞調查.....	2-22
4.2 糙度調查.....	2-24
4.3 鋪面糙度與破壞模式發展.....	2-29
第五章 結論.....	2-32
5.1 速度校估模式發展方面.....	2-32
5.2 鋪面破壞與糙度指標關係之發展方面.....	2-33

參考文獻.....2-34

圖目錄

圖 2-1 國道鋪面糙度與不同測速之原始關係圖.....	2-5
圖 2-2 係數A與MI80關係圖.....	2-7
圖 2-3 係數B與MI80關係圖.....	2-7
圖 2-4 係數C與MI80關係圖.....	2-8
圖 2-5 係數D與MI80關係圖.....	2-8
圖 2-6 市區鋪面路段樣本示意圖.....	2-12
圖 2-7 台北市區12段鋪面樣本之梅氏糙度值.....	2-13
圖 2-8 市區鋪面糙度速度校估曲線圖.....	2-16

表目錄

表 2.1	國道鋪面之糙度調查資料.....	2-5
表 2.2	每一鋪面分析樣本之係數值及MI80.....	2-6
表 2.3	國道鋪面糙度實際值、模式校估值與誤差比率.....	2-10
表 2.4	台北市區12段鋪面樣本不同測速下之梅氏糙度值.....	2-13
表 2.5	市區鋪面樣本糙度速度關係式之係數值與 R^2 值.....	2-14
表 2.6	A、B、C、D係數值與MI80之相關式與 R^2 值.....	2-15
表 2.7	市區實證路網鋪面糙度調查資料表.....	2-25

第一章 文獻回顧

反應式鋪面糙度儀 (Response-Type Road Roughness Measuring System, RTRRMS)係一種定速量測鋪面糙度之機械裝置，其功能為記錄該機械裝置對鋪面起伏狀況之反應，以作為用路人對鋪面平坦度感受之判斷根據。相較於其他量測鋪面糙度儀器，RTRRMS具有設備及操作成本低廉、施測速度快，且足以反應用路人對鋪面平坦度之感受等優點。

然而，RTRRMS之輸出值係因施測速度而異，意即於同一路段以不同之測速施測將獲得不同之儀器輸出值。因此，為消除施測速度對RTRRMS輸出值之影響，實有必要發展RTRRMS之速度校估模式，俾便將任意測速所得之糙度值轉換成標準測速下之糙度值。

Jian Lu等人之研究[1]以統計迴歸方法，藉RTRRMS於實地收集各種不同測速下所得之糙度資料構建速度校估模式。此法簡單且可適用於所有RTRRMS之儀器，唯一之限制為該RTRRMS之儀器對同一路段必須能有重現性之反應，否則構建之模式便無法適用。

黃世英君[2]於其研究中亦採統計迴歸方法，藉梅氏糙度儀 (Mays Ride Meter, 簡稱MRM)於國道三號關西、龍潭段南北向柔性鋪面以不同之速度量測之梅氏糙度指標 (Mays Index, MI) 構建梅氏儀之速度校估模式。本研究將於2.1節詳細探討該模式構建之方法、程序、結果與模式準確性。

第二章 鋪面糙度之速度校估模式構建

2.1 速度校估方法評析

2.1.1. 國道鋪面之糙度速度校估模式建立[2]

1. 國道柔性鋪面之糙度量測作業

(1) 糙度量測對象

量測對象係以國道三號龍潭收費站(73K)與關西交流道(79K)間南北向柔性鋪面最外側車道為對象，依指標每500公尺為一樣本路段，共取得合適之路段樣本計16段。

(2) 糙度量測方法

糙度量測係以本所自有之梅氏糙度儀施測，並以交通工程實驗車為動力來源，分別以20、40、60、80 KPH 四種不同速度來回於上述16段樣本量測其鋪面糙度，由梅氏糙度儀記錄器記錄原始之糙度資料，俟全部量測完畢再進行糙度資料之解讀分析。

(3) 原始記錄資料之分析

由於梅氏糙度儀之標準化拖車避震系統移動量與記錄器記錄紙帶長度成 6.4比1之比例，藉此特性可將鋪面糙度連續地累加起來。因此，將單一行駛距離產生之記錄紙長度乘以6.4倍即成每單一行駛距離之拖車避震系統總移動量，亦即所謂的梅氏糙度指標(Maysmeter Index, MI)，單位為m/km。一般以下式表示：

$$MI_v = \frac{\text{Recording Paper Length(cm)} \times 6.4}{\text{Section Length(m)}} \times 10 \dots \text{式 2-1}$$

MI_v：行駛速率為V之梅氏糙度值

V：行駛速率(KPH)

2. 速度校估模式之建立程序與結果

(1) 速度校估模式建立之程序

實際運用梅氏糙度儀於現地收集資料，行駛車速分別為20、40、60、80KPH四種。根據量測資料轉換成之梅氏糙度指標，令其為縱座標；而相對應之施測車速為橫座標，分別繪出每一鋪面樣本之「糙度值與不同測速之原始關係圖」，如圖2-1。

依圖2-1資料點散佈之情形，假設MI與測速間呈三次多項式函數關係，其關係式型態如下：

$$MI_{(v)} = A + BV_t + CV_t^2 + DV_t^3, \dots \text{式 2-2}$$

MI:m/km

V_t：KPH

針對每一分析樣本，依上述假設關係型態，以曲線配適及內插法獲取係數(A,B,C,D)初始值，如表2.2。

依前步驟之結果，分別繪出標準測速下之梅氏糙度指標(MI80)與各係數值(A,B,C,D)間關係圖，並以曲線配適方法求得其間之統計關係，即A、B、C、D四係數為MI80之函數。見圖2-2~圖2-5。

將所得之A、B、C、D係數代回式 2-2即可獲得欲求之速度校估模式。

表2.1 不同測速之鋪面糙度調查資料

樣本編號	* 梅氏糙度指標 (m/km)			
no.	MI ₂₀	MI ₄₀	MI ₆₀	MI ₈₀
1	1.126	1.434	1.114	5.453
2	1.677	1.818	1.459	5.683
3	1.690	1.869	1.472	5.491
4	1.818	1.958	1.946	4.749
5	1.037	1.536	1.626	4.749
6	0.794	1.344	1.459	4.800
7	1.370	1.690	1.958	5.440
8	1.510	2.138	2.458	4.429
9	1.805	1.830	1.754	5.299
10	2.880	3.302	3.200	4.288
11	2.138	2.509	2.086	4.480
12	1.664	1.894	2.074	3.776
13	2.419	2.726	2.368	4.493
14	2.061	2.445	2.266	5.286
15	1.574	1.869	1.997	4.416
16	1.677	2.010	2.112	3.891

*以「MI_V」表示不同行駛車速(V:KPH)下的梅氏糙度指標。

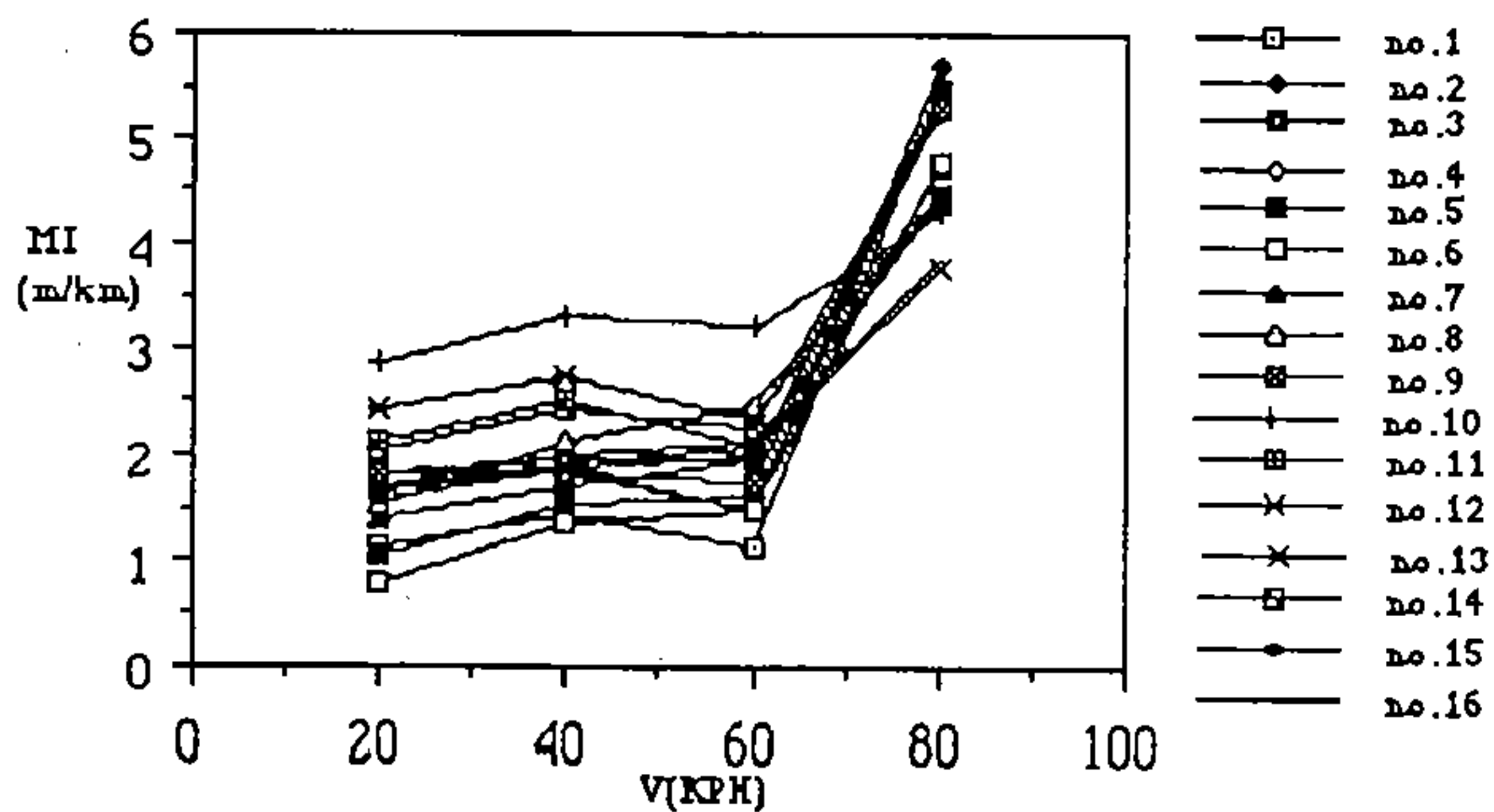


圖2-1 鋪面糙度測值與不同測速之原始關係圖

表2.2 每一鋪面分析樣本之係數值及MI80

樣本 編號	MI ₈₀ (m/km)	A	B	C	D
1	5.453	-3.997	3.7339e-1	-1.2003e-2	1.1015e-4
2	5.683	-4.047	5.1049e-1	-1.3333e-2	1.0590e-4
3	5.491	-4.057	5.0975e-1	-1.3200e-2	1.0400e-4
4	5.248	-1.940	3.3612e-1	-8.8550e-3	7.2208e-5
5	4.749	-2.413	3.5989e-1	-9.1163e-3	7.1708e-5
6	4.800	-2.452	3.7822e-1	-9.6963e-3	7.6271e-5
7	5.440	-3.008	5.1253e-1	-1.0530e-2	6.8042e-5
8	4.429	-1.385	2.3400e-1	-5.2825e-3	4.0813e-5
9	5.299	-2.043	3.5000e-1	-9.4313e-3	7.7542e-5
10	4.288	-0.892	2.3142e-1	-4.9400e-3	3.5708e-5
11	4.480	-2.638	2.1911e-1	-7.6450e-3	7.5229e-5
12	3.776	-0.188	1.0005e-1	-3.2513e-3	3.2750e-5
13	4.493	-1.701	3.5379e-1	-8.7013e-3	6.5583e-5
14	5.286	-2.648	4.0628e-1	-1.0109e-2	7.8375e-5
15	4.416	-1.346	2.5259e-1	-6.3538e-3	5.1208e-5
16	3.891	-0.795	1.0080e-1	-3.7078e-3	3.9750e-5

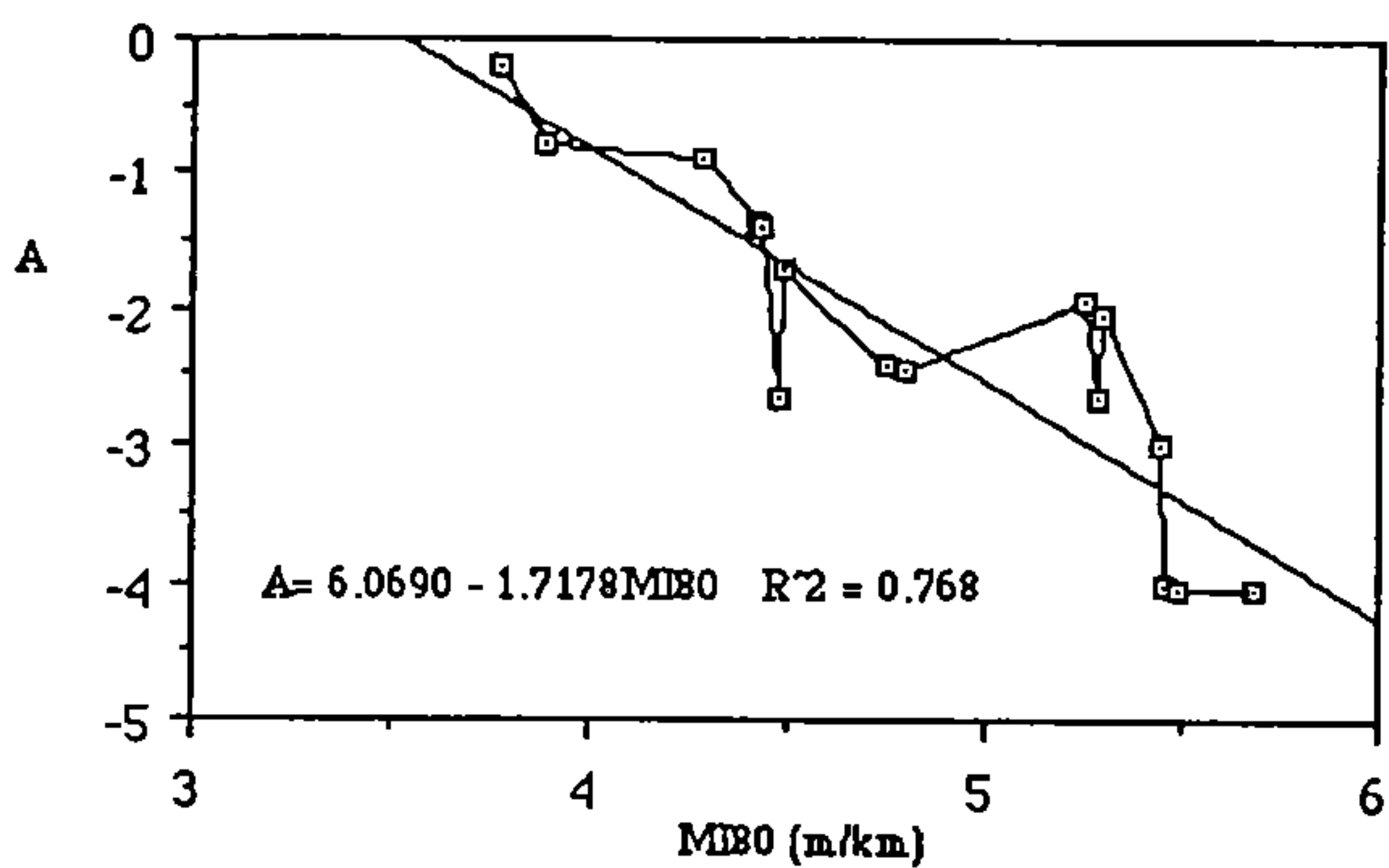


圖2-2 係數A與MI80關係圖

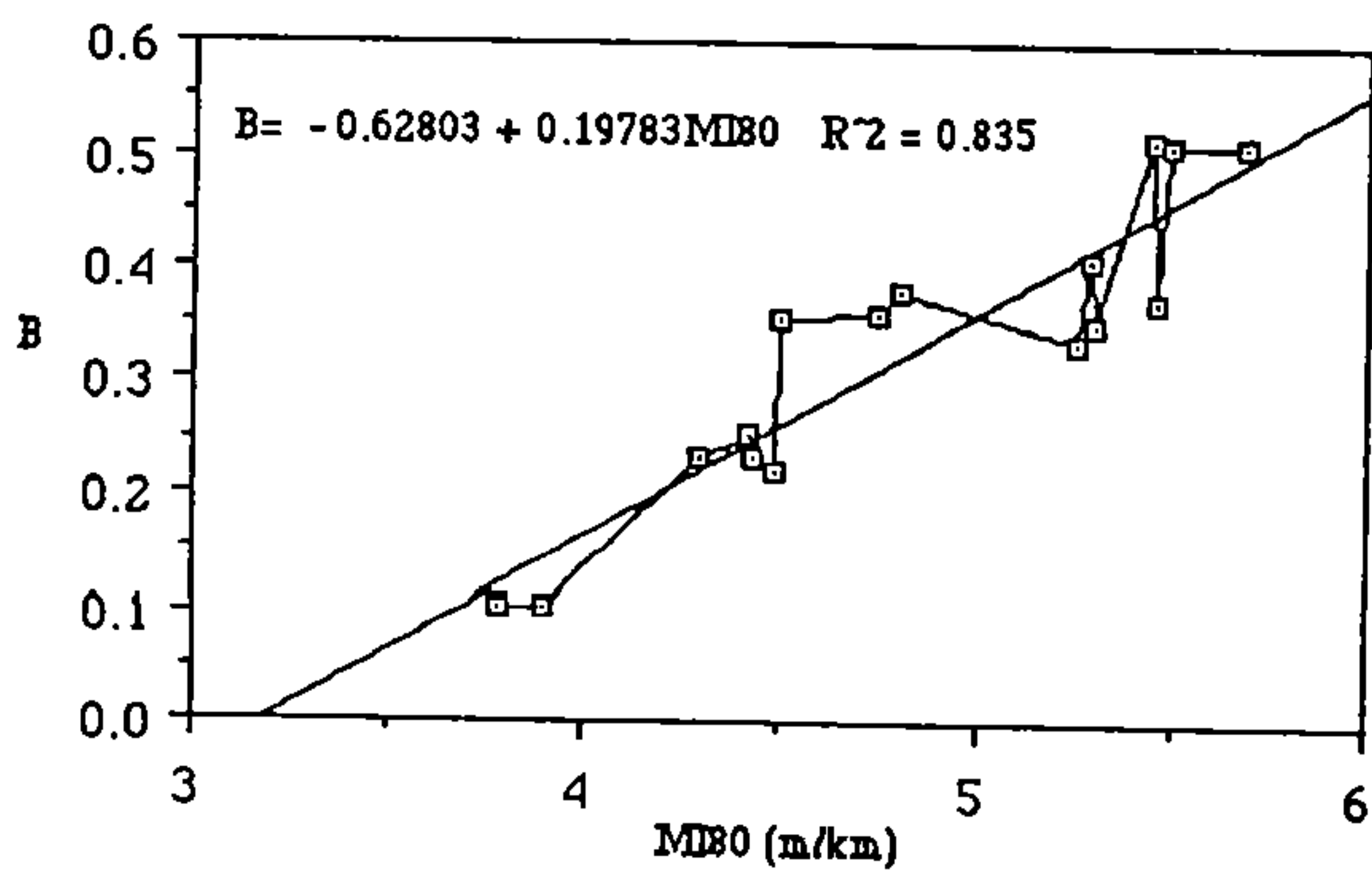


圖2-3 係數B與MI80關係圖

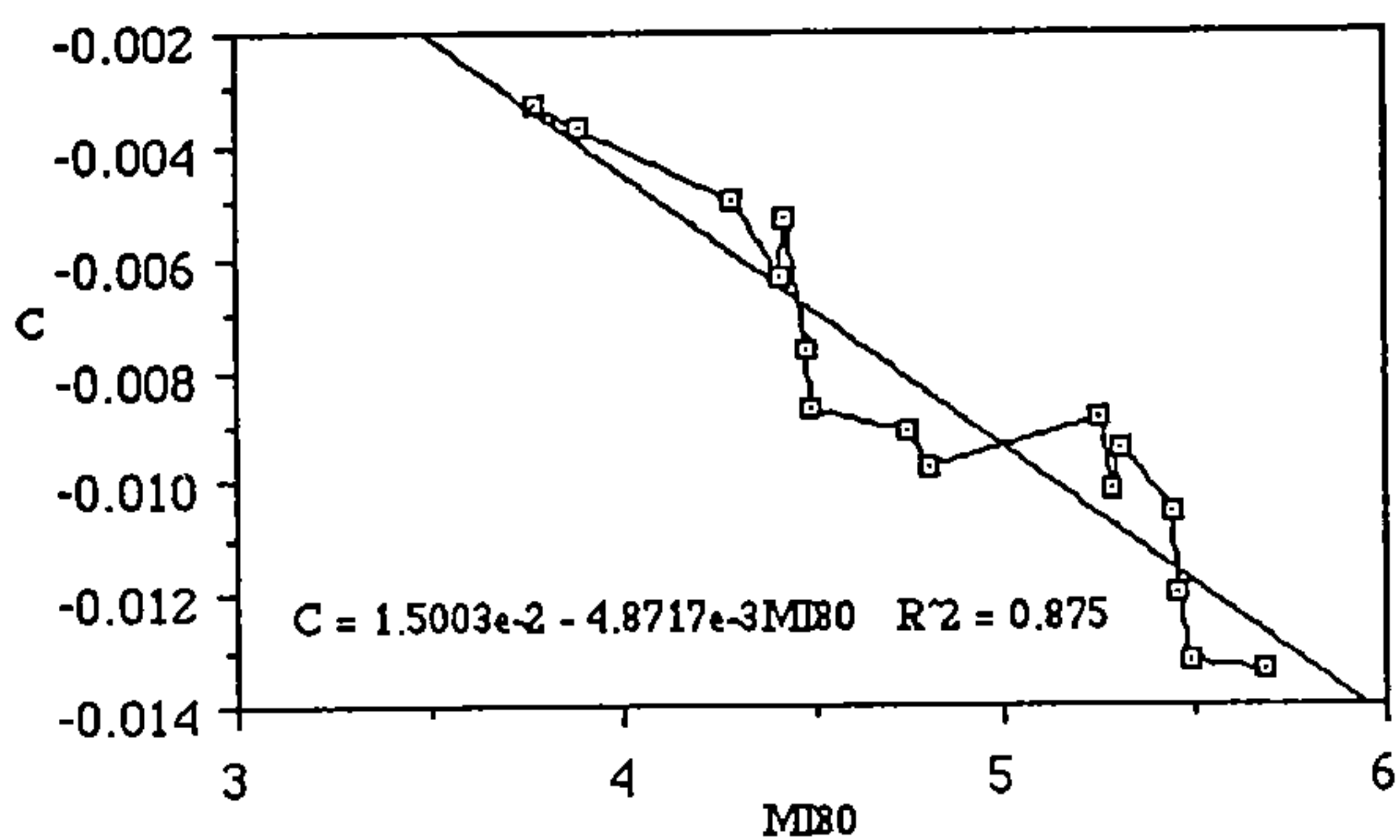


圖2-4 係數C與MI80關係圖

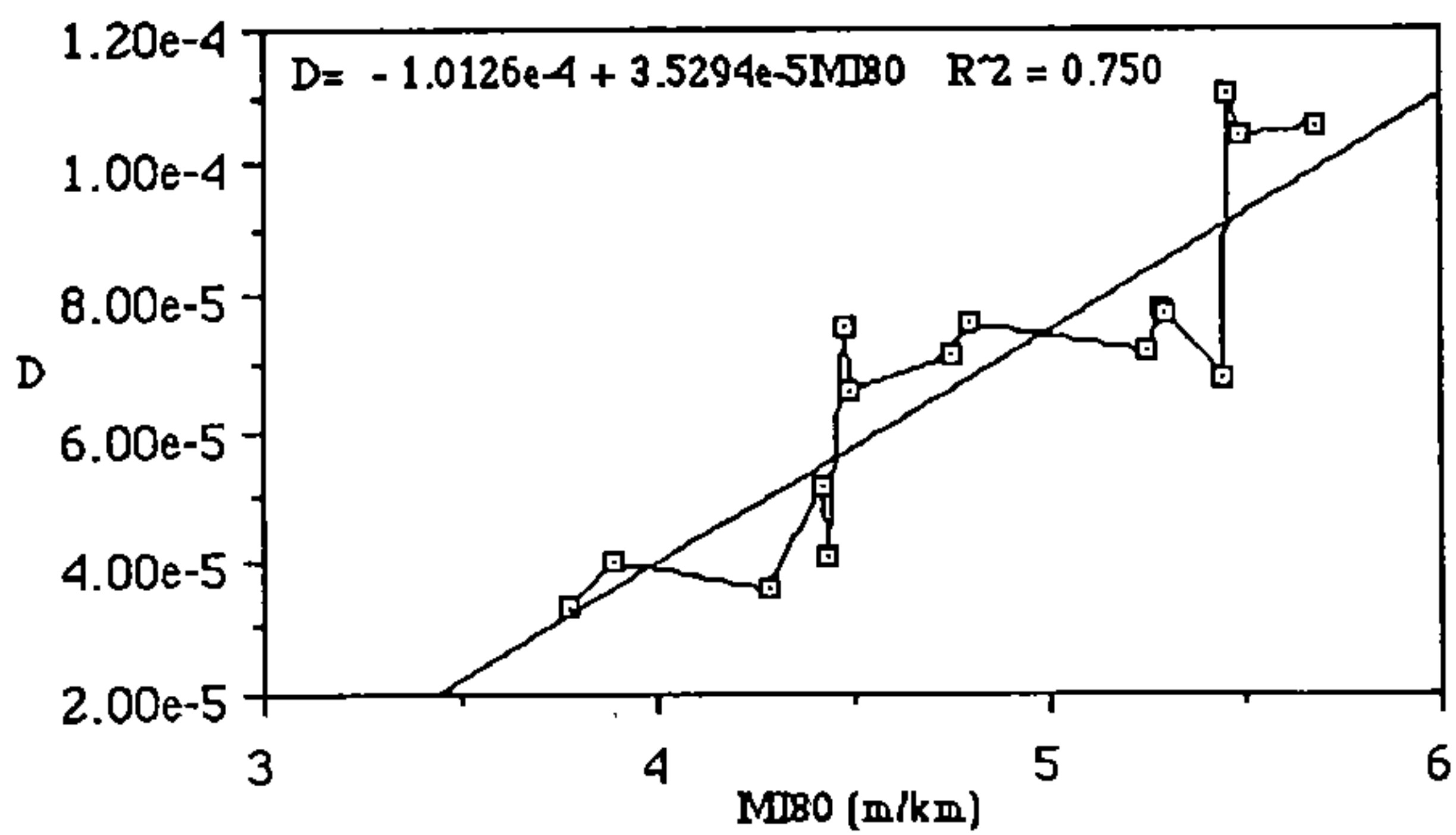


圖2-5 係數D與MI80關係圖

(2) 速度校估模式

根據由國道鋪面樣本收集之資料所構建之梅氏糙度儀速度校估模式為：

$$MI_{(V_t)} = [6.090 - 0.62803V_t + 1.5003 \times 10^{-2}V_t^2 - 1.0126 \times 10^{-4}V_t^3] +$$
$$[-1.7178 + 0.19783V_t - 4.8717 \times 10^{-3}V_t^2 + 3.5294 \times 10^{-5}V_t^3]MI_{80}$$

OR

$$MI_{80} = \frac{MI_{(V_t)} - [6.090 - 0.62803V_t + 1.5003 \times 10^{-2}V_t^2 - 1.0126 \times 10^{-4}V_t^3]}{[-1.7178 + 0.19783V_t - 4.8717 \times 10^{-3}V_t^2 + 3.5294 \times 10^{-5}V_t^3]}$$

, MI(vt): Vt測速下之梅氏糙度指標

Vt: 任意測速

式2-3

該校估模式之一般形式可以下式表達：

$$MI_{80} = f\{MI_{(V_t)}, V_t\} \quad , \quad \text{式2-4}$$

MI(vt): Vt測速下之梅氏糙度指標

Vt: 任意測速

意即以任意測速所測得之梅氏糙度值與該測速代入速度校估模式，即可求得該路段在標準測速80KPH下之梅氏糙度值。

2.1.2 國道鋪面糙度/速度校估模式之準確性

本模式之構建過程雖採統計迴歸方法，但其最終之模式本身並非一迴歸式，因此模式之準確性無法用判定係數(R-square值)表達。本研究於此乃以誤差百分比作為模式準確性之檢核，其誤差百分率如表2.3所示：

表2.3 國道鋪面糙度實際值、模式校估值與誤差百分比

實MI20	實MI40	實MI60	實MI80	MI20校MI80	誤差比	MI40校MI80	誤差比	MI60校MI80	誤差比
1.126	1.434	1.114	5.453	4.236853505	-0.223	4.45952667	-0.182	2.38920905	-0.562
1.677	1.818	1.459	5.683	5.199345994	-0.085	5.04178949	-0.113	3.84255047	-0.324
1.69	1.869	1.472	5.491	5.222054528	-0.049	5.11912127	-0.068	3.89731406	-0.29
1.818	1.958	1.946	4.749	5.44564625	0.147	5.25407281	0.106	5.89407879	0.2411
1.037	1.536	1.626	4.749	4.081387387	-0.141	4.61419023	-0.028	4.54605197	-0.043
0.794	1.344	1.459	4.8	3.656912478	-0.238	4.32305882	-0.099	3.84255047	-0.199
1.37	1.69	1.958	5.44	4.663075225	-0.143	4.84770188	-0.109	5.9446298	0.0928
1.51	2.138	2.458	4.429	4.90762867	0.108	5.5270085	0.248	8.05092171	0.8178
1.805	1.83	1.754	5.299	5.422937716	0.023	5.0599852	-0.045	5.0852627	-0.04
2.138	2.509	2.086	4.48	6.004625554	0.34	6.0895593	0.359	6.48384053	0.4473
1.664	1.894	2.074	3.776	5.17663746	0.371	5.157029	0.366	6.43328952	0.7037
2.419	2.726	2.368	4.493	6.495479255	0.446	6.41859844	0.429	7.67178917	0.7075
2.061	2.445	2.266	5.286	5.870121159	0.111	5.9925155	0.134	7.24210562	0.3701
1.574	1.869	1.997	4.416	5.019424531	0.137	5.11912127	0.159	6.10892057	0.3834
1.677	2.01	2.112	3.891	5.199345994	0.336	5.3329209	0.371	6.59336771	0.6945

註：誤差百分率 = (校估值 - 實際值) ÷ 實際值

2.1.3 國道鋪面糙度/速度校估模式之適用性

Jian Lu, 等人研究[1]中所構建之糙度速度校估曲線族圖(Family Curves)係來自同一校估模式，此意謂著該糙度速度校估曲線族之圖形正是其校估模式曲線上下平移的結果。

黃世英君[2]之研究亦僅以台灣地區北部第二高速公路若干路段樣本為對象進行鋪面糙度/速度校估模式之構建。因此，該模式對於其它鋪面等級如省道或市區道路之適用性必須加以驗證或檢核，本研究遂以市區道路為對象進行市區鋪面糙度速度校估模式之試建，期能了解並比較不同等級鋪面糙度隨測速而改變之型態，進而構建適用於不同等級道路之鋪面糙度速度校估模式。

2.2 市區鋪面糙度之速度校估模式建立

2.2.1 市區鋪面糙度/速度校估模式之分析

為求得完整之鋪面糙度/速度校估模式，並充份了解不同等級鋪面糙度量測值與施測速度間之關係，本研究特挑選台北市區若干路段嘗試進行市區鋪面糙度/速度校估模式之構建工作。所選路段皆以主要幹道之長街廓為原則，並考慮重覆來回量測之便利性，路段樣本編號及位置如圖2-6所示。

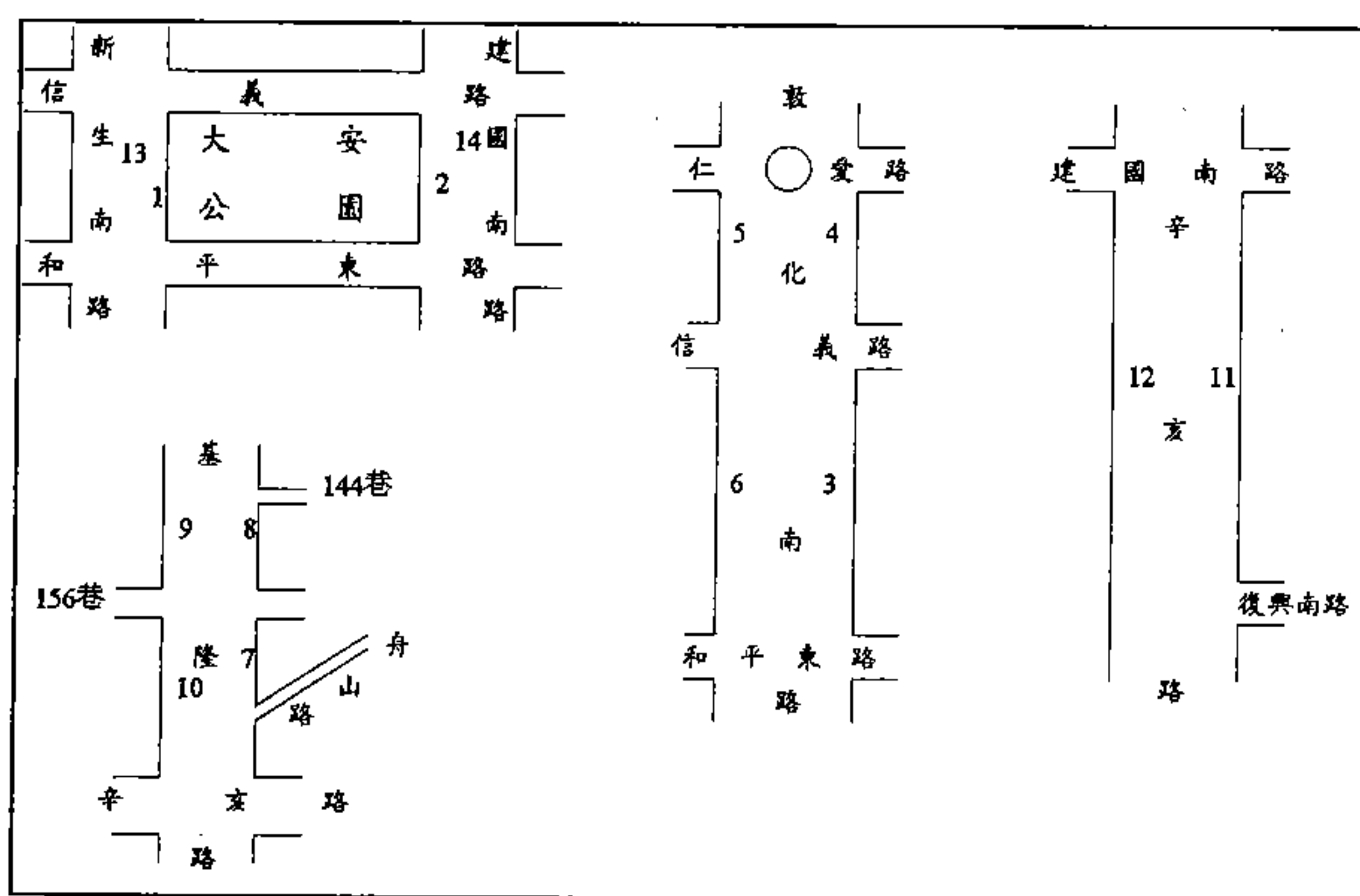


圖2-6 市區鋪面路段樣本示意圖

1. 鋪面糙度量測作業

市區鋪面之糙度量測方法大致與國道量測方式相同，惟市區之施測速度增為20、30、40、50、60、70及80 KPH等七種，且施測作業必須於深夜進行以避免對市區車流之干擾，以達成定速量測之目的。因此本研究以七種測速分別量測上述14段鋪面樣本，以搜集建立速度校估模式之資料。

由於市區街廓長度較短（相對於國道而言），施測車輛甚難由路段起點至終點皆維持70或80KPH等較高的量測速度。且當車輛加速至所需速度時，多已接近路段尾程100~200公尺處。換言之，分析此14段鋪面樣本時，僅分析每路段尾端之固定長度，此乃因不同測速需要不同之加速距離。因此將路段長度統一，以利資料評比與分析。

經本研究分析，並校正施測長度與刪除施測失敗之樣本，所得之12段市區鋪面及七種測速之梅氏糙度指標如表2.4，各路段之糙度速度關係圖則如圖2-7所示。

表2.4 台北市區12段鋪面樣本不同測速下之梅氏糙度值

路段代碼	20	30	40	50	60	70	80
2	2.7404	2.6934	2.7561	3.1475	3.4138	2.8813	3.0692
3	2.4741	2.7358	3.7974	2.7358	2.9469	4.222	5.472
9	2.4482	2.5136	3.0044	2.7664	2.3202	3.1829	4.611
12	2.9227	2.9537	2.8763	2.9537	3.2939	2.7067	5.119
14	2.6173	2.6584	3.0284	2.4529	2.3707	2.6996	4.495
6	3.0231	3.0753	3.3193	3.8334	4.1469	4.1382	7.126
7	3.5339	4.7242	3.6827	4.0174	5.059	4.3708	5.189
8	3.2368	4.5495	3.8482	3.8606	3.6412	3.6112	3.974
13	3.5057	3.6916	4.3555	4.2316	4.5238	4.3998	5.524
1	4.8406	5.4236	5.7983	5.7358	4.8614	4.7469	7.2661
4	4.1773	3.7708	4.3567	4.6818	5.433	5.6505	6.342
10	5.2678	5.5371	4.9231	6.5713	4.6538	6.3343	5.3648

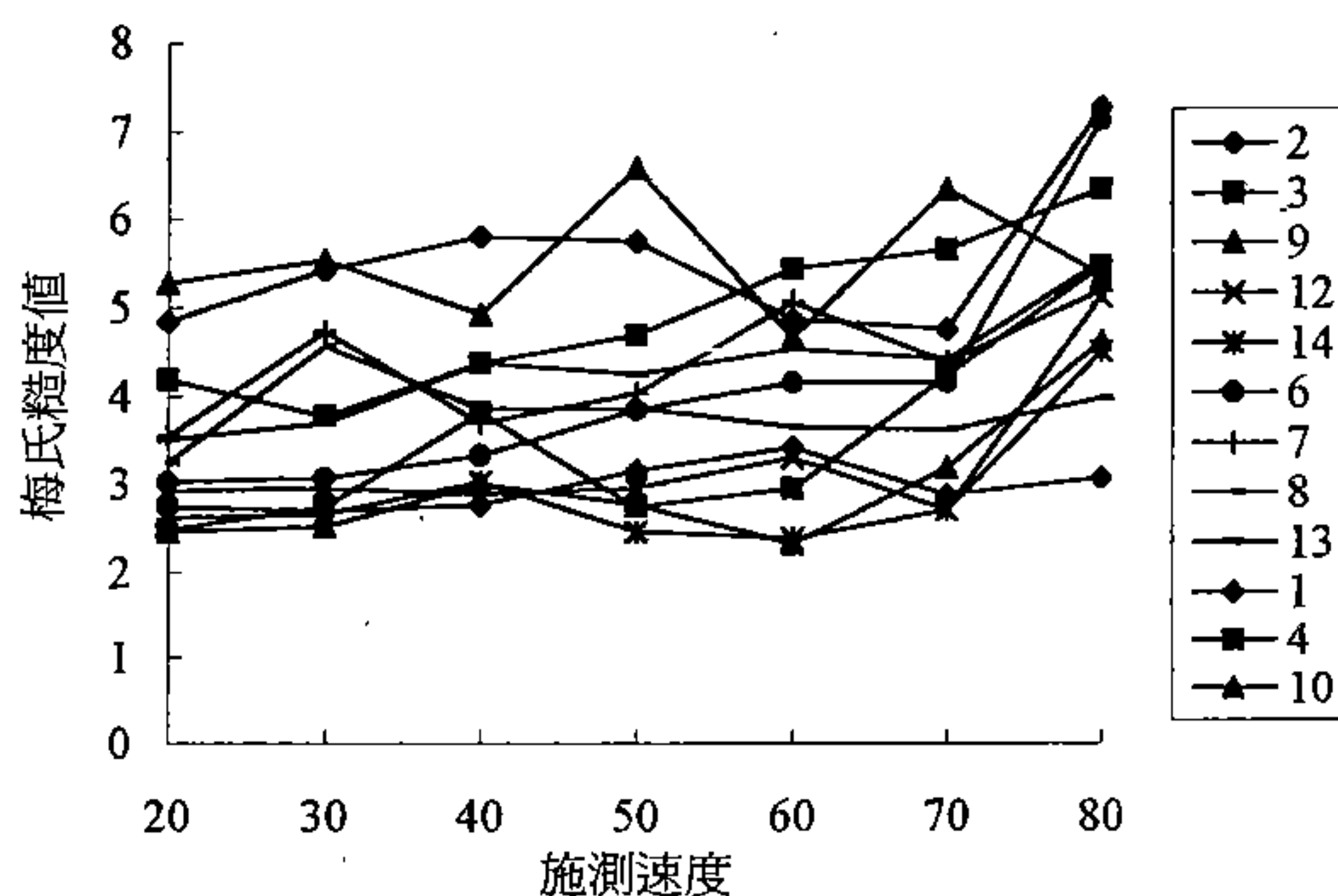


圖2-7 台北市區12段鋪面樣本之梅氏糙度值

2. 糙度/速度校估模式建立

本研究採用統計迴歸方法構建市區鋪面之糙度速度校估模式。其構建原則仍為尋找假設方程式 $MI(V_t) = A + BV_t + CV_t^2 + DV_t^3$ 中A、B、C、D等參數值（ MI_{V_t} =測速 V_t 下之梅氏糙度指標， V_t =任意測速，A、B、C、D為係數值）。A、B、C、D參數之求法即以上述14段鋪面樣本之糙度值為基底（Basis），運用統計迴歸方法尋求這些參數與某基底（如MI80）之關係式。一旦A、B、C、D等參數式推估完成之後，代入原假設之方程式 $MI(V_t) = A + BV_t + CV_t^2 + DV_t^3$ ，所得之方程式即為鋪面糙度之速度校估模式。

因此，由圖2-7市區鋪面糙度速度關係曲線圖所示，本研究假設糙度為速度之三次方函數，即 $MI(V_t) = A + BV_t + CV_t^2 + DV_t^3$

。利用12段市區鋪面樣本之糙度及速度資料各以此三次方曲線做曲線配適（Curve Fitting），其配適結果及 R^2 值如表2.5

表2.5 市區鋪面樣本糙度速度關係式之係數值與 R^2 值

路段代號	A	B	C	D	R-Square	註
6	-0.90889	0.31751	-0.00767	6.1458×10^{-5}	0.925	
7	2.1114	0.12383	-0.002477	1.7561×10^{-5}	0.476	x
8	-1.3759	0.37814	-0.008065	5.2292×10^{-5}	0.649	
13	0.49619	0.224	-0.004569	3.1717×10^{-5}	0.909	
2	3.3736	-0.06581	0.0019053	-1.4331E-05	0.572	x
3	-2.2672	0.38397	-0.008822	6.5606×10^{-5}	0.885	
9	-1.6775	0.33856	-0.008091	6.0492×10^{-5}	0.93	
12	-0.49556	0.28824	-0.007264	5.6269×10^{-5}	0.798	
14	-1.8473	0.37547	-0.009255	6.9283×10^{-5}	0.943	
1	-4.0607	0.71395	-0.001616	1.122×10^{-4}	0.852	
4	5.9961	-0.16258	-0.003833	-2.1981E-05	0.973	
10	5.8472	-0.05356	0.0015748	-1.1969E-05	0.056	x

註：X記號者代表 R^2 值明顯偏低，該路段將不予列入後續之分析

根據表2.5（剔除之樣本不予列入分析）之A、B、C、D係數值，尋找其與MI80之迴歸關係，結果如表2.6所示。

表2.6 A、B、C、D係數值與MI80之相關式與 R^2 值

相關式	R2
$A = 351.14 - 205.02MI_{80} + 38.775MI_{80}^2 - 2.3775MI_{80}^3$	0.72
$B = -25.311 + 15.038MI_{80} - 2.867MI_{80}^2 + 0.17729MI_{80}^3$	0.72
$C = 0.63701 - 0.3762MI_{80} + 7.1399 \times 10^{-2}MI_{80}^2 - 4.3978 \times 10^{-3}MI_{80}^3$	0.77
$D = -4.6779 \times 10^{-3} + 2.7465 \times 10^{-3}MI_{80} - 5.1866 \times 10^{-4}MI_{80}^2 + 3.1819 \times 10^{-5}MI_{80}^3$	0.81

將表2.6之A、B、C、D代入原先假設之方程式 $MI(v) = A + BV_i + CV_i^2 + DV_i^3$ ，則所得之式子即為市區鋪面糙度之速度校估模式，見式2-5。

$$\begin{aligned}
 MI(v) = & 351.14 - 205.02MI_{80} + 38.775MI_{80}^2 - 2.3775MI_{80}^3 \\
 & + (-25.311 + 15.038MI_{80} - 2.867MI_{80}^2 + 0.17729MI_{80}^3)V_i \\
 & + (0.63701 - 0.3762MI_{80} + 7.1399 \times 10^{-2}MI_{80}^2 - 4.3978 \times 10^{-3}MI_{80}^3)V_i^2 \\
 & + (-4.6779 \times 10^{-3} + 2.7465 \times 10^{-3}MI_{80} - 5.1866 \times 10^{-4}MI_{80}^2 + 3.1819 \times 10^{-5}MI_{80}^3)V_i^3
 \end{aligned}$$

式2-5

3. 糙度速度校估圖解法

上述市區鋪面之糙度速度校估模式可用「校估曲線圖」作為模式實用性之參考（如圖2-8）。「校估曲線圖」係將速度校估模式龐雜之公式解代入許多預設值使其繪之成圖。其校估曲線圖即如圖2-8所示，縱座標對應某速度下可得一梅氏糙度指標，此點代表某鋪面之速度校估曲線通過點，沿該校估曲線對應縱座標及橫座標即可查出該鋪面於任意測速下之梅氏糙度值。

本圖乃依公式2-5所得結果，代入若干假設之MI80值後，反推各速度V下其相對之MIv各值並繪成圖。此圖係以市區道路糙度量測值分析後繪製而成，故建議僅在此糙度範圍內使用。

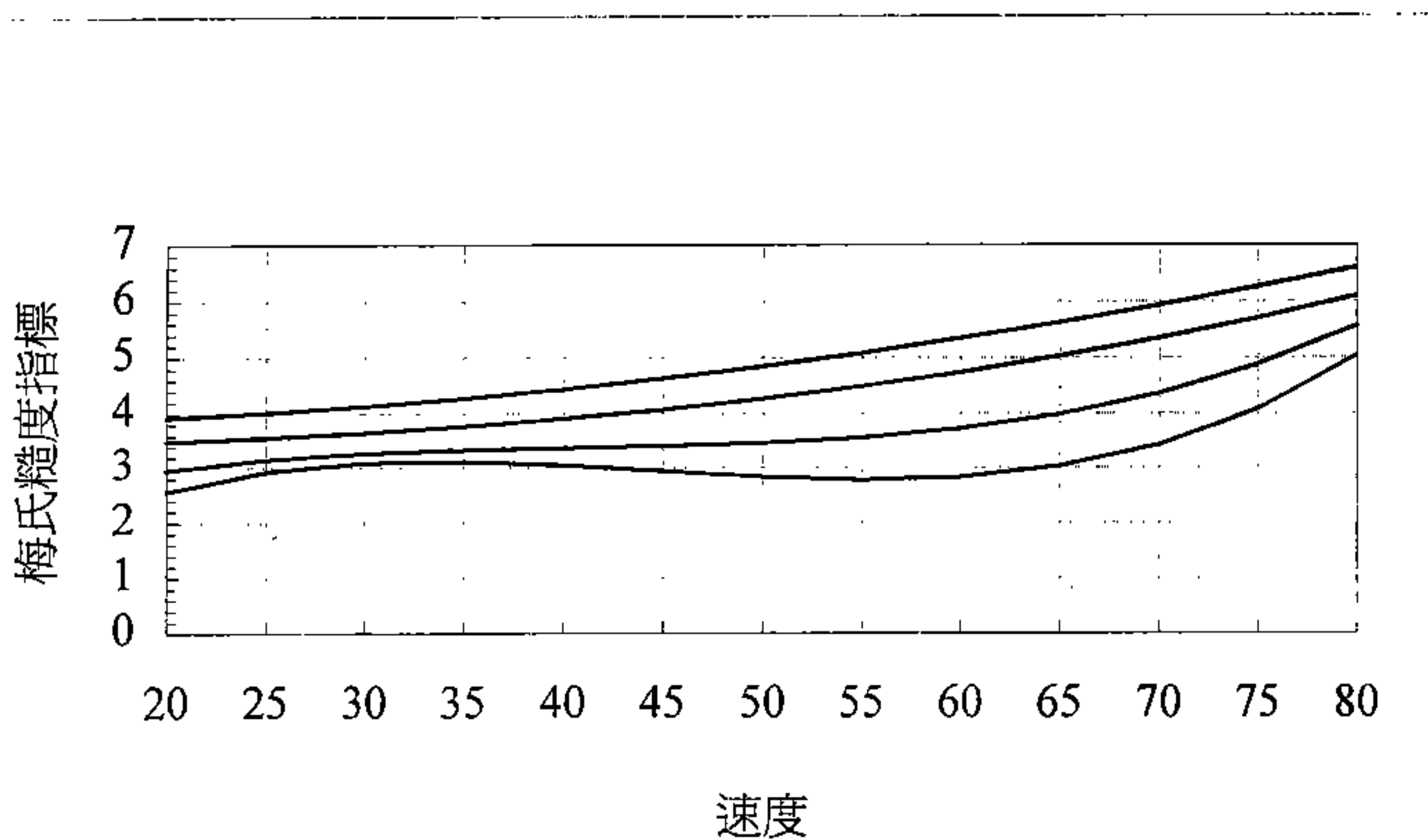


圖2-8 市區鋪面糙度速度校估曲線圖

本研究嘗試發展市區鋪面糙度速度校估模式，並發展圖解法。但由分析結果發現其準確性仍不理想。造成此現象之原因有下列數點：

(1) 市區道路鋪面破壞較為嚴重，梅氏儀以70、80 KPH量測其糙度時，記錄器遭遇瞬間極大訊號（超越其可接收之限度）使記錄筆跳動移位，影響記錄之準確性。

(2) 於市區進行高速量測時，常因市區路口號誌及其他車輛之干擾而無法維持一致的測速。此外，由低速加速至70、80KPH需300~400公尺之距離，以致於發生處理梅氏糙度資料時必須估計高速施測之實際長度（非整段樣本長度），因此誤差隨之產生。

(3) 模式分析過程中，A、B、C、D參數之估計係採各路段樣本A、B、C、D係數與其MI80之三次方關係式。然由於市區MI80之不準確性，加上樣本點少（僅9個樣本），因此所得之結果相當受限於所搜集之原始資料。

(4) 糙度為速度之三次方函數的假設方程式未必適用於市區鋪面糙度/速度校估模式。

本研究以尋求模式準確性較佳者為目標，並不斷修正模式構建之方法，以發展適合市區鋪面糙度之速度校估模式。

4. 模式構建方法修正與結果

(1) 本研究原假設鋪面糙度係為施測速度之三次方函數，其模式準確性不佳。而當假設方程式修正為鋪面糙度與 $\log(\text{施測速度})$ 之關係時，經繪圖與曲線配適之嘗試，發現其迴歸關係亦不佳。

(2) A、B、C、D參數之估計，若採各樣本原假設方程式之係數A、B、C、D與MI20、MI30、MI40、MI50或MI60間之統計迴歸式而不用原方法A、B、C、D與MI80之關係式，同樣地，經散佈圖與曲線配適之試誤發現，其迴歸關係亦不佳。

第三章 國道與市區鋪面校估模式 發展工作之比較

經由發展市區鋪面糙度/速度校估模式之實際經驗，本研究針對國道與市區鋪面兩種糙度/校估模式發展工作之進行，從「鋪面糙度量測工作進行」、「鋪面狀況及施測車速」等方面比較兩者之差異。此外，本研究並說明市區鋪面糙度/速度校估模式發展之困難及其改善對策。

3.1 糙度量測工作進行方面

國道高速公路係採出入管制、無交叉路口及號誌干擾之設計，且沿途設有里程標記，對糙度量測工作而言困難度最低。惟以低速施測時必須採取適當之交通管制措施，以免發生車輛追撞之危險。

市區糙度量測工作之進行困難度最高，本研究雖選擇深夜人車較少之際，但仍遭遇困難，困難之處在於：

- 1.以較高速度量測時，常因市區路口號誌及其他車輛干擾而無法維持一致的速度。且由低速加速至70、80KPH需300~400公尺之距離，以致於發生處理梅氏糙度資料時必須估計實際之量測距離，估計之結果誤差隨即產生。

2.市區鋪面坑洞或人孔高差較嚴重之處，常致使梅氏糙度儀之記錄器遭遇瞬間極大之訊號（超越其可接受之極限）而跳動移位，影響記錄之準確性。

3.2 鋪面狀況及施測車速方面

國道鋪面多屬平整，量測值不致產生極大之偏誤，而市區恰好相反，局部之嚴重鋪面破壞易使量測值失去準確性。

正因市區高速度施測存在許多困難，糙度/速度校估模式發展之必要性更形重要，如此市區適合採低速量測下所得之糙度值方能與其他施測車速量測之糙度值作比較。

3.3 市區鋪面糙度/速度校估模式發展之困難及改善對策

於市區進行高速度之糙度量測，除因號誌、其他車流以及局部嚴重破壞等干擾，尚且面臨事後由記錄紙估計實際量測距離之困難，致使量測值之準確度降低，相對以該量測值為基礎所構建之模式，準確度亦較難達預定之理想。茲將市區鋪面糙度量測作業困難之改善對策研擬如下：

經由此次發展市區糙度/速度校估模式之經驗，市區糙度量測作業之實施應準備下列工作：

1.合適路段之遴選

(1) 對象：路段挑選除應避免局部鋪面破壞嚴重之處及且應儘可能涵蓋各種鋪面狀況（較好至較差的路面）。其起訖點則宜挑選長街廓之主幹道接近路口停止線前50公尺處為終點（此50公尺係為減速煞停之用），起點處則選擇車輛能由前一路口起動加速至60KPH之處為佳。

(2) 數目：由於 $MI_{20} \sim MI_{80}$ 糙度值範圍小，多在2~7之間，為求模式之準確性，路段樣本之數目必須按統計學原理隨可靠度之不同來決定，可靠度愈高則所需之樣本數亦高。

2.各路段起、終點之標記與長度測量

選定之路段起、終點路旁應作明顯標記，所用之標記以夜間能見者為原則，此時可同步進行長度之測量並記錄供爾後計算梅氏糙度值之用（消除估計路段長度之誤差）。

3.糙度量測作業之實施應採交通管制措施

於市區實施糙度量測時，為消除路口號誌及其他車輛之干擾因素，除選擇深夜人車較少之際，並應協條相關交通單位實施交通管制（如封閉路口、封閉一車道……等），方能奏效。

第四章 鋪面糙度與破壞模式之發展

發展鋪面糙度與鋪面破壞之關係式，所需蒐集的資料可分成二大部份：一為所選定鋪面之破壞資料，另一部份為鋪面之糙度值量測。本研究參考相關文獻[2]並考量實際調查之方便性，因此選定台北市區之主要幹道為調查樣本。在相同的鋪面樣本上亦進行糙度量測之工作，所使用之調查儀器為本所自有的梅氏糙度儀。

4.1 破壞調查

本研究破壞調查路段包含中山南北路、復興南北路、敦化南北路、仁愛路、信義路、及和平東路之鋪面；共計六條路線，三十九段路段。選定此六條路線作為鋪面破壞調查與糙度實測樣本群之原因，除了考量上述基本要素外，亦因為構成此樣本群之路線均屬於臺北市主要幹道，其中車道之幾何配置涵蓋三種型式：中央分隔、快慢分隔及中央快慢分隔。且於南北、東西方向各有其路段代表，使研究成果之應用彈性較佳。原則上，每段路段調查四個樣本(車道)，且雙向各以最靠近路側之兩個車道為主(可能各為兩個慢車道，一個慢車道加一個快車道，或是兩個快車道之樣本組合)，因市區道路雖多為大小型車輛混合行駛，但大型車仍有靠外側行駛之趨勢，故選擇外側車道進行調查，以反映鋪面較弱狀況。綜上，本研究之原始調查樣本數為156。

破壞調查所使用之破壞調查表格與本研究在進行鋪面現況服務力指標發展過程中所使用之表格相同(表格詳見3-30頁)，破壞項目共分四大類、及十二項破壞。本研究所需之破壞資料已於八十三年度上半年之一項專題研究中調查完成，同時間在相同的路網上亦蒐集鋪面糙度資料。

進行破壞調查的方式，以採取「一次進行道路一側調查」為原則。由調查人員步行於調查路段路側或安全分隔島上，一次調查兩個樣本(車道)，沿途觀察道路鋪面之破壞狀況，並估計破壞長度、深度、高度差、密度(個數)、面積及嚴重性等破壞資料，記錄於鋪面破壞調查表格中適當位置。隆起與凹陷、車道與邊緣高差、坑洞、薄層剝離及人孔高差等破壞項目之嚴重等級，係直接以破壞面積、深度、高度差、密度(個數)等定量數值加以判斷，故調查時只需記錄上述破壞數值，相對的破壞嚴重性則待調查完畢後，再依調查手冊中定義之嚴重等級判斷準則來決定。面層表面滑動與冒油則不分嚴重等級，故調查時若發現此類破壞現象，只需記錄其破壞面積範圍即可。

實地調查時，對於「車轍」破壞項目則做特別處理：因以目視方式估計車轍不易，加上實證路線日間交通量甚大，故本研究使用鋁棒(2.7m)及鐵尺(30cm)，另外單獨於夜間進行車轍量測工作，再將所得的調查資料與其他於日間進行之目視破壞調查資料合併為一。對於「車道與邊緣高差」破壞項目，則因其少見於市區道路，且對正常行車之影響甚微，加上調查人員判斷不易(容易將原為鋪面排水設計之

道路斜坡誤解為此項破壞)，故本研究決定在資料分析中予以刪除不計。

實例路網破壞調查時，由於復興南北路交通量甚大，並排停車現象嚴重，調查十分不易。另外，敦化北路(民權東路至八德路)慢車道之修補面破壞甚多；和平東路(金山南路至新生南路)最內側快車道之管線挖埋(修補面)破壞嚴重。調查當時，仁愛路(中山南路至新生南路)鋪面剛施以重新加鋪作業，因此僅見些許人孔高差破壞；和平東路(敦化南路至基隆路)鋪面亦只有人孔高差及輕微裂縫破壞情形。整體而言，信義路鋪面狀況較差，中山南北路、復興南北路鋪面狀況較佳。

實證路線鋪面破壞調查結果經破壞資料轉換表(於3-32頁，表4.2)處理，可轉換成為適合破壞／糙度間關係發展之輸入格式(即破壞範圍百分比，%)，以利鋪面糙度與破壞關係模式之發展。

4.2 糙度調查

本研究使用梅氏糙度儀(MRM)作為鋪面糙度調查儀器，其動力來源為本所自有之交通工程實驗車(雪鐵龍廠牌之九人座旅行車)，經妥善規劃儀調事前作業，並確認試驗準備妥當(包括施測步測、基本設定、儀器校準等工作項目)且記錄訊息為正常可信的，即可依循儀器正常操作步驟，審慎進行資料之蒐集。所蒐集之鋪面糙度為全車道連續施測。糙度調查資料蒐集之時間為83年3月23日至26日，並配合

前述之鋪面目視破壞調查作業範圍。糙度量測車速定為 20KPH，調查樣本原則上以最靠近路側之車道為主，平均樣本長度約為 570m。所得之鋪面糙度資料如下表所列。

表2.7 市區實證路網鋪面糙度調查資料表

1.

中山南北路					
識別碼	路段長 (m)	*ML ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	ML ₂₀ (m/km)
1	630	3.667	12	630	3.789
2	630	3.916	13	755	5.112
3	630	4.439	14	755	5.483
4	630	5.649	15	755	6.544
5	530	4.245	16	755	6.070
6	530	3.840	17	500	3.995
7	530	7.041	18	500	3.597
8	530	4.239	19	500	3.572
10	630	6.016	20	500	5.626

2.

復興南北路					
識別碼	路段長 (m)	ML ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	ML ₂₀ (m/km)
21	490	4.501	37	490	4.596
22	490	4.193	38	490	3.801
24	490	3.721	39	490	4.818
25	590	6.269	40	490	4.807
26	590	5.089	41	940	4.534
28	590	4.469	42	940	4.344
29	530	4.691	43	940	5.556
30	530	4.480	44	940	4.839
32	530	3.539	45	480	7.656
34	400	3.763	46	480	6.575
35	400	6.019	47	480	8.660
36	400	5.728	48	480	6.680

資料來源：[本研究整理]

續表 2.7 市區實證路網鋪面糙度調查資料表

3.

敦化南北路					
識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)
49	450	9.156	64	400	6.173
50	450	9.683	65	490	9.123
52	450	11.292	66	490	8.398
53	660	10.560	68	490	7.850
54	660	9.123	69	940	8.048
56	660	6.933	70	940	9.360
57	390	10.035	72	940	7.435
58	390	9.091	73	340	11.127
60	390	6.851	74	340	9.672
61	400	8.000	76	340	6.684
62	400	8.352			

4.

和平東路					
識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)
137	900	6.074	147	590	7.988
138	900	8.434	148	590	7.519
139	900	6.617	149	530	5.167
140	900	7.154	150	530	4.715
141	270	5.890	151	530	4.106
142	270	5.281	152	530	4.194
143	270	7.099	153	510	3.093
144	270	5.516	154	510	2.748
145	590	7.550	155	510	2.894
146	590	6.004	156	510	2.485

續表 2.7 市區實證路網鋪面糙度調查資料表

5.

仁愛路					
識別碼	路段長 (m)	ML ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	ML ₂₀ (m/km)
77	730	3.735	93	560	9.498
78	730	4.076	94	560	11.149
79	730	4.103	95	560	10.195
80	730	3.638	96	560	10.306
81	343	2.967	97	560	9.349
82	343	4.874	98	560	8.411
83	343	3.864	99	560	9.074
84	343	2.957	100	560	8.400
85	447	3.959	101	800	11.360
86	447	4.239	102	800	9.042
87	447	4.796	103	800	10.944
88	447	3.622	104	800	9.924
89	420	3.886	105	480	6.336
90	420	3.915	106	480	3.037
91	420	5.772	107	480	6.375
92	420	4.285	108	480	3.424

續表 2.7 市區實證路網鋪面糙度調查資料表

6.

信義路					
識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)	識別碼	路段長 (m)	MI ₂₀ (m/km)
109	780	10.124	122	480	5.413
110	780	4.849	123	480	9.198
111	780	8.052	124	480	6.085
112	780	5.649	126	610	6.883
113	430	8.069	127	610	9.919
114	430	4.435	128	610	7.974
115	430	7.821	130	540	10.086
116	430	4.086	131	540	10.112
117	580	7.214	133	870	10.740
118	580	5.553	134	870	7.173
119	580	9.502	135	870	5.444
120	580	7.638	136	870	6.580

*糙度測值為梅氏糙度指標(Maysmeter Index, MI)，調查車速為20KPH，

故以「MI₂₀」表示鋪面糙度資料。

4.3 鋪面糙度與破壞模式發展

因本研究市區實證路線之鋪面破壞、糙度調查作業並沒有同時進行，加上實際調查時偶爾會遇到阻礙調查之狀況(如並排停車、分隔島無法行走等現象)，致使調查對象(樣本群)有些許差異，故有效分析樣本數為 139。

鋪面破壞/糙度間關係發展，主要應用複迴歸(多元迴歸)分析，建立破壞與糙度之最適關係式，期能以一群合理的破壞型式，充分且正確地解釋或預測糙度狀況，有效推估鋪面服務行駛的品質。由於複迴歸方程之求算頗為繁雜，本研究利用目前較廣為大家所熟悉與使用之統計套裝軟體SAS (Statistical Analysis System)作為分析工具。其中因變數為糙度測值(梅氏糙度指標，測速20KPH，MI₂₀，m/km)；自變數群則主要考量蒐集資料中四大類十二項破壞型式之破壞範圍資料(%)。

發展鋪面破壞與糙度關係式之詳細分析過程為：

1.首先將蒐集資料中四大類十二項破壞之權重乘以各嚴重性破壞範圍(%), 然後予以加總，即可得各破壞型式之加權破壞範圍(%)。經由各項破壞之嚴重性合併處理，形成十二項加權破壞範圍資料(%)，故為「一個因變數對十二個自變數」之多元迴歸分析，每筆分析資料之檔案型式如下：

MI₂₀ A₁ A₂ A₃ B₁ B₂ B₃
C₁ C₂ C₃ D₁ D₂ D₃

利用逐步迴歸方法，選擇最佳自變數組合，顯著水準 α 定為 0.05。分析結果發現，逐步迴歸所得方程中，以不含常數項者之 R^2 較大，約為 0.86，亦即該自變數群對於因變數之變異解釋比例較多；至於含常數項者，則因解釋能力較弱，且與先驗知識有不合理現象，在此不予採納。故較佳關係式應為無常數項的複迴歸方程，含六個自變數。如式 4-1 所示。

$$MI_{20} = 12.22A_1 + 0.16B_1 + 20.95C_1 + 0.08D_1 + 1.08D_2 + 13.9D_3 \quad \text{式 4-1}$$

$$R^2 = 0.86$$

為使自變數群更能充分且正確地解釋或預測因變數，本研究嘗試對式 4-1 中六個自變數作函數轉換之處理。經若干試誤分析發現，以「分別對該六個自變數加上四分之一的乘幂」所得複迴歸方程最佳， R^2 可達 0.94。即表示這些鋪面破壞之組合型態最能有效地解釋鋪面糙度狀況，遂成為本研究所建立的最適鋪面破壞／糙度關係式(式 4-2)，模式如下。

$$MI_{20} = 0.69A_{10}^{.25} + 1.52B_{10}^{.25} + 0.12C_{10}^{.25} + 1.71D_{10}^{.25} + 2.63D_{20}^{.25} + 1.97D_{30}^{.25}$$

$$R^2 = 0.94 \quad \text{式 4-2}$$

其中各變數之意義為：

MI_{20} = 梅氏糙度指標，測速為 20KPH (m/km)

A_1 = 縱向裂縫之加權破壞範圍(%)

B_1 = 車轍之加權破壞範圍(%)

C_1 = 坑洞之加權破壞範圍(%)

D_1 = 修補面破壞之加權破壞範圍(%)

D_2 = 薄層剝離之加權破壞範圍(%)

D_3 = 人孔高差之加權破壞範圍(%)

第五章 結 論

5.1 速度校估模式發展方面

由於Jian Lu等人[1]與黃世英君[2]所發展之速度校估模式其樣本來源皆為鋪面品質較高之州際公路（美國）或國道高速公路（台灣地區），其中黃君之速度校估模式如下：

$$MI_{(v_t)} = [6.090 - 0.62803V_t + 1.5003 \times 10^{-2}V_t^2 - 1.0126 \times 10^{-4}V_t^3] +$$

$$[-1.7178 + 0.19783V_t - 4.8717 \times 10^{-3}V_t^2 + 3.5294 \times 10^{-5}V_t^3]MI_{80}$$

OR

$$MI_{80} = \frac{MI_{(v_t)} - [6.090 - 0.62803V_t + 1.5003 \times 10^{-2}V_t^2 - 1.0126 \times 10^{-4}V_t^3]}{[-1.7178 + 0.19783V_t - 4.8717 \times 10^{-3}V_t^2 + 3.5294 \times 10^{-5}V_t^3]}$$

,MI(vt):Vt測速下之梅氏糙度指標

Vt:任意測速

式2-3

本研究為了解其他不同等級鋪面糙度與行車速度之關係，以便掌握各種品質鋪面之糙度與行車速度之變化情形，因此嘗試建立市區鋪面糙度之速度校估模式如下：

$$MI_{(v_t)} = 351.14 - 205.02MI_{80} + 38.775MI_{80}^2 - 2.3775MI_{80}^3$$

$$+ (-25.311 + 15.038MI_{80} - 2.867MI_{80}^2 + 0.17729MI_{80}^3)V_t$$

$$+ (0.63701 - 0.3762MI_{80} + 7.1399 \times 10^{-2}MI_{80}^2 - 4.3978 \times 10^{-3}MI_{80}^3)V_t^2$$

$$+ (-4.6779 \times 10^{-3} + 2.7465 \times 10^{-3}MI_{80} - 5.1866 \times 10^{-4}MI_{80}^2 + 3.1819 \times 10^{-5}MI_{80}^3)V_t^3$$

式2-5

經本研究嘗試建立之結果發現，基於市區道路種種客觀之因素，藉市區鋪面糙度資料所發展之鋪面糙度之速度校估模式，其準確性不如國道發展者佳。故建議使用者採用國道鋪面所發展之速度校估模式較為適宜。

5.2 鋪面破壞與糙度指標關係之發展方面

本研究以梅氏糙度指標作為鋪面服務能力分析基準，依影響鋪面行駛舒適度之客觀因素（破壞及糙度）資料分析整理。主要應用複迴歸與相關分析，並引用國內訂定的破壞嚴重等級權重，以逐步迴歸方法選取最佳破壞群組合，且輔以先驗知識判斷，再調整破壞群組合型態，增加模式之解釋或預測能力。建立的國內鋪面破壞/糙度量化關係式如下：

$$MI_{20} = 0.69A_1^{0.25} + 1.52B_1^{0.25} + 0.12C_1^{0.25} + 1.71D_1^{0.25} + 2.63D_2^{0.25} + 1.97D_3^{0.25}$$

$R^2=0.94$ 式4-2

其中各變數之意義為：

MI_{20} = 梅氏糙度指標，測速為20KPH (m/km)

A_1 = 縱向裂縫之加權破壞範圍(%)

B_1 = 車轍之加權破壞範圍(%)

C_1 = 坑洞之加權破壞範圍(%)

D_1 = 修補面破壞之加權破壞範圍(%)

D_2 = 薄層剝離之加權破壞範圍(%)

D_3 = 人孔高差之加權破壞範圍(%)

參考文獻

- [1] Jian Lu , Carl Bertrand , and W.R. Hudson . Speed Effect Analysis and Canceling Model of Response - Type Road Roughness Measuring System , TRR 1260 , TRB , 1990
- [2] 黃世英 , 「鋪面破壞與糙度指標關係之建立」 , 碩士論文 , 國立台灣大學土木工程研究所 , 民國八十三年六月。

第三篇

柔性鋪面現況服務力 指標之研究

目錄

第一章 緒論.....	3-1
1.1 研究背景與緣起.....	3-1
1.2 研究目的.....	3-1
1.3 研究範圍與內容.....	3-2
1.4 研究方法.....	3-3
1.5 研究流程.....	3-4
第二章 文獻回顧.....	3-7
2.1 小組評分.....	3-7
2.2 鋪面糙度.....	3-17
2.3 現況服務力指標.....	3-20
第三章 資料蒐集與實驗設計.....	3-25
3.1 小組評分調查.....	3-25
3.1.1 小組成員組成.....	3-25
3.1.2 調查表格.....	3-25
3.1.3 調查儀器.....	3-26
3.2 實驗設計.....	3-26
第四章 調查結果分析.....	3-29
4.1 台北市區.....	3-29
4.1.1 小組評分.....	3-33

4.1.2 糙度調查.....	3-46
4.1.3 破壞調查.....	3-48
4.2 國道.....	3-51
4.2.1 小組評分.....	3-51
4.2.2 糙度調查.....	3-61
4.2.3 破壞調查.....	3-63
4.3 省道.....	3-65
4.3.1 小組評分.....	3-65
4.3.2 糙度調查.....	3-69
4.3.3 破壞調查.....	3-71
4.4 影響評分員評分之因素分析.....	3-73
4.4.1 座位前後.....	3-74
4.4.2 年齡.....	3-76
4.4.3 駕駛經驗.....	3-78
4.4.4 性別.....	3-80
 第五章 柔性鋪面現況服務力指標模式發展.....	 3-85
5.1 PSI模式發展.....	3-85
5.1.1 台北市區.....	3-85
5.1.2 國道.....	3-91
5.1.3 省道.....	3-94
5.2 PSI模式改善.....	3-98
5.2.1 台北市區.....	3-103
5.2.2 國道與省道.....	3-106

圖目錄

圖 1-1 研究流程.....	3-5
圖 1-2 小組評分流程.....	3-6
圖 2-1 系統化評分概念圖.....	3-13
圖 2-2 AASHTO/Weaver式評分刻度.....	3-15
圖 4-1 台北市區小汽車小組評分情形.....	3-35
圖 4-2 台北市區小組評分變異情形.....	3-36
圖 4-3 台北市巴士評分之變異情形.....	3-39
圖 4-4 台北市區小車與巴士評分比較圖.....	3-40
圖 4-5 公車抽樣評分分佈圖.....	3-44
圖 4-6 台北市區小組評分比較圖.....	3-44
圖 4-7 國道小組評分分佈情形.....	3-54
圖 4-8 國道小組評分及變異情形.....	3-55
圖 4-9 國道巴士小組評分分佈.....	3-57
圖 4-10 國道抽樣人員評分分佈.....	3-57
圖 4-11 國道小組評分與抽樣評分比較.....	3-58
圖 4-12 國道評分結果比較圖.....	3-59
圖 4-13 省道評分及變異情形.....	3-67
圖 4-14 省道平均評分及變化情形.....	3-68
圖 4-15 評分差異與路段平均評分之關係(以年齡分組).....	3-78
圖 4-16 男女評分差異與路段平均評分關係圖.....	3-81
圖 5-1 面層滑動與評分數值對照圖.....	3-90
圖 5-2 人孔高差與評分數值對照圖.....	3-90

圖 5-3 國道評分與梅氏指標之關係圖.....	3-94
圖 5-4 破壞項目分類發展法分析流程.....	3-100
圖 5-5 PSR與MI之曲線配適結果.....	3-102
圖 5-6 PSR與B1(車轍)之殘差分析.....	3-104
圖 5-7 PSR與B2(隆起與凹陷)之殘差分析.....	3-105
圖 5-8 PSR與D1(修補面破壞)之殘差分析.....	3-105
圖 5-9 PSR與ln(MI)(梅氏糙度指標)之殘差分析.....	3-106
圖 5-10 PSR與B1(車轍)之殘差分析.....	3-109
圖 5-11 PSR與B2(隆起與凹陷)之殘差分析.....	3-110
圖 5-12 PSR與D1(修補面破壞)之殘差分析.....	3-110
圖 5-13 PSR與D2(薄層剝離)之殘差分析.....	3-111
圖 5-14 PSR與ln(MI80)(梅氏糙度指標)之殘差分析.....	3-111
圖 5-15 台北市區小汽車小組評分接受度配適曲線.....	3-116
圖 5-16 台北市區鋪面終極服務力指標曲線分析圖.....	3-117
圖 5-17 國道鋪面終極服務力指標曲線配適分析.....	3-118
圖 5-18 國省道合併之鋪面終極服務力指標曲線配適分析.....	3-119
圖 5-19 國省道與台北地區預估糙度模式配適曲線比較圖.....	3-121
圖 5-20 用路人於國省道及與台北地區行車舒適度比較圖.....	3-122

表目錄

表 2.1 小組成員影響比較表.....	3-9
表 2.2 小組人數與信賴度比較表.....	3-10
表 2.3 相關文獻之小組人數與路段規模比較表.....	3-12
表 2.4 相關研究所使用之評分刻度比較表.....	3-17
表 2.5 相關研究結論比較.....	3-21
表 4.1 破壞調查表格.....	3-30
表 4.2 資料轉換表格.....	3-32
表 4.3 台北市小汽車小組評分結果.....	3-34
表 4.4 台北市公車小組評分結果.....	3-37
表 4.5 巴士抽樣評分資料.....	3-41
表 4.6 台北市區評分變異比較表.....	3-42
表 4.7(a) 台北市區評分檢定表.....	3-42
表 4.7(b) 台北市區評分變異數檢定表.....	3-43
表 4.8 台北市區糙度調查資料.....	3-47
表 4.9 破壞等級權重表.....	3-49
表 4.10 台北市區破壞調查資料(部份).....	3-50
表 4.11 國道小汽車小組評分結果.....	3-53
表 4.12 國道巴士評分結果.....	3-56
表 4.13 國道評分變異表.....	3-60
表 4.14(a) 國道評分平均值檢定表.....	3-60
表 4.14(b) 國道評分變異數檢定表.....	3-61
表 4.15 國道糙度資料.....	3-62

表 4.16 國道破壞調查資料(部份).....	3-64
表 4.17 省道小組評分結果.....	3-66
表 4.18 不同等級鋪面之小車評分變異檢定表.....	3-69
表 4.19 省道糙度調查資料.....	3-70
表 4.20 省道破壞調查資料(部份).....	3-72
表 4.21 座位因素影響之統計檢定結果.....	3-75
表 4.22 年齡因素之統計檢定結果.....	3-77
表 4.23 駕駛經驗影響之統計檢定分析.....	3-79
表 4.24 性別因素影響之統計檢定結果.....	3-80
表 4.25 男女評分差異與路段平均評分之檢定.....	3-82
表 4.26 評分影響因素統計分析結果.....	3-83
表 5.1 台北地區PSI模式變數資料(部份).....	3-86
表 5.2 台北地區PSI模式初步發展.....	3-87
表 5.3 破壞項目對照表.....	3-88
表 5.4 部份破壞變數與PSI之相關係數對照表.....	3-89
表 5.5 國道PSI模式發展變數資料(部份).....	3-92
表 5.6 國道PSI模式初步發展.....	3-93
表 5.7 省道PSI模式發展變數資料(部份).....	3-95
表 5.8 省道PSI模式初步發展.....	3-95
表 5.9 破壞項目D3與PSR之相關係數.....	3-96
表 5.10 國、省道PSI模式初步發展.....	3-96
表 5.11 相關係數對照表.....	3-97
表 5.12 PSI與MI之關係式.....	3-102
表 5.13 台北地區PSI模式（修正）.....	3-103

第一章 緒論

1.1 研究背景與緣起

一般用以衡量柔性鋪面績效的方式可大致分為主觀指標式與儀器判讀式兩種。柔性鋪面主觀指標之發展常將用路人之主觀感受以指標的方式納入模式中，以決定一般用路人對於鋪面績效之忍受度門檻值。而儀器判讀式的績效衡量法則多採用儀器所特有的指標以表示鋪面之服務能力，然若需要決定鋪面養護時機之指標門檻值時，原則上必需依照用路人之接受程度，以決定其相對的儀器指標數值。

目前台灣地區之公路鋪面設計較多採用AASHTO之設計方法進行，再輔以工程經驗對於設計內容及相關參數加以修正。AASHTO設計方法中有許多參數的決定是因地置宜的，然而目前相關研究鮮少有特別針對AASHTO設計法進行台灣地區適用性之研究。因此本研究遵循AASHTO設計公式中現況服務力指標（Present Serviceability Index, 簡稱PSI）之觀念，嘗試發展台灣地區適用之柔性鋪面現況服務力指標。

1.2 研究目的

本研究的主要目的有

1. 利用小組評分調查之結果進行統計分析，歸納出影響一般用路人乘車舒適度之主要因素，及用路人之鋪面服務力評分(Pavement Serviceability Rating, PSR)與鋪面糙度值(梅氏糙度指標，Mays Index)及破壞之關係。

2. 彙整調查所蒐集之資料，發展台灣地區適用之柔性鋪面現況服務力指標(PSI)公式，並進一步嘗試分析柔性鋪面之終極服務力指標(Terminal PSI, P_t)之門檻值。

3. 比較國、省道及市區道路之柔性鋪面服務特性，及確定影響柔性鋪面服務績效較顯著的變數。

4. 分析不同性別、年齡、及交通工具之道路使用者對鋪面服務能力判別之影響性。

經由此本土化之PSI公式，可發現其與AASHTO設計公式之差異。並可用以修正目前AASHTO柔性鋪面設計公式對於台灣地區適用性之疑慮，以提高柔性鋪面設計之可靠度。

1.3 研究範圍與內容

本研究受限於研究時間及研究經費，因此研究範圍定於新竹以北的國道、省道與台北市區。國道(中山高速公路)的路段由34k至82k挑選25段，每段600公尺。省道的研究路段位於台一省道46k至63k，

挑選24段，每段500公尺；及五股附近台一甲省道路段。台北市區則依鋪面狀況之好壞，挑選27段街廓，長度由900至400公尺不等。

本研究擬進行一般用路人之小組評分調查，並依不同的交通工具分別進行評分資料的蒐集工作。預計採用小汽車、市區巴士、國道巴士等三種車輛進行小組評分調查。此外利用梅氏糙度儀(Mays Ride Meter, MRM)進行施測鋪面之糙度調查。再蒐集相關鋪面的破壞資料，以分析台灣地區適用之柔性鋪面現況服務力指標模式。

1.4 研究方法

本研究首先針對國內外已完成之相關研究進行文獻回顧，以掌握目前相關研究所得之結論與面臨之問題，以作為後續研究進行時之參考。

此外針對本研究之目的擬定相關之調查及資料蒐集計劃，以利資料蒐集工作之進行。所需蒐集的資料有一般用路人之小組評分(Panel Rating)資料、實驗鋪面之糙度資料及相關鋪面之破壞調查資料。

彙整所得之各項資料，利用統計分析軟體SPSS(Statistical Package for Social Science, SPSS) for Windows V6.0進行PSI模式發展與建立，並輔以SAS統計軟體以確認分析之結果無誤。利用小組評分所得之資料，分析一般用路人對於柔性鋪面終極鋪面服務力指標(P_t)之接受度門檻值。並比較國內一般用路人對於柔性鋪面乘車舒適

度之忍受程度與國外相關研究所得之結論有何異同。再利用調查所得之資料，分析適用於台灣地區之PSI模式。

1.5 研究流程

本研究之研究流程圖如圖1-1所示。其中評分調查工作流程可由圖1-2說明。圖1-1與圖1-2列於次頁。

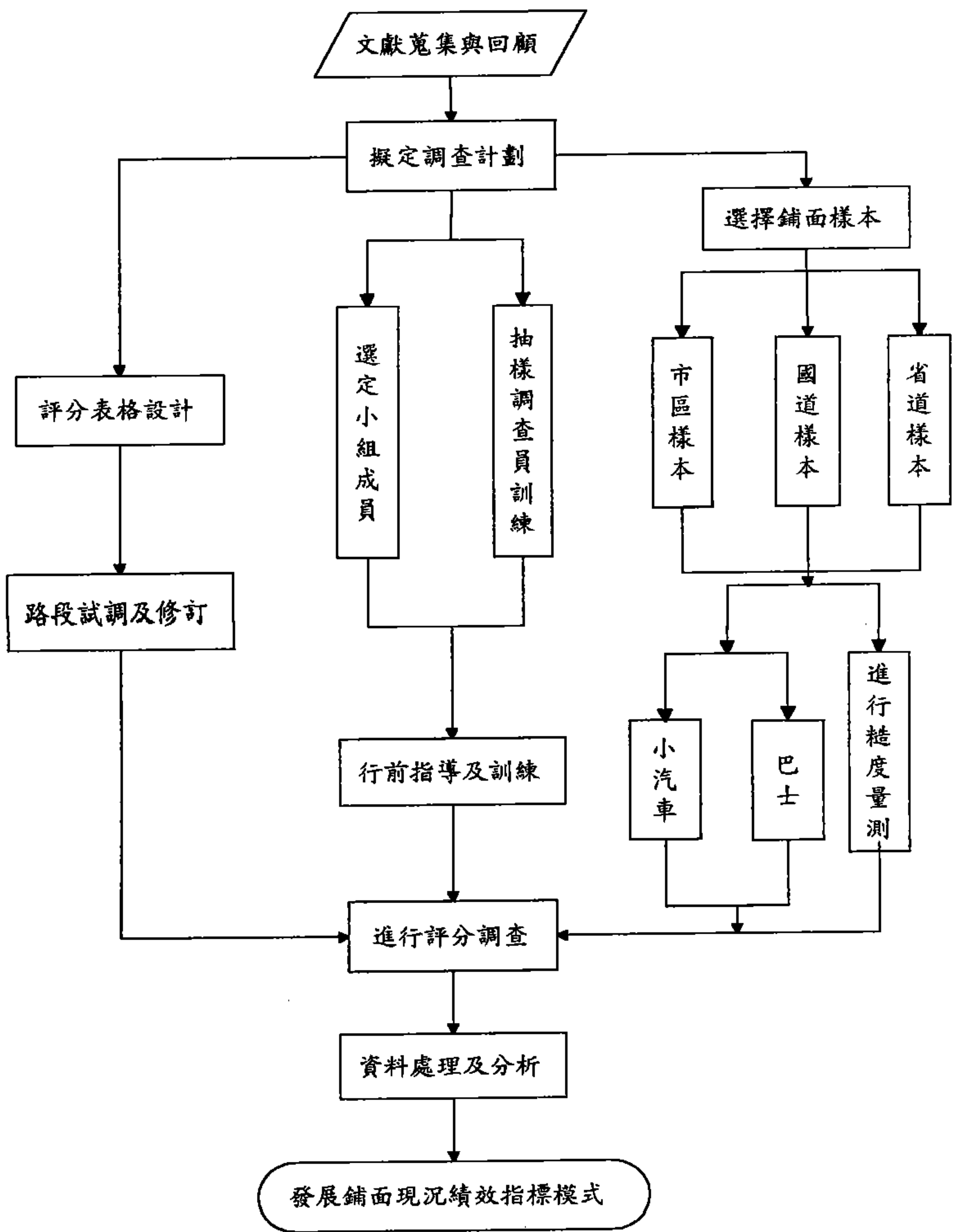


圖 1-1 研究流程

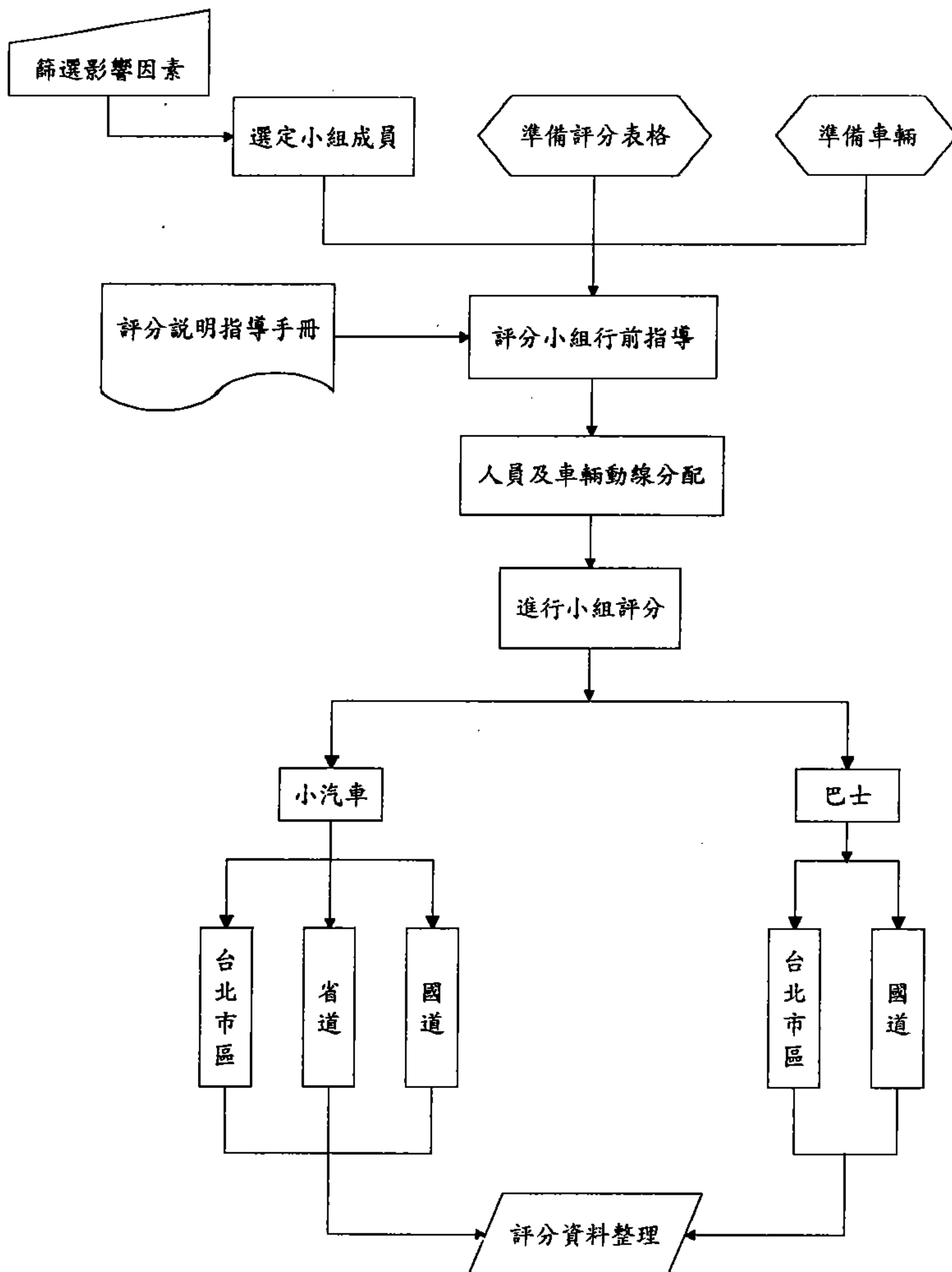


圖 1-2 小組評分流程

第二章 文獻回顧

2.1 小組評分(Panel Rating)

小組評分(Panel Rating)係指有一固定的小組成員，有計劃地從事鋪面行車舒適度評分工作，用以研究不同的鋪面破壞程度及糙度對於用路人所造成的影響。此種評分方式於1960年AASHO Road Test中首次完成建立其分析架構，並用於是次道路試驗之中，用以評估駕駛人及乘客對於不同品質鋪面的反應。其評分結果稱為現況服務力評分(Present Serviceability Rating)。此評分調查主要目的為藉著小組成員於實驗中的反應來研究一般大眾用路人對鋪面品質的感受，因此小組成員的挑選必須盡量符合隨機抽樣調查之精神。

在AASHO道路試驗之後，陸續有多位學者進行鋪面現況服務力指標(Present Serviceability Index)之研究。以下將分別就：(1)小組成員挑選、(2)路況規模與小組人數、(3)評分方式與調查儀器進行討論。

2.1.1 小組成員挑選

評分小組組成之影響因素主要有：(1)成員特性及(2)成員人數。在成員特性方面，影響小組成員組成的因素多由研究中分析所得知。在學者 Weaver[1]的研究中使用精神物理學原理(the Psychophysical Method)分析評分員的反應。他指出評分員的特性應注

意「非駕駛人及習於路面服務力工作的工程師不應被列入考慮。」Nick與Janoff[2]在研究報告中指出：在人因中以駕駛經歷影響最大，經歷少者畏於給予較高或較低的評分。

Garg, Horowitz, and Ross[3]則認為許多因素對於評分均有影響，例如：性別、駕駛經驗、年齡層、所行走的道路、風景及鋪面狀況。而Janoff[4]在研究中指出評分員之年齡及駕駛經驗為重要的因素，建議評分員的組成應要求男女各半並考慮駕駛經驗。此外，Janoff等人在NCHRP Report 275 [5]研究中的前置研究部份，分析小組成員的多寡以及影響評分的因素。評分人員係由廣告徵求及公路局的雇員所組成，每人均有駕照且年齡均佈、性別各半，並於評分人員中排除鋪面工程相關之人員。而此項前置研究顯示評分員有區域性的差異，可能與收入、職業及教育水準有間接關係，而其他因素則不甚重要。

Riverson等人[6]研究指出一般評分員比公路工程師評分為高，且稍後亦由Yoder等人所證實[6]。因此評分員是否為工程專業人員為一項選擇小組人員之重要因素。Nair and Hudson[7]的研究利用篩選試驗(Screening Experiment)先由4位工程師進行影響評分因素之研究。結果顯示：小組成員之選擇依據條件應包含(1)性別、(2)年齡層、(3)駕駛經驗、及(4)普遍代表性。而其他因素如：(1)乘坐車位前後、(2)是否駕駛、(3)是否為工程專業人員、及(4)評分歷時長短等均不會影響評分結果。

綜觀上述分析，可得知影響小組成員組成最重要的因素有：年齡、性別、駕駛經驗及是否為專業人員(鋪面工程相關工作)。因此本研究於後續之小組成員選擇時即以此為考慮要項。因此，小組成員選擇之影響因素可綜合如表2.1。

表 2.1 小組成員影響比較表

出處	[1]	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]
作者	Weaver	Nick等人	Grag	Janoff	Riverson	Nair等人
影響因素	1.駕駛人 2.工程師	1.駕駛經歷	1.性別 2.駕駛經歷 3.年齡	1.年齡 2.駕駛經歷	1.工程師	1.性別 2.駕駛經歷 3.年齡 4.代表性

資料來源：[1,2,3,4,6,7]

2.1.2 路段規模與小組人數

Sayers[8] 等人在1982年於巴西進行的國際道路糙度實驗(International Road Roughness Experiment, IRRE)研究中，發展出國際糙度指標(International Roughness Index, IRI)。試驗路程共49段，長度最短者為320公尺(0.2mile)，路段挑選必須涵蓋所有糙度等級。

Fwa and Gan[9]於新加坡進行小汽車與巴士的小組評分；小組人數為10人。此研究經由文獻整理出之小組人數分析表如表2.2所示。

表 2.2 小組人數與信賴度比較表

評分 信賴度	信賴水準-95%			信賴水準-90%		
評分	[9]		*	[9]		*
容許誤差	小車	巴士	以往研究	小車	巴士	以往研究
0.3	24	20	31	18	14	21
0.4	14	12	17	10	8	12
0.5	10	9	11	8	6	8
0.6	8	7	8	6	5	5
0.7	6	6	6	5	4	4
0.8	5	5	4	4	4	3

註：*Nakamura and Michael(1963)

資料來源：[9]

Fwa等人[9]之研究採用10人的小組，即可達到95%的信賴度及±5%的容許評分誤差。試驗路段數為28段，長度則因受限於公車站及街廓長度，因此多介於380-510公尺左右。路段數則是由文獻評析中得知 (from Janoff (1982), Karen et.al (1979), Nick and Janoff (1983), Terzos and Gulen (1983))。

Nick and Janoff[2]研究中每組之小組人數為18人，共3組，如此可使評分容許誤差小於0.4。總路段數為33段；路段要求為樣本範圍盡可能涵蓋所有的糙度等級；若研究時間允許則應先以梅氏儀(Mays Ride Meter,MRM)先確定選擇之路段糙度分佈是否適當。路段樣本與

樣本間之距離以愈近愈好，其長度最好為320-640公尺之間，且盡可能保持固定。而Janoff[4]亦在其研究中指出試驗路段應涵蓋廣泛的糙度等級。該研究路段共有52段包含柔性鋪面、剛性鋪面及複合鋪面，每段約800公尺。於美國俄亥俄州施行，評分小組共有36人。

Moore等人[10]於美國Kansas州的研究中使用的小組共有24人，且均為Kanas州公路局的雇員。在此研究中其曾對Nick and Janoff及Zaniewski and Hudson的文獻進行評析，並獲得以下結論：欲保持0.60的評分標準差、 ± 0.25 的容許誤差及95%的可靠度，至少需使用23人的評分小組。試驗路段共分成東區、西區及中區，每區36段共108段，以比較不同區域之評分差異。路段鋪面型態亦廣泛地包括柔性鋪面、剛性鋪面及複合鋪面，每段路段長度則為800公尺。

Riverson等人[6]的研究中採用2個評分小組，每組5人，以比較不同評分員背景及不同評分對象是否將影響評分員的評分結果。評分路段分落於5個地區，每區有8段，因此總路段述為40段，長度則未做詳細說明。另在Nair及Hudson[7]的研究中，小組人數為15人；而試驗路段則有100段，其中77段鋪面柔性、23段剛性鋪面，樣本盡可能涵蓋所有的服務等級。

由以上評分試驗之文獻評析中可看出：(1)小組評分人數約介於10人至50人不等，而路段樣本數則大約介於30段至280段之間。小組人數的多寡則視研究經費及要求的評分誤差而定；而路段數的多寡亦視經費及研究範圍而定。極為肯定的是愈多的評分員及愈多的路

段樣本將可得到愈穩定的結果。而小組人數及路段規模可整理如表 2.3。

表 2.3 相關文獻之小組人數與路段規模比較表

出處	[2]Nick等人	[9]Fwa等人	[3]Grag等人	[4]Janoff
年代	1983	1989	1988	1986
小組人數	54人	10人	50人	36人
路段數	33段	28段	32段	52段
路段長度	320-640m	380-510m	800m	800m

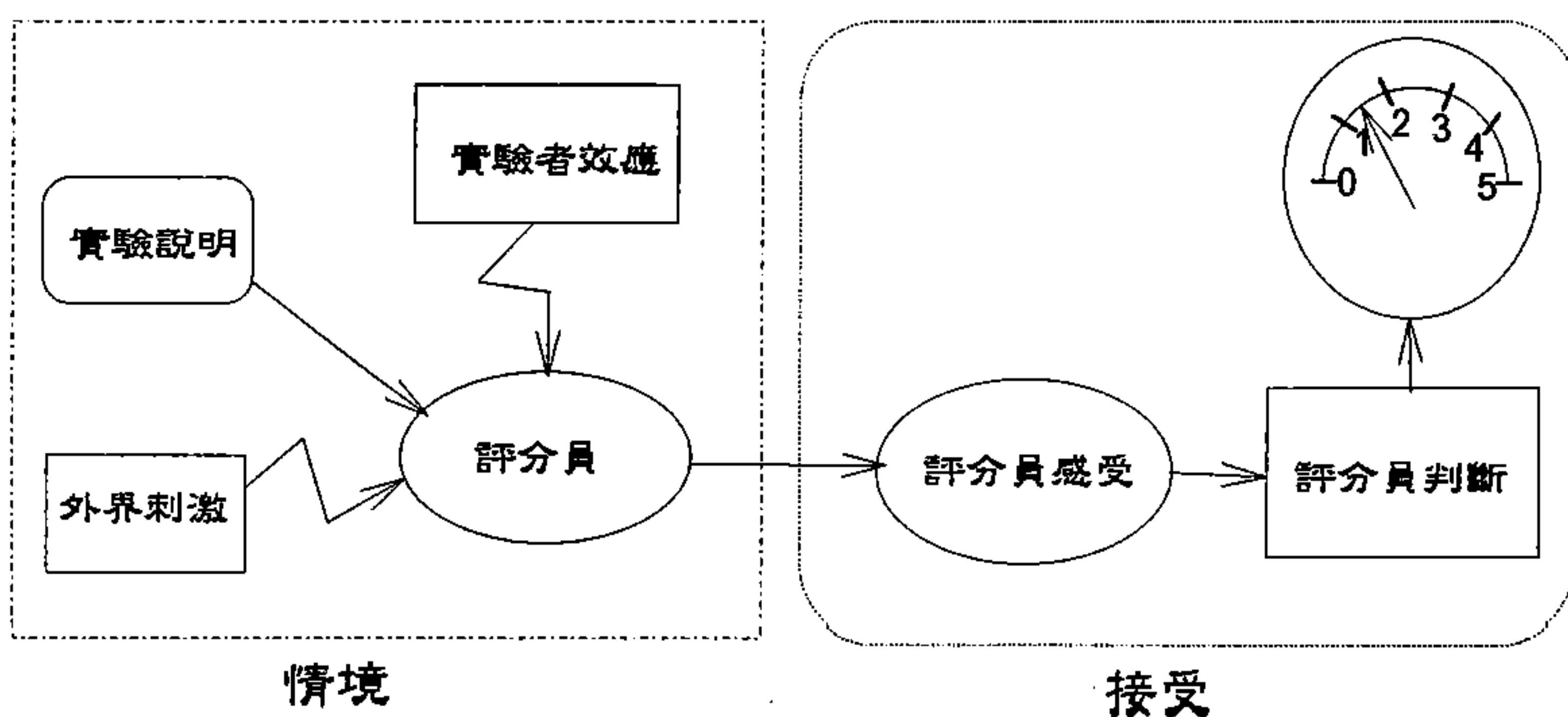
出處	[10]Moore等人	[6]Riverson等人	[7]Hudson等人	[11]Janoff
年代	1987	1987	1986	1988
小組人數	24人	2panel@5人 =10人	15人	5panel@36人 =180人
路段數	3loops@36段 =108段	5areas@8段 =40段	100段	282段
路段長度	800m			

資料來源：[2,3,4,6,7,9,10,11,本研究整理]

2.1.3 評分表格類型

小組評分員使用的評分方式眾多，而這些形式不同的評分表格均考慮相同之設計原則，即為減少評分表格對於評分員的誤導並輔助評分員進行小組評分。評分員在評分的過程中經常受到外物的影響(如：風景、車輛型式、鋪面外觀等)而無法真正表達評分員的乘坐舒適度感受。在1960年之AASHO ROAD TEST之後，有多位學者探討在AASHO式的評分方式下，對評分員所造成的影響。GARG等人[3]、Nick等人[2]、Weaver[1]及Hudson等人[7]在研究中均對於評分員評分效應進行深入探討。

Nair與Hudson[7]認為此種主觀之舒適度評分，可以下之系統化評分概念圖說明之：



資料來源：[7]

圖 2-1 系統化評分概念圖

進行評分可能導致的錯誤可綜合如下列諸項[1, 2, 3, 7]：

(1) 「寬大」誤差(The Error of Leniency)：評分員之評分範圍有太高及太低之傾向。此誤差可用統計轉換評分者之變異使之修正。

(2) 「光環效應」誤差(The Halo Effect)：評分員只專注於某種影響因子因而忽略的其他因素。此誤差可以正確且詳細的解釋及解說避免之。

(3) 「中央趨勢」誤差(The Error of Central Tendency)：評分員猶豫且畏於表達自己特別的意見，而向評分刻度中央傾向的一種情形。此誤差可利用對於評分員事前之判斷解說以避免之。

(4) 「評分等級定義」誤差(The Error of Anchoring)：評分員對於評分表刻度不明瞭而形成的評分誤差。此誤差利用正確的刻度定義及說明可有效解決此問題。

Weaver[1]利用精神物理方法解釋評分員評分之反應。他認為評分員之評分可能受到雜訊干擾，使得結果較真正實的反應為誇大。可以下式表之[1]：鋪面評分=(真實反應+雜訊)。而評分員評分時通常不知覺地採用「重覆性精神分析步驟」(Iterative Mental Steps)來決定路段評分。此種特性為：首先將刻度模糊地分成三大部分，其次才考慮刻度上的分格，而將注意力集中於刻度旁之說明文字，此方法利於協助評分員劃下其評分。

此外，在小組評分中另一個重要的影響因子為評分表之刻度型式。大多的研究使用 AASHO ROAD TEST 的評分表格(或稱為 AASHO/Weaver式表刻度)，如下圖2-2：

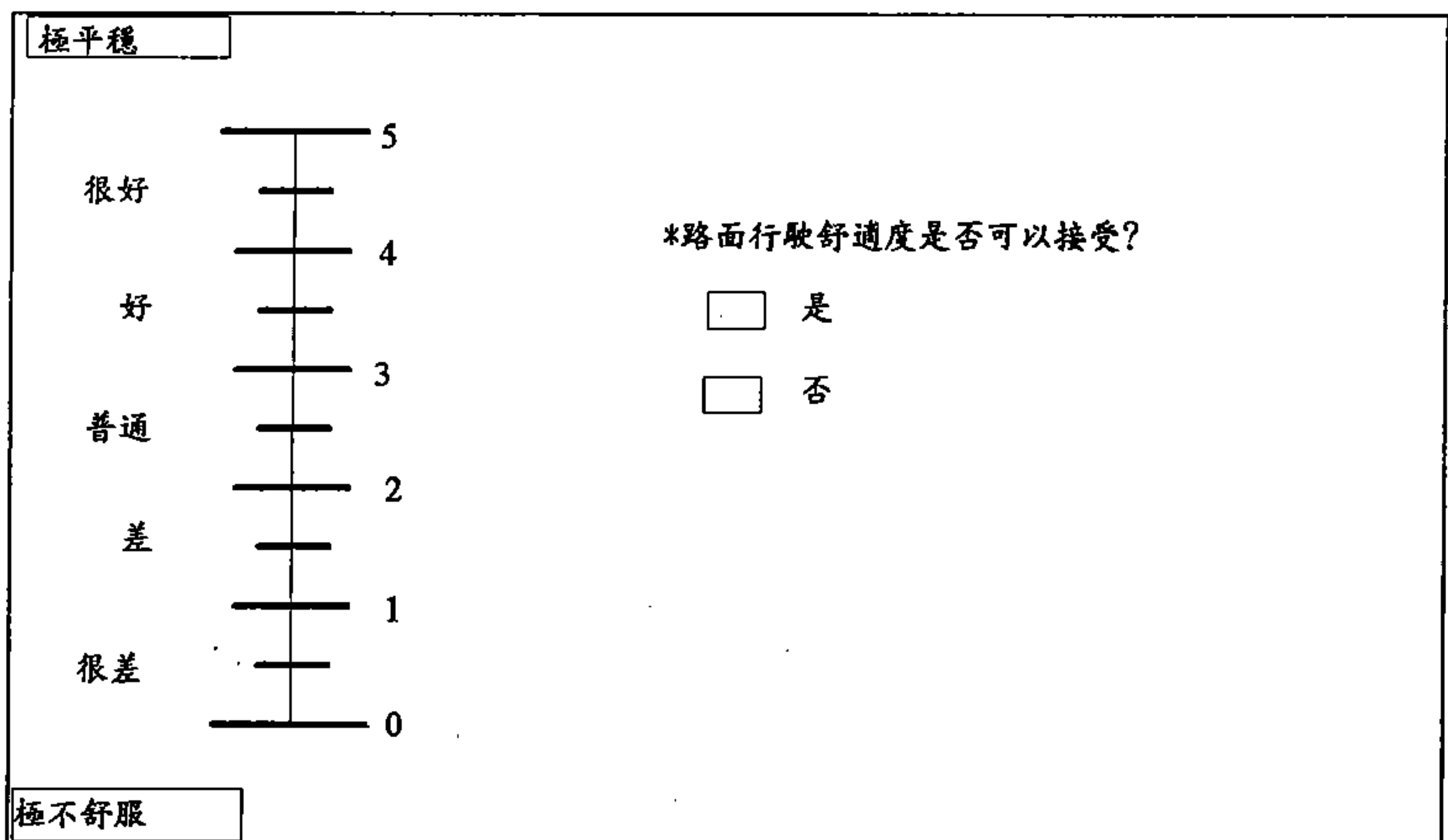


圖 2-2 AASHTO/Weaver式評分刻度

此為五分式刻度的評分表，表中另詢問對於乘客舒適度的接受性。在 Grag[3] 等人的研究中，採用兩不同的評分刻度：一為 AASHO/Weaver 式刻度；另一為「程度估計刻度」(Magnitude Estimation Scale)。此刻度利用一固定路段為參考點，定之為10。刻度最小值為0，而最大為無限大。另外，在滿意度的詢問採用「五點式林克刻度」(Five-Point Linkert Scale)，將原本AASHO/Weaver式的是否滿意刻度(Yes-No Scale)修正成為五分式的刻度。研究結論顯示

「程度估計刻度」使用良好；但因使用的過程較為複雜以及標準點的定義困難，因此這種評分方式仍較適用於室內的實驗室研究[3]。

另一方面，在Nick[2]等人的研究中，特別針對評分所使用的刻度進行前置研究。研究中分析三種刻度：(1)AASHO/Weaver式刻度，(2)Holbrook式刻度-此為先前所言之「程度估計刻度」之改良，刻度旁只有文字說明而無相對之數字，及(3)無分段式刻度(Non-Segmented Scale)一刻度上指定義兩種極端的情形，此外刻度旁無任何文字或符號說明。結論顯示：雖Holbrook式刻度所獲得的評分有較高地一致性，但三者相互比較且經統計檢定後發現並無足夠的證據顯示三者中何種的刻度較其他兩者為佳[2]，因此該研究仍採用傳統的AASHO/Weaver式的刻度進行小組評分。

Richards[12]在其研究中分析行車舒適度感受及評分方式時亦指出，「程度估計式」之評分法較適於實驗室使用，而現地評分仍以AASHO/Weaver之刻度式較佳。

而Moore[10]在美國Kansas州的研究中採用的是Kansas州公路局所使用的三段式刻度表，此表將舒適度分成三個等級：不舒服、可忍受及舒服。刻度旁並無其他數字的定位。研究中並輔以五分式的刻度作為評分的比較。結果顯示三分與五分式的刻度有高度相關性，顯示Kansas州公路局的三分式刻度也可提供正確的資料。而Nair[7]等人則採用AASHO/Weaver改良式刻度，即將刻度旁之文字分類留下，而除去刻度旁之數字標示。另外於詢問評分者是否可以接

受該路段之刻度中也加上「無法決定」一項，而成為三種選擇式的刻度接受度表。

綜觀以上相關研究，可知在評分刻度上仍以傳統式的AASHO/Weaver刻度較為廣大接受及使用。茲將上述文獻評析製表比較如下：（表2.4）

表 2.4 相關研究所使用之評分刻度比較表

出處	[3]	[2]	[12]	[10]	[7]
年代	1988	1983	1982	1987	1986
使用 刻度	1.AASHO 2.程度估計法 3.接受度五分 表	1.AASHO 2.Holbrook 3.不分段式	1.二分表格 2.程度估計 法	1.AASHO 2.三段式表 格	1.似 AASHO

資料來源：[2,3,7,10,12]

2.2 鋪面糙度(Pavement Roughness)

鋪面糙度係指道路表面粗糙程度，反應在行駛之車輛上即是車輛跳動的不穩定性。鋪面糙度的成因，在道路興建初期為施工品質所控制；而於通車使用後則受車輛反覆載重的碾壓以及環境人為等因素而逐漸惡化。W.R. Hudson[13]將鋪面糙度定義為：「路表面的波狀曲折，將額外的垂直加速度或力量傳至車輛或飛機駕駛人員，因而成為不安全、不經濟或不舒適的行駛因素。」此外，M.W.

Sayers[8]在IRRE的研究中，定義糙度為：「引起行駛車輛震動之鋪面表面高差變化」。

鋪面糙度可加以細分成三項要素[14]即：橫向變量(Transverse Variations)、縱向變量(Longitudinal Variations)及水平變量(Horizontal Variations)；其中縱向變量是影響行車舒適度最大的因素。在鋪面管理系統(PMS)中，對於鋪面績效量測方面，實有需要將糙度量測納入其調查子系統之中，以確定掌握鋪面之現況。

2.2.1 調查儀器

鋪面糙度調查儀器之演進一直以增加量測便利性、減少量測時間、降低調查成本、以及提高調查重現性為發展方向。目前所使用的調查儀依施測方式可分成三大類[15]：

- 1.人工操作式儀器：如the Rod and Level、the Face Dipstick、及TRRL Beam等。

- 2.動態剖面儀器(SDP)：如APL拖車、GM剖面儀、或K.J. Law剖面儀等。

- 3.反應式鋪面糙度儀(RTRRMS)：如Mays Ride Meter(梅氏糙度儀)、BPR糙度儀、及ARAN等。

各種不同形式的量測儀器都必須使用特別的指標來表示粗糙度值。而解決這種因不同指標定義不同所造成的問題，世界銀行於

1982年在巴西舉行的國際道路糙度試驗(IRRE)中，針對不同的儀器及不同的指標，建立起統一的國際糙度指標IRI[8]，實驗中共分析三種反應式糙度儀及4種剖面儀。IRI如下定義[8]：鋪面表面高差變化量與量測儀器水平行進距離之比值。

除此之外，Roger S. Walker[16]等人於研究中比較四種糙度量測儀器：SDP、CP、RP、以及Slometer。結論指出Slometer的指標可與現況服務力指標(PSI)成高度相關，而Slometer即為反應式糙度儀之一種。而Sukumar K. Nair[7]等人研究中則詳細比較動態剖面儀、梅氏儀及Slometer三種儀器。結果顯示：MRM較適於柔性鋪面上使用，且MRM優於Slometer；而三者中以動態剖面儀為較優。

本研究礙於研究經費的限制以及儀器取得之便利性，於糙度儀的選用上採用本所自有的梅氏儀。就實用性及便利性而言，MRM的不失為評譽頗佳之糙度量測儀器。在國外的研究中，美國喬治亞州公路局即採用MRM以控制道路工程的施工品質[17]，並依此建立鋪面糙度規範。另外亦有相當多州公路局亦採用MRM進行PMS中之糙度量測。由於MRM屬於反應式糙度儀，故其具有高度的資料量測重現性及高速進行的優點。本研究以此MRM進行鋪面糙度量測，應可獲相當正確與穩定之糙度指標。

2.2.2 糙度指標

不同型態的鋪面糙度量測儀器使用不同的糙度指標，如前所述，世界銀行於1982年舉行的國際道路糙度試驗(IRRE)[8]中分析7種糙度儀及相對的糙度指標，並發展出一套利用四分車模式為基礎的國際糙度指標(IRI)，結果顯示MRM所屬之RTRRM指標與IRI呈高度相關[8]，且其量測原理之與IRI所使用的四分車模擬模式(Quarter-Car Model)類似。依據IRRE的結果指示，IRI與梅式糙度指標(Mays Index, MI)在標準測速80kph時存在下列關係：

$$MI_{80}(m/km) = \frac{IRI_{80}(m/km)}{1.5}, \text{單位為m/km。} \quad \text{-(式2-1)}$$

因此可簡易地將研究所得的MI資料轉換成國際適用的IRI指標；經由IRI與其他儀器之指標轉換式，MI亦同樣具有與其他糙度指標間互相轉換的功能。

William D.O. Paterson[18]於其研究中詳細分析常用的7種糙度指標，發現QI(Quarter-Car Index) 類似MI與IRI有高度相關(0.96相關係數)，並發展出專供各種指標間轉換的表格[18]。利用此圖，可便易的將現有指標(MI)轉換成IRI。

2.3 現況服務力指標

現況服務力指標(the Present Serviceability Index, 簡稱PSI)首於1960年於AASHO道路試驗中建立[19]其後並廣泛的應用於鋪面設計及鋪面績效評估上。所謂鋪面現況服務力指標可定義為：用來顯示鋪面目前服務品質等級的一種指標[20]。基本定義其最高值為5，最

小值為0，PSI愈大顯示鋪面狀況愈佳。在AASHTO的PSI模式中，PSI公式如下：

$$PSI = 5.03 - 1.9 * \log(1 + SV) - 0.01 * \sqrt{C + P} - 1.38 * RD^2 \quad \text{-(式2-2)}$$

SV為路面縱坡度平均變異數，為衡量粗糙程度之一種指標；C為2級（裂縫連接成網格狀）或3級（裂縫所造成之瀝青表面已有鬆散情形）裂縫面積(ft²/1000ft²)；P為修補面積(ft²/1000ft²)及RD為平均車轍深度[38]。根據上述公式，鋪面之服務能力僅有5%是由鋪面破壞所造成[29]，可見糙度是影響駕駛不舒適的主要因素，也是一般用路大眾評定鋪面服務品質的主要依據。

然而相關文獻中，鮮少進行小組評分與破壞情形之研究。眾多文獻均針對PSI及不同的糙度指標進行研究，可整理如下表2.5：

表 2.5 相關研究結論比較

出處	[2]Nick等人	[9]Fwa等人	[3]Grag等人	[4]Janoff
儀器	Mays Meter	No.	1.Roadmeter 2.Profilometer	1.Mays 2.Profilometer
變數	MPR,MRM	PSR _{car} , PSR _{bus}	PSI,MPR _a ,RQI	MPR,PI,NR
模式	線性	線性	線性	線性,對數
標準差 STDV	約0.6~0.7	小車=0.7 巴士=0.62	NA	NA
相關係數	-0.9468	NA	0.5~0.7	-0.94

R ²	NA	0.88	NA	NA
出處	[10]Moore等人	[6]Riverson等	[7]Hudson等	[11]Janoff
使用儀器	Mays Meter	Roadmeter	1.Profilometer 2.Mays 3.Slometer	1.Profilometer 2.Mays
使用變數	PSI,MRM, PSR ₃ ,PSR ₅	PCR,SPEED, RN	MPR,MPR	MPR,MRM, PI,NR
模式型式	線性,對數	線性	線性	線性,對數,指數
標準差 STDV	中區(3分)=0.36 西區(5分)=0.63 東區(5分)=0.62 中區(5分)=0.50	NA	NA	NA
相關係數	0.68~0.85	NA	-0.91	NA
R ²	NA	0.533~0.822	NA	NA

資料來源：[2,3,,4,6,7,9,10,11,本研究整理]

Al-Omari and Darter[21] 利用 NCHRP Project 1-23 之 SHRP 資料庫，進行PSR與IRI之模式分析[21]。研究指出鋪面狀況服務力評分(PSR)與國際糙度指標(IRI)有如此關係：

$$PSR = 5 * e^{(-0.0026 * IRI)} \quad (\text{式2-3})$$

此外，並利用一已知路段剖面進行鋪面破壞對於IRI的影響及敏感度研究，得到綜合模式如式2-5。式中變數D為凹陷個數(每50公尺鋪面)、P為坑洞個數(每50公尺鋪面)、C為橫向裂縫個數(每50公尺鋪面)、及RD為平均車轍深度(mm)。然此模式中並未加入糙度變數，使得在模式的整體性上有所缺憾。

$$PSR = 4.95 - 0.685 * D - 0.334 * P - 0.051 * C - 0.211 * RD \text{ (式2-4)}$$

台灣省公路局在其對台灣地區所進行之道路分析研究報告[22]中亦嘗試修正台灣地區PSI模式之適用性。報告中言及美國之Minnesota及Utha兩州對於PSI模式之修正及進行之研究。此兩州研究所得之結果為：

$$PSI = 11.03 - 3.98 * \log \overline{RI} - 0.01 * \sqrt{C + P} - 1.38 * \overline{RD}^2 \text{ -Minnesota}$$

$$PSI = 4.18 - 0.007 * PI - 0.01 * \sqrt{C + P} - 1.34 * \overline{RD}^2 \text{ -----Utha}$$

由於前兩州之研究結果中大多只針對糙度指標一項進行大幅修正（原報告無法取得，無法得知為何只針對糙度進行修正），所以在公路局的研究中也只針對糙度變數一項進行修訂。研究中所採用的糙度量測儀器為加州平坦儀；然破壞調查工作只針對模式中的三項變數進行資料之蒐集。可惜的是所得之破壞資料中並未蒐集到車轍的資料，使得破壞變數與小組評分資料無法進行更進一步的分析。研究結論為，本土化之PSI指標可表示如下[22]：

$$PSI = 6.77 - 1.868 * \log(1 + PI_r) - 0.01 * \sqrt{C + P} - 1.38 * \overline{RD}^2 \text{ (式2-5)}$$

然此分析模式的假設前題必需是：美國AASHO所發展之PSI模式有可攜性，且對於不同地區影響顯著的破壞變數均為原先的三項（車轍、修補面破壞、及龜裂）。因此，此模式最終只是遷就不同地區所使用的糙度量測儀器之不同而已，在破壞及模式型式的研究方面並無法達成PSI模式本土化的目標。

就此研究[22]中針對PSI模式所進行之小組評分調查而言，由於小組人數只有8人且並非所有的評分員都評完所有的路段（只有四個評分員評完11個以上的路段，且有四個路段只有一位評分員進行評分）；評分員均是鋪面的專業人員（資深路面工程司），所以評分的可信度仍有所保留。（文獻顯示，專業人員的評分較一均人員為低[6, Yoder]，且許多的文獻亦指出鋪面專業人員不應為小組成員之主體[1,2,3,4,6,7]）。

因此若PSI模式發展時，除了糙度變數外，均沿用AASHTO模式之破壞變數及係數，則未來可能在資料的數值應用方面將遭遇數值大小不能契合的問題。因為所有迴歸模式的係數均是為了解釋所蒐集且參與分析的數值大小關係而產生的。因此沿用其他迴歸模式的係數將可能在未來造成應用上數值契合的問題。

因此本研究嘗試進行台灣地區PSI模式發展之研究。利用本所現有的梅氏糙度儀進行糙度資料收集工作，再利用目測檢視實驗路段之破壞情形並蒐集破壞資料，用以發展台灣地區適用之柔性鋪面現況服務力指標模式。

第三章 資料蒐集與實驗設計

3.1 小組評分調查

3.1.1 小組成員組成

小組評分調查進行之前，首先需審慎地評選調查人員。由文獻回顧中可得知，影響評分主要的評分員背景因素包括：年齡分佈、駕駛經驗、性別、及使用的交通工具（影響評分之背景因素如表2.1所整理）。因此評分員之挑選首先避開道路工程專業人員，再以年齡、性別及駕駛經驗為評選原則。小組成員以廣告方式招募，依照所需的背景條件再加以篩選。

基於評分人員招募不易及研究調查經費之考量，本研究選定之調查小組人數為20人；篩選後的小組成員有男性12人及女性11人。年齡分佈由18歲到50歲。經由相關文獻分析，可知評分人員20人即可達到95%的評分可靠度及 ± 0.3 的容許誤差[9]。評分調查之前對評分員進行評分指導說明，詳細告知評分時之考慮因素及評分表格之填寫方式。指導說明手冊詳附錄一。

3.1.2 調查表格

小組評分所使用之調查表格，經由相關文獻參考（參表2.4）以及與AASHTO柔性鋪面設計理論之相容性考量下，採用傳統之

AASHO/Weaver式評分刻度（五分式刻度，如圖2-2）。此外為顧及抽樣評分工作進行時必需記錄臨時評分員之背景資料，因此於評分表格上再加上基本資料欄。評分表格之型式如附錄二所示。

3.1.3 調查儀器

研究中進行實驗路段之鋪面粗糙度量測。受限於研究經費與儀器取得之便利性，因此粗糙度調查儀器採用本所自有之梅氏糙度儀。此鋪面糙度調查儀器屬於反應式糙度儀之一種。其量測之基本原理係利用儀器之避震系統及儀器內部之光學記錄器，記錄下儀器行走於量測鋪面時，避震系統之累積上下移動量。經由資料記錄器將記錄所得之移動資料以紙帶的方式輸出，再計算所得之記錄紙長度，如此即可得到欲量測鋪面之糙度值。

3.2 實驗設計

本研究之小組評分工作依評分資料蒐集區域之不同可分成台北地區、國道鋪面、及省道鋪面等三大部份。而小組評分資料蒐集之方式依使用之車型亦分成小汽車及大巴士兩種。除了小組評分資料之外，本研究亦蒐集實驗鋪面之糙度資料及破壞資料。為避免所選鋪面因蒐集資料時間之延隔而發生其他之破壞，本研究於小組評分工作結束之後一星期之內即進行糙度及破壞資料蒐集之工作。

台北市區的小組評分調查採用小汽車、公車及公車乘客隨機抽樣三種方式進行，評分的路段共有27段，長度由450公尺至900公尺不等；所選之路段涵蓋不同糙度等級之鋪面。小汽車使用1994年福特天王星(TELSTAR-50)2000CC同款式車輛五輛，以期減少車輛的變異性。公車則由研究單位向台北市公車處租用自強公車，使公車小組評分所用的車輛與一般公車用路人之現況相吻合。市區小組評分調查於民國八十三年十二月十一日舉行，公車評分及公車隨機抽樣調查則於十二月十八日實施。為能瞭解隨機取樣之公車使用者對道路服務等級之評分與小組固定人員之異同，本研究特別訓練了一組工作人員於公車站查牌臨時隨機取樣公車乘客進行問卷調查；調查之前由研究人員對工作小組成員進行評分調查訓練及解說。所有評分調查均使用本研究改良的評分表(詳附錄二)進行評分。評分之路段與小組評分相同。

國道評分調查亦分成小汽車及巴士；評分之小組成員亦分固定小組之20位評分員及臨時隨機抽樣人員共同參與高速公路之評分。使用的交通工具於小汽車部份仍為福特天王星；巴士則租用台灣汽車客運之中興號車型。不論小汽車或巴士之評分工作，評分人員均使用相同的評分表，調查時間分別為民國八十三年十二月十一日及十二月十八日兩天。臨時抽樣人員則為十二月十八日當天於台汽北站招募之往新竹乘客，共有16人，一同參與評分調查。其目的亦在研究臨時抽調人員與小組評分員評分行為之異同性。

省道的研究路段為台一線由五股至新莊及新竹至楊梅之部分路段，共有24段，每段500公尺，糙度則涵蓋不同等級。由於難以租賃大巴士進行調查，故省道僅使用福特天王星之相同小車進行評分。調查時間為民國八十三年十二月十一日，評分人員為固定20人小組成員。

除了舒適度評分調查之外，在相同的實驗路段上亦進行了破壞調查。破壞調查使用專用之破壞調查表格(表4.1)，表格中將鋪面破壞分成四大類十二項破壞。破壞調查之前先對調查員進行行前說明，指導其調查鋪面破壞時所應注意的事項及破壞調查表格填寫方式。破壞調查工作於民國八十三年十二月十八日至三十一日之間天氣晴朗日實施。糙度值調查則使用本所之梅氏糙度儀(Mays Ride Meter)進行資料蒐集之工作。由於市區及省道的破壞較嚴重，因此梅氏儀只適宜使用低速進行調查，故將速度訂於20公里/小時，而國道則適合80公里/小時的標準速度進行調查。

本研究小組成員經由仔細之背景資料篩選後，於進行小組評分時，本研究並不特意安排各評分員之特定座位。評分員於交通工具上之座位分佈均係自由選擇，唯一的要求是進行巴士小組評分時，評分員應均勻分佈於巴士上，不可過分集中於巴士之前半或後半部。

第四章 調查結果分析

4.1 台北市區

台北市區所進行之資料蒐集工作可分為：小組評分、糙度調查、以及破壞調查三大部份。小組評分又可分為小汽車小組評分、巴士小組評分、及巴士抽樣小組評分。其中小組評分方法與前3.1節所述相同，不再贅敘；然巴士抽樣小組評分則是由本研究所訓練之調查員，依照AASHO/Weaver表格進行實驗路段之巴士乘客抽樣評分工作。每一實驗路段大致抽樣10位公車乘客進行該路段之評分工作。因此並非所有的路段都是由相同之抽樣乘客進行評分。

糙度調查則是利用本所自有的梅氏糙度儀進行糙度資料之蒐集，所蒐集之糙度資料再經過公式之轉換之後得到調查路段之梅氏指標數值（Mays Index）。資料之轉換公式為：

$$MI_v(m/km) = \frac{\text{Recording Paper Length}(cm) * 6.4}{\text{Section Length}(m)} * 10, \text{ 所得之指標為速度}$$

$V(kph)$ 之下之梅氏指標值，如經由梅氏儀之速度校估模式計算，即可轉換成標準測速80kph之梅氏指標值MI80。

而破壞調查則是沿用黃世英君[14]所整理之本土化破壞調查方法：破壞項目共有四大類、12項主要破壞。破壞調查於小組評分之後一週舉行，以確保實驗鋪面沒有因為時間之間隔產生不同之破壞。破壞表格如下表：（表4.1）

表 4.1 破壞調查表格

鋪面破壞調查表格												
路段名稱=						路段樣本識別碼=						
*路段起訖=						()		路段長度=				公尺
路段幾何配置形式= (未分隔 / 中央分隔 (包括高架) / 快慢分隔 / 中央快慢分隔)												
**路段車道數=						路段寬度=3.5 公尺×路段車道數=						公尺
***調查車道位置=						調查車道特性= (快/慢)				天候狀況= (晴/陰/雨)		
調查日期=						調查人員=						
A：裂 縫												
縱 向 裂 縫 (A1)		長 度 (公尺)										
		嚴 重 性										
橫 向 裂 縫 (A2)		長 度 (公尺)										
		嚴 重 性										
龜 裂 (A3)		面積 (平方公尺)										
		嚴 重 性										
B：變 形												
車 轍 (B1)		測點深度 (公分)										
隆 起 與 凹 陷 (B2)		面積 (平方公尺)										
		深 度 (公分)										
		嚴 重 性										
面 層 滑 動 (B3)		面積 (平方公尺)										
車 道 與 邊緣高差 (B4)		面積 (平方公尺)										
		高 度 差 (公分)										
		嚴 重 性										
C：表面破壞												
坑 洞 (C1)		面積 (平方公尺)										
		深 度 (公分)										
		嚴 重 性										
鬆 散 與 剝 落 (C2)		面積 (平方公尺)										
		嚴 重 性										
冒 油 (C3)		面積 (平方公尺)										
D：其 他												
修 補 面 破 壞 (D1)		面積 (平方公尺)										
		嚴 重 性										
薄 層 剝 離 (D2)		面積 (平方公尺)										
		密 度 (個數)										
		嚴 重 性										

人 孔 高 差 (D3)	面積 (平方公尺)										
	深 度 (公分)										
	嚴 重 性										

- 【註】* 起訖代表車流方向。若此路段為單行道，則需再於 () 中標示調查車道之地圖方位，以「東南西北」表之。
- ** 車道數係考慮該路段某車流方向之車道總數。若此路段為單行道，則考慮該路段橫斷面之全部車道數
- ***車道位置採用阿拉伯數字 (1,2,3...) 來表示，以最靠近路側之車道為「1」，鄰近車道為「2」，依此類推。

表 4.2 資料轉換表格

鋪面破壞資料處理表格	
路段識別碼＝	調查車道面積＝路段長度×平均車道寬（3.5m）＝ m^2

A：裂 縫									
破 壞 項 目	(A1) 縱向裂縫			(A2) 橫向裂縫			(A3) 龜 裂		
嚴 重 等 級	L	M	H	L	M	H	L	M	H
長 度 和 (m)							—	—	—
* 面積和 (m^2)									
**破壞範圍 (%)									

* 縱向、橫向裂縫之面積和＝長度和×0.3（0.3＝裂縫寬度）

**破壞範圍 (%)＝（面積和÷車道面積）×100

B：變 形									
破 壞 項 目	(B2) 隆起與凹陷			(B3) 面層滑動			(B4) 車道邊緣高差		
嚴 重 等 級	L	M	H	(不 分 等 級)			L	M	H
面積和 (m ²)									
* 破壞範圍 (%)									
破 壞 項 目	(B1) 車 轍			權數視有效測點而定：					
測點深度 ≥0.5 cm	(1) 有效測點數								
	(2) 有效測點深度和								
嚴重等級 (L/M/H) = 平均車轍深度 = (2) ÷ (1) = cm = (L/M/H)									
破壞範圍 (%) = **有效測點涵蓋範圍 × 權數 = 25.71 × 權數 =									
(1)	位 置		權 數						
3	二端及中間		2.0						
2	一端及中間		1.5						
	二 端		1.0						
1	中 間		1.0						
	一 端		0.5						

* 破壞範圍 (%)＝（面積和÷車道面積）×100

**有效測點涵蓋範圍 (%)＝（有效測點涵蓋面積÷車道面積）×100＝25.71

C：表 面 破 壞									
破 壞 項 目	(C1) 坑 洞			(C2) 鬆散與剝落			(C3) 冒 油		
嚴 重 等 級	L	M	H	L	M	H	(不 分 等 級)		
面積和 (m^2)									
* 破壞範圍 (%)									

* 破壞範圍 (%)＝（面積和÷車道面積）×100

D：其 他									
破 壞 項 目	(D1) 修補面破壞			(D2) 薄層剝離			(D3) 人孔高差		

嚴重等級	L	M	H	L	M	H	L	M	H
面積和 (m ²)									
* 破壞範圍 (%)									

* 破壞範圍 (%) = (面積和 ÷ 車道面積) × 100

4.1.1 小組評分

台北市區之評分路段共有27段，固定之小組評分員有20位，評分所使用之小汽車為1994年福特天王星2000cc同型車五輛。公車評分所使用之車輛為台北市公車處之自強公車，以符合實際公車乘客搭乘之情形。此外，公車小組評分之同日，由本研究之調查員進行實驗路段公車乘客之抽樣評分調查。抽樣方法係由調查員於評分路段之公車站牌處隨機的尋找欲搭乘公車的民眾，經由調查員的解說之後隨之上車，而於公車上填寫評分表格。然由於各路公車已有固定路線，並無法完全行經所選之27個路段，因此被抽樣之評分員僅能就該路線公車所經之實驗路段進行評分工作，而無法連續完成所有的27個路段評分。

(1) 小汽車小組評分(Passenger Car Panel Rating)

完成的路段評分資料經整理後如下列表所示。表4.3為台北市小組評分小汽車部份的評分資料。

表 4.3 台北市小汽車小組評分結果

台北市區小汽車小組評分結果			
路段代碼	平均評分	樣本標準差	樣本變異數
1	2.54	0.92	0.85
2	2.74	0.98	0.96
3	3.28	1.09	1.19
4	2.56	0.91	0.83
5	2.32	1.00	1.01
6	2.07	1.02	1.03
7	2.49	0.90	0.81
8	3.12	1.02	1.03
9	2.37	1.02	1.05
10	2.92	1.01	1.02
11	2.25	1.09	1.18
12	2.11	1.05	1.11
13	2.36	1.08	1.17
14	1.53	0.89	0.80
15	3.54	0.63	0.39
16	3.51	0.89	0.79
17	3.90	0.79	0.62
18	3.76	0.77	0.59
19	3.58	0.74	0.55
20	3.66	0.78	0.61
21	3.46	0.71	0.50
22	3.89	0.69	0.48
23	3.99	0.76	0.58
24	3.09	0.88	0.78
25	3.31	0.89	0.79
26	2.51	1.01	1.03
27	2.15	1.01	1.01
		0.91	0.84

資料來源：本研究整理

小汽車的小組評分於各路段之平均數值約介於1.5至4.0之間，評分愈高代表評分員普遍認為此路段行車舒適度尚佳。而樣本標準差介於0.63至1.09之間，其平均值為0.91。將資料繪圖可表示如圖4-1：

台北市區小汽車平均評分及變異情形

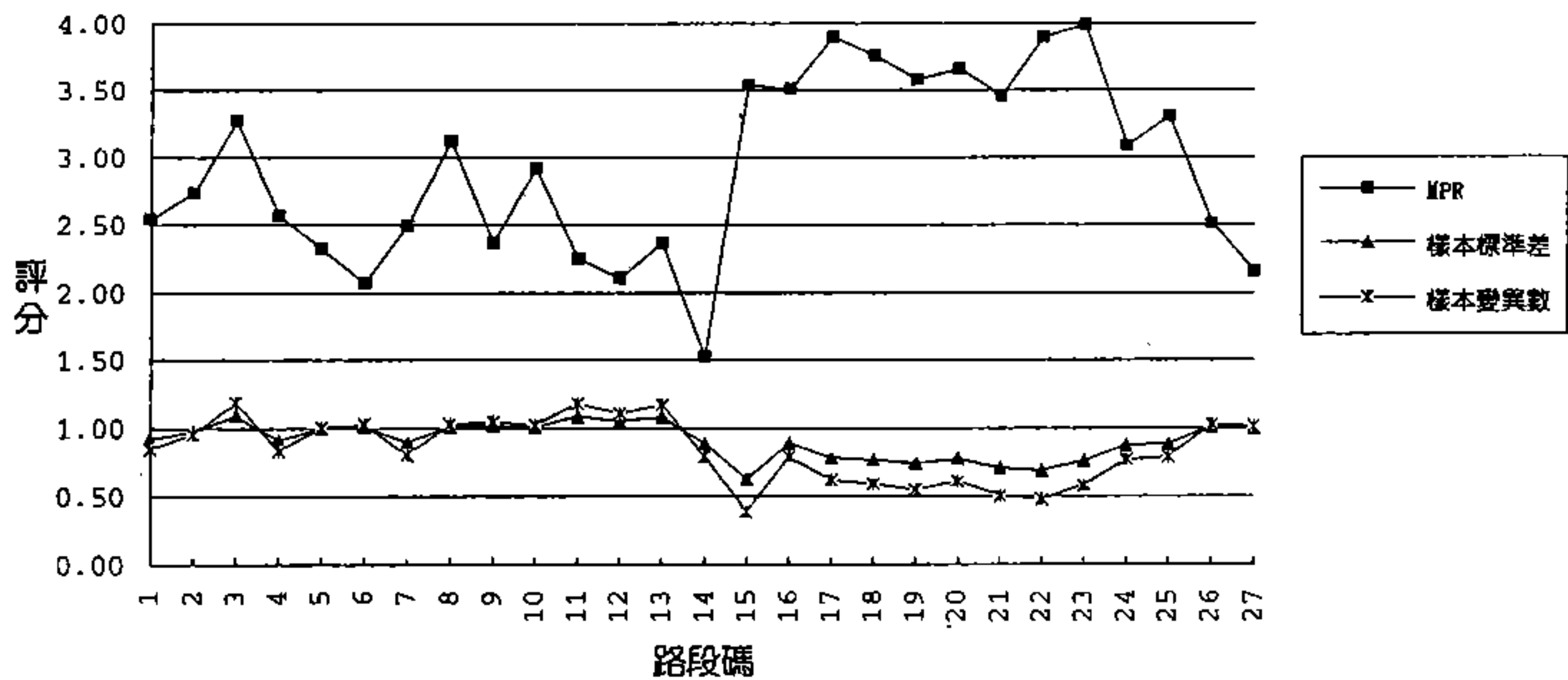


圖 4-1 台北市區小汽車小組評分情形

由圖4-1中之平均評分曲線可看出路段1至14屬於鋪面狀況較差的路段，而其相對之變異數及標準差也較大。由此可知：在鋪面狀況較差的路段上，評分員在乘車舒適度的認定上有較大的差異存在。而路段15至25為鋪面狀況較佳的路段，由圖中可看出此時評分員之間評分的差異明顯的減小。此項研究發現與文獻評析中Robert J. Weaver之著作[1]有相似結果。該文曾表示：通常在舒適度較差之路段，評分者的評分變異也較大。此乃因部份評分員對行車舒適度較差之路段於評分上有所保留，故與其他人員之評分差異較大。此外，另一種可能原因為部份用路人對市區道路的行車品質有所不滿，尤其是鋪面狀況較差的路段，因而造成評分之二極化反應。

另將所有的評分資料繪圖，則可看出各別評分員的評分傾向。如圖4-2：

台北市區小組評分資料

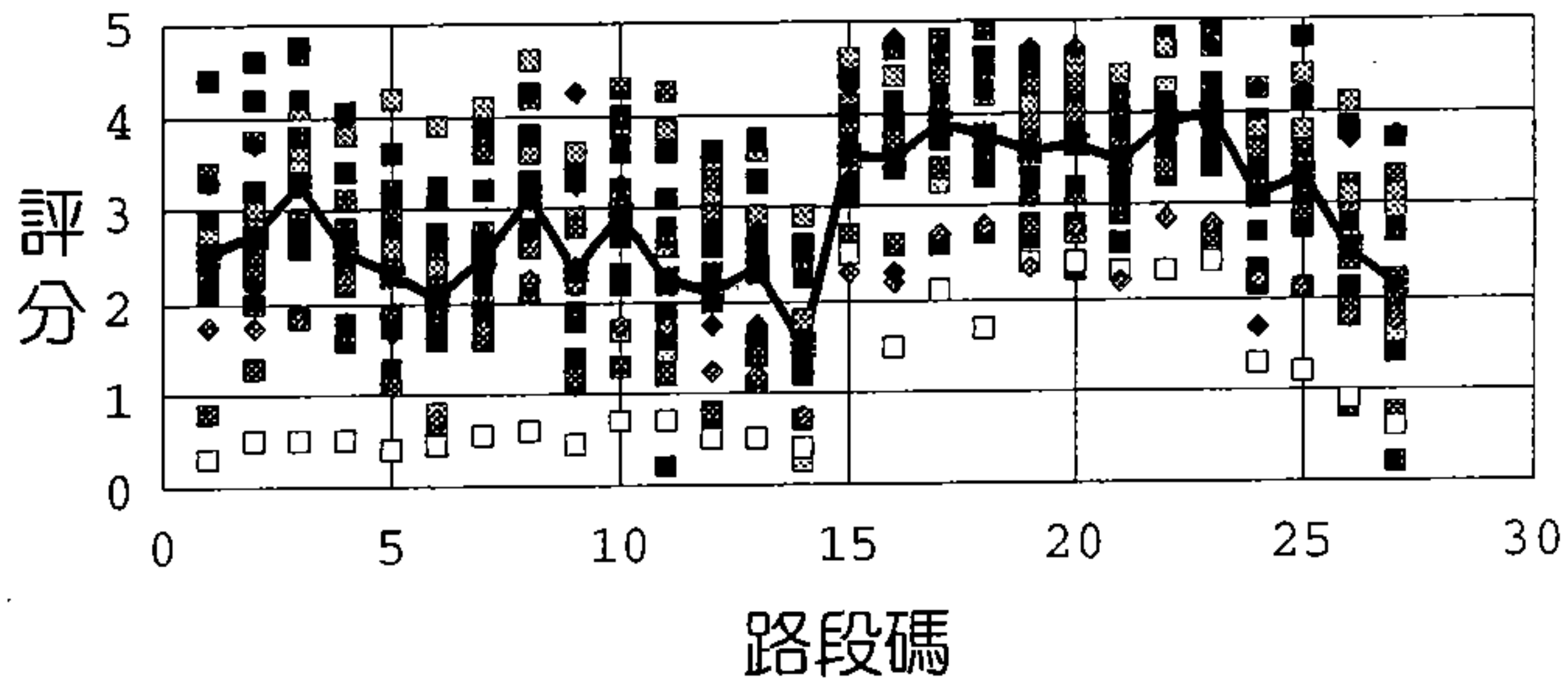


圖 4-2 台北市區小組評分變異情形

由上圖可看出不同的評分員對於相同鋪面狀況的路段，在評分上有很大的差異，評分可由0.5變化至4.8左右（圖中粗線為路段評分之平均值，Mean Panel Rating, MPR）。然因此為評分員的個別感受之反應，並無所謂對與錯，而評分差異形成的原因可能為：小組評分員對於評分之刻度定位並不一致(Anchoring Ambiguity)而造成評分的差異產生[1,2,3,10]。此種變異主要隨著評分者之主觀判斷及接受度之不同而異[7]。但針對任一位評分員而言，其評分高低仍大致隨鋪面舒適度而起伏變化，有一定規則可循。

(2)巴士小組評分(Bus Panel Rating)

進行巴士小組評分之小組成員與小汽車評分時之小組成員相同，所使用之車輛為台北市公車處之自強公車。評分所得資料經由整理之後可列表如下：

表 4.4 台北市公車小組評分結果

台北市公車小組評分結果			
路段代碼	MPR	樣本標準差	樣本變異數
1	2.00	0.80	0.65
2	2.40	0.66	0.44
3	2.73	0.65	0.42
4	2.35	0.66	0.43
5	1.89	0.71	0.50
6	2.06	0.73	0.53
7	2.33	0.70	0.49
8	2.91	0.53	0.28
9	1.90	0.63	0.40
10	2.18	0.80	0.63
11	2.14	0.67	0.45
12	1.25	0.79	0.63
13	1.93	0.67	0.45
14	0.94	0.71	0.50
15	3.20	0.69	0.48
16	3.13	0.48	0.23
17	3.45	0.51	0.26
18	3.28	0.57	0.32
19	3.09	0.76	0.58
20	3.16	0.66	0.43
21	3.00	0.62	0.38
22	3.28	0.53	0.28
23	3.55	0.53	0.28
24	2.42	0.71	0.51
25	2.64	0.63	0.39
26	1.67	0.82	0.67
27	1.56	0.77	0.59
		0.66	0.45

資料來源：本研究整理

評分結果發現評分標準差為0.66，變異數為0.45。這個結果與市區小汽車小組評分之結果相比，在標準差及變異數方面均較小汽車評分為小，而每路段之平均評分亦較同路段之小汽車評分值為低。這個現象表示小組成員整體上認為公車之乘坐舒適度明顯地較小汽車為差，因此表現出偏低之評分，且整體的認知上較為一致（變異數較小）。由文獻評析中可發現相關研究[9]也得到相似的結論：在新加坡的公車小組評分中也發現公車小組評分較小汽車為低[9]。

造成這個現象的原因主要是公車的避震系統與小汽車不同。大體上公車的避震系統較為堅硬，且座椅較為堅硬，使得車輛行經破壞明顯的鋪面時造成較大的震動，而引起乘坐之不舒適感。另一方面，國內公車的車體多為國內車廠自行打造（匈牙利公車除外），使得公車行走時車體發出的震動及噪音亦影響乘客的舒適度感受。但理論上此類外在因素不應影響到評分員之評分工作，因為評分之高低應以鋪面破壞所引起的車輛跳動之不舒適性為主。其餘的因素均是評分過程的干擾[1]，不應影響評分員的給分。本研究在評分員的行前說明中亦明確定義影響評分的因素[附錄]，並要求評分員將注意力集中在鋪面好壞所造成的舒適度感受差異。因此，可儘量的避免這個評分誤差。

巴士小組評分資料匯整之後可整理如下圖4-3所示：

台北市公車小組評分資料

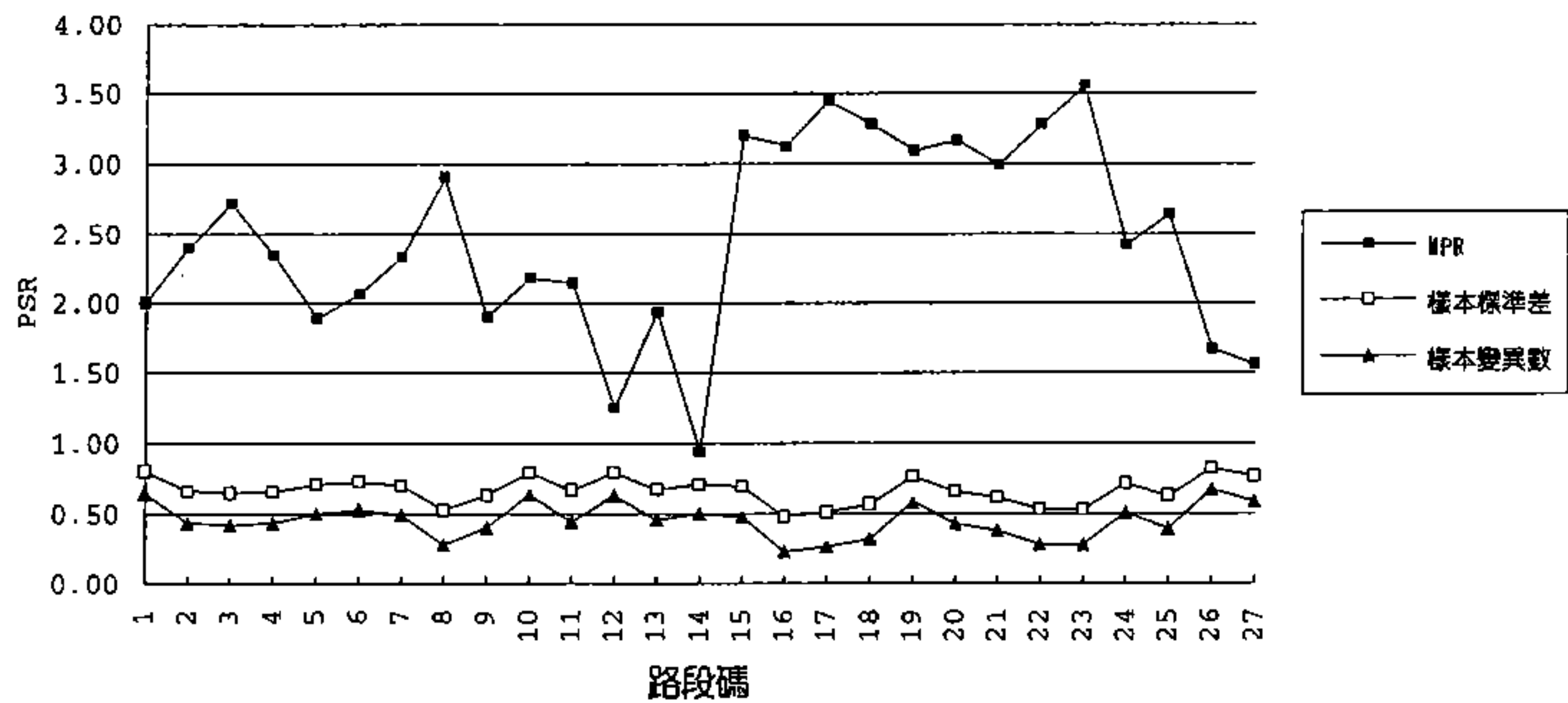


圖 4-3 台北市巴士評分之變異情形

由圖4-3可看出在巴士小組評分上，最高平均給分約為3.5左右；與小汽車評分的平均最高分（約4.1）相比，有較低的傾向。若整體上評分與小汽車相比較，可由下圖4-4明顯的看出巴士評分確實較為偏低。這可反應出巴士乘客對乘車的舒適度較為不滿。平均而言，同一路段之公車評分平均值較小汽車之評分平均值低0.46。

台北市區評分比較-小車與大巴士

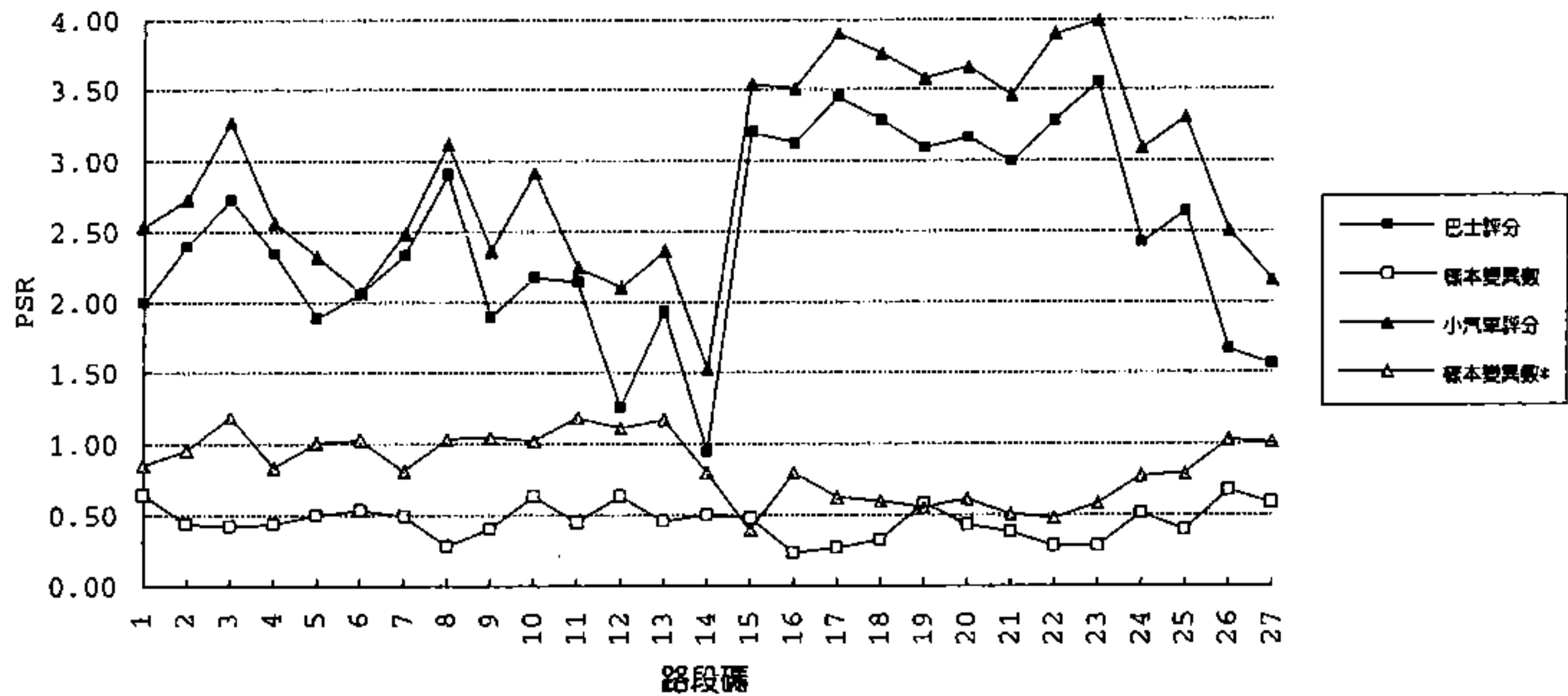


圖 4-4 台北市區小車與巴士評分比較圖

(3) 巴士抽樣評分(Random Bus Passengers Rating)

在小組評分的同時，利用本所的評分調查員進行市區公車乘客之抽樣評分調查。調查方法是由受過評分訓練的調查員至選定的實驗路段上隨機抽樣欲搭乘公車的民眾進行評分內容的解說，並待公車到站後即隨之上車。由調查員於車上告知抽樣乘客路段之起迄，而由該乘客於公車上填寫評分表以及背景資料。基於公車班次路線均已固定，因此每個抽樣評分員所評的路段數最多為4至5個路段。全程27段分由76位臨時抽樣評分員進行評分。抽樣評分資料整理如下表：

表 4.5 巴士抽樣評分資料

路段代碼	平均評分	標準差	變異數
1	2.76	0.69	0.47
2	2.92	0.73	0.54
3	3.25	0.69	0.48
4	3.30	0.77	0.59
5	3.31	0.67	0.45
6	3.51	0.82	0.67
7	2.94	0.80	0.64
8	3.24	0.67	0.45
9	2.92	0.74	0.54
10	3.03	0.62	0.39
11	2.80	0.64	0.41
12	2.08	0.71	0.50
13	2.30	0.52	0.28
14	1.84	0.79	0.63
15	2.93	0.47	0.22
16	2.76	0.89	0.80
17	3.00	0.75	0.56
18	2.95	0.85	0.73
19	2.82	0.53	0.29
20	2.53	0.89	0.79
21	2.46	0.75	0.56
22			
23			
24	3.46	0.87	0.75
25	3.57	0.69	0.48
26	2.83	1.02	1.04
27	2.87	1.08	1.17
		0.75	0.58

資料來源：本研究整理

調查所得的評分資料中，路段編號22及23之路段由於行經該路段之公車甚少，因此可得之抽樣乘客資料十分有限，故將之刪除。由表4.5可看出被抽樣的評分乘客在評分變異方面有0.75的平均標準差及0.58的平均變異數。此結果與小汽車及公車小組評分相比較可發

現變異情形較公車評分為大而較小汽車評分為小。變異比較表如表 4.6所示。

表 4.6 台北市區評分變異比較表

Car	市區	
標準差	0.91	
變異數	0.84	
Bus	市區	抽樣
標準差	0.66	0.75
變異數	0.45	0.58

台北市評分比較可分成：評分平均數及變異數兩部份進行比較，如下表4.7。平均數比較方面：市區巴士抽樣及小汽車評分差異不顯著，因其評分平均值較為接近；其餘差異皆顯著。評分變異方面，抽樣變異及小汽車變異差異小，其餘差異皆顯著。這顯示抽樣人員在評分上與小組評分有相同的變異傾向，而小組人員在不同交通運具上的評分有所差異。

表 4.7(a) 台北市區評分檢定表

市區	小車評分	巴士評分	抽樣評分
小車評分	-	-10.78	-2.7*10 ⁻⁶ *
巴士評分	-10.78	-	3.71
抽樣評分	-2.7*10 ⁻⁶ *	3.71	-

PS:雙尾臨界值為2.06；*表差異不顯著。

表 4.7(b) 台北市區評分變異數檢定表

市區	小車變異	巴士變異	抽樣變異
小車變異	-	-8.8	-1.98*
巴士變異	-8.8	-	3.06
抽樣變異	-1.98*	3.06	-

PS:雙尾臨界值為2.06；*表差異不顯著。

資料來源：本研究整理

若將每個評分員的評分情形繪出，即可看出公車抽樣評分員的評分趨勢。如圖4-5所示，圖中之粗線為評分平均值。由曲線可看出評分員之評分不論鋪面情況之好壞均在一定的範圍之內，而給分的數值卻比小汽車小組評分為低。若與其他不同方式的評分比較，即可發現公車抽樣評分與其他方式之評分結果有不同的變化趨勢，其評分在路段編號1至14號時為三者中較高的（這此路段是較差的鋪面）；而於路段編號15至21號卻是三者中最低的（較佳的鋪面）；路段編號24之後又變回較高的評分。如圖4-6所示。

公車抽樣評分之分析

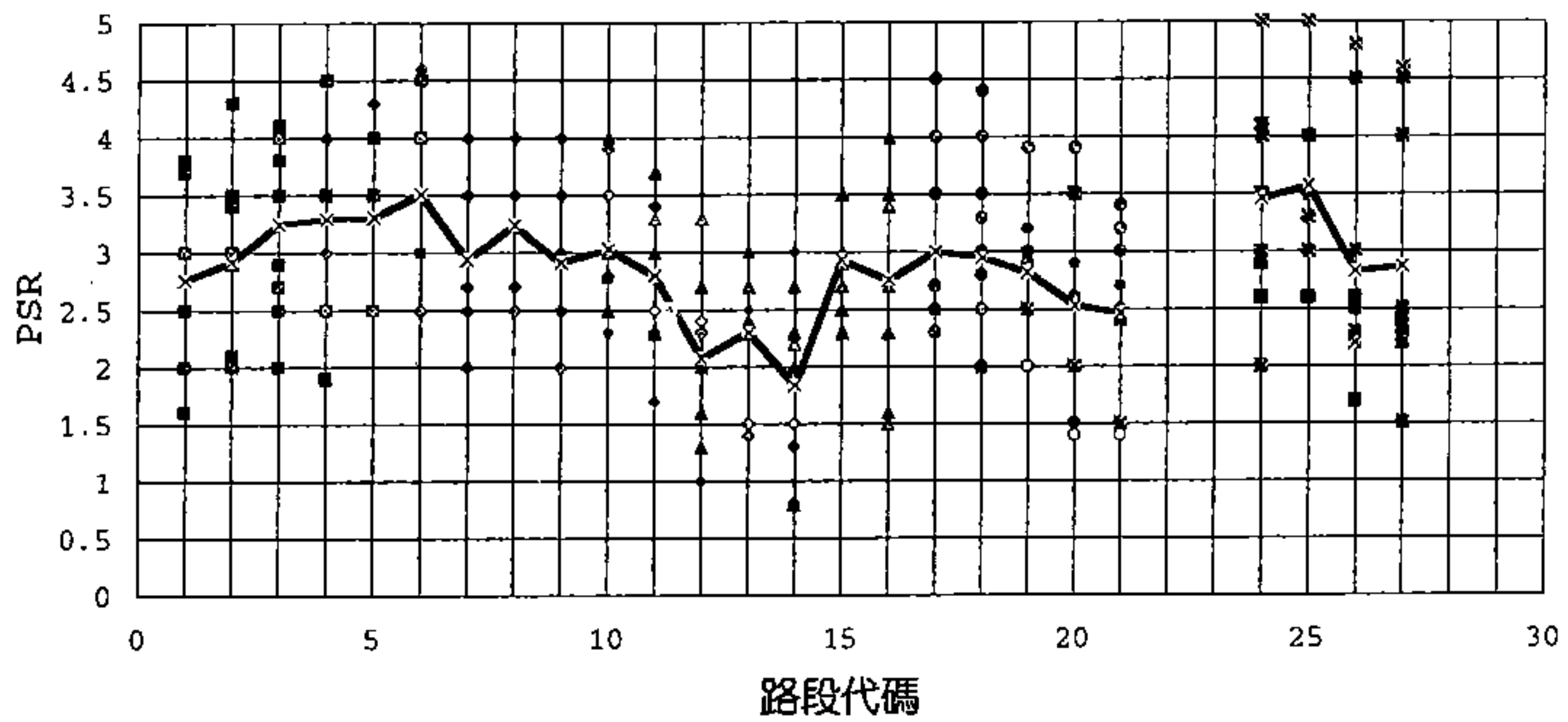


圖 4-5 公車抽樣評分分佈圖

市區小車, 公車及公車抽樣平均值

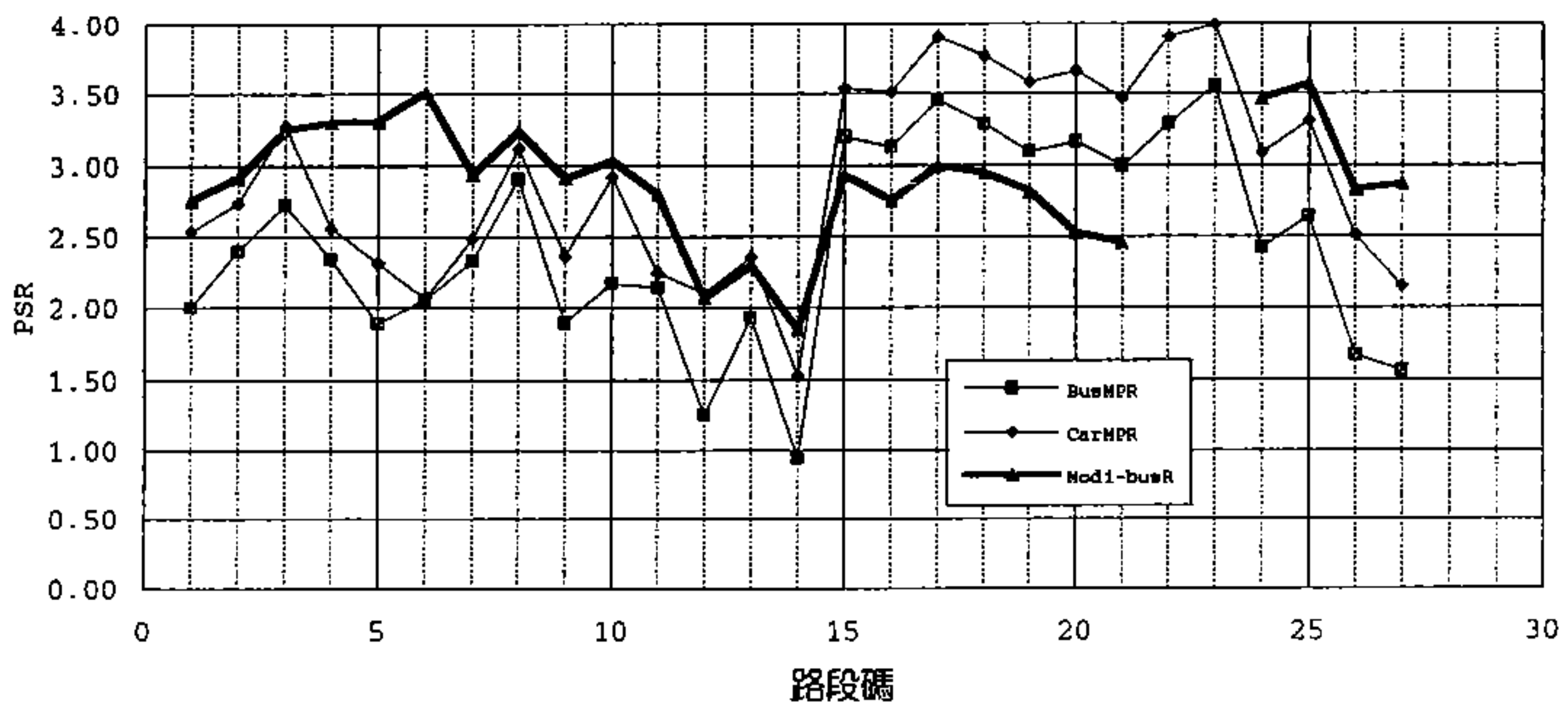


圖 4-6 台北市區小組評分比較圖

造成此種現象的原因可能是不同的評分員、不同的公車型式、及評分員對於調查表格的瞭解程度不一。首先由於公車彎繞的影響，使得單一抽樣評分員最多只能評4至5個實驗路段，因此不同評分路段之間的變異影響因素較不一致。此外，不同的公車路線所使用的公車型式也不完全相同，使得車輛變異的因子較無法統一。自強公車的車體噪音為影響因子之一；且匈牙利公車的避震系統也與其他公車有所差異。

其次抽樣評分員對於評分表格的認知可能也有所不同。由於調查員只能利用乘客上車前的時間對於評分員進行評分指導；因此有時評分講解過於急迫，導致評分員對於評分表格刻度的了解不深。因此評分員之評分有中央趨勢(Central Tendency)，這可由評分之變異小(每一路段之樣本數約為5~10人)，及與抽樣人員之訪談中可得知。而部份評分員因為沒有足夠的時間體會評分之刻度，而畏於給較高或較低的評分(Extreme Rating)。此外，抽樣評分員之心態也可能與固定小組成員有所差異，造成評分時之預期心理。基本而言，以上所述三種可能原因仍以前兩項因素為主，因本研究調查員均於事前解說時十分強調評分表之說明。

由市區公車乘客抽樣評分之結果可得知：抽樣人員之評分由於無法避免評分時所可能遭遇的四種誤差（如2.1節所述），因此若欲以此法進行鋪面評分工作時將可能遭遇：評分結果之中央趨勢、評分員對評分表格認知不一、評分員之背景因素較無法有效控制、及評分員所搭乘之車輛無法統一車型。因此抽樣評分方式並無法達成

本研究預期評定道路服務力等級之目的，故於後續分析中將不再採用。

4.1.2 糙度調查

本研究於八十三年十二月十八至二十五日間進行市區鋪面糙度之儀器調查，所使用之儀器為本所自有的梅氏糙度儀。由於市區鋪面破壞較為嚴重加上市區道路的速限，無法以標準測速進行(80kph)進行資料蒐集工作，因此以較低速20kph進行糙度資料的蒐集。為減少調查時對交通之干擾，調查工作於凌晨一時至六時之間進行。所得到的資料經處理後如表4.8所示。

表 4.8 台北市區糙度調查資料

市區梅氏儀調查(速度20KPH)					
路段代碼	路段長度	紙長度	MI20	MPR	MI80
1	360	59.7	10.61	2.54	20.81
2	310	54.1	11.17	2.74	21.78
3	880	70.2	5.11	3.28	11.19
4	470	71.9	9.79	2.56	19.37
5	260	45	11.08	2.32	21.62
6	530	78.1	9.43	2.07	18.75
7	530	65.8	7.95	2.49	16.15
8	260	34	8.37	3.12	16.89
9	470	49.6	6.75	2.37	14.07
10	420	58	8.84	2.92	17.71
11	550	66.1	7.69	2.25	15.71
12	480	58.3	7.77	2.11	15.85
13	220	53.9	15.68	2.36	29.66
14	330	71.4	13.85	1.53	26.46
15	270	19.1	4.53	3.54	10.18
16	590	44.4	4.82	3.51	10.68
17	940	80.3	5.47	3.90	11.82
18	500	36.6	4.68	3.76	10.46
19	490	37.4	4.88	3.58	10.80
20	840	67	5.10	3.66	11.19
21	590	59.3	6.43	3.46	13.51
22	770	54.1	4.50	3.89	10.13
23	515	26.5	3.29	3.99	8.02
24	500	53	6.78	3.09	14.12
25	880	98	7.13	3.31	14.72
26	310	66.3	13.69	2.51	26.18
27	360	85.4	15.18	2.15	28.79

資料來源：本研究整理

在表4.8中，記錄紙長度係指梅氏儀所產製的記錄紙長度，單位為公分。利用轉換公式：

$$MI_v(m/km) = \frac{\text{Recording Paper Length}(cm) * 6.4}{\text{Section Length}(m)} * 10 \text{ 可得到 20kph 之}$$

下的梅氏指標MI20。再經由梅氏儀速度校估模式可得到80kph下的梅氏指標MI80[14]。所用的梅氏儀速度校估模式為：

$$MI_{80}(m/km) = \frac{MI_{20} + 1.30048}{0.572472} \quad \text{-(式3-1)}$$

如此即可得到標準測速(80kph)之下的相對梅氏值。

4.1.3 破壞調查

台北市區的破壞調查由本所訓練的鋪面調查員進行。所採用的破壞調查表格（表4.1）為黃君[14]所整理適用於國內的破壞調查表格。在調查之前，先對鋪面調查員進行破壞調查訓練，以加強其對於鋪面破壞的判斷能力及表格的填寫方法。

破壞調查工作完成之後，利用資料轉換表格（表4.2）將目視之破壞資料加以量化並依其破壞的嚴重程度，加以分級（L, M, H三級），再由破壞等級權重表（表4.9）中之權重加權之而得到所需的破壞資料[14]。破壞等級權重表如下：

表 4.9 破壞等級權重表

破壞形態	代號	說明	輕級(L)	中級(M)	重級(H)
A	A1	縱向裂縫	0.24	0.58	1.00
	A2	橫向裂縫	0.32	0.66	1.00
	A3	龜裂	0.34	0.63	1.00
B	B1	車轍	0.35	0.65	1.00
	B2	隆起與凹陷	0.35	0.63	1.00
	B3	面層滑動	1.00	1.00	1.00
C	C1	坑洞	0.48	0.72	1.00
	C2	剝落	0.42	0.70	1.00
	C3	冒油	1.00	1.00	1.00
D	D1	修補面破壞	0.42	0.67	1.00
	D2	薄層剝離	0.36	0.65	1.00
	D3	人孔高差	0.44	0.70	1.00

資料來源：[14]

整理所得之破壞資料如表4.10所示。表中的資料單位均為面積百分比(%), 即相對路段上此一破壞項目所佔全道路面積的百分比。若為0%, 表示該路段無此破壞發生。

表 4.10 台北市區破壞調查資料(部份)

破壞調查資料(破壞項目合併後)						
路段代碼	A1	A2	A3	B1	B2	B3
1	17.3342	0.098	0.3936	51.4	0	1.43
2	0.4126	0	1.4553	51.4	0.112	0.28
3	0.4872	0.0528	1.4986	51.4	0.092	0
4	0.0928	0	0.9576	51.4	0	0
5	0.0406	0.3112	1.1355	51.4	0	0
6	0.029	0.0132	0.9828	51.4	0	0
7	0.0174	0.1188	0.3776	51.4	0.048	0
8	0	0	0.2079	51.4	0	0
9	0.029	0.0264	0.2328	51.4	0	0
10	0.3014	0.9526	0.194	51.4	0.028	0
11	0	0	0.6768	0	0	0
12	0	0	0.096	51.4	0.18	0
13	0	0	6.911	51.4	0.1742	0
14	0.3306	0	2.887	51.4	0.7784	0
15	0	0.5088	2.1713	51.4	0	0
16	0	0.0512	0.7718	51.4	0.07	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0.1781	0
19	0	0	0	0	0.004	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0.00168	0.0032	0.034	0	0.00134	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	3.2232	0.1916	0.2771	0	0	0
25	0.0336	0.0854	0.1483	51.4	0.16	0
26	0.0588	0.0396	0.1134	0	0	0
27	0.012	0	0.136	0	0	0

資料來源：本研究整理

4.2 國道

國道（中山高速公路）所進行的資料蒐集工作有：小組評分、糙度調查、及破壞調查等三大部份。小組評分可分為小汽車小組評分、巴士小組評分、及巴士抽樣評分。其中小汽車小組評分及巴士小組評分使用相同之研究評分小組20人；而巴士抽樣評分則是由本所研究員於民國八十三年十二月十八日於台北台汽北站招募當時欲往新竹之乘客為本研究之抽樣評分員，與小組評分員一同搭乘台汽客運之中興號巴士，進行評分的工作。

糙度調查則是利用梅氏糙度儀進行糙度資料之蒐集。所蒐集之糙度資料再經過公式之轉換之後得到調查路段之梅氏指標數值。由於國道鋪面之破壞較為輕微，因此梅氏糙度儀可以標準測速80kph進行糙度資料之蒐集。故利用上式計算出之指標即為標準測速80kph之梅氏指標值MI80。

在破壞調查方面，則採用與市區破壞調查相同之方法與表格進行。破壞調查緊接於小組評分之後一週舉行。

4.2.1 小組評分

國道之評分路段共有25段，由三重之國道34k至新竹之國道82k之部份路段，每段長600公尺。小組評分員有20位，於民國八十三年十二月十一日實施小汽車小組評分。評分所使用之小汽車為1994年

福特天王星2.0同型車五輛，以降低車輛不同時所引起之變異性。而巴士小組評分所使用之車輛為台汽客運中興號。此車與行駛台北新竹間的客運車同型，以符合實際之情形；巴士小組評分的同時，於台汽北站招募往新竹之乘客為巴士之抽樣評分員。抽樣評分員中男女各半，且儘可能涵蓋各年齡層，以使背景因素之影響減少。所有的評分員均搭乘相同的巴士進行評分，並於車上對抽樣評分員進行評分程序的解說。

(1)小汽車小組評分(Passenger Car Panel Rating)

國道之小汽車評分調查資料經整理之後如下列表所示。表4.11為國道小組評分小汽車部份的評分資料。

表 4.11 國道小汽車小組評分結果

國道小汽車小組評分資料			
路段代碼	平均評分	樣本標準差	樣本變異數
1	3.90	0.66	0.44
2	3.90	0.79	0.62
3	4.01	0.58	0.34
4	3.92	0.57	0.32
5	3.81	0.81	0.65
6	3.79	0.71	0.51
7	4.02	0.63	0.40
8	3.94	0.65	0.43
9	3.41	1.02	1.04
10	3.99	0.70	0.48
11	3.96	0.67	0.45
12	4.14	0.57	0.32
13	4.02	0.62	0.39
14	4.03	0.73	0.53
15	3.88	0.79	0.63
16	3.54	1.07	1.15
17	3.61	0.96	0.91
18	3.92	0.78	0.61
19	3.87	0.74	0.55
20	3.84	1.14	1.29
21	3.98	0.79	0.62
22	4.17	0.55	0.31
23	4.12	0.61	0.37
24	4.07	0.63	0.40
25	3.99	0.72	0.52
		0.74	0.57

資料來源：〔本研究整理〕

由表4.11顯示出：國道評分平均值約為3.5至4.2之間。這顯示小組評分員普遍認為國道鋪面的舒適度較佳，因此平均給分均在3.5分以上，最高個別評分為4.9。而評分的變異數平均為0.57，標準差為0.74，均較市區評分為低，這表示評分員之間的感受度較為一致。

在下圖4-7中亦可看出：評分員普遍認為國道鋪面的舒適度佳，因此圖中平均值的粗線除路段9以外均位於3.5分以上。但於部份路段，亦有評分員給予個人較低之評分。

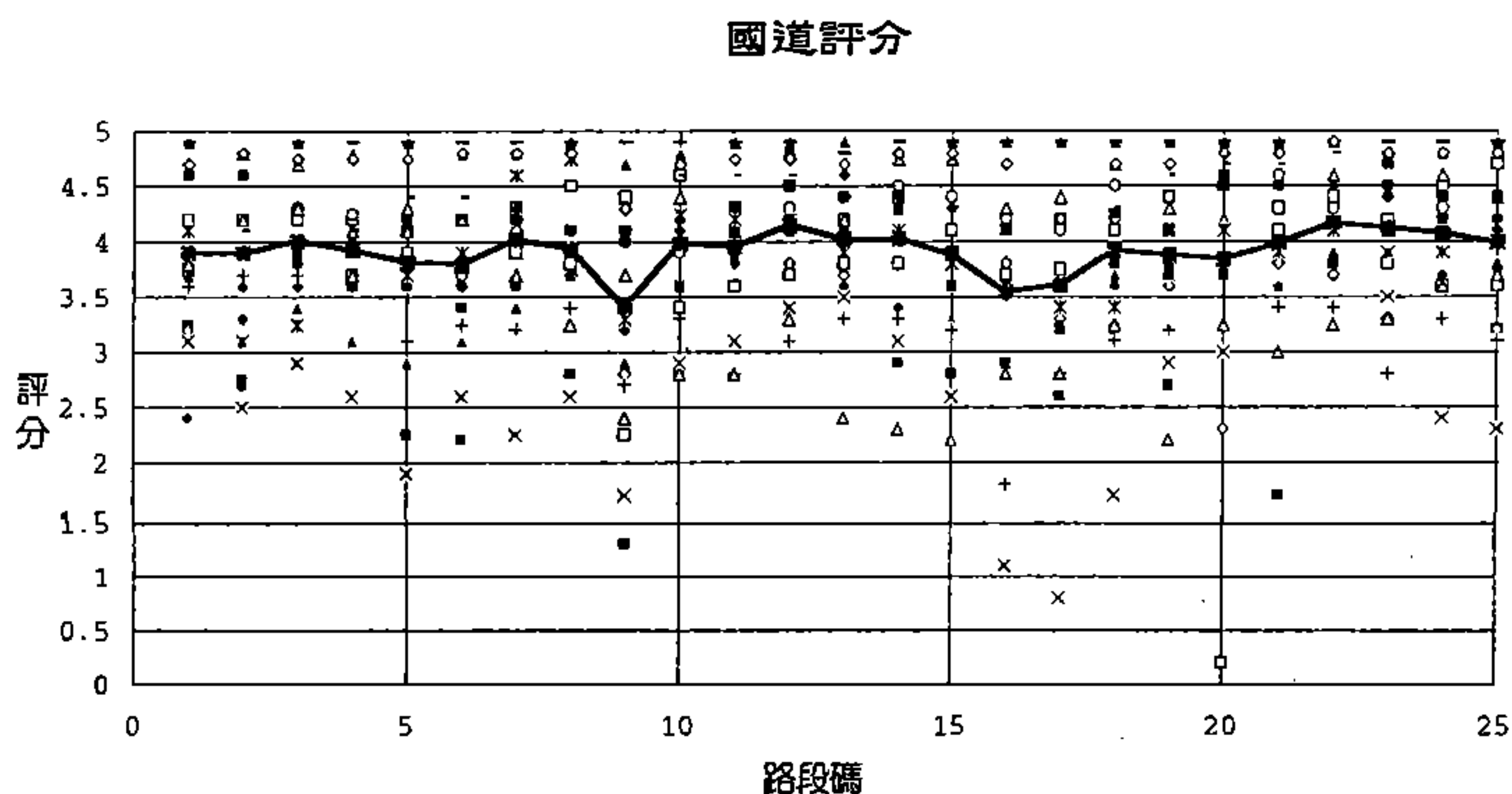


圖 4-7 國道小組評分分佈情形

在評分平均數及變異分析中可約略看出鋪面較差的路段如路段9、16、20等，其變異數亦較大（圖4-8），此種趨勢與市區道路評分結果相同。

國道小組評分及變異情形(小汽車)

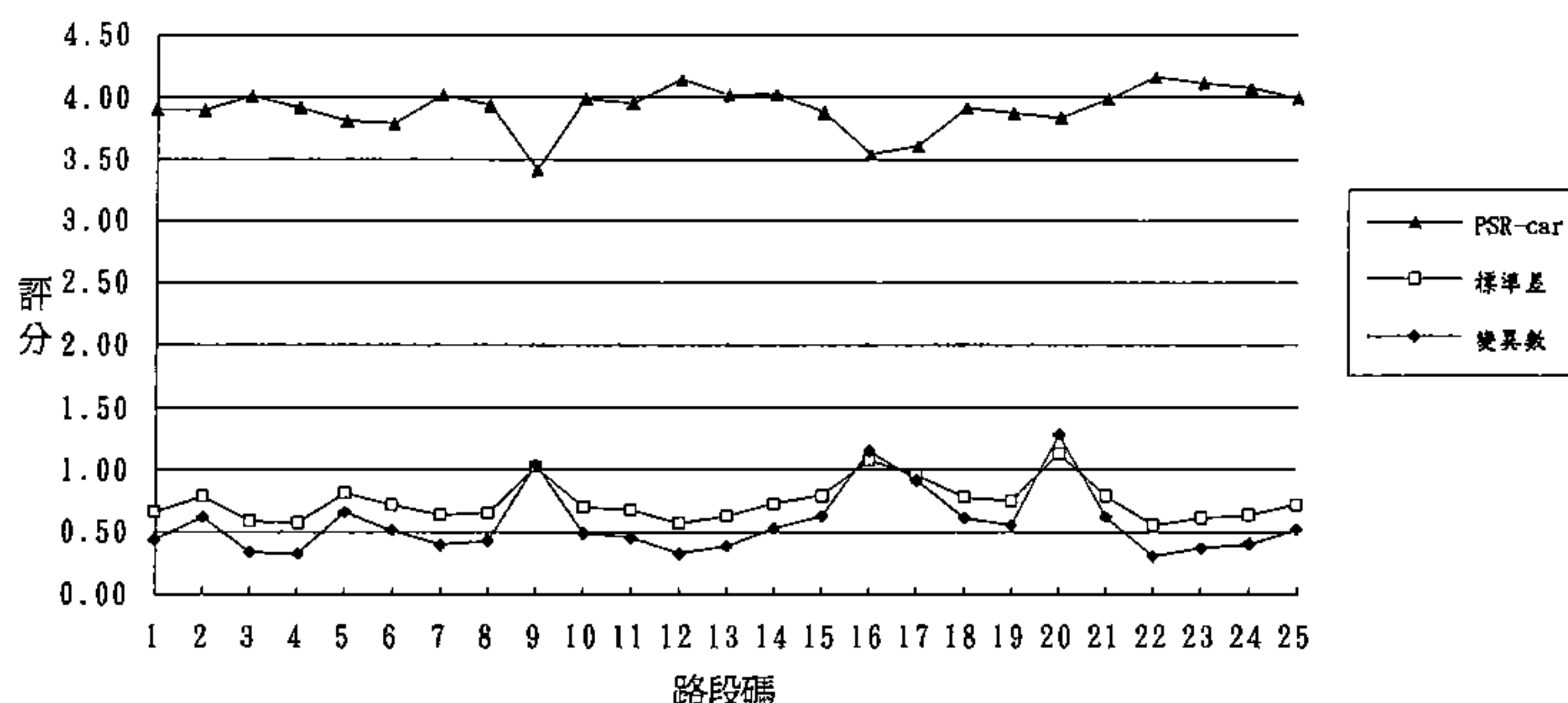


圖 4-8 國道小組評分及變異情形

整體而言，國道全程各段之平均評分均相當高，此乃因國道的破壞較少，且破壞的程度較輕不易被評分員於乘坐之車中清楚察覺。而路段中最差與最好鋪面的差異有限，因此可能造成評分員感覺的一致性。另一可能之原因為車輛行駛舒適度的變化在人為可分辨的範圍之外（感覺變化不明顯），使得人為舒適度評分無法與儀器之量測精密性成比例。

(2)巴士評分

國道巴士評分的小組人員與小汽車評分的小組相同，所使用的車輛為台汽客運的中興號。但在巴士部份調查當日，亦於台北台汽北站臨時招募評分員15人。評分資料如下表4.12：

表 4.12 國道巴士評分結果

路段代碼	國道抽樣			國道巴士		
	PSR	標準差	變異數	PSR	標準差	變異數
1	2.40	0.54	0.29	3.32	0.82	0.67
2	2.90	0.66	0.44	3.55	0.70	0.49
3	3.11	0.56	0.31	3.72	0.59	0.35
4	2.38	0.34	0.12	3.45	0.82	0.67
5	2.42	0.51	0.26	3.62	0.65	0.42
6	3.12	0.58	0.34	3.74	0.70	0.49
7	3.52	0.59	0.35	3.96	0.68	0.46
8	3.43	0.62	0.38	4.04	0.74	0.55
9	2.56	0.54	0.30	3.63	0.80	0.65
10	3.18	0.75	0.57	4.03	0.68	0.46
11	3.31	0.61	0.37	4.02	0.65	0.43
12	3.18	0.77	0.60	4.11	0.59	0.35
13	3.06	0.61	0.37	4.13	0.52	0.27
14	2.98	0.68	0.47	3.95	0.64	0.41
15	2.71	0.63	0.40	3.82	0.81	0.65
16	1.93	0.44	0.19	3.44	1.09	1.18
17	2.40	0.52	0.27	3.83	0.79	0.62
18	2.72	0.43	0.18	3.91	0.74	0.55
19	2.76	0.68	0.46	3.78	0.81	0.65
20	3.00	0.56	0.32	4.06	0.82	0.67
21	3.19	0.64	0.40	4.02	0.73	0.54
22	3.10	0.62	0.38	4.05	0.70	0.50
23	2.98	0.67	0.46	3.94	0.84	0.70
24	3.04	0.60	0.35	4.10	0.75	0.57
25	3.17	0.61	0.38	4.00	0.80	0.63
		0.59	0.36		0.74	0.56

資料來源：〔本研究整理〕

由表4.12得知在國道抽樣人員評分方面，變異數為0.36，標準差為0.59；而國道巴士小組評分之變異數為0.56，標準差為0.74。結果顯示抽樣人員的評分整體變異性較低，而小組評分員之變異性則較高。若將評分員之評分情形繪出即可看出評分之趨勢。圖4-9為巴士小組評分之分佈情形，而圖4-10為抽樣人員之評分情形。

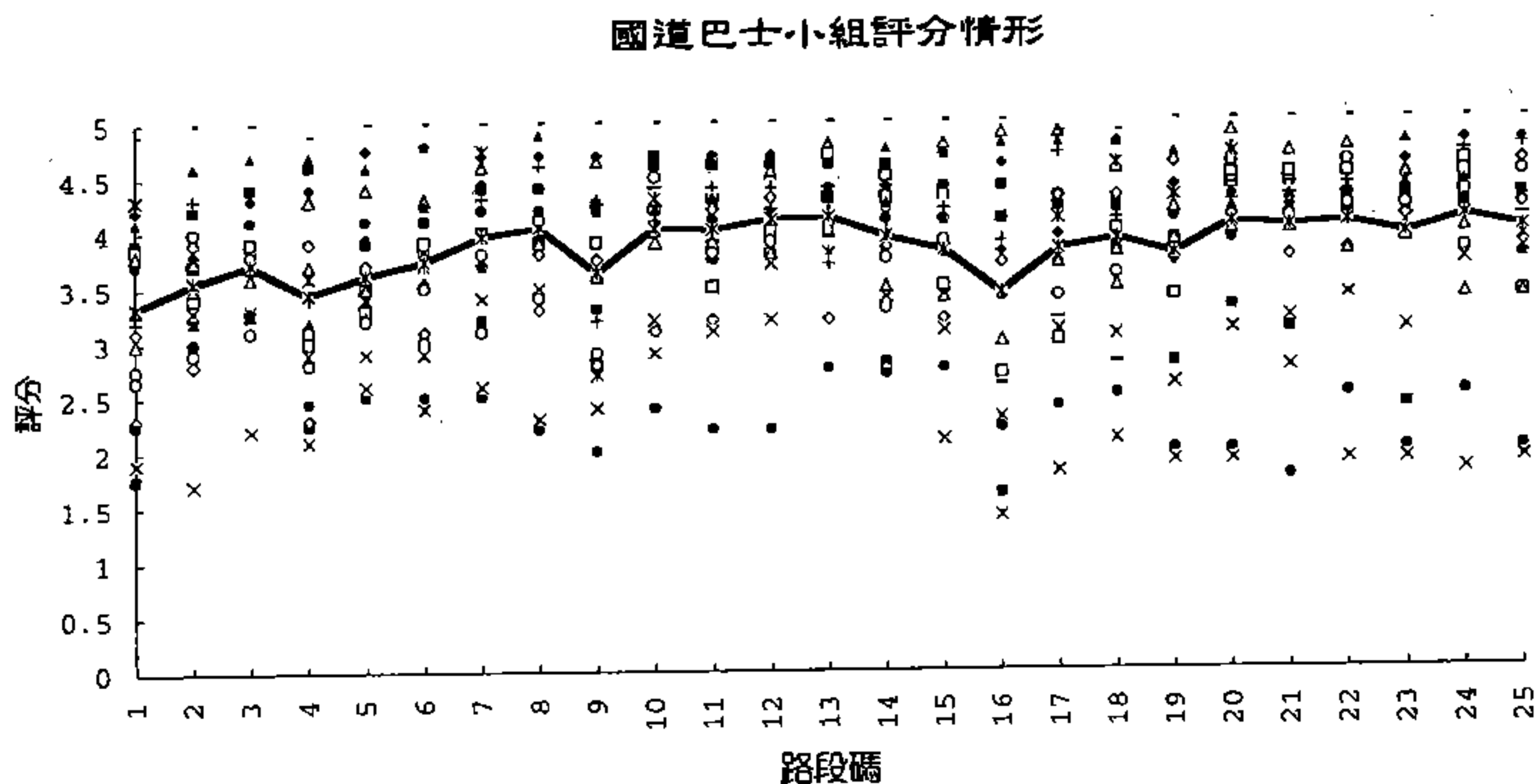


圖 4-9 國道巴士小組評分分佈

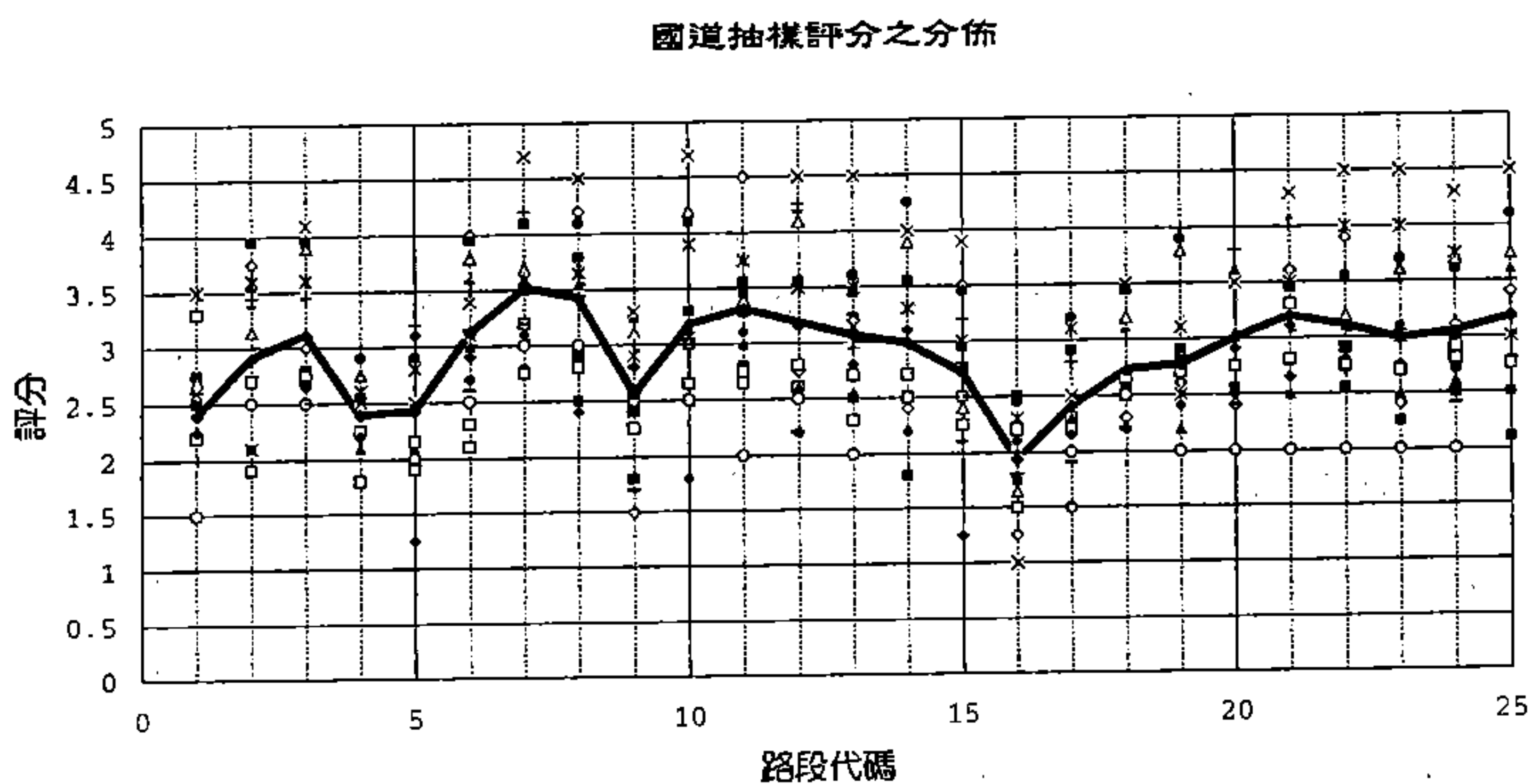


圖 4-10 國道抽樣人員評分分佈

由圖4-9可看出國道小組評分的給分趨勢較高，有許多評分員的評分都較平均值高出許多。而圖4-10中抽樣評分員之評分則較集中，

對相同路段之評分高低之間差異較少，所以即使人數只有15人，變異數仍是較低的。若將兩組人員之平均評分值繪於同一圖中（圖4-11），則可看出小組平均評分均較臨時抽樣員之平均評分高出1分左右。

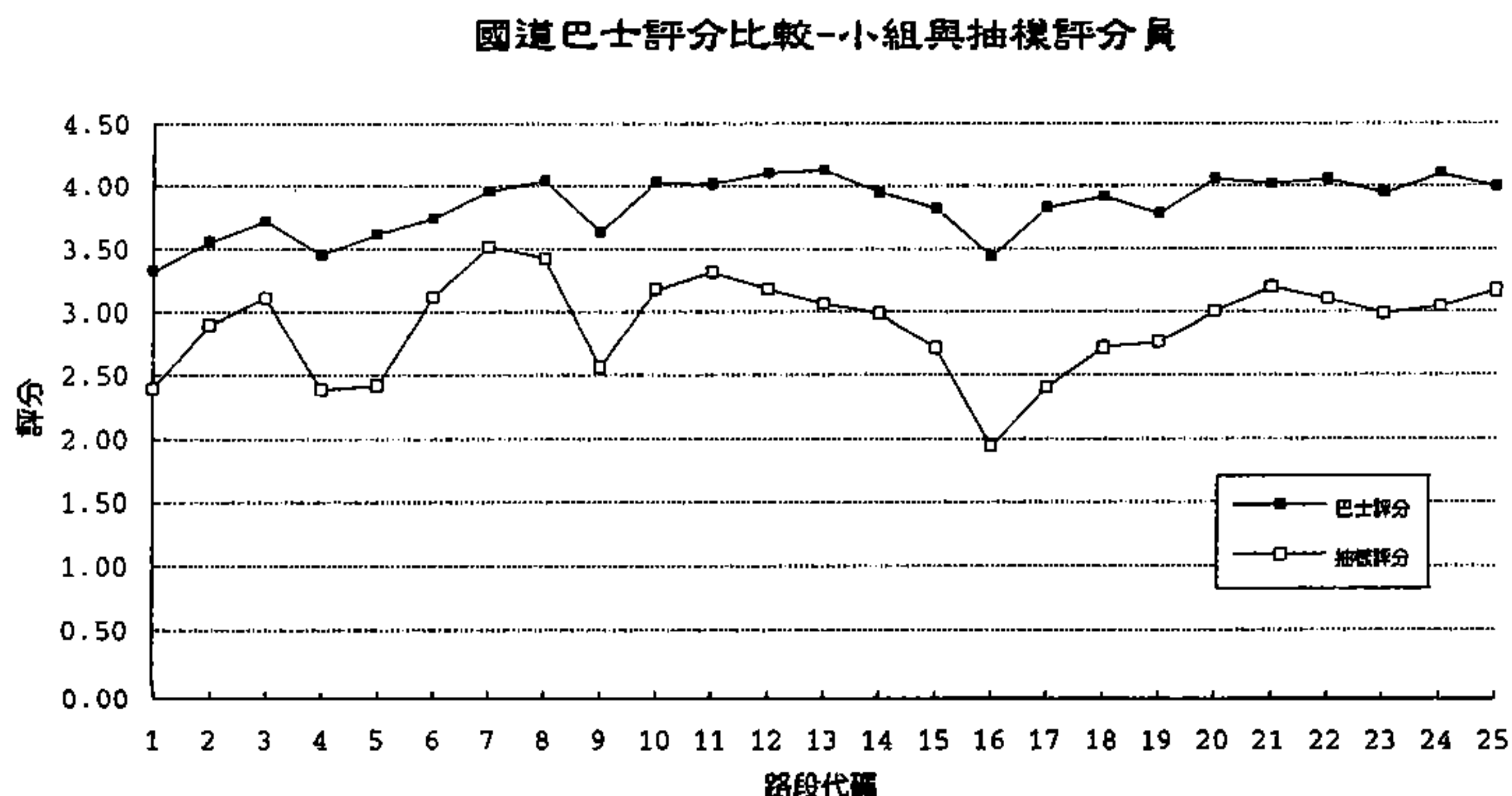


圖 4-11 國道小組評分與抽樣評分比較

造成這種差異的主要原因應是小組評分員有市區與國道比較的心態所致。由於固定小組在國道評分之前已有過市區的評分經驗，而市區的鋪面破壞較國道嚴重甚多，使得國道之乘車舒適度相對較市區為佳，因此評分明顯較高。而臨時招募人員則無先驗經驗，故無比較之情形發生。此外，抽樣人員的評分分佈情形有過度集中的情形，即所謂的中央趨勢(Central Tendency)。此種效應造成評分員的評分有集中的傾向且分數之數值多集中於評分之刻度中央此與前人文獻所述類似[1,2,3,7]。此乃因抽樣評分員對於評分工作熟悉程度不足，自然產生保守心態，造成評分時畏於給較高或較低的評分。

比較以上三種評分結果如圖4-12。由圖中可看出小汽車評分及巴士小組評分較為接近，抽樣人員評分則較低。但是整體看來評分數值有類似的變動趨勢，而抽樣評分的變動幅度則較大。

國道小車, 巴士及抽樣評分情形比較

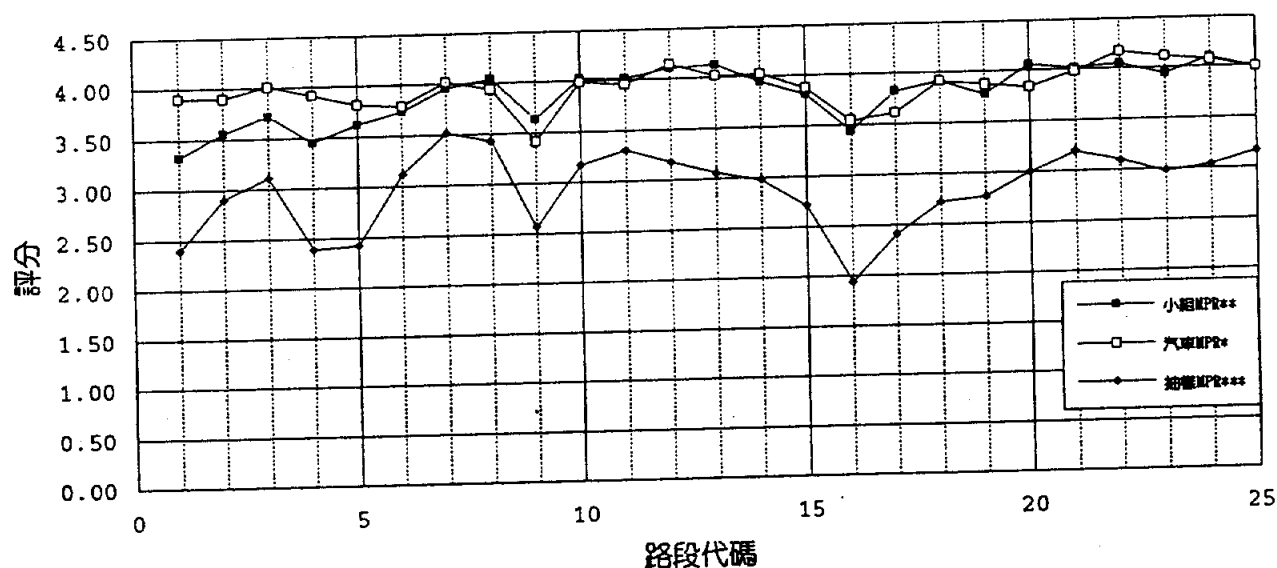


圖 4-12 國道評分結果比較圖

比較國道評分之變異情形如表4.13。其中小組評分之小汽車及巴士變異相同，顯示固定人員之評分不因不同之交通運具而有所差異。至於抽樣人員的變異則與其他評分方式有顯著的差異。國道變異檢定表如表4.14。

表 4.13 國道評分變異表

Car	國道	
標準差	0.74	
變異數	0.57	
Bus	國道	抽樣國道
標準差	0.74	0.59
變異數	0.56	0.36

資料來源：[本研究整理]

國道變異分析方面分成評分平均數及變異數進行比較分析。平均數比較方面，巴士評分及小車評分差異小，其餘差異皆顯著。而變異數方面，巴士變異及小車變異差異小，其餘差異皆顯著。由表 4.14 中可觀察出抽樣人員與小組之評分間有明顯的差異存在。

表 4.14(a) 國道評分平均值檢定表

國道	小車評分	巴士評分	抽樣評分
小車評分	-	1.64*	-17.06
巴士評分	1.64*	-	-18.72
抽樣評分	-17.06	-18.72	-

PS:雙尾臨界值為2.06；*表差異不顯著。

表 4.14(b) 國道評分變異數檢定表

國道	小車變異	巴士變異	抽樣變異
小車變異	-	0.32*	-3.36
巴士變異	0.32*	-	-4.09
抽樣變異	-3.36	-4.09	-

PS:雙尾臨界值為2.06；*表差異不顯著。

資料來源：[本研究整理]

4.2.2 糙度調查

國道糙度儀器調查於八十三年十二月十八至二十五日間進行，所使用之儀器為本所自有的梅氏糙度儀。由於國道鋪面破壞較為輕微且國道的速限為100kph，因此可以標準測速（80kph）進行糙度資料的蒐集。為不干擾交通過甚，調查工作於凌晨一時至六時之間進行。所得到的資料經處理後如表4.15所示。

表 4.15 國道糙度資料

國道梅氏儀調查(速度80KPH)			
路段代碼	路段長度	紙長度	MI80
1	600	38.4	4.10
2	600	48.6	5.18
3	600	27.8	2.97
4	600	43.4	4.63
5	600	45.2	4.82
6	600	46.8	4.99
7	600	25.6	2.73
8	600	40.4	4.31
9	600	48.2	5.14
10	600	46.3	4.94
11	600	30.1	3.21
12	600	46	4.91
13	600	39.9	4.26
14	600	61.9	6.60
15	600	42.9	4.58
16	600	55	5.87
17	600	22.4	2.39
18	600	34.5	3.68
19	600	35.5	3.79
20	600	29.2	3.11
21	600	50.3	5.37
22	600	38.9	4.15
23	600	34.6	3.69
24	600	29.7	3.17
25	600	37.6	4.01

資料來源：[本研究整理]

表4.15中紙長度係梅氏儀所產製的記錄紙長度，單位為公分。利用轉換公式可得到80kph之下的梅氏指標MI80。

4.2.3 破壞調查

國道破壞調查工作由本所訓練的鋪面之破壞調查員進行。所採用的破壞調查表格（表4.1）與台北市區所用之表格相同。在調查之前，先由本所對鋪面調查員進行破壞調查訓練，訓練其對於鋪面破壞的判斷能力及表格的填寫方法。由於調查方法不如市區一般可由調查員行走於路肩上檢視鋪面破壞；國道上由於車輛多且車速快，因此為兼顧調查安全與速度，調查時利用本所之交通工程實驗車慢速行駛於路肩上（車速約為10kph），而調查員乘坐於車上，由車窗檢視鋪面之破壞情形，並記錄於破壞調查表格上。若遇有破壞較多的路段使得調查員無法清楚地分辨時，則停車詳細觀察再記錄之。

破壞調查完成之後，利用前述之資料轉換表格將目視之破壞資料加以量化並依其破壞的嚴重程度，加以分級（L, M, H三級），再由破壞等級權重表中之權重加權之而得到所需的破壞資料。破壞資料部份如表4.16；由表4.16可看出許多國道鋪面之破壞甚小，使得調查結果許多為0之數值。因此評分員之舒適度評分偏高的情形是可理解的。

表 4.16 國道破壞調查資料(部份)

國道破壞調查資料(部份)						
路段代碼	A1	A2	A3	B1	B2	B3
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	51.4	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0.0552	0	0	0	0	0
6	0.0192	0	0	0	0	0
7	0.0072	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0.03504	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0.00624	0	0	0	0	0
17	0.041	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0.0336	0	0	0	0	0
22	0.0096	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0.0024	0
25	0	0	0	0	0	0

破壞資料單位：破壞所佔路段面積百分比(%)

資料來源：[本研究整理]

4.3 省道

省道（台一線）所進行的資料蒐集工作可分為：小組評分、糙度調查、及破壞調查等三大部份。省道因巴士評分工作不易進行，故只含小汽車小組評分，而小組評分使用之評分小組與台北市及國道之小組相同，人數為20人。

糙度調查則是利用本所自有的梅氏糙度儀進行糙度資料之蒐集。所蒐集之糙度資料再經過公式之轉換之後得到調查路段之梅氏指標數值。由於省道鋪面之破壞仍屬嚴重，因此梅氏糙度儀只能以20kph進行糙度資料之蒐集。再利用速度校估模式則可將MI20轉換成標準測速80kph下之梅氏指標MI80。

在破壞調查方面，使用黃君[14]所整理之本土化破壞調查方法。破壞調查亦於小組評分之後一週舉行，以確保鋪面狀況之一致性。

4.3.1 小組評分

省道之評分路段共有24段，分別位於五股、新莊附近之台一甲省道8段及新竹工業區之省道16段；五股附近之路段長為街廓長度，因路段中有交通號誌且車輛較多，不適宜採用省道之里程來區分。而新竹工業區之路段由於行車較少且號誌也較少，因此採用省道之里程來區分較為方便。評分所使用之小汽車與其他市區及國道評分

者相同，均為1994年福特天王星2.0同型車五輛，以降低車輛所引起之變異性。

評分資料經由整理後如下表4.17所示。表4.17為省道小汽車小組評分之結果：

表 4.17省道小組評分結果

省道小汽車小組評分資料			
路段代碼	評分平均值	標準差	變異數
1	3.46	0.72	0.51
2	3.51	0.65	0.42
3	3.47	0.61	0.37
4	3.67	0.61	0.37
5	2.11	0.89	0.79
6	1.98	0.90	0.81
7	1.79	0.88	0.78
8	3.58	0.71	0.50
9	3.25	0.79	0.63
10	3.37	0.87	0.76
11	3.21	0.73	0.53
12	2.97	0.82	0.67
13	3.38	0.68	0.46
14	3.22	0.77	0.60
15	2.12	0.98	0.97
16	2.28	0.81	0.65
17	1.97	0.84	0.70
18	2.31	0.71	0.50
19	3.16	0.69	0.47
20	3.60	0.66	0.43
21	3.95	0.61	0.37
22	3.90	0.64	0.41
23	4.02	0.57	0.33
24	3.27	0.61	0.37
		0.74	0.56

資料來源：〔本研究整理〕

由表4.17顯示出：省道小組平均評分約介於1.8至4.0之間。這顯示省道鋪面的破壞情形好壞差異頗大，評分平均標準差為0.74而變異數為0.56。整體評分的情形可由下圖4-12看出。

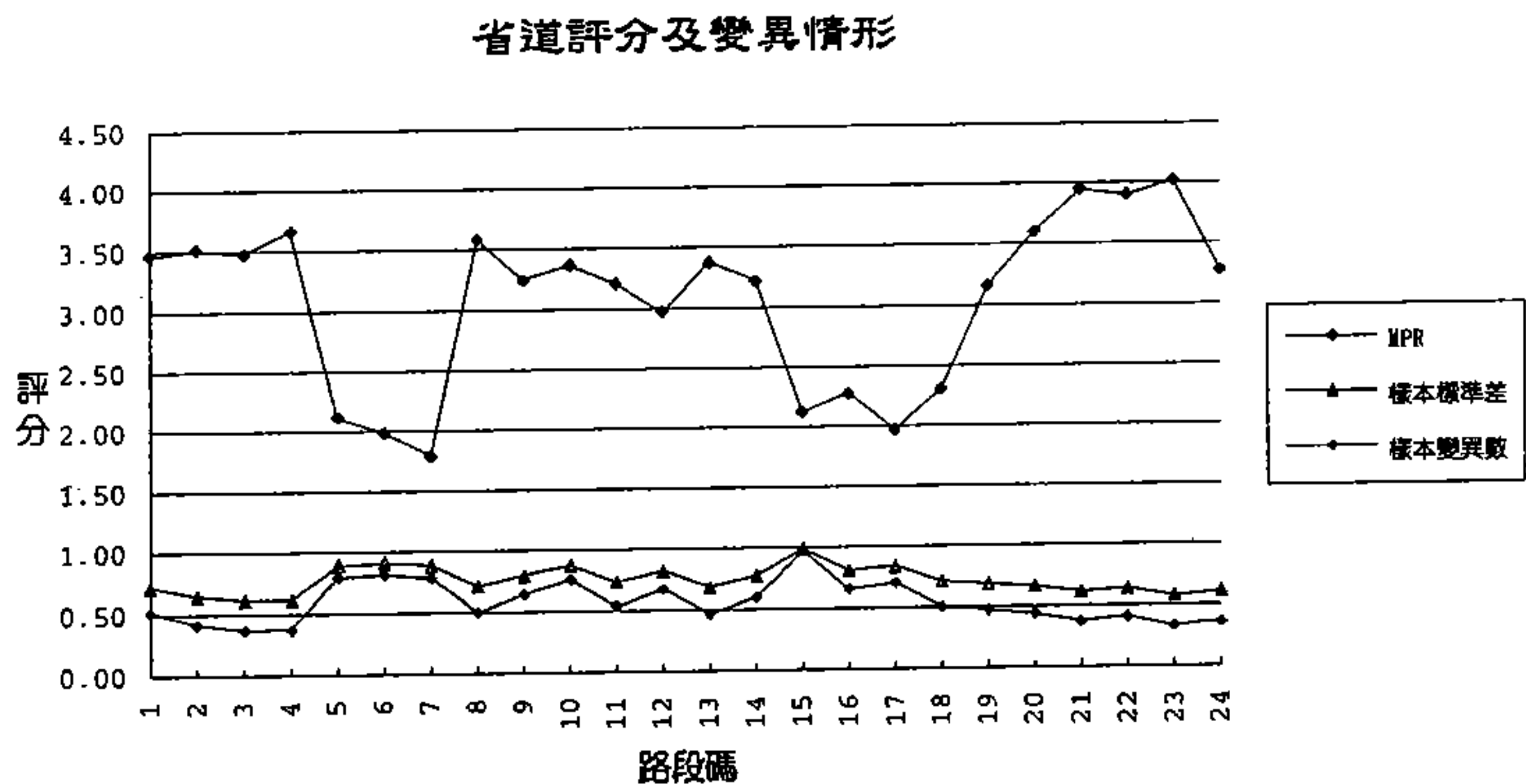


圖 4-13 省道評分及變異情形

由上圖可看出平均評分較低之路段如路段編號5、6、7、15、17等其變異情形也較大。如先前所言，在台北市區的評分當中也有如此的情形發生。這與Robert J. Weaver[1]在其研究中所提出之觀念相類似，且由台北市區路段及省道路段評分結果亦可得到印證。若分析個別評分員之評分分佈情形可得到如圖4-13之結果。

省道評分及平均評分

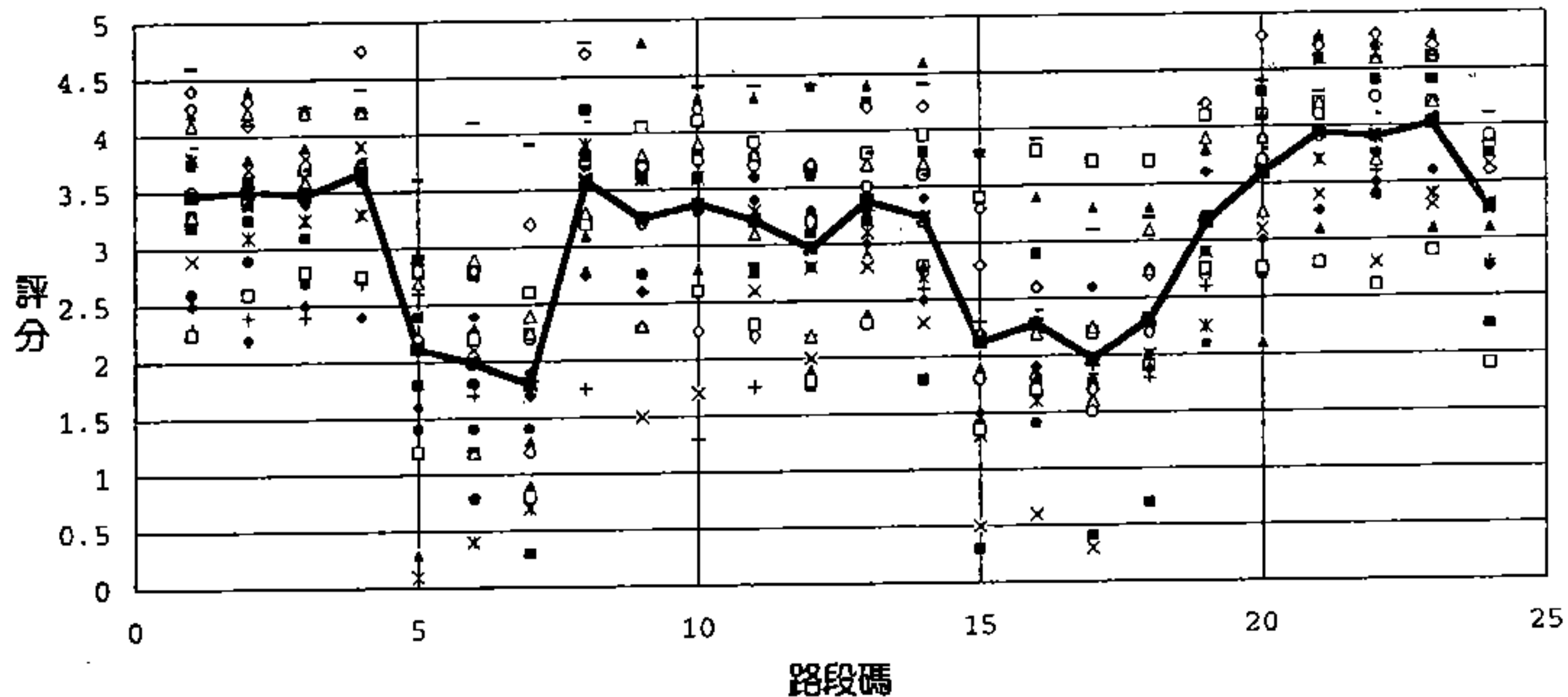


圖 4-14 省道平均評分及變化情形

由圖4-13可看出在鋪面狀況較佳的路段，評分員的意見較為一致，而鋪面較差的路段則可明顯看出評分員在評分方面則表現出意見分歧的情形。

若比較小組評分員在台北市、國道、及省道評分時之差異情形，則可發現台北路段評分與國道路段小組評分之變異數經檢定後差異顯著 ($t\text{-value}=3.16$)；而台北路段評分與省道路段小組評分之變異數檢定後差異亦顯著 ($t\text{-value}=4.60$)；若比較國道與省道小組評分之變異數可發現經檢定其差異不顯著 ($t\text{-value}=0.25$)。由此可知評分員評分之變異與道路等級約略有關係：國道及省道之變異相當，而台北地區之小組評分變異則與其他等級路段（國道及省道）有顯著的差異。當小組評分員於市區道路進行評分時，由於市區道路鋪面之破壞較嚴重，因此由4.1節分析之結果亦可顯示：小組評分

員在市區進行評分之評分變異數較國道及省道評分所得之變異數為高。由此可觀察出小組評分員在鋪面破壞較嚴重之地區進行評分時，對於評分之高低差異較大；而在相同等級之國道及省道進行評分時，則評分變異情形較為一致。統計檢定結果如下表4.18所示。

表 4.18 不同等級鋪面之小車評分變異檢定表

小汽車評分	台北地區	國道路段	省道路段
台北地區	-	t=3.16	t=4.60
國道路段	t=3.16	-	t=0.25*
省道路段	t=4.60	t=0.25*	-

PS:雙尾臨界值為 $t=2.06$ ；*表差異不顯著。

資料來源：[本研究整理]

4.3.2 糙度調查

省道糙度儀器調查於八十三年十二月十八至二十五日間進行，採梅氏糙度儀以測速20kph進行糙度資料的蒐集。為不干擾交通過甚，資料蒐集工作亦於凌晨一時至六時之間進行。所得到的資料經處理後如表4.19所示。

表 4.19 省道糙度調查資料

省道糙度調查資料				
路段代碼	路段長度	紙長度	MI20	MI80
1	950	55.50	3.74	8.80
2	500	30.00	3.84	8.98
3	400	15.80	2.53	6.69
4	400	18.10	2.90	7.33
5	550	62.70	7.30	15.02
6	500	39.70	5.08	11.15
7	500	49.40	6.32	13.32
8	650	26.40	2.60	6.81
9	500	41.00	5.25	11.44
10	500	31.20	3.99	9.25
11	500	28.60	3.66	8.67
12	500	47.90	6.13	12.98
13	500	29.80	3.81	8.93
14	500	19.70	2.52	6.68
15	500	55.20	7.07	14.61
16	500	43.20	5.53	11.93
17	500	62.90	8.05	16.34
18	500	46.70	5.98	12.71
19	500	18.40	2.36	6.39
20	500	30.60	3.92	9.11
21	500	17.60	2.25	6.21
22	500	22.20	2.84	7.24
23	500	21.00	2.69	6.97
24	500	30.30	3.88	9.05

資料來源：[本研究整理]

表4.19中紙長度係梅氏儀所產製的記錄紙長度，單位為公分。利用轉換公式可得到20kph之下的梅氏指標MI20。再經由梅氏儀速度校估模式之轉換即可得到標準測速之梅氏指標MI80。

4.3.3 破壞調查

省道破壞調查工作由本所訓練的鋪面之破壞調查員進行。所採用的破壞調查表格（表4.1）與台北市區所用之表格相同。調查方法與國道之破壞調查法相同，以本所之交通工程實驗車慢速行駛於路肩上（車速約為10kph），而調查員乘坐於車上，由車窗檢視鋪面之破壞情形，並記錄於破壞調查表格上。若遇有破壞較多的路段使得調查員無法清楚的分辨時，則停下車詳細觀察再記錄之。此法與傳統之行走方式相比較，若於破壞不嚴重時，使用調查車慢速行駛路肩法確一經濟、安全且較為快速的破壞調查方法。

破壞調查完成之後，利用資料轉換表格將目視之破壞資料加以量化並依其破壞的嚴重程度，加以分級，再由破壞等級權重表中之權重加權之而得到所需的破壞資料。破壞資料部份如表4.20。

表 4.20 省道破壞調查資料(部份)

省道破壞調查結果資料(部份)						
路段代碼	A1	A2	A3	B1	B2	B3
1	0.229	0	0.3543	51.4	0.0123	0
2	0.1608	0	2.3776	0	0	0
3	0	0	0	12.8	0.03752	0
4	0.3306	0	0	0	0	0
5	0	0	0	51.4	0	0
6	0	0	0.47978	51.4	0	0
7	0.4292	0	1.008	51.4	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0.01122	2.1609	51.4	0	0
10	1.1692	0.17	0.2394	37.8	0	0
11	0.058	0	0.1638	25.7	0	0
12	0	0	1.4158	12.8	0	0
13	0	0	0.0374	12.8	0	0
14	0	0	1.7147	12.8	0	0
15	0.1276	0	0.20434	37.8	0	0
16	0.1276	0.09636	3.934	0	0	0
17	0.058	0	1.2507	37.8	0	0
18	0.00624	0.06	0.2735	12.8	0	0
19	0	0	0	12.8	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	12.8	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0.2605	37.8	0	0

破壞資料單位：破壞所佔路段面積百分比(%)

資料來源：[本研究整理]

4.4 影響評分員評分之因素分析

小組評分員於進行小組評分時，受到許多因素影響其給分的高低。這些影響小組評分的因素可分成外部因素及內部因素。

一、外部因素

影響評分員評分的外部因素有：鋪面外觀、沿路之人物及風景、乘坐車輛之性能、座位前後、車內之擁擠程度等。本研究於實驗設計時即十分注意這些影響因素，並嘗試將其影響性降低。小組評分使用相同的車輛，以減少因不同車型所引起的變異。而評分路段之鋪面外觀及沿路風景因素影響，則於小組評分進行前之評分指導說明中特別詳細加以定義，要求評分員於評分進行時不應將此外部因素列入評分之考慮之中。此外，受座位因素影響之評分項目主要是於巴士上所進行之小組評分。由於巴士之乘坐舒適度受評分員之座位前後影響較鉅；而於小汽車上所進行之評分工作則較不受座位因素之影響，因此巴士評分將進一步分析其座位因素之影響。

二、內部因素

另一影響評分工作之因素為內部因素，也就是評分員之背景因素。以往的研究中已有充份的討論，然而眾多的研究結果卻無一致的結論。大致而言，可能影響評分員給分高低的背景

因素有：(1)性別、(2)年齡、(3)駕駛經驗、及(4)是否為鋪面專業工程師[1,2,3,4,6,7]。上述研究均提出評分員背景因素會影響分析之結果，然結論顯示：不同地區及不同的小組會得到不同的影響因素分析結果。因此本研究將就本案所遴選之評分小組人員之(1)性別、(2)年齡、及(3)駕駛經驗加以分析並與相關研究進行比較。

影響因素分成四方面進行分析：座位之前後(巴士)、評分員之年齡、有無駕駛經驗、及性別。座位因素之分析主要係針對市區巴士及國道巴士進行統計檢定分析，由於小汽車前後之乘坐舒適度差異不大，因此只針對巴士進行座位前後因素的分析。而其他評分員背景因素之檢定，則分別針對小組評分員所進行的評分項目(小汽車、巴士)進行統計檢定。使用成對資料(pair data)進行統計檢定，以判別不同的背景因素是否造成評分員在進行鋪面現況服務力評分時有所差異。統計檢定的假設為不同分組評分員間之評分平均值及變異情形無差異（ $H_0: D=0$ ， $H_1: D \neq 0$ ），其中D表示兩組評分平均值之差異。檢定之統計量若大於臨界值，則拒絕 H_0 而接受 H_1 ；若統計量小於臨界值，則認為檢定之差異並不顯著（可以認為差異 $D=0$ ）。

4.4.1 座位前後

小組評分受座位因素影響者為台北市區巴士評分及國道巴士評分。分析方式為根據評分員乘坐位置之前後，將評分員分成兩個小組。第一組為前座評分員，而另一組為後座評分員。將各路段評分

員之個別評分資料加以整理，計算出各路段之平均評分(MPR)與評分變異數(Variance)。再利用統計之成對資料檢定法，檢定兩個分組之間之評分結果是否受分組因素（在此為座位前後因素）影響而有所差異。

座位因素之分析主要有：台北市區巴士評分、國道巴士評分、及整體分析三大部份。分析所得之統計檢定結果可表列如下：

表 4.21 座位因素影響之統計檢定結果

座位因素	台北市區 巴士評分		國道 巴士評分		座位因素 整體分析	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
檢定結果	是	否	是	是	是	是
是否顯著	p=0.0001		p=0.0001	p=0.001	p=0	p=0.01
接受之統計假說	前>後		前>後	前<後	前>後	前<後

註：1)若機率值(P-value)雙尾小於0.25，或單尾小於0.5則拒絕 H_0

$H_0: D=0$, $H_1: D \neq 0$ (or $H_1: D < 0$; $H_1: D > 0$)

2)Group I: 前座評分員；Group II: 後座評分員

資料來源：本研究整理

由表4.21統計檢定之結果可發現：影響評分員評分高低之外部因素—「座位前後」，確實造成前座之評分員平均評分高於後座評分員；且檢定結果亦顯示：後座評分員之評分變異大於前座評分員之評分變異。這顯示巴士前座乘客由於所感受之行車震動較後座乘客

為小，因此整體而言評分有較高之趨勢。因此在進行巴士小組評分時，評分員之座位前後分佈情形將影響所得到之評分高低。若評分員之座位有集中的情形，即可能引起評分平均值之偏差。本研究於進行巴士評分時即十分注意評分員座位前後之分佈情形，因此評分結果可以將座位因素之影響降低。然由於巴士原先就存在有前後座位乘坐舒適度之差異，因此統計檢定之結果亦顯示出評分小組前後座之評分員於評分時仍有小差異存在。建議未來進行鋪面服務力評分工作時，應將評分員於巴士上之座位因素列入考慮，以確保評分資料之可信度。

4.4.2 年齡

年齡因素的分析分成：台北市區、國道小組、省道小組、及整體分析等四部份。年齡分組之原則為，年齡30歲以下者為第一組，40歲以上之評分員列為第二組。而年齡介於30至40歲之間的評分員則將之略去，因為此一分界之評分員較無一定之年齡分界，所以於統計分析過程中將之略去。統計檢定結果可由表4.22中看出：

表 4.22 年齡因素之統計檢定結果

年齡因素	台北市區		國道		省道	
	小組評分		小組評分		小組評分	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
檢定結果	否	是	是	否	是	否
是否顯著		p=0.003	p=0.015		p=0.001	
接受之統計假說		年輕<年長	年輕<年長		年輕>年長	
年齡因素	年齡因素 整體分析					
	平均評分	評分變異				
檢定結果	否	否				
是否顯著						
接受之統計假說						

註：若機率值(P-value)雙尾小於0.25，或單尾小於0.5則拒絕 H_0

$H_0: D=0$, $H_1: D \neq 0$ (or $H_1: D < 0$; $H_1: D > 0$)

2) Group I: 年齡=15~30 ; Group II: 年齡=40~60

資料來源：本研究整理

由上表可看出：較年輕分組之評分結果（年齡小於三十歲）與年長分組之評分結果（年齡大於四十歲）並無顯著的差異；整體而言，年輕組之評分變異性也與年長組相似。而由下圖4-14中亦可看出，評分員分組之評分差異(d1-d2)不因路段鋪面之好壞(MPR)而有評分差異高低之變動情形。因此，由統計檢定結果可看出，本研究小

組成員組成之年齡因素得到良好的控制，因此評分結果並不會受年齡因素影響太大。

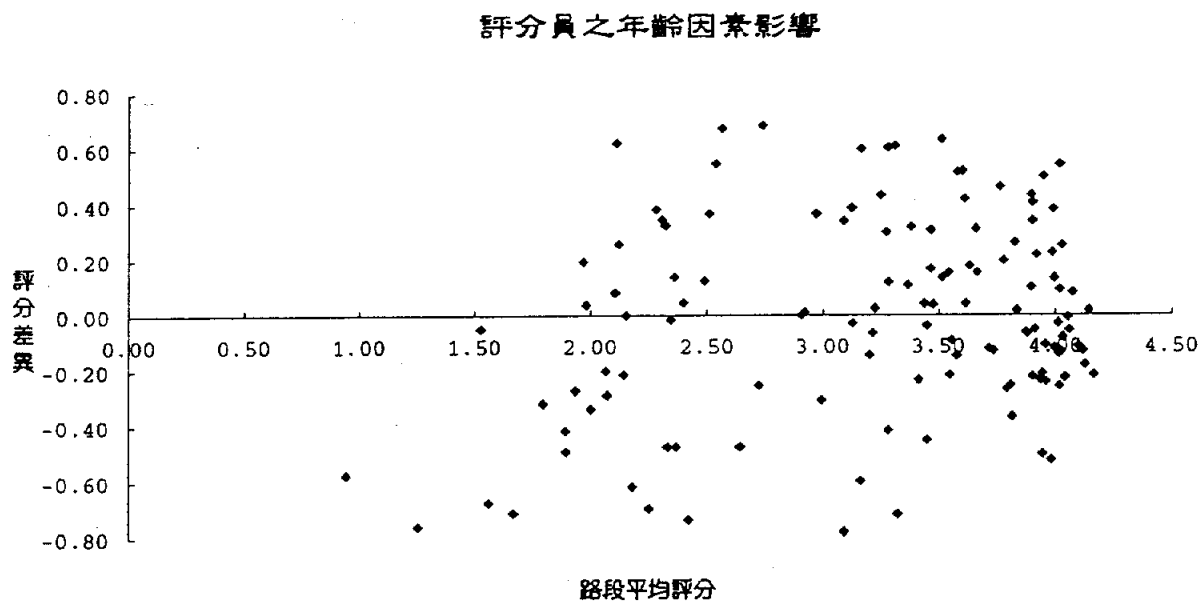


圖 4-15 評分差異與路段平均評分之關係(以年齡分組)

4.4.3 駕駛經驗

評分小組評分之駕駛經驗影響分析以台北地區、國道、省道、以及整體資料分析為主。分組之原則為駕駛經驗之有無，並依不同地區之評分資料加以整理；研究之對象為小組成員。經過統計檢定之結果如表4.23所列：

表 4.23 駕駛經驗影響之統計檢定分析

駕駛經驗 因素	台北市區 小組評分		國道 小組評分		省道 小組評分	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
檢定結果	是	是	是	是	是	否
是否顯著	p=0.0001	p=0.004	p=0.001	p=0.001	p=0.0001	
接受之統計假說	無>有	無<有	無<有	無>有	無>有	
駕駛經驗 因素	駕駛經驗因素 整體分析					
	平均評分	評分變異				
檢定結果	是	否				
是否顯著	p=0.0001					
接受之統計假說	無>有					

註：若機率值(P-value)雙尾小於0.25，或單尾小於0.5則拒絕 H_0

$H_0: D=0$, $H_1: D \neq 0$ (or $H_1: D < 0$; $H_1: D > 0$)

2)Group I: 無駕駛經驗；Group II: 有駕駛經驗

資料來源：本研究整理

駕駛經驗因素之影響可由表4.23看出：無駕駛經驗之評分員給分有較高的趨勢；而具有駕駛經驗之評分員則對於鋪面之行車品質有較高之要求，因此評分偏低。由評分變異之檢定則可發現，評分變異之差異並不顯著。相關研究亦得到相似之結果[1,2,3,4,7]：通常無駕駛經驗之評分員較畏於給予偏高或偏低之評分(Extreme Rating)，

使得其評分範圍侷限於評分刻度中央。本研究於評分小組成員挑選時，特別就駕駛經驗因素有嚴格的篩選；因此這個原則由檢定結果亦可發現對於小組評分實驗是一具有影響性之因素。

4.4.4 性別

性別因素之影響檢定分成：台北地區、國道、省道、及整體分析等四大部份，再依其所使用之交通工具予以細分。分組係依照性別分成男性及女性兩小組，以進行資料整理及統計檢定工作。檢定所得之結果如表4.24所示。

表 4.24 性別因素影響之統計檢定結果

性別因素	台北市區 小組評分		台北市區 巴士小組評分		國道 巴士小組評分	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
檢定結果	是	是	是	是	是	是
是否顯著	p=0.0001	p=0.0001	p=0.0001	p=0.007	p=0.003	p=0.005
接受之統計假說	男<女	男>女	男<女	男>女	男<女	男>女
性別因素	國道 小汽車小組評分		省道 小組評分		性別因素 整體分析	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
檢定結果	否	是	是	否	是	是
是否顯著		p=0.001	p=0.0001		p=0.0001	p=0.001
接受之統計假說		男<女	男<女		男<女	男>女

註：若機率值(P-value)雙尾小於0.25，或單尾小於0.5則拒絕 H_0

$H_0: D=0$, $H_1: D \neq 0$ (or $H_1: D < 0$; $H_1: D > 0$)

2) Group I: 男性評分員；Group II: 女性評分員

資料來源：本研究整理

由表4.24之統計檢定結果可看出：男性評分員之平均評分均較女性評分員為低，且評分變異情形男性評分員也較女性顯著為高。評分結果顯示，評分小組評分受性別因素影響。此結論可以圖4-15予以充份表現出來。由下圖可明顯地看出，當路段平均評分介於3.0至4.5之間時，男女評分之差異(D)較小；而評分小於2.5之路段男女差異則較大。

評分員之性別因素影響分析

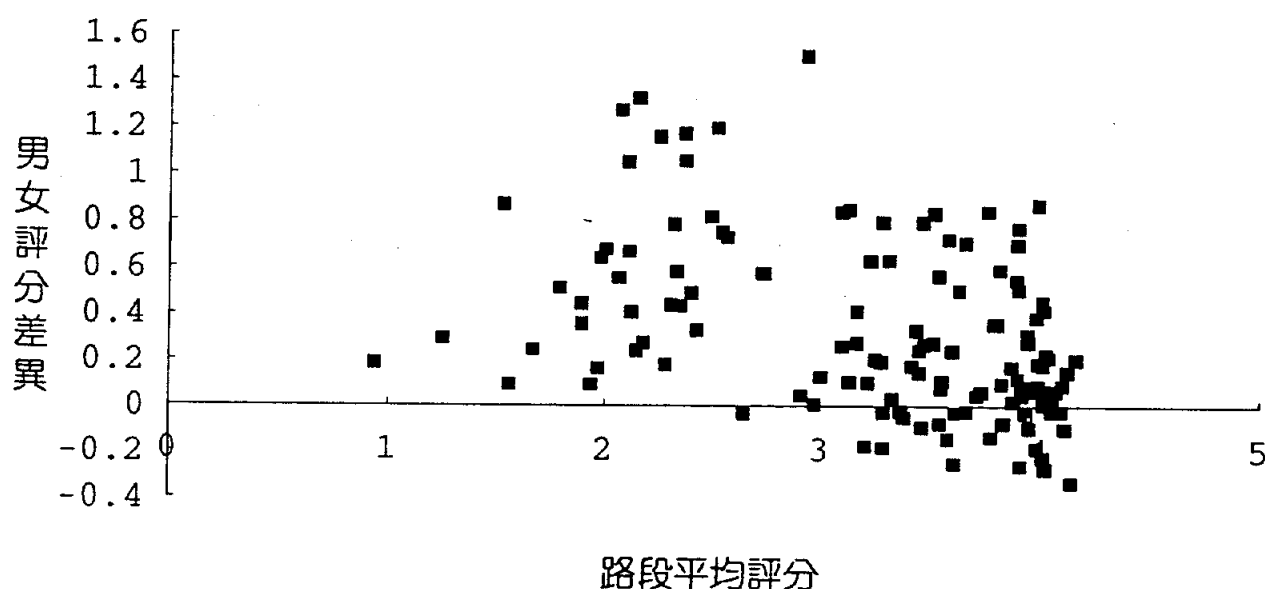


圖 4-16 男女評分差異與路段平均評分關係圖

若將平均評分介於1.5至2.5之間之樣本點分成一組，而評分平均值介於3.0至4.0間之資料為一組時，可以分成兩個母體並以統計檢定

之方法檢定此二母體之平均值(在此為評分差異之平均值)與變異數(評分差異之變異數)是否相同。結果如表4.25所列：此兩母體之變異數可視為相同，因為檢定之變異性不顯著($f\text{-value}=1.31 < f'=1.64$)。而此二母體之平均值即有顯著差異($t\text{-value}=4.78 < t'=1.98$)。這個結果表示：評分員之評分差異在鋪面狀況佳時($MPR=3.0\sim4.0$)差異較小；而當鋪面較差時($MPR=1.5\sim2.5$)差異則較大。這亦充份證明先前文章所言之：鋪面狀況較差時，評分員之差異將愈明顯；且在性別因素影響之下，男性評分員之評分值較低且評分變異亦較大。

表 4.25 男女評分差異與路段平均評分之檢定

性別因素	兩母體變異數是否相等?	兩母體平均數是否相等?
檢定結果	否	是
是否顯著	($f=1.31 < F'=1.64$)	$p=0.000006$
接受之統計假說	兩母體變異相同	Group I > Group II

註：1)若機率值(P-value)雙尾小於0.25，或單尾小於0.5則拒絕 H_0

$H_0: D=0, H_1: D \neq 0$ (or $H_1: D < 0; H_1: D > 0$)

2)Group I: $MPR=1.5\sim2.5$; Group II: $MPR=3.0\sim4.0$

資料來源：本研究整理

因此未來在挑選小組成員時，評分員之性別是一甚為重要的影響因素。所以本研究小組採男女各半的方式組成，以減小性別因素對評分工作之影響。若綜合上述小節分析得到之結論，可列表如下：

表 4.26 評分影響因素統計分析結果

檢定項目	年齡因素		性別因素		駕駛經驗因素	
	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異	平均評分	評分變異
是否顯著	否	否	是	是	是	否
接受之統計假說	年輕=年長	相等	女>男	女<男	無>有	相等
檢定項目	座位因素 ¹					
	平均評分	評分變異				
是否顯著	是	是				
接受之統計假說	前>後	前<後				

註： 1)座位因素列為影響評分員評分之外部因素

2)分組原則與前所述相同

資料來源：本研究整理

由分析所得之結論可發現：整體而言，年齡因素並未對小組評分造成顯著的影響。而性別因素及駕駛經驗因素則造成評分上之顯著差異，男性平均評分低於女性平均評分，且有駕駛經驗之評分員評分也較無經驗者為低。另一方面，座位前後因素也為巴士評分帶來顯著差異，使得後座評分員普遍評分較前座為低。

因此可知，本研究為得到公正可信之小組評分值所考慮之影響因素實具有其一定之重要性不得輕忽。此一分析結果與國內外相關研究相比較，亦得到完全驗證。對於未來從事小組評分工作者，本

研究可提出之建議如下：評分員組成時所應考慮之因素應有(1)年齡均佈、(2)性別各半、(3)有無駕駛經驗者各半、(4)巴士評分應考量座位前後因素、及(5)鋪面相關工程人員不應納入小組之內。

第五章 柔性鋪面現況服務力指標模式發展

本研究於實驗路段所蒐集的資料有：小組評分資料、破壞調查資料、及鋪面糙度資料等三大部份。小組評分資料即為鋪面現況服務力評分(Present Serviceability Rating, PSR)；破壞調查資料可細分為四大類十二項破壞，分別以A1至D3等十二個變數代表。而所得之鋪面糙度資料為梅氏指標MI。

採用之分析方法為多重迴歸及統計檢定兩大部份。分析軟體採用 SPSS For Windows V6.0 (Statistical Package for Social Science, SPSS)，將變數資料輸入檔案中進行模式分析，並利用統計軟體SAS進行分析結果之再確認。模式發展的目的是利用本研究所蒐集之用路人評分資料、客觀之鋪面糙度值及鋪面破壞量化數值進行分析，以期能發展出台灣地區適用之本土化柔性鋪面現況服務力指標PSI。以下討論將分別就台北市區、國道、及省道等研究範圍進行PSI模式發展與討論。

5.1 PSI模式之發展

5.1.1 台北市區

本研究於台北地區所進行的用路人評分調查有：小汽車小組評分、巴士小組評分、及巴士乘客抽樣評分。台北市區之評分路段有27段，小組評分員20人。茲將20人之評分數值平均當成每個路段之

平均評分。模式發展時之因變數為小汽車平均評分(PSRCAR)、小組巴士平均評分(PSRBUS)、巴士抽樣平均評分(PSRRN)、及梅氏指標(MI)等四項。而自變數部份涵蓋有十二項破壞(A1~D1)及梅氏指標MI，共十三個自變數。因此PSI模式是以一對十三之多重迴歸法進行模式發展。表5.1中列出部份輸入變數之資料。

表 5.1 台北地區PSI模式變數資料(部份)

路段	PSRCAR	PSRBUS	PSRRN	MI20	A1	A2	A3
1	2.54	2.00	2.76	10.61	17.33	0.10	0.39
2	2.74	2.40	2.92	11.17	0.41	0.00	1.46
3	3.28	2.73	3.25	5.11	0.49	0.05	1.50
4	2.56	2.35	2.98	9.79	0.09	0.00	0.96
5	2.32	1.89	3.07	11.08	0.04	0.31	1.14
6	2.07	2.06	3.21	9.43	0.03	0.01	0.98
7	2.49	2.33	2.53	7.95	0.02	0.12	0.38
8	3.12	2.91	3.24	8.37	0.00	0.00	0.21
9	2.37	1.90	2.92	6.75	0.03	0.03	0.23
10	2.92	2.18	3.03	8.84	0.30	0.95	0.19
11	2.25	2.14	2.80	7.69	0.00	0.00	0.68
12	2.11	1.25	2.08	7.77	0.00	0.00	0.10
13	2.36	1.93	2.30	15.68	0.00	0.00	6.91
14	1.53	.94	1.84	13.85	0.33	0.00	2.89
15	3.54	3.20	2.93	4.53	0.00	0.51	2.17
16	3.51	3.13	2.76	4.82	0.00	0.05	0.77
17	3.90	3.45	3.00	5.47	0.00	0.00	0.00
18	3.76	3.28	2.95	4.68	0.00	0.00	0.00
19	3.58	3.09	2.82	4.88	0.00	0.00	0.00
20	3.66	3.16	2.53	5.10	0.00	0.00	0.00
21	3.46	3.00	2.46	6.43	0.00	0.00	0.03
22	3.89	3.28	-	4.50	0.00	0.00	0.00
23	3.99	3.55	-	3.29	0.00	0.00	0.00
24	3.09	2.42	3.46	6.78	3.22	0.19	0.28
25	2.64	3.57	14.72	7.13	0.09	0.15	0.15
26	1.67	2.83	26.18	13.69	0.04	0.11	0.11
27	1.56	2.87	28.79	15.18	0.00	0.14	0.14

資料來源：本研究整理

表5.1中巴士抽樣評分路段編號22及23號路段因公車數量甚少所以缺乏評分資料。破壞資料A1~D3之單位為面積百分比(%), 而MI20則為測速20kph時之梅氏糙度指標, 單位為m/km。利用上述資料進行變數最佳化之選擇, 所使用的方法為逐步迴歸法(Stepwise Regression Method)。初步分析的結果為如表5.2, 另附上表5.3破壞項目對照表, 以方便變數名稱之對照比較。

表 5.2 台北地區PSI模式初步發展

台北	PSI公式	R ²
小汽車	$PSI=4.59-0.007*(B1)+0.67*(B3)-0.074*(D1)+0.35*(D3)-0.084*(MI20)$	0.80
巴士	$PSI=4.22-0.006*(B1)+0.746*(B3)-0.092*(D1)+0.569*(D3)-0.093*(MI20)$	0.87
巴士抽樣	$PSI=2.94-1.37*(B2)$	0.31
糙度	$MI=30.82*(B2)+214.75*(C1)+3.3*(C2)+1.48*(D1)$	0.73

註：上述模式依序為(式5-1)(式5-2)(式5-3)(式5-4)

資料來源：本研究整理

表 5.3 破壞項目對照表

破壞形態	代號	說明	輕級(L)	中級(M)	重級(H)
A	A1	縱向裂縫	0.24	0.58	1.00
	A2	橫向裂縫	0.32	0.66	1.00
	A3	龜裂	0.34	0.63	1.00
B	B1	車轍	0.35	0.65	1.00
	B2	隆起與凹陷	0.35	0.63	1.00
	B3	面層滑動	1.00	1.00	1.00
C	C1	坑洞	0.48	0.72	1.00
	C2	剝落	0.42	0.70	1.00
	C3	冒油	1.00	1.00	1.00
D	D1	修補面破壞	0.42	0.67	1.00
	D2	薄層剝離	0.36	0.65	1.00
	D3	人孔高差	0.44	0.70	1.00

資料來源：[14]

由迴歸分析結果可知台北市區之巴士小組評分有最好之模式解釋能力，其PSI模式之修正複判定係數(R^2)可到達0.87；而小汽車小組評分之修正複判定係數(R^2)為0.80。然而巴士抽樣之PSI模式其修正複判定係數(R^2)卻只有0.31，這顯示在台北市區之評分部份，小組評分員之評分結果良好，與客觀之儀器調查數值(MI)間有高度的解釋能力；相反地，臨時之巴士抽樣評分員之評分則與MI20間無此高度之關係。此結果顯示，雖然小組評分之變異數較抽樣評分之變異

情形為大，但是小組成員之評分趨勢卻明顯地比抽樣評員準確，因其評分結果與客觀之糙度指標有較高之相對關係。因此就小組評分員之評分結果而言，應屬準確可用。

然而在表5.2，小汽車及巴士小組評分之PSI模式中卻含有係數為正號之自變數(B3, D3)。這與AASHTO鋪面設計公式中，PSI模式之觀念相違背：因為PSI指標的最大值為5.0，而模式中的變數均為破壞；因此依照正常的情形是，破壞愈多PSI的數值應該愈小。所以若模式中變數之係數出現正號，則為不正常之現象。若詳細分析此兩變數與因變數間之相關係數可發現其間之關係並不高，其相關係數如下表5.4所示。由表中可發現其與PSI及MI20之相關趨勢正常，但B3變數之相關係數較小。

表 5.4 部份破壞變數與PSI之相關係數對照表

相關係數	B3 (面層滑動)	D3 (人孔高差)
PSI-car	-0.12	-0.24
PSI-bus	-0.13	-0.14
PSI-rn	-0.04	-0.07
MI80	0.17	0.39

資料來源：本研究整理

PSR vs. B3(面層滑動 $r=-0.12$)(進入次序二)

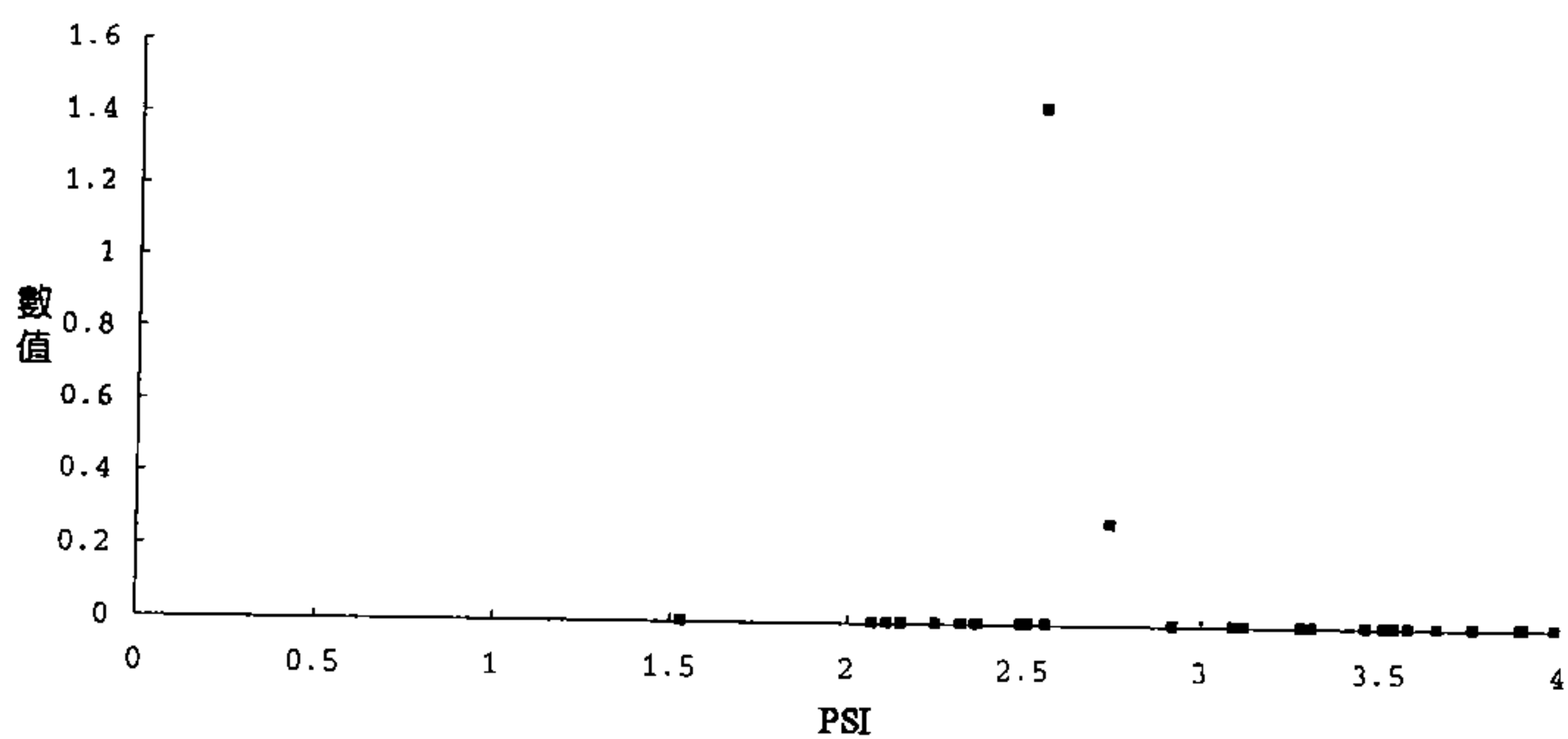


圖 5-1 面層滑動與評分數值對照圖

PSR vs. D3(人孔高差 $r=-0.26$)(進入次序四)

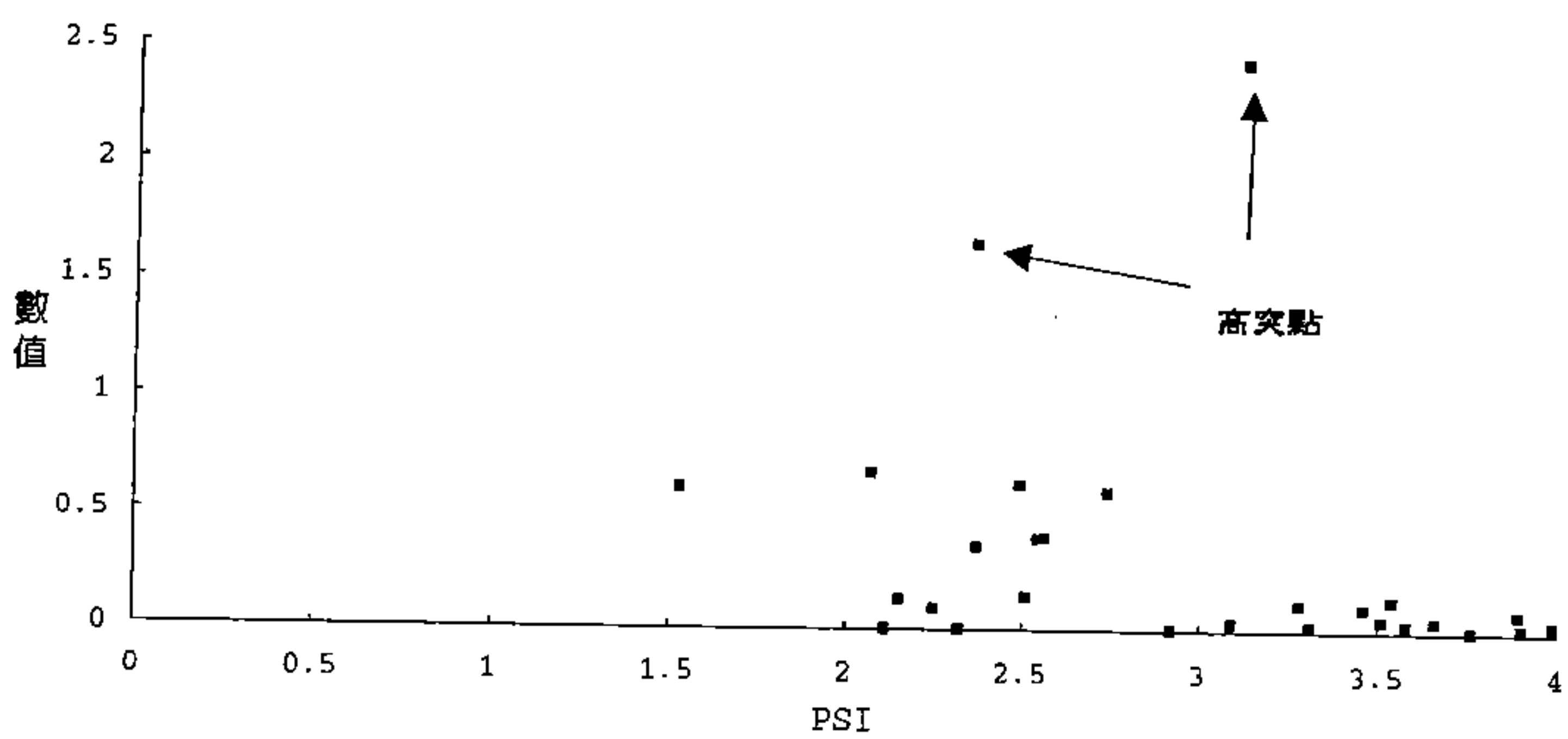


圖 5-2 人孔高差與評分數值對照圖

若將B3資料與PSI資料繪圖之後，從圖5-1中不難發現B3變數中只有兩個數值為非零值，其他數值均為零值，這顯示此項破壞（面層滑動）在研究路段上出現的機率甚小，且在一般道路上此破壞亦不多見。另D3與PSI資料之趨勢亦繪圖檢視之，可發現圖5-2之資料點中有兩路段之數值甚大，表示此兩路段之此項破壞（人孔高差）出現較多，而高突點的出現可能是迴歸模式出現正號的原因。

5.1.2 國道

本研究於國道之實驗路段共有25段，所蒐集之資料有：小汽車小組評分、巴士小組評分、及巴士抽樣人員之評分資料，破壞調查資料及梅氏儀糙度資料。分析模式中之因變數為小汽車評分(PSRcar)、巴士評分(PSRbus)、巴士抽樣評分(PSRm)、及梅氏指標(MI80)等四項。自變數與先前之分析相同，為十二項破壞及MI80，共十三項。其部份破壞資料如下表5.5所列。

表 5.5 國道PSI模式發展變數資料(部份)

路段代碼	PSRCAR	PSRBUS	PSRRN	MI80	A1	A2	A3
1	3.90	3.32	2.40	4.10	0.00	0.00	0.00
2	3.90	3.55	2.90	5.18	0.00	0.00	0.00
3	4.01	3.72	3.11	2.97	0.00	0.00	0.00
4	3.92	3.45	2.38	4.63	0.00	0.00	0.00
5	3.81	3.62	2.42	4.82	0.06	0.00	0.00
6	3.79	3.74	3.12	4.99	0.02	0.00	0.00
7	4.02	3.96	3.52	2.73	0.01	0.00	0.00
8	3.94	4.04	3.43	4.31	0.00	0.00	0.00
9	3.41	3.63	2.56	5.14	0.00	0.00	0.00
10	3.99	4.03	3.18	4.94	0.00	0.00	0.00
11	3.96	4.02	3.31	3.21	0.04	0.00	0.00
12	4.14	4.11	3.18	4.91	0.00	0.00	0.00
13	4.02	4.13	3.06	4.26	0.00	0.00	0.00
14	4.03	3.95	2.98	6.60	0.00	0.00	0.00
15	3.88	3.82	2.71	4.58	0.00	0.00	0.00
16	3.54	3.44	1.93	5.87	0.01	0.00	0.00
17	3.61	3.83	2.40	2.39	0.04	0.00	0.00
18	3.92	3.91	2.72	3.68	0.00	0.00	0.00
19	3.87	3.78	2.76	3.79	0.00	0.00	0.00
20	3.84	4.06	3.00	3.11	0.00	0.00	0.00
21	3.98	4.02	3.19	5.37	0.03	0.00	0.00
22	4.17	4.05	3.10	4.15	0.01	0.00	0.00
23	4.12	3.94	2.98	3.69	0.00	0.00	0.00
24	4.07	4.10	3.04	3.17	0.00	0.00	0.00
25	4.00	3.17	4.01	.0000	0.00	0.00	0.00

資料來源：本研究整理

利用上述資料分析得到之國道初步PSI模式，可整理如下表5.6。由表5.6中可發現國道PSI模式之發展結果並不理想：小汽車小組評分之PSI模式其修正複判定係數為0.19；巴士小組評分所發展之PSI模式之修正複判定係數只有0.14，同時巴士乘客抽樣評分之相對PSI模式，其修正複判定係數也只有0.32。而糙度之破壞函數MI80之模式修正複判定係數亦只有0.19。

表 5.6 國道PSI模式初步發展

國道	PSI公式	R ²	
小汽車	$PSI=3.93-0.073*(D1)$	0.19	(式5-5)
巴士	$PSI=3.57-0.08*(D1)$	0.14	(式5-6)
巴士抽樣	$PSI=2.96-0.2*(D1)$	0.32	(式5-7)
糙度	$MI80=111.2*(A1)$	0.19	(式5-8)

資料來源：本研究整理

仔細探究其原因可發現：由於國道鋪面破壞較少，使得鋪面之舒適度等級變化不大，難以自成一個分析系統。輕微的鋪面破壞可被糙度調查儀器所感應；然而當汽車行駛於此鋪面時，經由避震系統傳達之乘坐感受並不易被汽車乘客所感受到。如此導致評分員在國道進行評分工作時不易分辨細微變化的鋪面等級。如此現象反應在小組評分的結果是：現況服務力評分(PSR)與破壞及儀器糙度數值之間的關係並不明顯。若研究PSR與MI80之關係可發現：評分員之評分並無法由儀器糙度數值得到令人滿意之解釋，即小組評分之趨勢無法與MI80建立起緊密的關係；其數據分佈圖如圖5-3所示。

國道評分比較

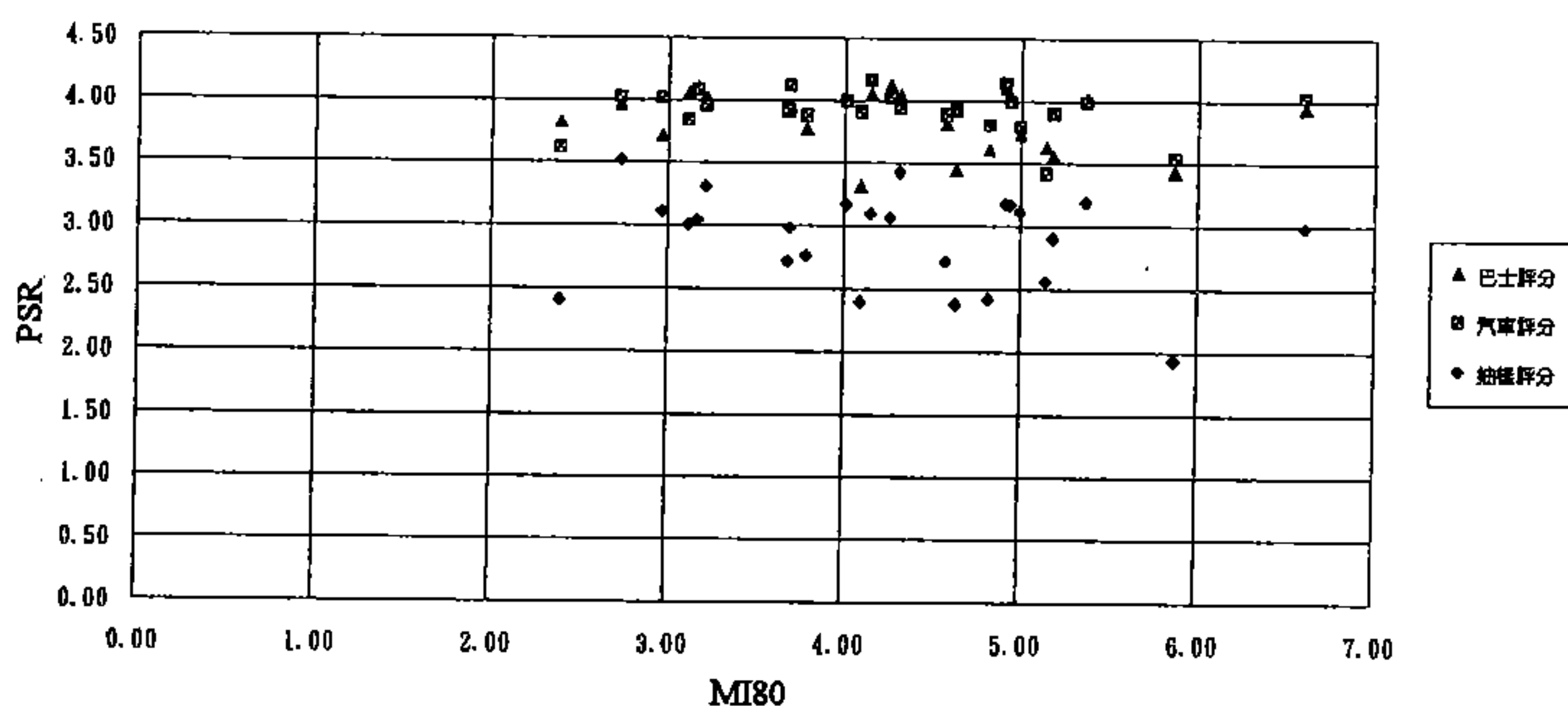


圖 5-3 國道評分與梅氏指標之關係圖

由於目前國道的破壞多集中於上下坡路段及收費站附近路段，至於一般路段或有些許破壞，但其舒適度等級仍較為接近，且亦因國道行車速度甚快，因此評分員之人為評分無法感應到如此細微之差異。此外，由於國道之破壞較不明顯，使得破壞調查所得之資料中有許多為零值，如此亦影響了PSI模式之發展及變數對於PSR之解釋能力。因此國道資料之應用應再配合其近似等級之道路系統一起發展PSI模式，以確保樣本之涵蓋範圍具代表性。

5.1.3 省道

在本研究中省道所蒐集之資料有：小汽車小組評分資料、破壞調查資料、及梅氏儀糙度資料。破壞資料之型式與其他地區之資料型式相同，為十二項破壞。其部份破壞資料如表5.7所列。

表 5.7 省道PSI模式發展變數資料(部份)

路段代碼	PSRCAR	MI	A1	A2	A3	B1	B2	B3
1	3.46	8.80	0.23	0.00	0.35	51.40	0.01	0.00
2	3.51	8.98	0.16	0.00	2.38	0.00	0.00	0.00
3	3.47	6.69	0.00	0.00	0.00	12.80	0.04	0.00
4	3.67	7.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	2.11	15.02	0.00	0.00	0.00	51.40	0.00	0.00
6	1.98	11.15	0.00	0.00	0.48	51.40	0.00	0.00
7	1.79	13.32	0.43	0.00	1.01	51.40	0.00	0.00
8	3.58	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	3.25	11.44	0.00	0.01	2.16	51.40	0.00	0.00
10	3.37	9.25	1.17	0.17	0.24	37.80	0.00	0.00
11	3.21	8.67	0.06	0.00	0.16	25.70	0.00	0.00
12	2.97	12.98	0.00	0.00	1.42	12.80	0.00	0.00
13	3.38	8.93	0.00	0.00	0.04	12.80	0.00	0.00
14	3.22	6.68	0.00	0.00	1.71	12.80	0.00	0.00
15	2.12	14.61	0.13	0.00	0.20	37.80	0.00	0.00
16	2.28	11.93	0.13	0.10	3.93	0.00	0.00	0.00
17	1.97	16.34	0.06	0.00	1.25	37.80	0.00	0.00
18	2.31	12.71	0.01	0.06	0.27	12.80	0.00	0.00
19	3.16	6.39	0.00	0.00	0.00	12.80	0.00	0.00
20	3.60	9.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	3.95	6.21	0.00	0.00	0.00	12.80	0.00	0.00
22	3.90	7.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	4.02	6.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	3.27	9.05	0.00	0.00	0.26	37.80	0.00	0.00

資料來源：本研究整理

表 5.8 省道PSI模式初步發展

省道	PSI公式	R ²	
小汽車	$PSI=4.70-0.01*(B1)+7.85*(D3)-0.15*(MI20)$	0.82	(式5-9)
糙度	$MI=2.93*(A3)+0.24*(B1)$	0.76	(式5-10)

資料來源：本研究整理

初步發展所得之省道PSI模式可整理如上表5.8。由表中可發現省道部份之PSI模式有較高之複修正複判定係數(R²)0.82，這表示省道

之破壞資料及糙度資料對於主觀之鋪面服務力評分(PSR)有較高之解釋能力。而破壞資料對於儀器糙度調查資料亦有0.76的解釋能力。然而初步所得之省道PSI模式中(式5-9)之變數D3卻有正號之係數，這與台北地區發展PSI模式時遭遇相同的問題。

若仔細分析省道之破壞變數D3資料與PSR評分之相關係數可發現如表5.9：

表 5.9 破壞項目D3與PSR之相關係數

相關係數	D3
PSI-car	0.214
MI80	-0.08

資料來源：本研究整理

變數D3與PSR間之相關並不正常，因其與PSR成正相關，這表示破壞D3愈多PSI數值愈高，與判斷邏輯不符。因此嘗試將國道及省道之資料合併重新分析。合併之資料共有49段路段之資料，所發展之初步PSI模式如下表5.10所列。

表 5.10 國、省道PSI模式初步發展

國省道	PSI公式	R ²	
小汽車	$PSI = 4.54 - 0.007 \cdot (B1) + 6.01 \cdot (D3) - 0.14 \cdot (MI80)$	0.81	(式5-11)
糙度	$MI80 = 2.16 \cdot (A3) + 0.2 \cdot (B1) + 0.42 \cdot (D1)$	0.67	(式5-12)

資料來源：本研究整理

由表5.10發現：國省道合併之PSI模式中(式5-11)，變數D3（人孔高差）之係數仍為正號。若分析其與因變數的相關性，可發現結果如下表5.11。但由表中之相關係數看出：變數D3與PSI之相關性不大，但整體上之相關趨勢仍屬正常。

表 5.11 相關係數對照表

相關係數	D3
PSI-car	-0.08
MI80	0.22

資料來源：本研究整理

此現象與前分析所遭遇之問題相同，均需再深入分析探討，以建立更佳之PSI模式。

5.2 PSI模式改善

先前於5.1節發展PSI模式時所採用的方法為，單一應變數與十三個自變數進行逐步迴歸。而由5.1節所得之結果可發現，由於資料型態及數值大小的影響，使得迴歸模式中自變數的種類及其係數均不合乎要求。

就AASHO之PSI模式發展之精神而言[19]，變數之選擇方式為調查研究鋪面上所有的破壞資料，再由破壞變數中選出最具有影響性的自變數，再進行自變數型態之轉換。模式發展之方向自此即集中於自變數型式之最佳化。最後出線的破壞變數有：車轍、裂縫、及修補面破壞等三項。

利用「逐步迴歸方法」找出最佳自變數組合是發展多元迴歸的一種方式。然而，利用迴歸方法發展預測模式亦有若干假設前題。首先參與迴歸的自變數之間應互相獨立。然本研究所選用之自變數群中，極難要求所有的自變數均互相獨立。如此一來，利用多元迴歸法發展之PSI公式在先天上即無法完全滿足假設之要求。此外，迴歸分析的另一假設為自變數之資料應為常態分佈。若單一自變數的資料較多時，較容易達到常態分佈的要求；但若資料量不足以使其構成常態分佈時，自變數就無法達到迴歸分析之前題要求。

新的PSI模式分析方法稱為「破壞項目分類發展法」。此分析方法之基本架構為：先將破壞變數分成四大類：A類含有縱向及橫向裂

縫、及龜裂；B類為車轍、隆起與凹陷、及面層滑動；C類為坑洞、剝落、及冒油；D類為修補面破壞、薄層剝離、及人孔高差。分類的原則是將同一型態的破壞變數分成一組，因此共可將破壞變數分成四組。再將PSR分別與各破壞分類進行篩選，選出在此一分類中最有影響力的變數。之後，刪除已入選之變數，將其餘變數再與PSR進行分析，選出是否仍存在具有影響力的變數可以再進入模式中進行迴歸。這個分析法的前題是暫不考慮MI與破壞變數之間的關係，及MI與破壞變數間重覆解釋的疑慮；亦即將MI視為單一的變數加以處理。破壞項目分類發展法的研究流程可以圖5-4表示：

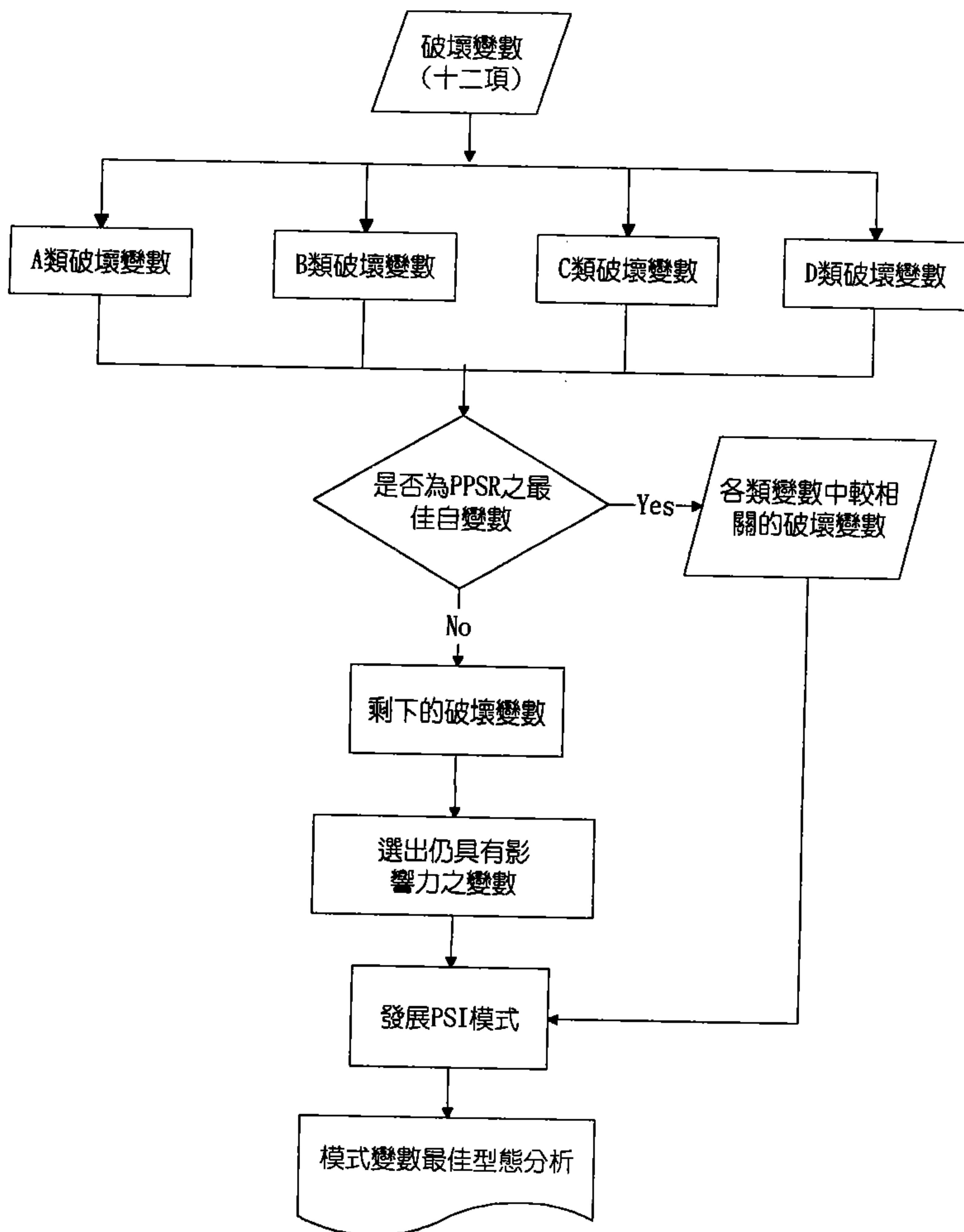


圖 5-4 破壞項目分類發展法分析流程

使用此分析方法的優點為模式中變數之係數較少出現正號的情形，而且迴歸變數的特性較易解釋。此乃因為迴歸的基本假設為自變數之間互相獨立，且變數之資料分佈為常態分佈；然而就先前分析模式之自變數而言，並不容易遵守這一個迴歸的原則。因此若使用破壞分類的原則進行分析則可改善此一現象。然而使用此法進行分析也有其缺點：其一是所出現的自變數可能較前用的「總體分析法」為少，也有可能某一類的破壞變數完全無法出現在迴歸模式之中；其二是同時也可能發生同一分類的破壞有兩個變數進入模式之中。此時就需要分析員進行自變數研究及其取舍。

於5.1節發展之PSI公式經殘差分析之後，發現MI變數可以再加以變換變數型式以得到更好的模式。因此進行PSR與MI80之曲線配適分析(Curve Fitting Analysis)，如圖5-5。經由所有PSR與MI80的資料分析之後，發現原有的線性變數型態並不是最佳的。分析所得較佳的變數型態有：自然對數(ln)、二次函數、三次函數、及線性函數等四種。其中，又以自然對數的變數型態最為簡化；而多次函數由於採用時將出現MI變數有一次項、二次項、或三次項的情形（如： $Y=f(X)=a+bX+cX^2+dX^3$ ），較為不便。因此本研究採用對數型態的變數轉換。

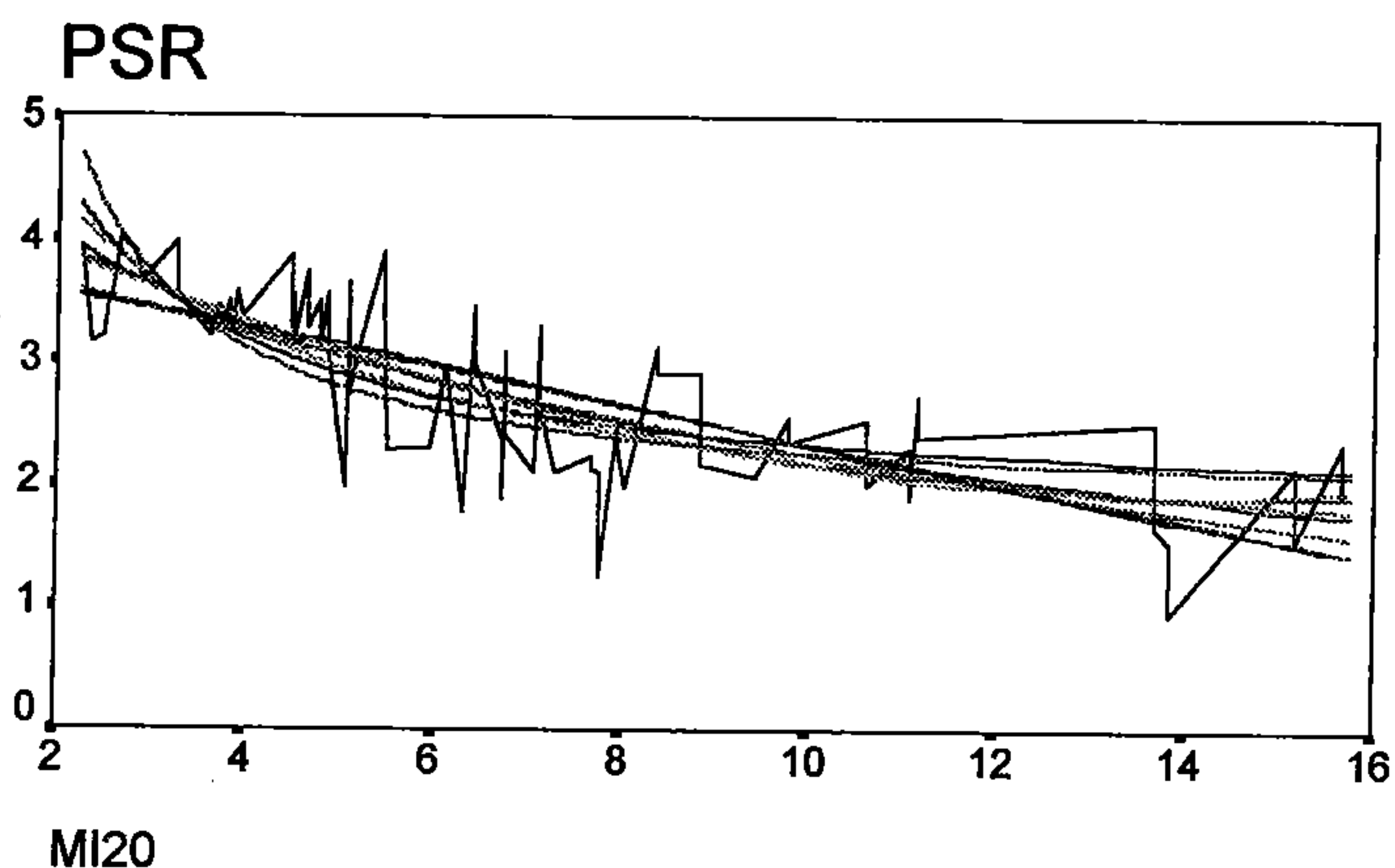


圖 5-5 PSR與MI之曲線配適結果

若採用 $\ln(MI)$ 變數及MI二次變數時，將使得PSI與MI20(測速20kph時之梅氏指標)的關係如下（分析採用台北小車、巴士、及省道小車之PSR及MI20資料）。由表5.12發現使用二次函數或自然對數之變數轉換所得之 R^2 差異不大，基於模式簡單化之原則，MI將採用自然對數之變數型態。

表 5.12 PSI與MI之關係式

變數型態	$PSI=f(MI20)$	(修正) R^2
二次函數	$PSI=4.64-0.37(MI)+0.013(MI^2)$	0.60
自然對數	$PSI=4.87-1.13[\ln(MI)]$	0.60

資料來源：本研究整理

5.2.1 台北市區

台北市區發展之PSI模式，可以將MI₂₀變數以自然對數之型態修正。若以台北市區之PSR資料而言，PSR與MI₂₀的曲線配適結果：自然對數(R²=0.70)、二次函數(R²=0.71)、三次函數(R²=0.69)、及線性(R²=0.62)。由此可見，MI₂₀變數採用自然對數的型態頗為合適。而修正之PSI模式如下表5.13所示。修正後之小汽車PSI模式其R²提高4%，針對巴士之修正PSI模式其R²提高2%。若將小汽車與巴士之PSI模式合併發展時，所得之模式亦整理於表5.13之中。由於迴歸分析之緣故，使得模式中之常數項略大於PSR之上限5.0。然此並不影響PSI模式之應用，因為在AASHO Road Test所發展之PSI模式中，亦發生常數為5.03的情形。

表 5.13 台北地區PSI模式（修正）

台北	PSI公式	(修正)R ²
小汽車	PSI=5.46-0.09(B1)-0.56(B2)-0.03(D1)- 1.15(lnMI ₂₀)	0.72
巴士	PSI=4.97-0.06(B1)-0.92(B2)-0.03(D1)- 1.13(lnMI ₂₀)	0.73
小汽車 &巴士	PSI=5.22-0.07(B1)-0.74(B2)-0.03(D1)- 1.14(lnMI ₂₀)	0.66

註：1)小汽車及巴士模式之R²提昇0.02-0.04

2)上表中各變數之名稱及單位為：

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

B2(隆起與凹陷)：隆起與凹陷所佔全路段面積之百分比(%)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

MI₂₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀之糙度指標(m/km)，於20kph時之測速

採用表5.13之PSI模式後之殘差分析如下圖5-6~圖5-9，分別以PSR與B1（車轍）、B2（隆起與凹陷）、D1（修補面破壞）、及ln(MI20)（梅氏糙度指標）繪圖。由下圖中可看出殘差之分佈已合乎迴歸分析之要求，因此台北地之PSI模式發展應屬完整。

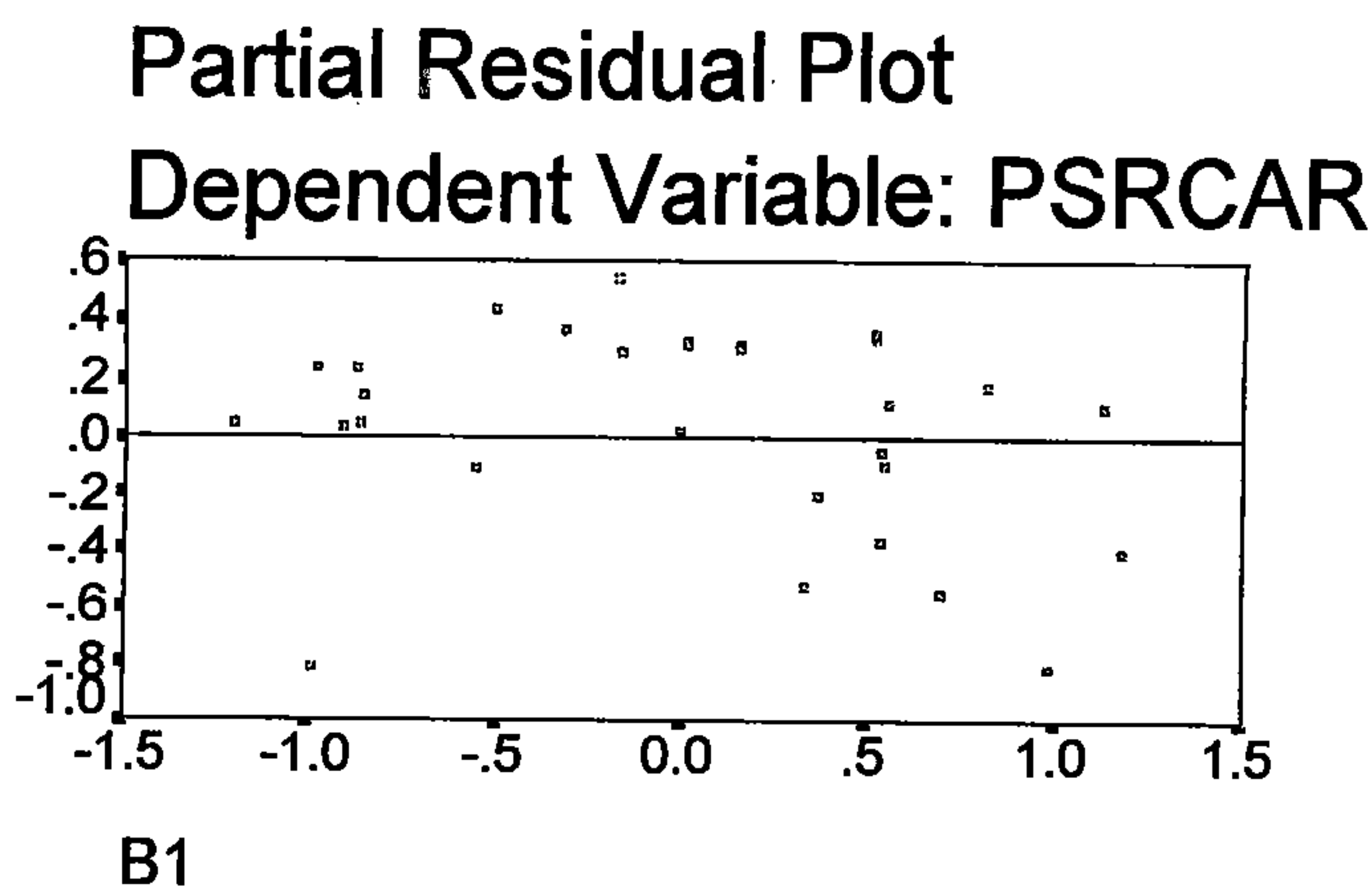
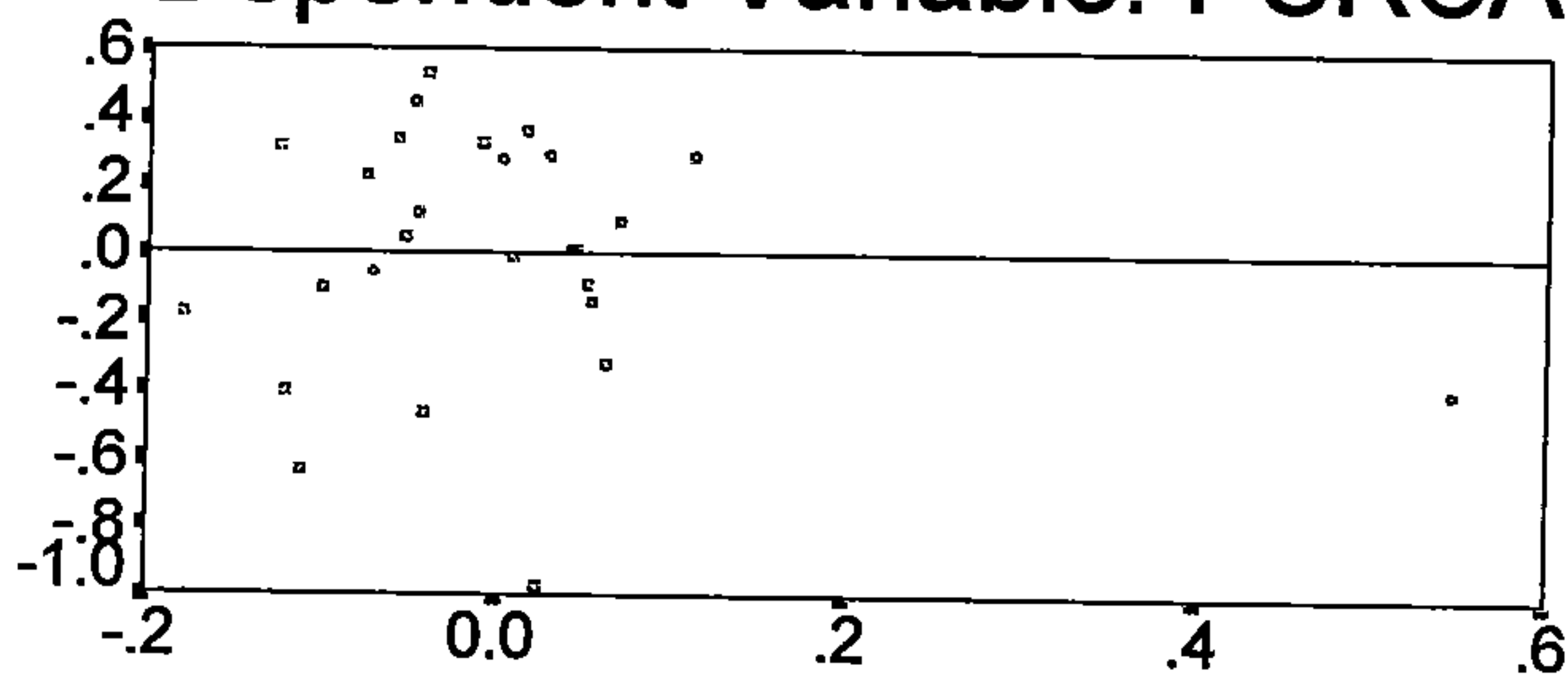


圖 5-6 PSR與B1(車轍)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSRCAR

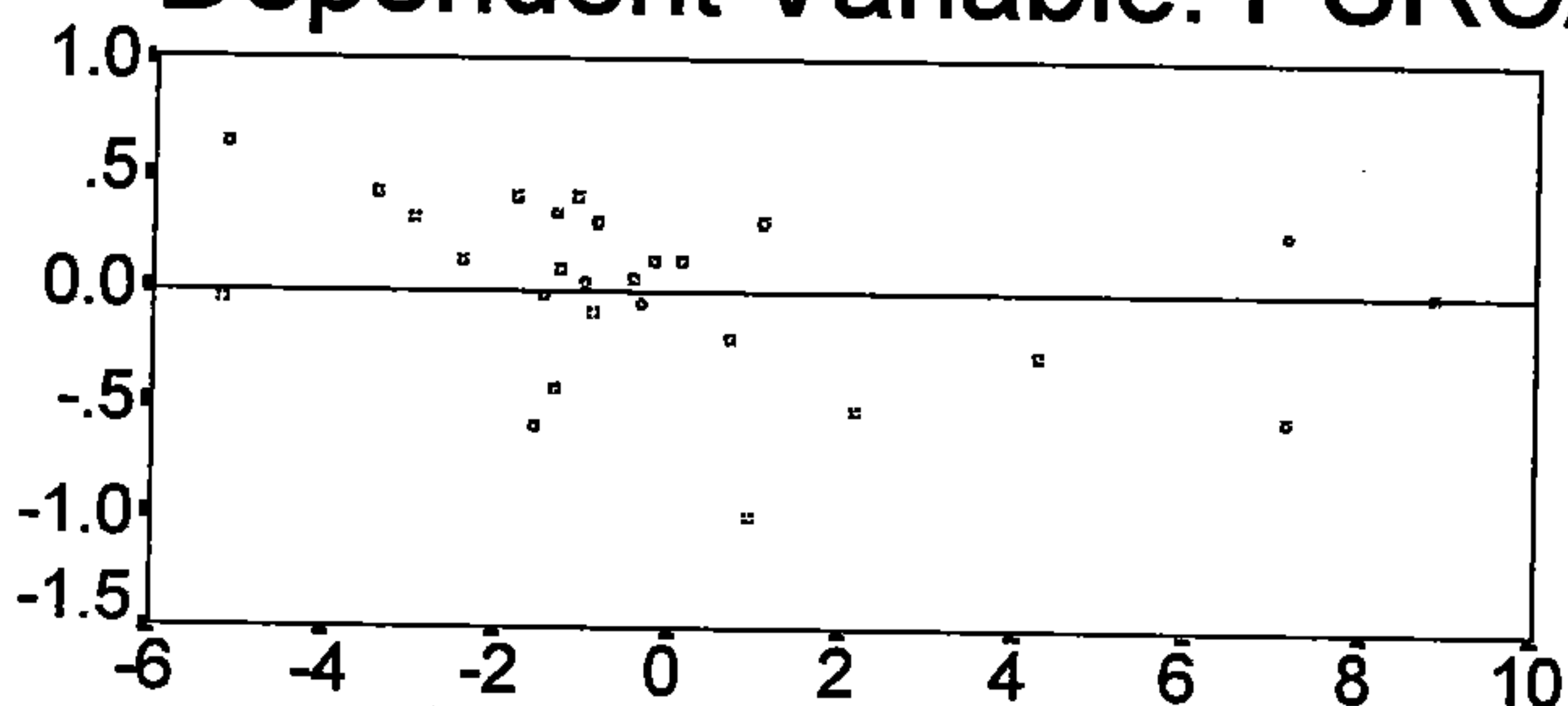


B2

圖 5-7 PSR與B2(隆起與凹陷)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSRCAR



D1

圖 5-8 PSR與D1(修補面破壞)之殘差分析

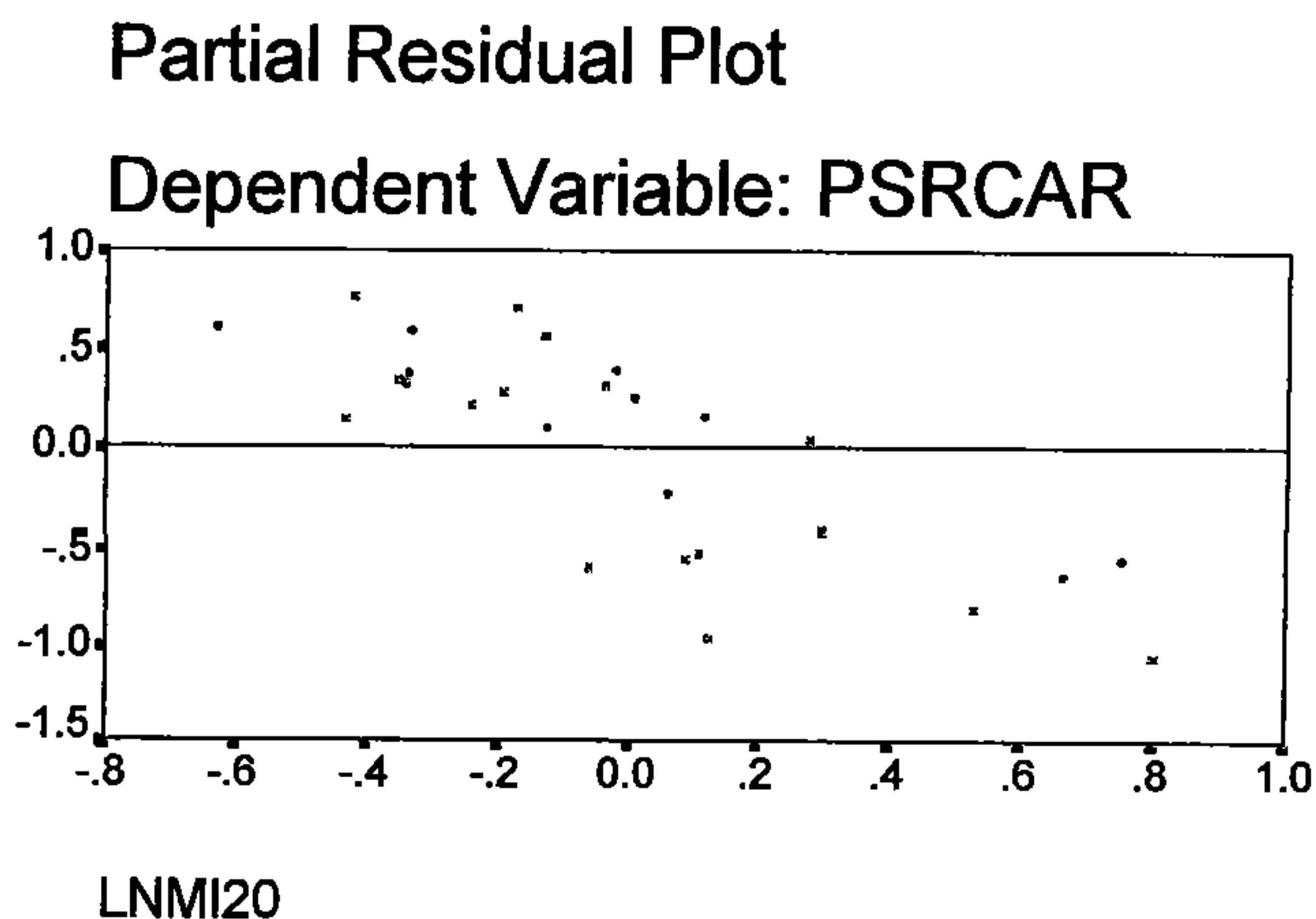


圖 5-9 PSR與ln(MI)(梅氏糙度指標)之殘差分析

5.2.2 國道與省道

省道調查資料之PSI模式分析採用與台北市相同的「破壞項目分類發展法」進行模式發展工作。首先分析PSR與MI之間較佳之變數型態發現，仍以線性、自然對數、二次函數、及三次函數較佳。其曲線配適之 R^2 分別為：0.72, 0.68, 0.70, 0.73。雖然自然對數之解釋度並非最佳，但為顧及PSI模式之變數型態一致性，MI變數仍採用自然對數之型態進行分析。所得之省道PSI模式為表5.14所列，模式中之破壞變數有龜裂、車轍、及薄層剝離等三項。

表 5.14 省道PSI模式（修正）

省道	PSI公式	(修正)R ²
小汽車	$PSI=4.74-0.07(A3)-0.19(B1)-2.95(D2)-1.04(\ln MI_{20})$	0.78

註：1)小汽車模式之R²降低0.03

2)上表中各變數之名稱及單位為：

A3(龜裂)：龜裂所佔全路段面積之百分比(%)

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)

MI₂₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀之糙度指標(m/km)，於20kph之測速

而由於國道資料不佳，較不適合發展單獨之PSI公式；因此將國道調查資料與省道資料合併，發展適用於國道及省道之PSI模式。然而由於國道上之柔性鋪面並無人孔高差(D3)破壞之出現，因此於分析過程中，將人孔高差之破壞變數摒除再進行PSI模式之發展。所得之PSI模式如表5.15所示，合併之PSI模式中含有：龜裂、車轍、修補面破壞、及薄層剝離等四項破壞變數。若將國道巴士小組之評分資料加入模式中進行分析，則可得到表5.15中所列之結果。所得之PSI模式與小車之模式相似，唯R²略為下降。

表 5.15 國、省道合併之PSI模式（修正）

國省道	PSI公式	(修正)R ²
小汽車	$PSI=4.80-0.11(A3)-0.22(B1)-0.02(D1)-4.27(D2)-0.67(\ln MI_{80})$	0.73
小汽車 & 巴士	$PSI=4.64-0.12(A3)-0.21(B1)-0.03(D1)-4.47(D2)-0.52(\ln MI_{80})$	0.71

註：1)小汽車模式之R²降低0.05

2)破壞項目中人孔高差(D3)不列入國道模式之內

3)上表中各變數之名稱及單位為：

A3(龜裂)：龜裂所佔全路段面積之百分比(%)

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)

MI₈₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀於80kph時之糙度指標(m/km)

5.2.3 綜合PSI模式發展

由前5.1及5.2節所發展之PSI模式係針對部份區域之資料進行分析，因此模式之適用性僅適用於此特定之地區。因此本研究另行發展一綜合性之PSI模式，使其適用於所有不同等級之道路鋪面。所採用之資料有：台北地區之小汽車及巴士資料、省道小車評分資料、及國道小車及巴士評分資料。分析結果列於表5.16之中。最後進入模式中之破壞變數有：車轍、隆起與凹陷、修補面破壞、及薄層剝離等四項破壞變數。

表 5.16 綜合PSI模式

PSI公式	(修正)R ²
$PSI=5.12-0.11(B1)-0.85(B2)-0.04(D1)-0.54(D2)-0.79(\ln MI_{80})$	0.74

註：1)破壞項目中人孔高差(D3)不列入模式之內

2)上表中各變數之名稱及單位為：

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

B2(隆起與凹陷)：隆起與凹陷所佔全路段面積之百分比(%)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)

MI₈₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀於80kph時之糙度指標(m/km)

此綜合柔性鋪面之PSI公式可適用於國道、省道、及市區道路之鋪面績效服務評估。此PSI模式之殘差分析圖如圖5-10~圖5-14所示。由圖5-14之殘差分析可發現，PSR的預測值與實際值之差異與 $\ln MI80$ 之間似乎仍存在有些許的關係。因此特將PSR殘差值與 $\ln MI80$ 糙度指標進行進一步的模式調整。經由分析結果顯示，圖5-14中的資料點分佈趨勢乃因座標軸放大的緣故；經由趨勢之曲線配適結果，其直線之解釋度只有0.009(修正 $R^2=-0.0099$)，而直線之斜率更只有 $-2.76E-16$ 。所以經由殘差分析之後，更可以肯定本研究所發展之PSI模式已符合迴歸分析法之要求。

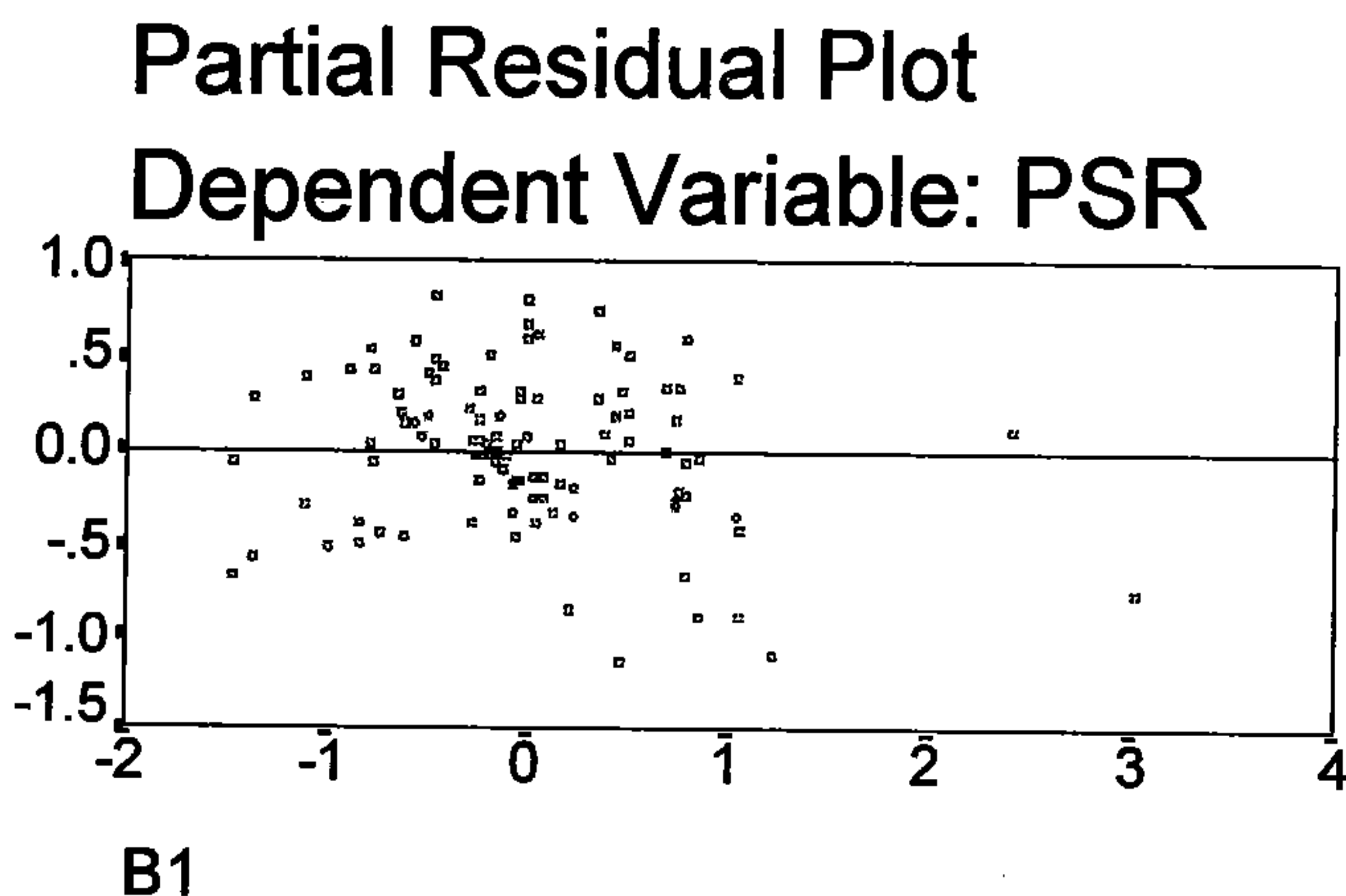
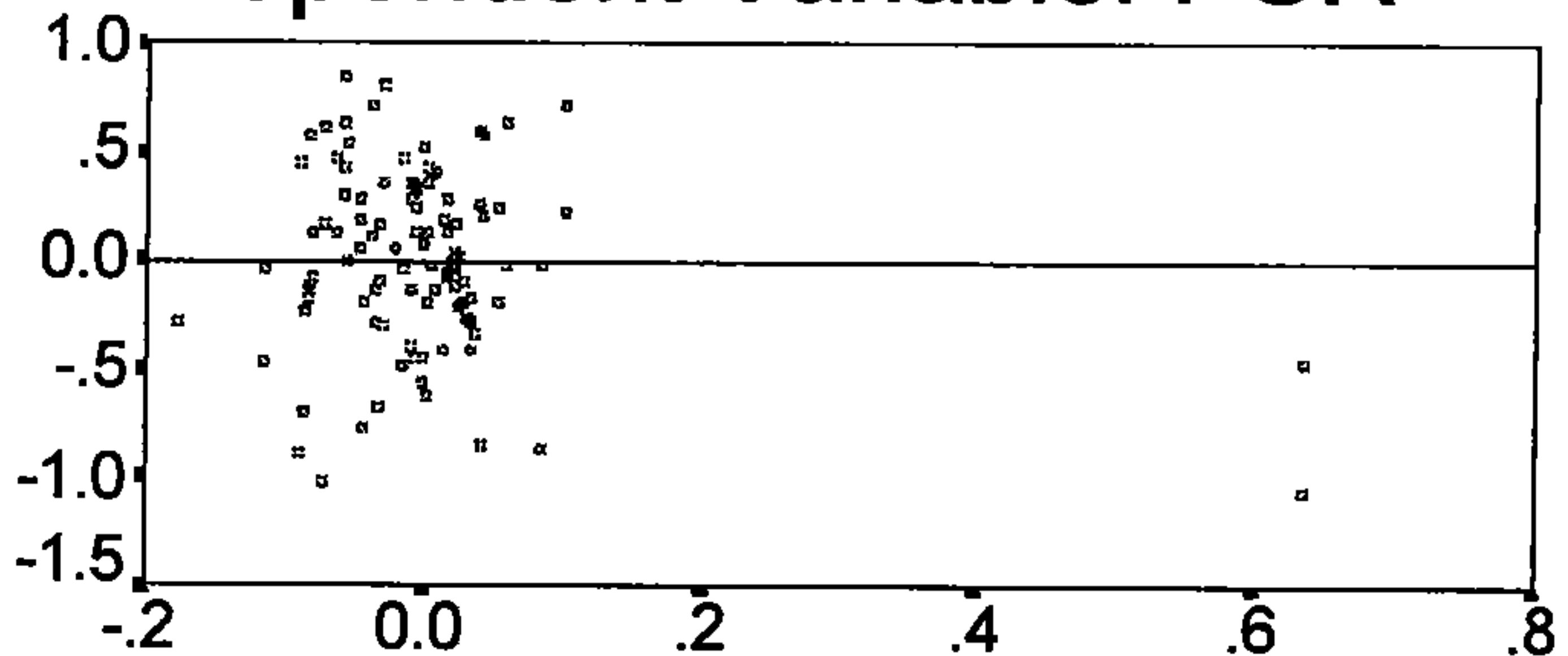


圖 5-10 PSR與B1(車轍)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSR

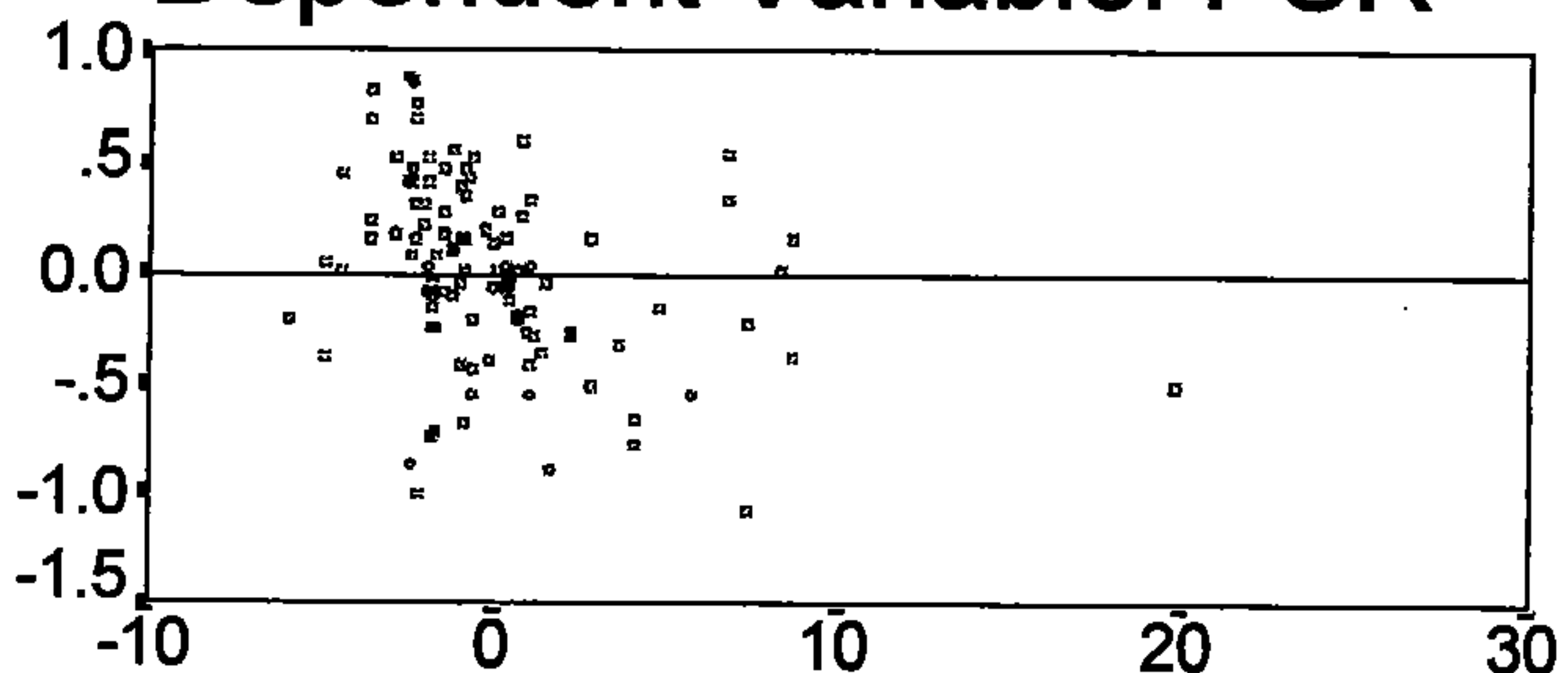


B2

圖 5-11 PSR與B2(隆起與凹陷)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSR

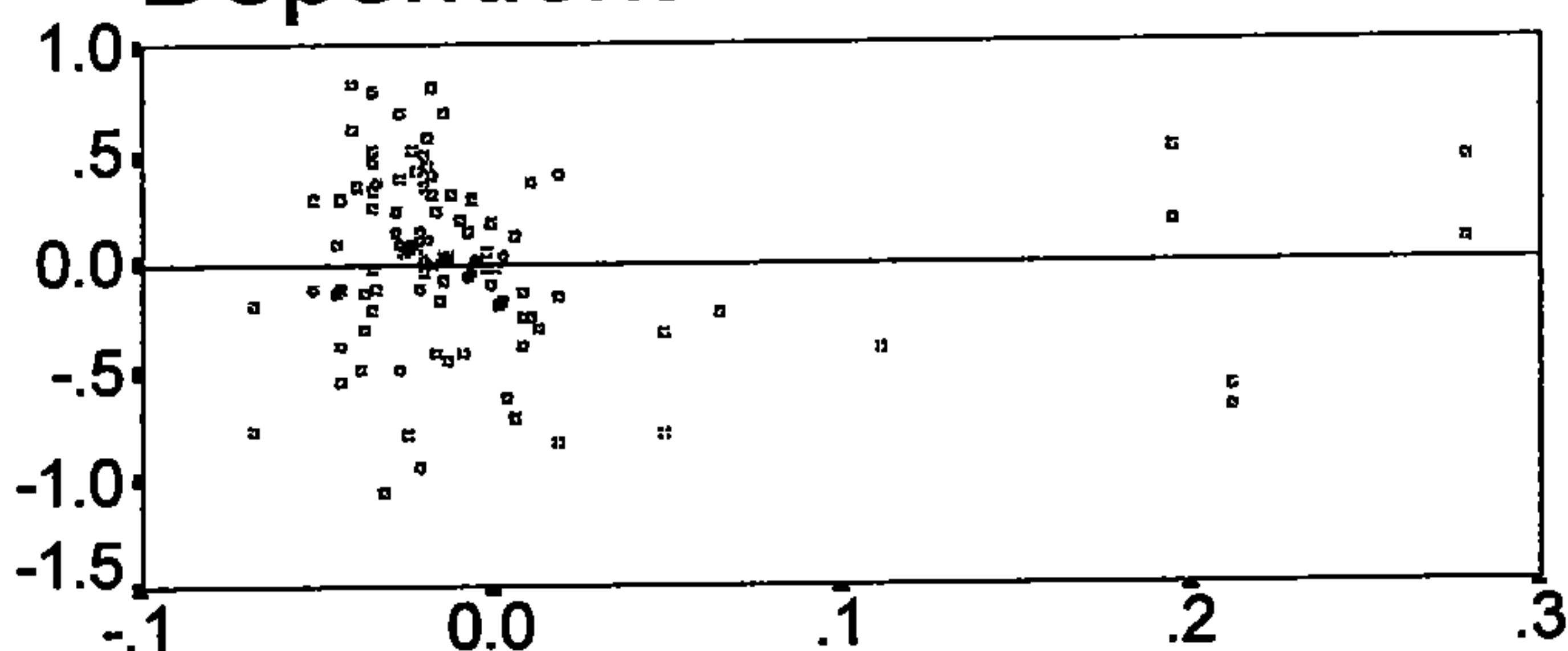


D1

圖 5-12 PSR與D1(修補面破壞)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSR

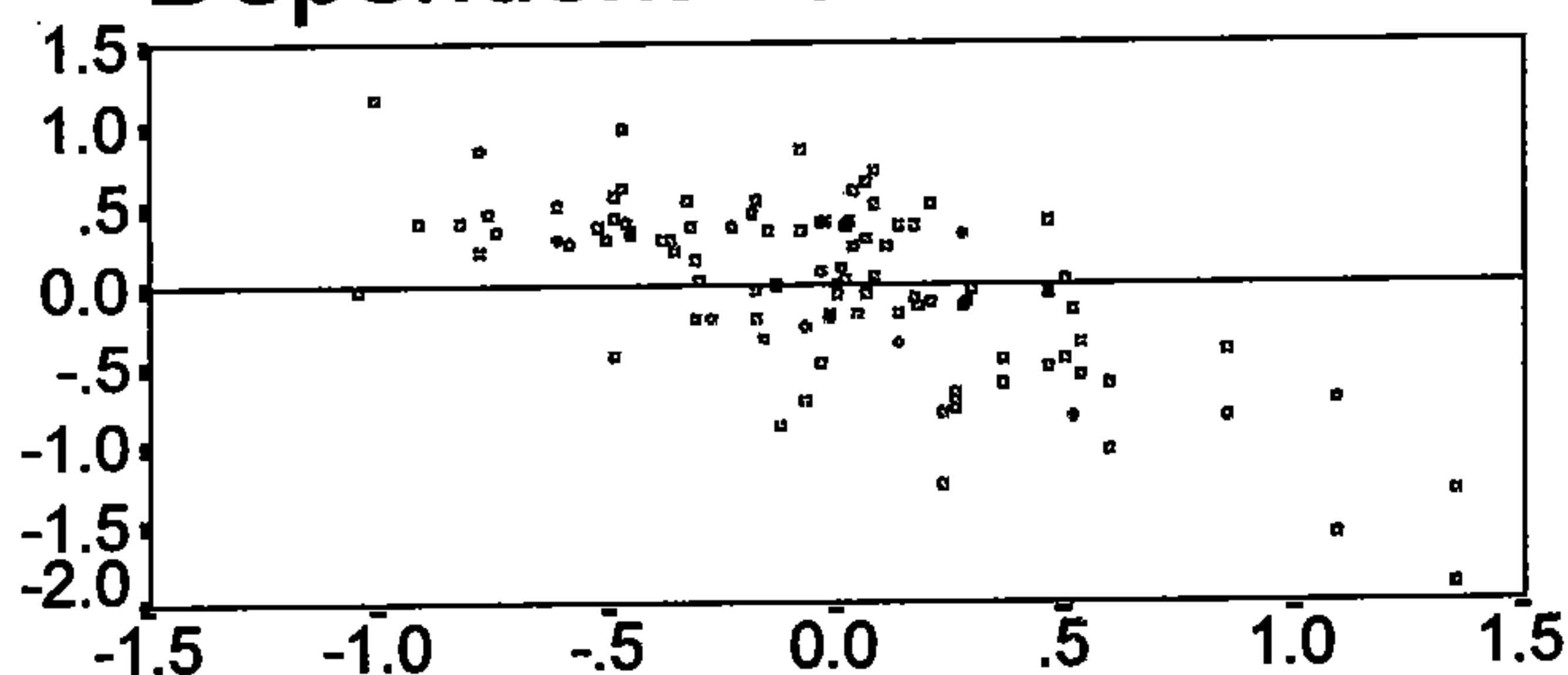


D2

圖 5-13 PSR與D2(薄層剝離)之殘差分析

Partial Residual Plot

Dependent Variable: PSR



LNMI80

圖 5-14 PSR與ln(MI80)(梅氏糙度指標)之殘差分析

若比較市區、國省道、及綜合PSI模式之變數差異，可列表5.17比較之。由表中可明顯地看出，不同等級道路之PSI模式中的破壞變數略有差異，共同的破壞是「車轍」及「修補面破壞」；而「隆起與凹陷」及「薄層剝離」則為次重要的破壞變數。

表 5.17 不同之PSI模式變數比較表

破壞形態	代號	說明	市區	國省道	綜合
A	A1	縱向裂縫			
	A2	橫向裂縫			
	A3	龜裂		✓	
B	B1	車轍	✓	✓	✓
	B2	隆起與凹陷	✓		✓
	B3	面層滑動			
C	C1	坑洞			
	C2	剝落			
	C3	冒油			
D	D1	修補面破壞	✓	✓	✓
	D2	薄層剝離		✓	✓
	D3	人孔高差			

註：符號「✓」表示PSI模式中含有此項變數

資料來源：本研究整理

本模式發展至此，可發現綜合PSI模式之各個自變數對用路人主觀感受之服務能力有相當解釋力，故本模式應為確實可行。同時由模式最後選擇之自變數亦可看出其與AASHTO PSI 模式有所異同，相同之處更加肯定本模式之正確性，而相異處則突顯了本土化之重要性。

5.3 柔性鋪面終極服務力指標

柔性鋪面終極服務力指標(Terminal Serviceability Index, P_t)係以PSI的觀點，再加上用路人對於相對路段乘車舒適性之最低接受度，綜合而得到之指標。此一指標可用以顯示一般用路人對於不同地區、不同道路等級鋪面行車品質之可忍受程度的下限。藉由終極服務力指標之發展，相關道路主管機關可明瞭一般用路人對於鋪面之忍受程度為何，且可以了解用路人對於不同等級道路的品質要求，進而利用終極服務力指標進行鋪面最佳維修時機之選擇。

本研究嘗試發展研究範圍內(台北市區、國道、及省道)之柔性鋪面終極服務力指標，以下分別就台北地區及國省道進行討論。

5.3.1 台北市區

台北市區進行的小組評分有：小汽車小組、公車小組、及公車抽樣三大部份。因此分別就上述三項評分進行終極服務力指標之分析。在台北市區之單一項目之評分，所蒐集之樣本數為27個路段之評分資料。而分析方法為針對單一路段中，所有評分員對此一路段鋪面品質之接受度百分比(%)，與單一路段之評分員平均給分(Mean Panel Rating, MPR)進行曲線配適的分析，以找出MPR與不接受百分比(%)之間的關係。分別以台北地區所蒐集之各項資料進行分析，所得的最佳曲線配適結果如表5.18所列。

表 5.18 台北市區鋪面終極服務力指標分析結果整理

台北市區	迴歸公式	樣本數	R ²	$P_t(50\%)$
小汽車小組	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.045) + 3.65$	27	0.89	1.40
公車小組	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.027) + 3.15$	27	0.94	1.80
公車抽樣	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.023) + 3.29$	25	0.46	2.14
整體分析 ¹	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.031) + 3.37$	79	0.80	1.82

註：1)整體分析係將前三項資料加以整合再進行分析

2)沿用AASHTO之50%不接受人數進行分析

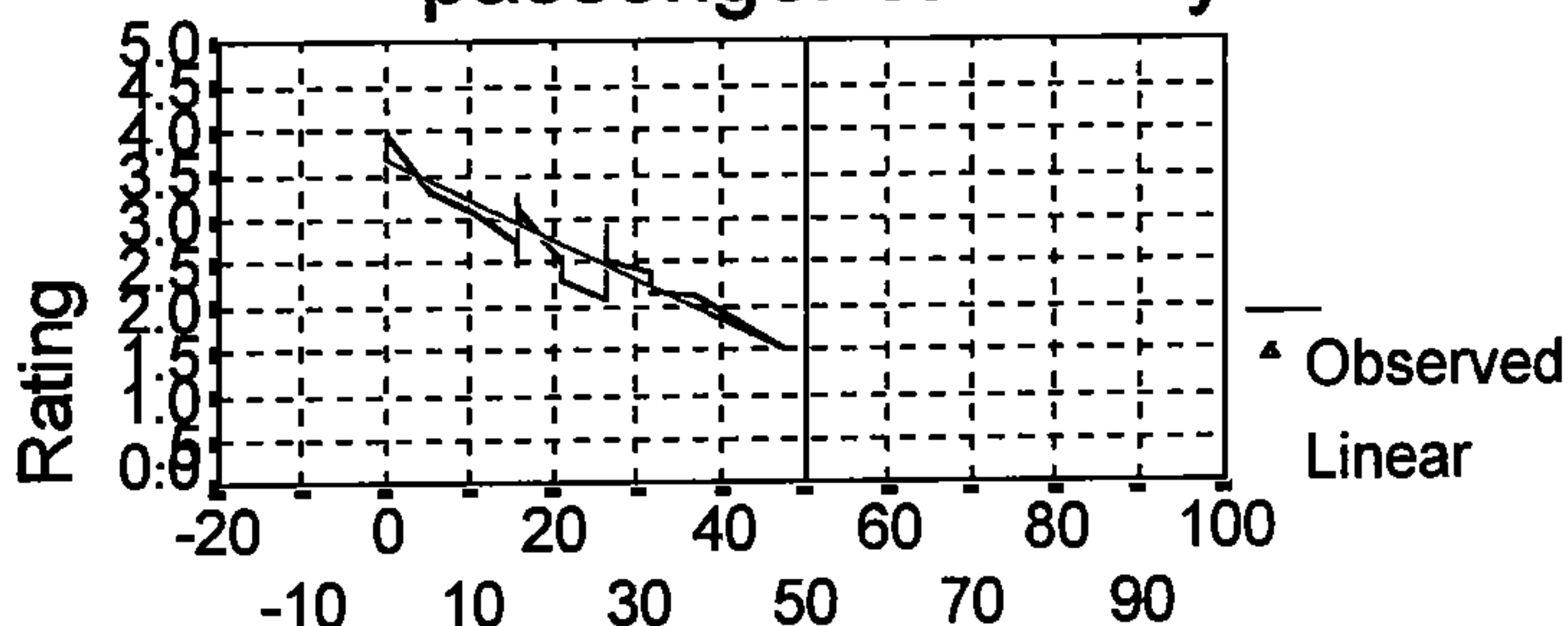
資料來源：本研究整理

由分析之結果可發現，除了公車抽樣一項之曲線配適解釋度較低($R^2=0.46$)外，其餘分析之曲線配適結果頗佳。所得之鋪面終極服務力指標 P_t 介於1.4至2.1之間。然而上述結果係以不接受度50%之門檻所求得之指標；如此一來就面臨使用迴歸曲線方式之問題。此問題可由小汽車小組評分之配適曲線看出，如下圖5-15。

從圖5-15可發現，小組評分員於進行小汽車評分時，對於鋪面之接受度較高；最差鋪面相對之評分員不可接受百分比亦只有45%左右。因此若以迴歸分析的原則而言，此分析模式之適用範圍只限於自變數介於0%至45%之間。然而以此模式求取 P_t 時，必須以外插的方式才能求得50%或85%(AASHTO)不可接受度時之 P_t 。因此所求得之結果亦包含有迴歸線外插的誤差存在。

Acceptance Level in Taipei

passenger cars only



NOTAPTPP

圖 5-15 台北市區小汽車小組評分接受度配適曲線

因此本研究將台北市區調查所得之資料綜合之並進行分析，如此一來即不會面臨迴歸模式外插之困擾。然而使用此一模式結果時必須有一個假設前題存在：鋪面終極服務力指標與交通工具無特別之關係；即評分員對於鋪面品質之接受度不因不同的交通工具而異。由圖所得之 P_t 為1.80，介於小汽車與公車分析結果之間。發展所得之接受度模式曲線如圖5-16。

由表5.18之結果可發現，小組評分員在市區鋪面進行小組評分時，對於鋪面品質之忍受程度受交通工具之影響，使得小汽車評分之 P_t 為1.40；而巴士小組評分之 P_t 則為1.80。推究其原因為：小組評分員普遍認為巴士之乘坐舒適度較差(可由評分較小汽車小組評分低看出)，因此對於鋪面行車品質之忍受度較低，使得 P_t 較高(1.80)；反

之，小汽車由於行車品質較佳(小組評分較巴士為高)，因此相對地評分員對於行車品質則較能忍受，所以 P_t 較低(1.40)。

Acceptance Level at Taipei

total available data

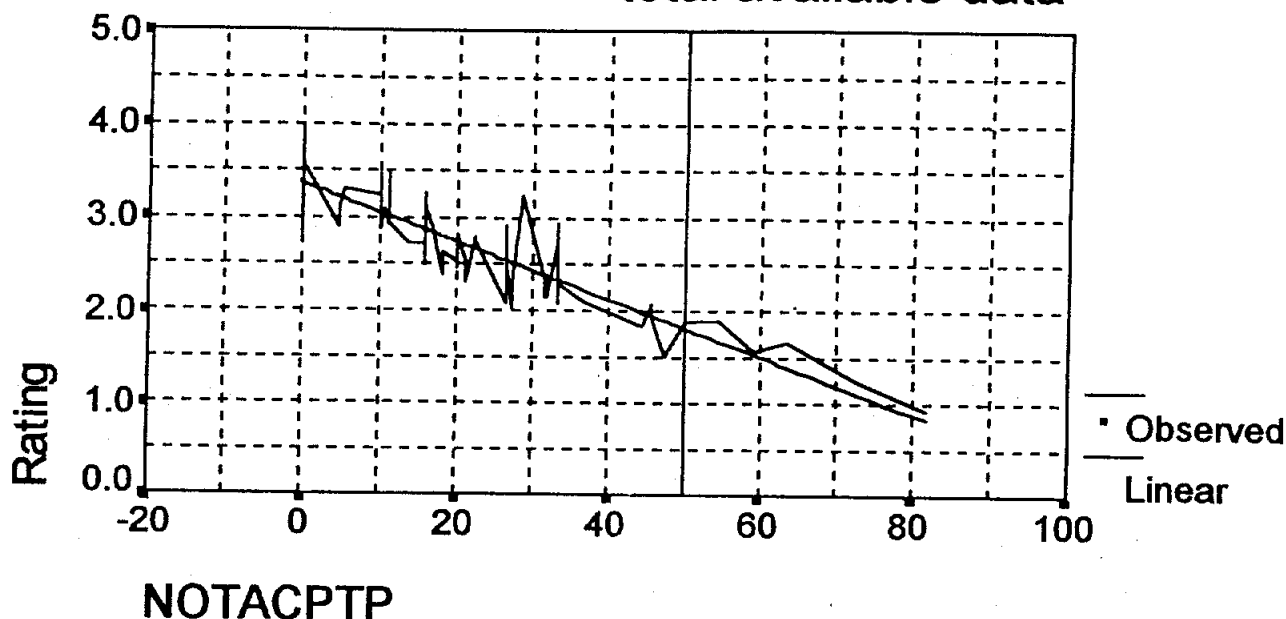


圖 5-16 台北市區鋪面終極服務力指標曲線分析圖

5.3.2 國道與省道

國道與省道之鋪面終極服務力指標分析方法與台北地區之模式相同。所得之分析結果列於表5.19至表5.21。國道分析部份，由於舒適度之不可接受百分比太小，因此資料之分析較為困難，國道資料之曲線配適結果可以圖5-17表示。由此所得之 P_t 為2.1左右(AASHTO Design Guide採用：國道 $P_t=2.5$, 50%不可接受度)。分析其原因是國道評分資料中，評分員之接受百分比高，如此使得不可接受百分比集中於0%~10%之間；而所得之 P_t 值係利用迴歸模式外插所致。因此

所得之結果包含了外插所引起之誤差，並且過份集中之資料點所得之迴歸模式亦含有相當程度的誤差。

表 5.19 國道鋪面終極服務力指標分析結果

國道路段	迴歸公式	樣本數	R ² 值	$P_t(50\%)$
小汽車	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.037) + 3.93$	25	0.19	2.08

資料來源：本研究整理

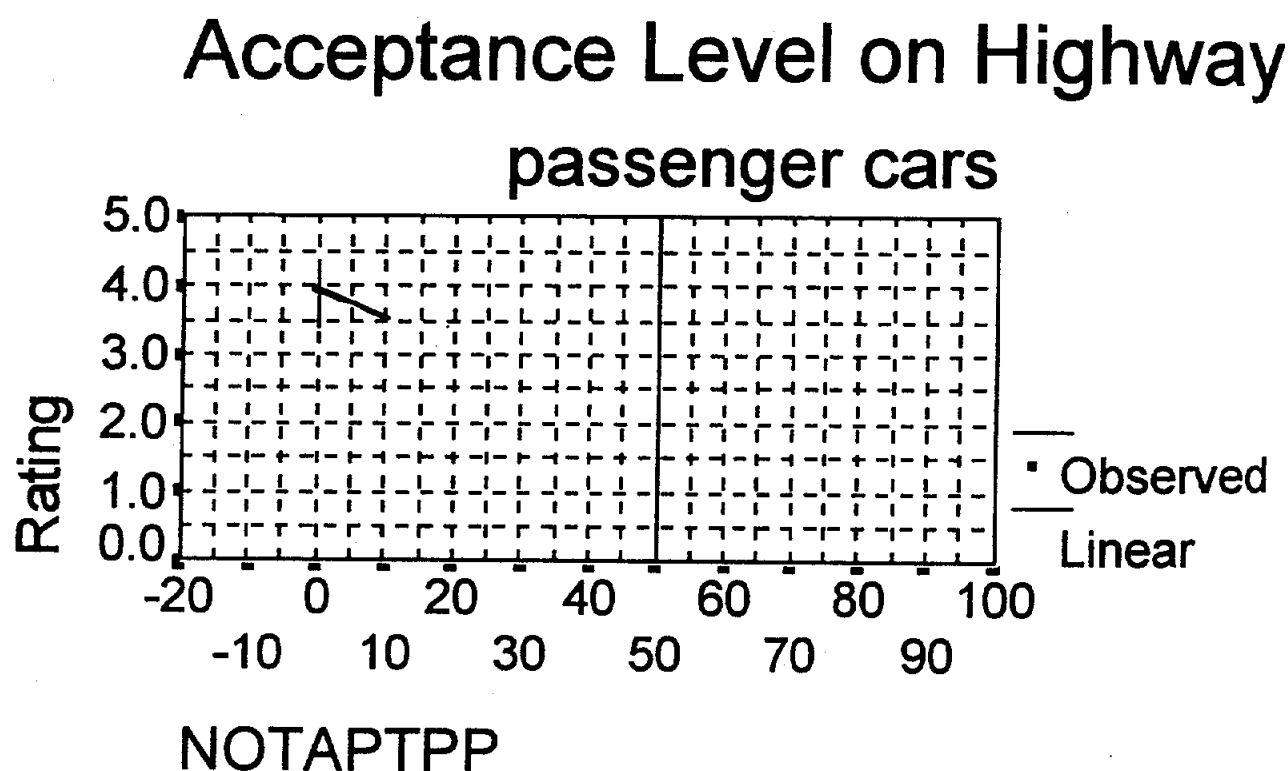


圖 5-17 國道鋪面終極服務力指標曲線配適分析

省道分析之結果列於表5.20。所得之結果亦不理想， P_t 值為1.2左右，而且不可接受度數值之範圍集中於0%~40%之間。若將國道與

省道之資料合併分析，所得之配適曲線列於表5.21。然而由下圖5-18發現，迴歸資料點仍集中於40%以下。

表 5.20 省道鋪面終極服務力指標分析結果

省道路段	迴歸公式	樣本數	R2值	$P_t(50\%)$
小汽車	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.049) + 3.61$	24	0.89	1.16

資料來源：本研究整理

表 5.21 國省道合併發展之鋪面終極服務力指標

國省道	迴歸公式	樣本數	R2值	$P_t(50\%)$
小汽車	$\text{Rating} = (\text{Notcpt}\%)(-0.056) + 3.82$	49	0.86	1.02

資料來源：本研究整理

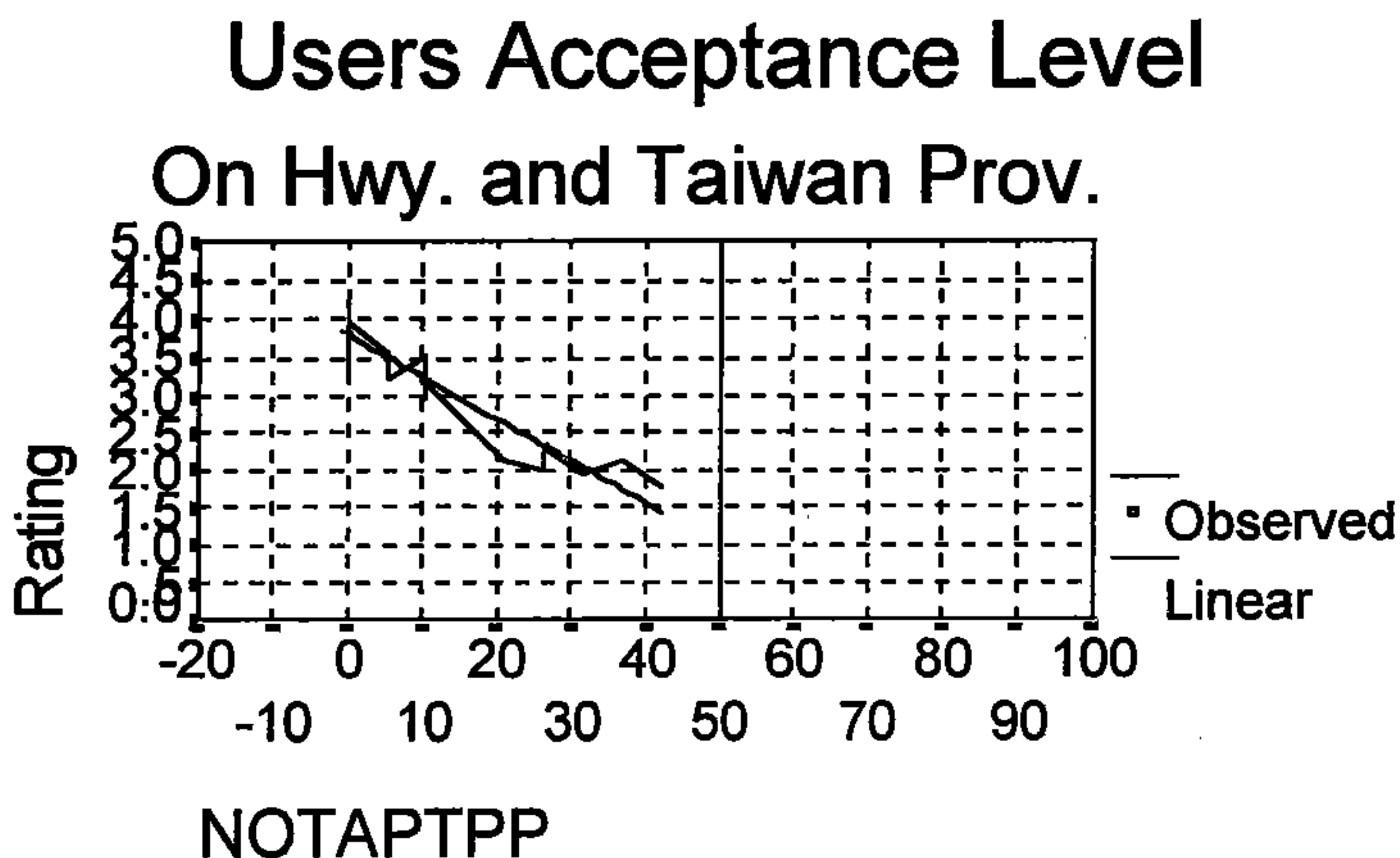


圖 5-18 國省道合併之鋪面終極服務力指標曲線配適分析

在國道與省道之小車評分合併分析可發現：省道資料原曲線配適之解釋度(R^2)為0.89，經由國道資料加入分析後卻下降為0.86。由此發現國道鋪面舒適度由於人為感受度之限制及國道鋪面品質平均之影響，因此在不可接受度之分析方面採用不同之指標進行分析。

原先分析 P_t 時所採用的方法是研究平均評分(MPR)與不可接受百分比(NOT%)之間的關係；然而MPR係屬於評分員之主觀評分指標，倘若互相比較不同道路等級之資料時，將產生「是否評分員在不同等級之鋪面進行評分時對於行車品質接受度之基準均相同？」之問題。因為不同評分基準的資料相互比較時並無太大意義。因此本研究為解決此一問題，改採用糙度指標(MI80)取代原先平均評分(MPR)之角色。採用MI80的主要理由是：此為一客觀之鋪面品質指標，不會因不同的道路等級而有不同的指標基準。

分析步驟係將本研究進行調查鋪面之糙度值(MI80)加以整理，將不同測速之MI指標經由梅氏儀之速度校估公式(於4.3節提及)轉換成標準測速80kph之糙度指標MI80，並與評分員之不可接受度百分比進行曲線配適分析，找出MI80與不可接受度百分比(%)之間最佳之變數解釋型態。台北市區資料經由曲線配適分析 $MI80=f(not\%)$ 模式，所得之最佳自變數型態有：線性($R^2=0.38$)、二次函數($R^2=0.42$)、及三次函數($R^2=0.42$)等三種。而國省道資料經由曲線配適分析所得之最佳自變數型態有：線性($R^2=0.65$)、二次函數($R^2=0.69$)、及三次函數($R^2=0.69$)三種。然而由曲線繪圖的結果發現，台北地區之資料經由

二次函數配適後，發生曲線下凹的情形，如圖5-19所示。當不可接受百分比高於60%時，預估的糙度指標反而有逐漸下降的趨勢；此種情形與先驗知識不符合。因此在評估其他曲線配適模式之後，本研究仍採用不可接受百分比(not%)之直線函數，並分別分析台北地區及國省道之模式。

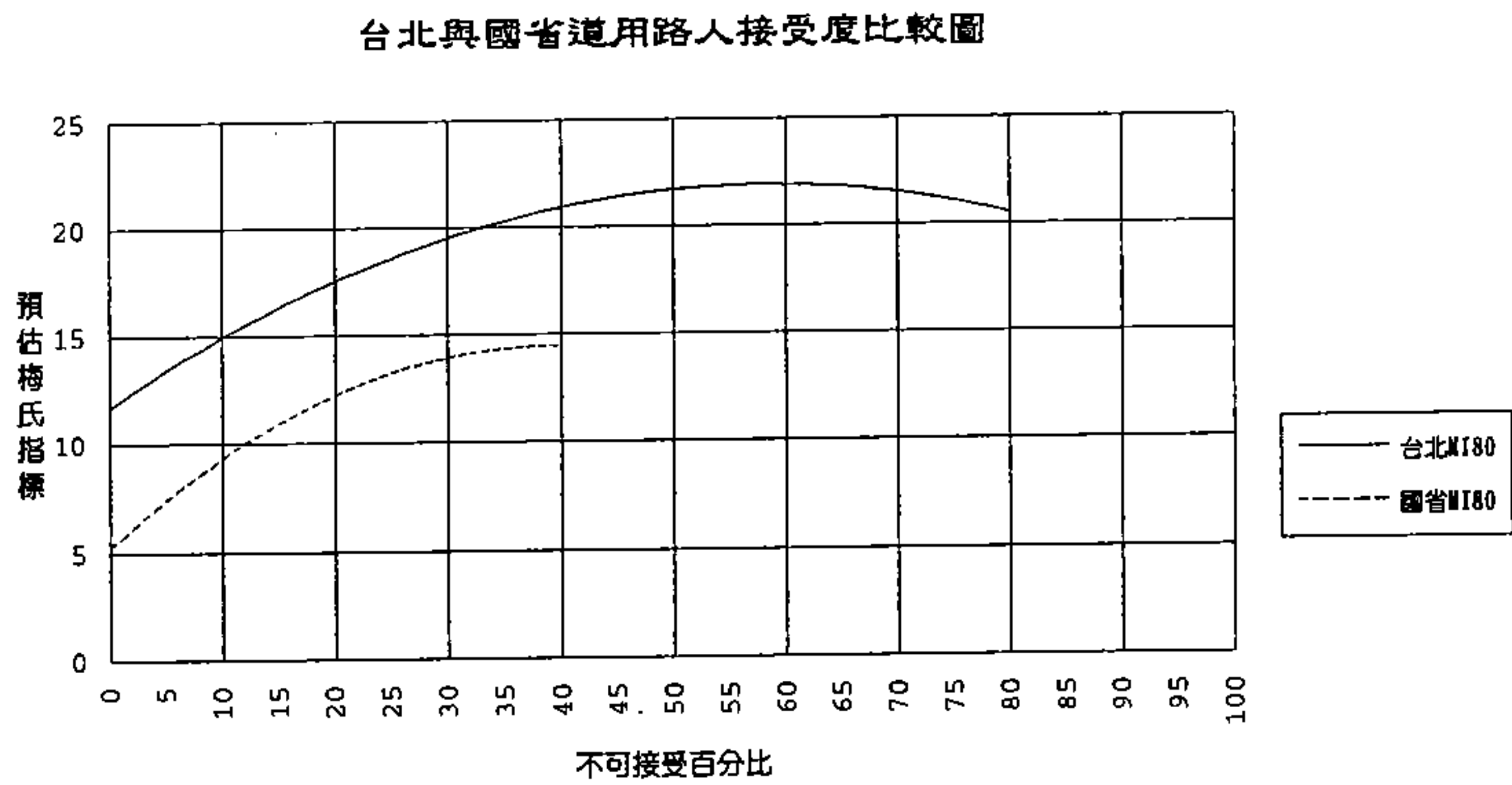


圖 5-19 國省道與台北地區預估糙度模式配適曲線比較圖

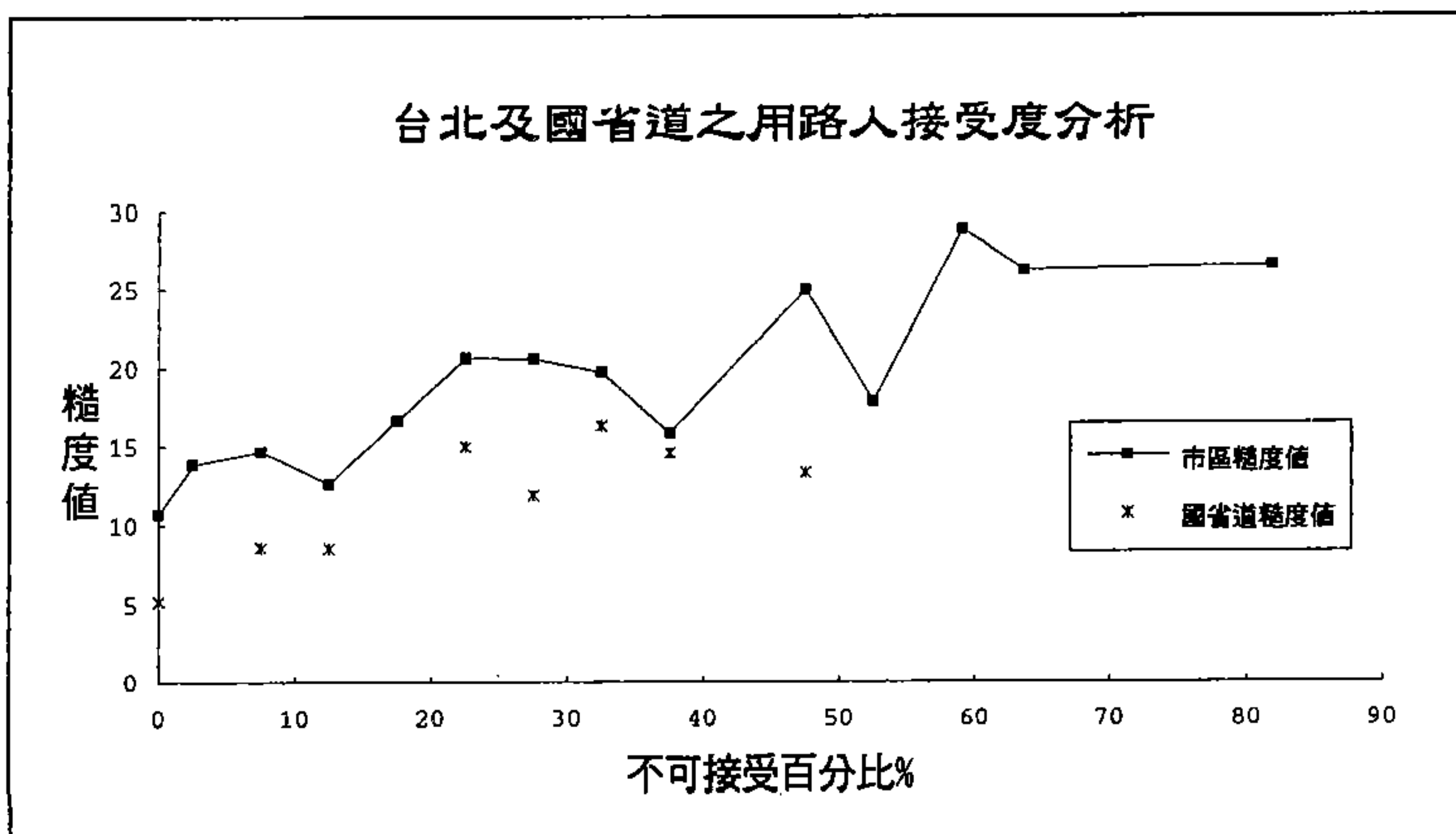


圖 5-20 用路人於國省道及與台北地區行車舒適度比較圖

若同時將國省道及台北地區之資料繪於圖中可發現：台北市區分析所得之資料點分佈較國省道之分佈為高，由圖5-20可明顯觀察到。而經過統計檢定之結果可發現，市區之相對糙度值較國省道糙度值明顯為高，檢定之機率值 $p\text{-value}=0.001$ 。因此由統計檢定的結果亦可證實由圖5-20所觀察之結論。然由於原始資料限制之關係，台北地區之MI80分析模式只適用於不可接受度0~80%之間；而國省道合併模式則適用於0~40%。若比較此兩組資料群可發現：當評分員評定同一粗糙程度之鋪面時，在台北地區之不可接受百分比比較國省道為低。這表示評分員在相同鋪面品質之道路進行評分時，在台北地區進行評分時較國省道要求為低，因此相對之舒適度不可接受百分比(%)較低。相對的，評分員於國省道上進行評分時，對於鋪面之行車品質則有較高的要求。

相關研究所得之柔性鋪面終極服務力指標(P_t)結果，如表5.22所列。在市區之 P_t 方面本研究所得之 P_t 為1.80，較Fwa[9]及AASHTO的結果為低。這表示一般用路人對於市區道路之忍受度較高，因此相對地所得到之 P_t 較小。而在國道分析部份，所得到之 P_t 亦較小，此乃由於資料點較為集中之緣故，因此所得之結果可能含有較大之模式預測及外插之誤差發生。

表 5.22 相關研究所得之 P_t 結果比較

P_t	Fwa[9] ¹	AASHTO ²	本研究 ³
市區小車	1.95	2.0	1.4
市區巴士	1.90	-	1.8
市區	-	2.0	1.8
國道	-	2.5	2.1
省道	-	2.5	1.2

註： 1)[9]所求得之 P_t 為50%之用路人不接受時之 P_t

2)AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures, 1986.[20]

-市區採85%之用路人不接受時之 P_t

-國道與省道採50%之用路人不接受時之 P_t

3)本研究採50%之用路人不接受時之 P_t

第六章 結論與建議

6.1 結論

在小組評分調查方面，由台北市區所得之資料可發現：小汽車乘客之評分明顯地比公車乘客之評分為高，且在鋪面平坦度較差的路段上，小組評分員評分數值之變異數較大，而平坦度較佳之路段上則變異較小。由此可發現，評分員於較差平坦度的鋪面進行評分時，彼此之間的給分差距較大。另一方面，公車乘客的抽樣評分結果顯示臨時抽樣的評分員在評分時有集中的趨勢，因此所得之評分結果與客觀之糙度指標關係較不明顯。

國道小組評分結果可發現，評分員並無法清楚的分辨國道鋪面糙度的差異。這種結果乃導因於國道鋪面之平坦度並無較大的變化，使得評分員評分範圍較集中。而由小組評分與糙度指標關係不顯著亦可證實此一結論。

省道評分結果於台北市區所得之結論相似，較差鋪面的評分變異相對地亦較大；且在省道評分中，可獲得較佳的小組評分與糙度之間的關係。因此研究建議將省道與國道合併成為同一等級道路，而與市區道路系統有所區隔。

經由對評分員進行之背景資料分析結果發現：整體而言，「年齡因素」並未對小組評分造成顯著的影響。而「性別因素」及「駕

駛經驗因素」則造成評分上之顯著差異；男性平均評分低於女性平均評分，且有駕駛經驗之評分員評分也較無經驗者為低。另一方面，「巴士座位前後因素」也形成巴士評分之顯著差異，使得後座評分員普遍評分較前座者為低。

在PSI模式發展分析方面，市區所得之結果顯示：較顯著之破壞變數為「車轍」、「隆起與凹陷」、及「修補面破壞」三大項。研究所得之PSI模式分別針對小汽車、巴士、及整體分析（不分運具），基本上模式型式相同而使用之時機端視將用路人定位為小汽車使用人或大眾運輸乘客而定。結果列於表6.1。

表 6.1 台北地區PSI模式（修正）

台北	PSI公式	(修正)R ²
小汽車	$PSI=5.46-0.09(B1)-0.56(B2)-0.03(D1)-1.15(\ln MI_{20})$	0.72
巴士	$PSI=4.97-0.06(B1)-0.92(B2)-0.03(D1)-1.13(\ln MI_{20})$	0.73
小汽車 &巴士	$PSI=5.22-0.07(B1)-0.74(B2)-0.03(D1)-1.14(\ln MI_{20})$	0.66

註：1)表中各變數之名稱及單位為：

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

B2(隆起與凹陷)：隆起與凹陷所佔全路段面積之百分比(%)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

MI₂₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀在20kph時之糙度指標(m/km)

國省道發展出之PSI模式中，較重要的破壞變數為：「龜裂」、「車轍」、「修補面破壞」、及「面層滑動」等四項。模式亦針對小汽車與巴士進行研究，所得之PSI模式列於表6.2。國省道模式與市區模式之差異在於顯著的破壞變數不同，這與不同等級道路之破壞型態有相當的關係。

表 6.2 國、省道合併之PSI模式（修正）

國省道	PSI公式	(修正)R ²
小汽車	$PSI=4.80-0.11(A3)-0.22(B1)-0.02(D1)-4.27(D2)-0.67(\ln MI_{80})$	0.73
小汽車 & 巴士	$PSI=4.64-0.12(A3)-0.21(B1)-0.03(D1)-4.47(D2)-0.52(\ln MI_{80})$	0.71

註：3)上表中各變數之名稱及單位為：

A3(龜裂)：龜裂所佔全路段面積之百分比(%)

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)

MI₈₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀於80kph時之糙度指標(m/km)

整體分析之PSI模式列於表6.3之中。若比較市區、國省道、及綜合PSI模式之變數差異，可明顯地看出不同等級道路之PSI模式中的破壞變數略有差異，共同的破壞是「車轍」及「修補面破壞」；而「隆起與凹陷」及「面層滑動」則為次重要的破壞變數。

表 6.3 綜合PSI模式

PSI公式	(修正)R ²
$PSI=5.12-0.11(B1)-0.85(B2)-0.04(D1)-0.54(D2)-0.79(\ln MI_{80})$	0.74

註：2)上表中各變數之名稱及單位為：

B1(車轍)：調查路段鋪面之三點平均加權車轍深度(cm)

B2(隆起與凹陷)：隆起與凹陷所佔全路段面積之百分比(%)

D1(修補面破壞)：修補面破壞所佔全路段面積之百分比(%)

D2(薄層剝離)：薄層剝離所佔全路段面積之百分比(%)

MI₈₀(梅氏指標)：梅氏糙度儀於80kph時之糙度指標(m/km)

在柔性鋪面終極服務力指標分析方面，台北市區所得之 P_t 約為1.8，而國省道之 P_t 則約為2.1。然由於國省道所得之資料中，對於鋪面不可接受之比例較低，因此所求得之 P_t 係由迴歸模式外插所得，可能含有部份誤差存在。經由MI與MPR的分析可得知(圖5-20)，評分員於國道評分時對於鋪面舒適度之接受度較為苛刻，因此相同的評分小組對於市區及國省道之舒適度要求即有所差異。

6.2 建議

本研究受限於研究經費與研究時程，因此所得之研究成果仍不臻完善。在此對於日後進行之相關研究在此提出幾點建議：

- (1)迴歸分析結果之應用受限於原始資料之型態及數值大小，因此所得之迴歸模式較適用於特定資料範圍之內。因此建議，未來應擴大研究區域範圍，增加國道及省道之小組評分、破

壞調查、及糙度調查，以持續修正本研究所發展之PSI模式，使此模式更趨完善。

(2)研究分析發現，為得到公正可信之小組評分值，本研究所考慮之影響因素實具有其一定之重要性。綜合國內外相關研究後，對於未來從事相關小組評分調查可提出一建議：評分員組成時所應考慮之因素應有(1)年齡均佈、(2)性別各半、(3)有無駕駛經驗者各半、(4)巴士評分應考量座位前後因素、及(5)鋪面相關工程人員不應納入小組之內。

(3)由國道評分資料之集中性可發現，國內高速公路之鋪面平坦度維持一定之水準。基於鋪面糙度變化較小，且其變化幅度已小於人為感受範圍，因而建議國道PSI模式應與省道合併發展。

參考文獻

- [1] Robert J. Weaver. Quantifying Pavement Serviceability as It Is Judged by Highway Users, TRR 715, TRB 1979.
- [2] J. B. Nick and M. S. Janoff. Evaluation of Panel Rating Methods for Assessing Pavement Ride Quality, TRR 946, TRB 1983.
- [3] Arun Garg, Alan Horowitz, and Fred Ross. Establishing Relationships Between Pavement Roughness and Perceptions of Acceptability, TRR 1196, TRB 1988.
- [4] Michael S. Janoff. Methodology for Computing Pavement Ride Quality From Pavement Roughness Measurements, TRR 1084, TRB, 1986.
- [5] M.S. Janoff, J.B. Nick, and P.S. Davit. "*Pavement Roughness and Rideability*" NCHRP Report 275, TRB, September 1985.
- [6] John D.N. Riverson, Kumares C. Sinha, Charles F. Scholer, and Virgil L. Anderson. Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana, TRR 1128, TRB, 1987.
- [7] Sukumar K. Nair and W.R. Hudson. Serviceability Prediction From User-Based Evaluations of Pavement Ride Quality, TRR 1084, TRB, 1986.
- [8] M.W. Sayers, T.D. Gillespie, and C.A.V. Queiroz. The International Road Roughness Experiment: A Basis for Establishing a Standard Scale for Road Roughness Measurements, TRR 1084, TRB, 1986.
- [9] T.F. Fwa and K.T. Gan. Bus-Ride Panel Rating of Pavement Serviceability, ASCE Journal of Transportation Engineering, Vol. 115, No. 2, March 1989.
- [10] Raymond K. Moore, G. Norman Clark and Gary N. Plumb. Present Serviceability-Roughness Correlation Using Rating Panel Data, TRR 1117, TRB, 1987.
- [11] Michael S. Janoff. "*Pavement Roughness and Rideability Field Evaluation*" ,NCHRP Report 308, TRB, July 1988.
- [12] Larry G. Richards. Subjective Ride Quality Testing Procedures, TRR 894, TRB, 1982.
- [13] W.R. Hudson. Road Roughness: Its Elements and Measurement, TRR

836, TRB 1981.

- [14] 黃世英，「鋪面破壞與糙度指標關係之建立」，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，民國八十三年六月。
- [15] Lu, Carl Bertrand, and W.R. Hudson. Speed Effect Analysis and Canceling Model of Response-Type Road Roughness Measuring System, TRR 1260, TRB, 1990.
- [16] Roger S. Walker, and Hong-Tsung Lin. Profilograph Correlation Study with Present Serviceability Index, TRR 1196, TRB 1988.
- [17] Wouter Gulden, Jerry Stone, and Dennis Richardson. Use of Response-Type Roughness Meters for Pavement Smoothness Acceptance in Georgia, TRR 946, TRB 1983.
- [18] William D.O. Paterson. A Transferable Causal Model for Predicting Roughness Progression in Flexible Pavements, TRR 1215, TRB.
- [19] Yang. H. Huang, "*Pavement Analysis and Design*," Prentice-Hall Inc., 1993.
- [20] "*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*," 1986.
- [21] Al-Omari and Darter. Effect Of Pavement Deterioration Types On IRI And Rehabilitation, Transportation Research Board, 74th Annual Meeting, January 1995, Washington D.C.
- [22] 陳式毅，「*AASHTO 道路設計方法應用於台灣省道路試驗報告*」，台灣省公路局，民國82年。
- [23] William D.O. Paterson. International Roughness Index: Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality, TRR 1084, TRB, 1986.
- [24] T.D. Gillespie, M.W. Sayers, and L. Segel. " *Calibration of Response-Type Road Roughness Measuring System* " ,NCHRP Report 228, TRB, ecember 1980.
- [25] Michael W. Sayers. Two Quarter-Car Models for Defining Road Roughness: IRI and HRI, TRR 1215, TRB 1989.
- [26] Michael W. Sayers. On The Calculation Of IRI From Longitudinal Road Profile, Transportation Research Board 74th Annual Meeting, January 1995, Washington D.C.
- [27] Michael W. Sayers. Profiles of Roughness, TRR 1260, TRB 1990.
- [28] M.B. Gorski. The Implication of the International Road Roughness

- Experiment for Belgium, TRR 1084, TRB, 1986.
- [29] Benjamin Colucci-Rios and Kumares C. Sinha. Optimal Pavement Management Approach Using Roughness Measurements, TRR 1048, TRB, 1985.
 - [30] Bohdan T. Kulakowski. Critical Evaluation of the Calibration procedure for Mays Meters, TRR 1084, TRB, 1986.
 - [31] Joe P. Mahoney. Measuring Pavement Performance by Using Statistical Sampling Techniques, TRR 715, TRB, 1979.
 - [32] Ronald E. Walpole and Raymond H. Myers. "*Probability and Statistics for Engineers and Scientists*," fourth edition, Macmillan Publishing Company, New York.
 - [33] Per Ullidtz, "*Pavement Analysis*," Elsevier, 1987.
 - [34] E. J. Yoder and M.W. Witczak, "*Principles Of Pavement Design*," Secnod Edition, John Wiley & Sons Inc., 1975.
 - [35] 林真真、鄒幼涵，「迴歸分析」，二版，台北華泰書局，民國八十二年七月。
 - [36] 顏月珠，「應用數理統計學」，四版，臺北三民書局出版，民國八十年五月。
 - [37] 彭定國，「SPSS For Windows 入門與統計分析」，初版，儒林圖書有限公司，民國八十三年五月。
 - [38] The AASHO Road Test Report 5 Pavement Research, highway research board, special report 61E, National Academy of Sciences, National Research Council.

附錄、一

小組評分行前指導手冊

•

路面行駛舒適度
暨
公路鋪面績效之研究

評分員行前說明指導手冊

台大土木研究所交通工程組
民國八十三年十二月

評分員指導手冊

乘車舒適度之研究

研究目的：

藉著評分員對公路鋪面舒適度的評分來了解國內公路鋪面之行駛品質，這些資料可幫助公路主管機關在有限的預算下決定鋪面養護的優先順序。

研究目標：

我們將帶您（妳）上車實際走一遍我們預先選定好的數段足以代表全市或全國現存路面等級的路段。途中每經一個選定的路段，您（妳）必須做二項判斷：第一項是對經過的選定路段打分數，用 0～5 分表示；第二項則是評定您（妳）認為該段之行駛舒適度是否可以被您（妳）所接受，勾選“是”或“否”即可。

如何填寫評分表

首先，我們要您（妳）在車上對鋪面的舒適度做評分並填在我們發給您（妳）的表格上。評分的方式很簡單，只需用筆在 0 ～ 5 分的垂直刻度上劃一小段橫線以顯示您（妳）對每一個被評分路段駛舒適度的感覺與判定。

0 與 5 分的定義

所有被評分路段的分數將會介於 0 分與 5 分之間，也就是“極不舒服”與“極平穩”之間。

極不舒服（0 分）：路面差到車子根本就無法開下去，車子劇烈搖晃及振動。

極平穩（5 分）：路面平穩到開車時幾乎感覺不出路的存在。

上述二種情況是不存在的，故您（妳）的評分將不會出現比“極不舒服”路段差或比“極平穩”路段佳的分數。（即評分將介於 0 ～ 5 分之間）

為幫助您（妳）做評分，我們在評分刻度旁加了文字說明來描述鋪面舒適度的狀況。例如，您（妳）對某一被評分路段的感覺是“普通”，但未達到“好”的程度，請把分數評在 3 的下方某處一即您（妳）認為適合的分數，若接著下去的路段您（妳）的感覺仍是“普通”，但比前一段差，請在 2 的上方您（妳）認為適合之處劃上橫線標記。

註：我們不是要您（妳）把路段分成這5種（很好、好、普通、差、很差）等級；您（妳）應考慮這些小差異來評分以顯現出不同路段間舒適度的些許差異。

評定路段舒適度之接受性

當您（妳）在評分刻度上劃記好分數之後，接著請您評定此路段之舒適程度可不可被您所接受。若可以接受則勾選“是”那一格，若不可以接受則勾選“否”那一格。

評分調查之程序

- 您（妳）無須從頭到尾對整條路線做評分，我們事先業已慎選路線當中若干具代表性的小路段，這些代表性的小路段即是我們要您（妳）打分數的路段。
- 每當您（妳）接近各個被評分路段時，指導員（前座評分員）會報出路段號碼，請核對您（妳）所持評分表格之路段代碼是否有誤？若號碼不對請速告知指導員以更換正確的表格。
- 當指導員說「開始」時，評分員應集中精神憑感覺判定此路段之舒適度分數為何。
- 行駛每一被評分路段約需1分鐘左右，所以請持續集中精神直到指導員說「停」。此時，將您（妳）心中的分數劃記在表格上。
- 接著，憑您（妳）的感覺認定此路段之舒適度是否可以接受？勾劃您（妳）的選擇。【下方基本資料欄不必填

寫】

- 有些路段間僅差一個路口，所以請儘快決定您的評分及接受度之選擇。
- 此程序將一直重覆用在每一個被評分的路段上。

評分時應注意之事項

- 評分時，不要考慮進入或離開被評分路段前後的路況，我們只要預先選定好的路段之評分。
- 不要受路段表面狀況的影響，只須集中精神感覺行車的舒適度來做評分。
- 不要被車上人員的交談及車外的風景所干擾，是故請勿隨便與車上人員交談。
- 不要將自己的評分表拿給車上其他評分員看，評分結果無所謂對與錯，所以絕對不要討論！我們需要您（妳）個人主觀的評分分數。
- 評分必須具有批評性，可吹毛求疵一點。不要畏於給高分或低分，因為這是個人的主觀的感覺。且評分不要太過集中於某個範圍，儘可放心評分。
- 不要事前對於接受度設下限制，當您覺得不可接受時，即在「否」格子上打勾，不用擔心評分的高低，所以不要預先設下舒適度的下限分數。

祝評分愉快，順利！

台大土研所交通組

12/11/94

附錄、二

評分調查表格

小組評分調查表格

路段代碼：_____

評分員代碼：_____

* 請將您對本路段行駛舒適度之感受標示於下表刻度
(0-5分, 5分表示極平穩; 0分表示極不舒服)

極平穩	
很好	5
	4
好	3
普通	2
差	1
很差	0
極不舒服	

*路面行駛舒適度是否可以接受?

☐ 是

☐ 否

* 請填寫您的基本資料：

1. 性別：_____ 2. 年齡：_____

3. 最經常使用之交通工具：_____

4. 是否有小汽車駕照： ☐ 否

☐ 是 → 是否開車：☐ 是 ☐ 否

→ 駕駛經驗：_____ 年

第四篇

本土化鋪面績效預測 模式構建程序

目錄

第一章 緒論.....	4-1
1.1 研究緣起.....	4-1
1.2 研究目的.....	4-2
1.3 研究範圍.....	4-2
1.4 研究內容方法.....	4-2
1.5 研究流程.....	4-4
第二章 文獻回顧.....	4-5
2.1 鋪面績效指標.....	4-5
2.2 鋪面績效指標影響變數.....	4-8
2.3 鋪面績效預測模式構建型式.....	4-13
2.4 鋪面績效預測模式文獻總整理.....	4-23
第三章 國內鋪面調查現況.....	4-27
3.1 國道高速公路局.....	4-28
3.2 臺灣省公路局.....	4-29
3.3 北市工務局養護工程隊.....	4-31
3.4 訪談單位之鋪面狀況調查現況總整理.....	4-31
第四章 本土化鋪面績效預測模式構建程序.....	4-33
4.1 本土化鋪面績效預測模式評估條件.....	4-33
4.2 選擇國內最適鋪面績效預測模式構建型式.....	4-35

4.3 建立本土化鋪面績效預測模式構建程序.....	4-38
4.4 本土化鋪面績效預測模式之特色.....	4-49
第五章 實例分析.....	4-52
5.1 高公局資料實例分析.....	4-52
5.2 公路局實例分析.....	4-62
第六章 結論與建議.....	4-74
6.1 結論.....	4-74
6.2 建議.....	4-76
參考文獻.....	4-78
附錄.....	4-81

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	4-4
圖 2-1 鋪面家族觀念示意圖.....	4-16
圖 2-2 北部省道鋪面家族中各鋪面PSI值變化趨勢圖.....	4-17
圖 2-3 北部省道鋪面家族中各鋪面視為單一鋪面 之PSI值變化趨勢圖.....	4-18
圖 4-1 公路局所轄路網以鋪面家族法分類示意圖.....	4-41
圖 4-2 公路局以現有資料法發展鋪面績效曲線示意圖.....	4-42
圖 4-3 完整鋪面績效曲線示意圖.....	4-42
圖 4-4 公路局以未來資料法發展北區省道 鋪面績效曲線示意圖.....	4-44
圖 4-5 鋪面績效預測模式預測方法示意圖.....	4-47
圖 4-6 鋪面績效預測模式迴歸曲線延伸示意圖.....	4-48
圖 4-7 建立鋪面績效預測模式篩選曲線示意圖.....	4-50
圖 4-8 獲取嶄新鋪面之起始績效值 (Po) 示意圖.....	4-51
圖 5-1 本研究分析採用之國道系統鋪面績效 預測模式鋪面家族圖.....	4-55
圖 5-2 高公局各鋪面家族鋪面樣本散佈圖.....	4-60
圖 5-3 公路局道路系統鋪面績效預測模式鋪面家族圖.....	4-64
圖 5-4 公路局養護範圍示意圖.....	4-65
圖 5-5 公路局北部省道鋪面家族鋪面樣本散佈圖.....	4-72

表目錄

表 2.1 鋪面績效預測模式文獻總表.....	4-24
表 3.1 本研究訪問之鋪面調查實際執行單位.....	4-27
表 3.2 國內鋪面狀況調查現況總表.....	4-32
表 4.1 鋪面績效預測模式構建型式評估總表.....	4-38
表 4.2 本土化鋪面績效預測模式可供採用之各項變數指標.....	4-39
表 4.3 公路局以現有資料法發展預測模式資料蒐集內容.....	4-40
表 4.4 公路局以未來資料法發展預測模式資料蒐集內容.....	4-43
表 4.5 目前各單位發展鋪面績效預測模式時 可採用之變數指標.....	4-49
表 5.1 高公局樣本路段鋪面績效值 (MI)	4-54
表 5.2 高公局樣本路段最後一次大型整修完工日期表.....	4-56
表 5.3 中山高沿線收費站車輛通過量 (年)	4-57
表 5.4 中山高沿線收費站卡車因子表.....	4-58
表 5.5 國道系統鋪面績效預測模式所需資料整理表.....	4-59
表 5.6 公路局樣本路段最後一次大型整修完工日期表.....	4-66
表 5.7 公路局樣本路段鋪面績效值 (PSDI)	4-67
表 5.8 公路局樣本路段之年交通量表.....	4-69
表 5.9 公路局鋪面績效預測模式資料表.....	4-71

第一章 緒論

1.1 研究緣起

鋪面績效預測模式（Pavement Performance Prediction Model；PPPM）是鋪面管理系統（Pavement Management System；PMS）中重要的一環。根據國外學者研究結果指出；鋪面績效預測模式應用於鋪面管理系統中至少有以下數項功能：（1）預測未來鋪面服務績效；（2）安排適當養護整修策略；（3）達成最佳預算編制；（4）鋪面整體使用年限成本與效益分析；（5）了解鋪面破壞與鋪面強度關係，以利改良鋪面設計方法[1,2,3]。由上可知鋪面績效預測模式不僅可預測未來鋪面服務績效，更可對鋪面管理系統之設計、維修養護及評估等次系統提供強而有力的協助。

國內近年來已有數位學者積極投入鋪面管理系統構建的研究，其中周家蓓等君在持續多年的研究後，也已建立第一套中文化道路鋪面養護管理電腦程式[4]。但因缺乏國內長期鋪面使用狀況資料，故該程式中尚未建立鋪面績效預測模式，也就無法發揮鋪面管理系統中掌握鋪面未來服務績效之功能。

有鑑於此，如何針對國內道路系統特性及道路主管單位需求建立一個適用於國內的鋪面績效預測模式構建程序，以提昇鋪面管理系統應用在道路鋪面工程管理上，可使道路主管單位能全盤了解轄區內道路鋪面現在與未來之服務績效，進而在有限的資源及經費下，對鋪面進行最適時、適地的養護與整修以維持道路服務水準，提高鋪面使用年限的功能，實為鋪面工程界之重要課題。

1.2 研究目的

本研究之目的有二：

- (1).了解各種鋪面績效預測模式構建型式之特性，並依據國內道路主管單位實際狀況，選擇並建議最適國內使用之鋪面績效預測模式構建型式。
- (2).建立本土化柔性鋪面績效預測模式構建程序。

1.3 研究範圍

本研究針對柔性鋪面（瀝青混凝土鋪面）發展鋪面績效預測模式構建程序。

實例分析方面，在高公局部份選取中山高沿線十個收費站附近，南、北雙向每段長一公里之樣本路段，計二十段；公路局部份選取一區工程處轄區內之省道路段，每段長五百公尺，計二十段。

1.4 研究內容與方法

- (1).文獻回顧：

蒐集國內、外相關鋪面績效預測模式之文獻，並整理、分析各個鋪面績效預測模式之特性，以提供選擇最適鋪面績效預測模式構建型式之參考。

- (2).訪談道路主管單位：

訪談國內道路主管單位（高公局、公路局、北市養工處），了解其進行鋪面破壞、鋪面撓度、鋪面糙度及交通荷重等調查時所採用之方法、儀器及頻率。並設法取得以往進行調查所保存之資料。

(3).選擇最適鋪面績效預測模式構建型式：

在充份掌握各種鋪面績效預測模式構建型式之特性，並考慮國內道路主管單位目前鋪面調查內容後，評估各種鋪面績效預測模式構建型式，並選擇評估結果最佳者為當前最適國內使用之鋪面績效預測模式構建型式。

(4).建立本土化鋪面績效預測模式構建程序：

由於鋪面績效預測模式之建立需要實際服務交通運輸路段之鋪面長期服務狀況資料，非於短期研究時程內可以達成，故本研究以建立本土化鋪面績效預測模式構建程序，並指明該程序之特色為主。

(5).實例分析：

選取國道及省道若干路段，蒐集其鋪面狀況資料，並依上項所擬構建程序，進行本土化鋪面服務績效預測模式構建程序實例分析，以了解所選之鋪面服務績效預測模式構建程序之目前可行性。

1.5 研究流程

本研究之研究流程如下：

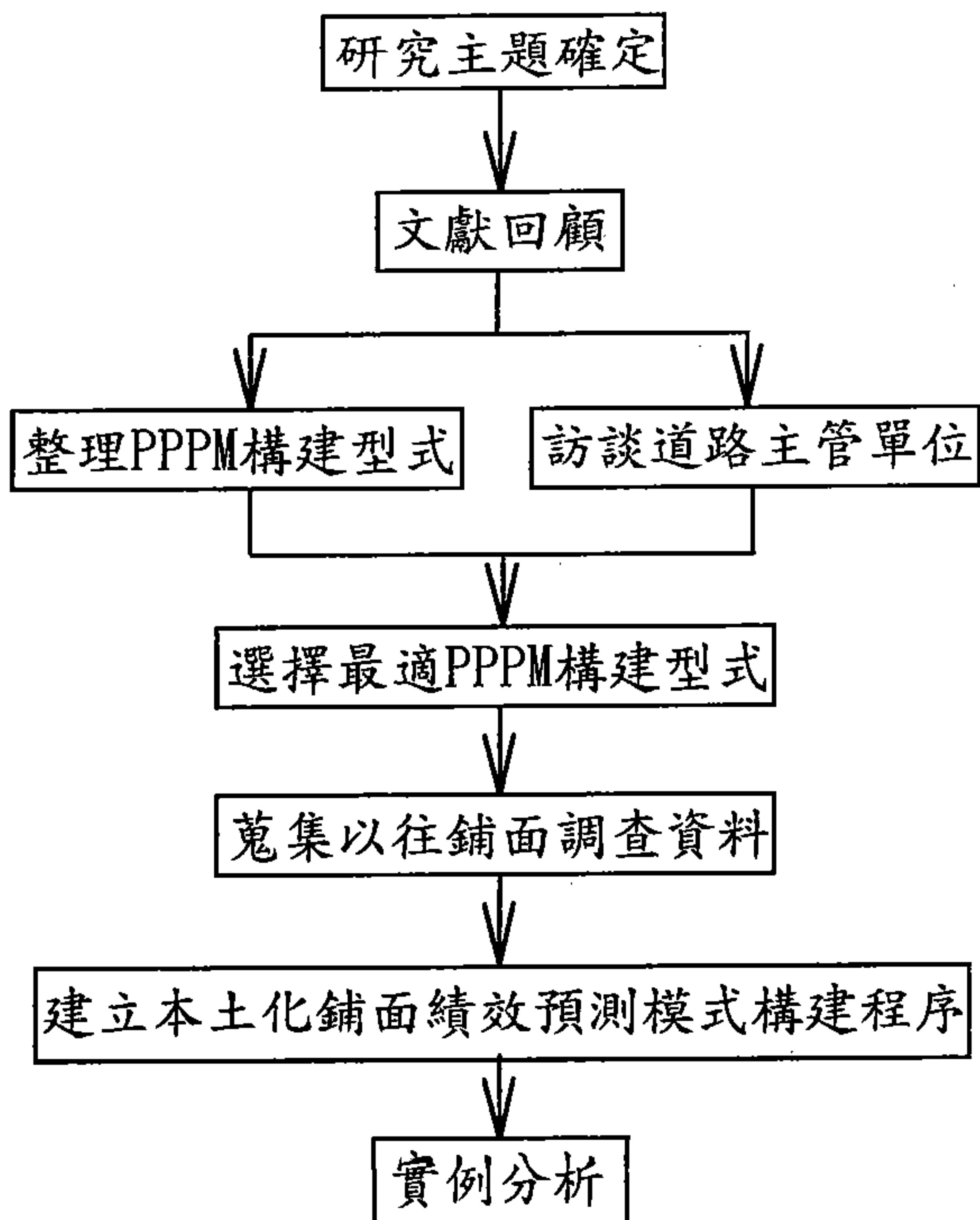


圖1-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

一般鋪面績效預測模式均以鋪面績效指標及鋪面績效影響變數之關係式來表示，如下所示：

$$\text{鋪面績效指標} = f(\text{鋪面績效影響變數}) \quad \text{—式(2-1)}$$

本章將先就鋪面績效指標及鋪面績效影響變數分別說明它們在鋪面績效預測模式中所代表的意義及發展演變，而後再敘述鋪面績效預測模式構建型式。最後則將鋪面績效預測模式相關文獻整理於2.4節中。

2.1 鋪面績效指標

鋪面績效指標係代表鋪面在其服務期間，鋪面之服務能力狀況，通常以數值指標來表示並判定鋪面好壞變化情形。傳統上，鋪面績效的衡量可從鋪面使用者之感受（主觀性指標）及鋪面結構之狀況（客觀性指標）雙方面取得，分別敘述如下：

一、主觀性指標

早期美國AASHO道路試驗[5,6]，以用路人評分的方式來建立路面服務之主觀性指標，即利用用路人感受試驗路面之好壞來評分，以判別路面的服務能力，該評分即稱為路面服務能力評分（Pavement Serviceability Rating；PSR）；同時並對試驗路面進行鋪面狀況量測（Pavement Condition Survey）及鋪面縱坡度量測，再將

量測所得的鋪面狀況資料與PSR進行迴歸分析，求得鋪面現況服務力指標（Present Serviceability Index；PSI），其關係式如下[7]：（柔性鋪面PSI公式）

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38 (\overline{RD})^2 - 0.01\sqrt{C + P} \quad \text{—式(2-2)}$$

其中 SV：平均坡度變異數

RD：車轍

C：龜裂

P：修補面積

嗣後，若已知某一道路的鋪面破壞量測結果，可經由PSI公式計算了解道路使用者對該道路的滿意程度，即目前道路服務能力狀況。

目前採用類似AASHO 道路試驗之PSI指標進行鋪面績效預測模式研究者有 Rohit Rameswamy & Oshe Ben-Akiva[8,9]。

二、客觀性指標

利用量測之鋪面破壞、糙度、撓度與抗滑資料，而判定路面服務能力者即為客觀性績效指標。在文獻中較常為鋪面績效預測模式採用之客觀性績效指標有二：

(1).鋪面破壞指標：

鋪面破壞是影響鋪面服務功能負向變化的主因，一般係指由目視或儀器量測鋪面整體性受損之情形。鋪面破壞指標

係依鋪面破壞種類，經劃分輕重等級所建立用來評估鋪面績效之指標。

鋪面狀況指標（Pavement Condition Index；PCI）即為鋪面破壞指標的一種，有Abbas A. Butt[1]，K.P. Geerge[2]，Mohamed Y. Shahin[10]，Chhote L. Saraf[11]等人採用；所謂PCI是視完好無缺的鋪面為100分，當破壞發生時，依照各破壞項目之嚴重程度、破壞範圍為準，計算各破壞項目對鋪面服務能力之扣減點數，再將100分減掉服務能力扣減點數即得鋪面狀況指標值。

另由台大鋪面研究小組所發展之鋪面表面破壞指標（PSDI）[12,13]，其發展觀念與PCI一致，但所選定之破壞項目及相關權重均依本土之研究分析而得。即鋪面表面破壞指標乃以零分代表無破壞狀況，而當破壞發生時，逐項依照破壞項目給定之權重，再和調查結果之嚴重程度、破壞範圍加權乘積，做為基本服務能力扣減點數，由基準零分往上加，所得加權值即為單位路段之PSDI。基本公式如下所示：

$$\text{鋪面狀況指標(PSDI)} = \sum (\text{破壞項目權重} \times \text{嚴重程度權重} \times \text{破壞範圍權重}) \quad \text{—式(2-3)}$$

(2). 糙度指標：

糙度為影響駕駛舒適、安全及車輛維修成本之鋪面表面不規則現象，可定義為“鋪面表面橫、縱斷面變化之累積值”，其斷面起伏以（縱向起伏）／（橫向單位長度）等於

1/500為上限，故不包括公路整體幾何形態大變化[5]。糙度值一般以縱向剖面儀量度輪跡之變化為主，單位為單位路段長之路面縱向變化累積長度。

目前經糙度儀器量測所得之路面糙度變化情形，有兩種轉換成糙度指標方法：一為直接由糙度量測值轉換而成，如梅氏糙度指標（Mays Index；MI）；另一為轉換為國際糙度指標（International Roughness Index；IRI）[14,15]。

採用糙度值為預測績效指標者計有：Williem D.O. Paterson[16,17]，V.K. Sood[18]，Attoh-OKine[19]，Jan M. Jansen[20]，Abdullah I. Al-Mansour[21]等。

2.2 鋪面績效影響變數

累積交通荷重的多寡、鋪面各層材料強度、鋪面所處位置之溫度及雨量、甚至地下水位高度變化等，皆可能對鋪面績效產生不同程度的影響。在如此眾多的影響變數下，是否能選取適量的變數以充分反應鋪面績效的變化，將是鋪面績效預測模式發展成敗的另一重要關鍵。

本研究將文獻中曾被納入鋪面績效預測模式使用之影響變數分為四大類，分別為結構強度類、環境因素類、交通荷重類及養護整修類。預測模式究竟應採用那些變數，除與該模式之複雜程度有關外，若欲兼顧實務上方便使用，則尚需考慮資料取得之難易。

一、 結構強度類變數

鋪面結構愈強之道路愈能抗抵車輛不斷的碾壓與天候持續的變化，相對地對於鋪面績效的折減速率亦較結構弱者為緩。由此可知鋪面結構的強弱對鋪面績效具有顯著的影響。結構強度類變數計有：

(1).SNC值：

SN（Structural Number）值為AASHO道路試驗所發展之表示各鋪面層材料組合（但不包括路基）所能提供的結構強度值，而SNC值（Modified Structural Number）則除包括SN值外，亦將路基土壤的強度納入計算，故SNC值可視為整個鋪面結構之強度值。即：

$$SNC = SN_{\text{路面強度}} + SN_{\text{路基強度}}$$

鋪面之SNC值可使用非破壞性撓度儀量測之撓度值，以鋪面撓度回算方法回算出路面各層材料勁度，並乘上各層實測厚度而得[15,22,23]。

(2).撓度指標：

使用撓度指標評估路面強度現況的理念由來已久，其主要分析對象為穩態撓度儀所取得之撓度值。例如以面積（AREA）撓度指標法代表鋪面結構強度變化時，其基本定義如下：

$$AREA = 6 \left(1 + 2 \frac{W_2}{W_1} + 2 \frac{W_3}{W_1} + \frac{W_4}{W_1} \right) \quad \text{—式(2-4)}$$

W1~W4：代表第一至第四感應器測得之撓度

當無法利用回算方法求得SNC值時，以撓度指標表示鋪面結構強度，亦可適當顯示鋪面結構強度之差異。

(3).鋪面等級：

於國內鋪面常因其道路功能等級的差異而有不同的結構強度。例如國道、省道、縣道因其所欲提供的行車品質由高而低，其相對的結構強度亦有此趨勢。於是在無法以鋪面撓度儀取得撓度資料做為轉換鋪面結構強度時，鋪面等級亦不失為代表鋪面結構強度之一方法。

二、 環境因素類變數

高溫的環境會使瀝青軟化，並在車輛碾壓後產生車轍、波浪形路面等破壞現象，而過低的溫度則使瀝青變硬，相對地易產生裂縫。雨量過多將破壞瀝青混凝土的黏結力使鋪面產生粒料分離、剝落、坑洞等現象。因此可看出環境因素對於鋪面績效之重要性。

文獻中大都以環境分區的觀念將環境因素納入預測模式中。所謂環境分區是依環境特性（溫度、雨量、地形）之差異將研究地區分成數個分區。各個環境分區有時是以不同數值代入鋪面績效預測模式中；而有時則視為一種分類標準。

在實際進行環境分區工作時，應先取得研究範圍內歷年來完整之氣象資料，然後以整理氣象資料所得之數據，訂定分區標準，進

而決定環境分區之範圍。而若欲使後續的鋪面狀況資料蒐集工作能較順利進行，則環境分區範圍之決定亦應考量鋪面主管機關所管轄之鋪面範圍。

三、 交通荷重類變數

鋪面結構建造的目的之一在於加強原地面承受車輛行駛時所產生荷重之能力，提高車輛行駛的穩定、迅速、及安全性，因此鋪面受服務交通荷重的大小而有明顯之不同的績效表現。常用的交通荷重類變數有：累積標準軸重當量（ESAL）、累積重車交通量，甚至亦有以鋪面已使用年為交通荷重之代表變數。

(1). 累積標準軸重當量：

AASHO於1960年道路試驗後，建議利用軸重當量因子（Load Equivalent Factor; LEF）將鋪面承受的不同軸重皆轉換成單一軸重18 kips，此即為ESAL（Equivalent Single Axle Load）[7]。而若將研究時期內通過某車道之所有ESAL都累加，則可顯示該鋪面所承受的交通荷重總合。

以往需經過繁複的交通量及軸重/軸次調查並經AASHO公式轉換方能獲得的ESAL值，現在已經可利用動態地磅（Weight in Motion; WIM）直接獲得[24]。

(2). 累積重車交通量：

一般而言，道路主管單位都會對所管轄道路進行交通量調查，當重車交通量或重車百分比已知時，重車交通量的多寡，將亦為鋪面承受交通荷重的一種指標，故當累積ESAL無法取得時，可考慮以累積重車交通量取代之。

(3).鋪面已使用年：

當道路交通量大致相同時，鋪面以使用年數的多寡，亦可視為計算累積交通荷重之一種方式。所謂鋪面已使用年，係指鋪面於興建完工或最後一次大型整修後，通車迄今之已使用年數。

道路主管單位通常每年進行一次鋪面績效評估與維護整修計劃工作，所以用鋪面已使用年直接估算鋪面績效的趨勢，可與道路主管單位習慣配合，亦相當方便、實用。唯當各路段交通量有明顯差異時，則此法並不適用。

四、 養護整修類變數

鋪面經過養護或大型整修後，鋪面損壞之處可獲得補強，鋪面結構強度勢必上昇；對鋪面績效而言屬於正向變動之影響變數。即愈佳的養護整修，可提昇愈多的鋪面績效。

所謂大型整修係指對整段鋪面進行五公分以上之“加封面層、刨除回鋪或大型翻修工作”；而養護則通常指局部性、緊急性之鋪面維修工作，例如：填補坑洞、修補龜裂等。

例行性養護工作由於種類多、範圍小且量化不易，故常視之為鋪面績效預測模式的一種鋪面特性分類標準。至於大型整修後鋪面績效將大幅提昇，有時甚至不亞於新建完工之鋪面，故吾人通常將大型整修完之鋪面以“嶄新鋪面”看待而重新開始其鋪面績效折減歷程。

2.3 鋪面績效預測模式構建型式

欲了解目前鋪面績效預測模式構建型式發展之趨勢，可由兩大方向分別探討：一為預測模式構建種類(Pattern, Type)，二為預測模式構建方法(Method)[25]。分述如下：

一、 預測模式構建種類

鋪面績效預測模式有三種主要構建種類[26]：

- (1). 單一鋪面績效預測模式。
- (2). 鋪面家族績效預測模式。
- (3). 綜合式績效預測模式。

(1).單一鋪面績效預測模式：

以單一公式來預測鋪面績效；即無論鋪面種類、強度、破壞狀況、所處天候環境及所承受交通荷重為何，皆可代入此一公式中而求出鋪面之未來績效值。

單一鋪面績效預測模式雖然只有一個公式，但事實上因為要讓所有鋪面皆能使用，需將任何會影響鋪面績效之變數皆納入考量，故公式常包含多達8~10個的自變數。例如著名的世界銀行HDM-III糙度預測公式[16]如下：

$$\begin{aligned}\Delta RIt = & 134 e^{mt} SNCK + 5.0 \Delta NE4 + 0.114 \Delta RDS \\ & + 0.0066 \Delta CRX + 0.003 H_p \Delta PAT + 0.16 \Delta VPOT \\ & + mRIt \Delta t\end{aligned}\quad \text{—式(2-5)}$$

其中：

$\Delta RIt = \Delta t$ 年後所增加之糙度值 (m/km IRI)

$RIt = t$ 年時之糙度值 (m/km IRI)

$m =$ 環境影響因素

$t =$ 鋪面自建造或最後一次大型整修起已使用年

$SNCK = 1 + SNC - 0.0000758 \times H \times CRX$

$SNC =$ 包含路基強度之鋪面強度

$H =$ 裂縫之寬度 (mm)

$CRX =$ 裂縫面積百分比 (percent)

$\Delta NE4 = t$ 年之累積ESAL量 (million ESAL/lane)

$\Delta RDS =$ 車轍增加量 (mm)

$\Delta CRX =$ 裂縫面積百分比增加量 (percent)

$H_p =$ 修補面高差量 (mm)

$\Delta PAT =$ 鋪面修補面增加量 (percent)

$\Delta \text{VPOT} = \text{坑洞增加量 (m}^3/\text{lane/km)}$

$\Delta t = \text{預測年期}$

由此可看出其預測模式相當複雜，並需極大量的鋪面資料。另外，例如 V.K. Sood[18] 以印度為研究範圍所發展的預測模式，亦使用多達 8 個的影響變數。

(2). 鋪面家族績效預測模式：

鋪面家族 (Pavement family or Pavement Group) 績效預測模式的觀念是以一至多個鋪面特性 (如：鋪面等級、鋪面強度、交通量) 為分類標準，將研究範圍內的所有鋪面路段，分別分配至各個鋪面家族內，使得同一鋪面家族內的鋪面樣本具有相近的鋪面特性與鋪面行為 (若以我國之道路體系依此原理分類，則可概略以圖 2-1 表示)。再以鋪面家族為單位，發展各鋪面家族之績效預測公式，而集合所有鋪面家族績效預測公式所形成的公式群即為完整的鋪面績效預測模式。

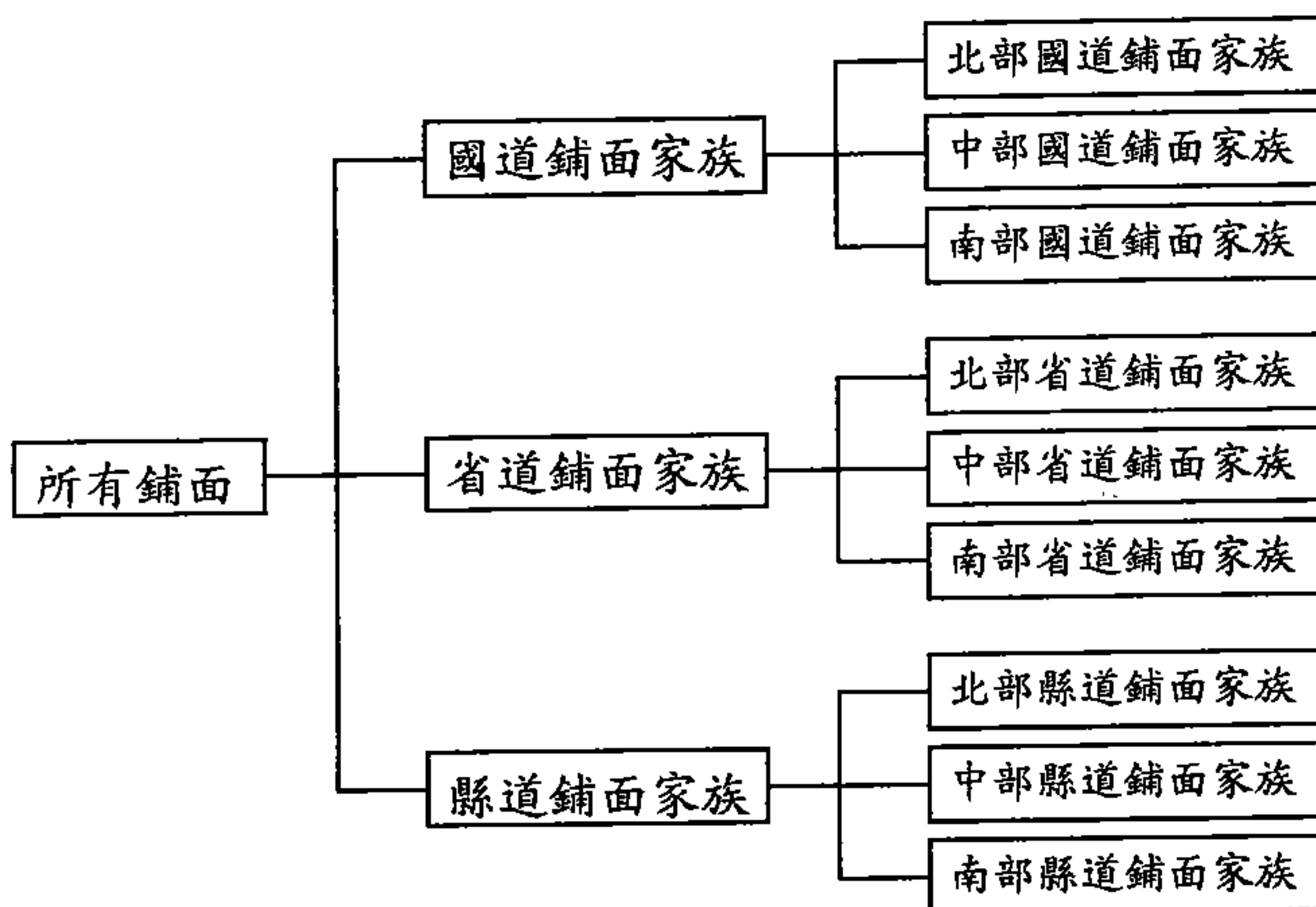


圖2-1 鋪面家族觀念示意圖

鋪面家族預測模式之最大優點在於只需知道鋪面家族中各鋪面的現在績效值及其建造完成後或最後一次整修迄今的使用年數或累積交通量（ESAL或重車交通量），便足以發展該鋪面家族之績效預測公式。今以圖2-1中的北部省道鋪面家族為例：假設該家族中共有8個鋪面樣本，且各個鋪面樣本之PSI值隨鋪面使用年數的變化趨勢可以圖2-2表示。但事實上若實務單位並無定期進行資料蒐集，則此刻並無法獲知各鋪面樣本於民國84年之前之PSI資料，故圖2-2中將只有現階段調查所獲得之1'~8'為具有意義的資料點。因為此8個資料點乃位在同一時間軸上，故若採取傳統之預測模式建立理念，則需由今連續蒐集若干年之PSI資料，才能有足夠資料於未來數年後發展出預測模式。但若以鋪面家族之理念發展

預測模式，則視家族中各鋪面樣本具有類似鋪面特性及行為，可將北部省道鋪面家族之8個鋪面樣本視為單一鋪面，則圖2-2的點1'~8'便可解釋為該單一鋪面於不同已使用年數之PSI變化值，而可得如圖2-3之圖形，進而發展預測模式。

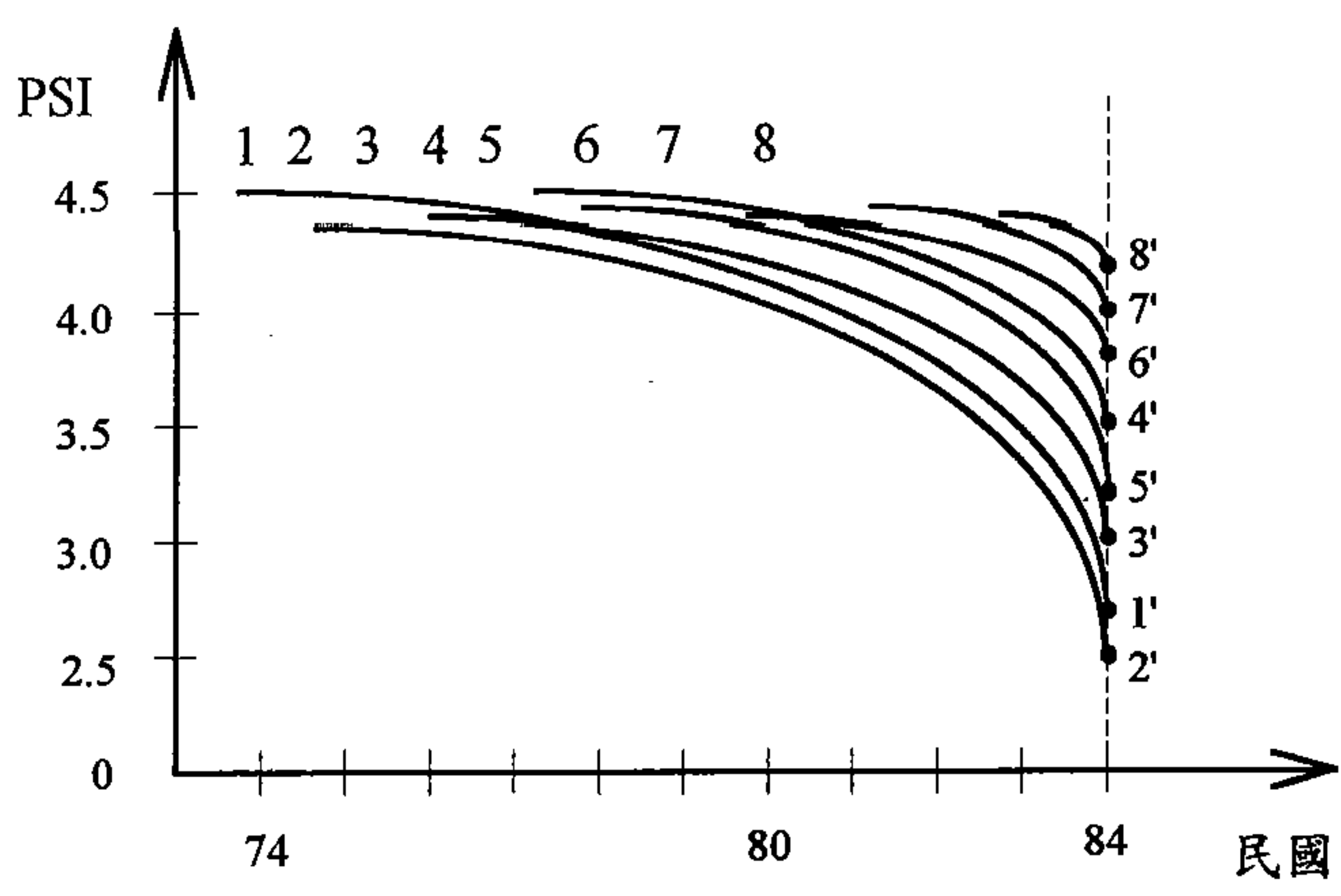


圖2-2 北部省道鋪面家族中各鋪面PSI值變化趨勢圖

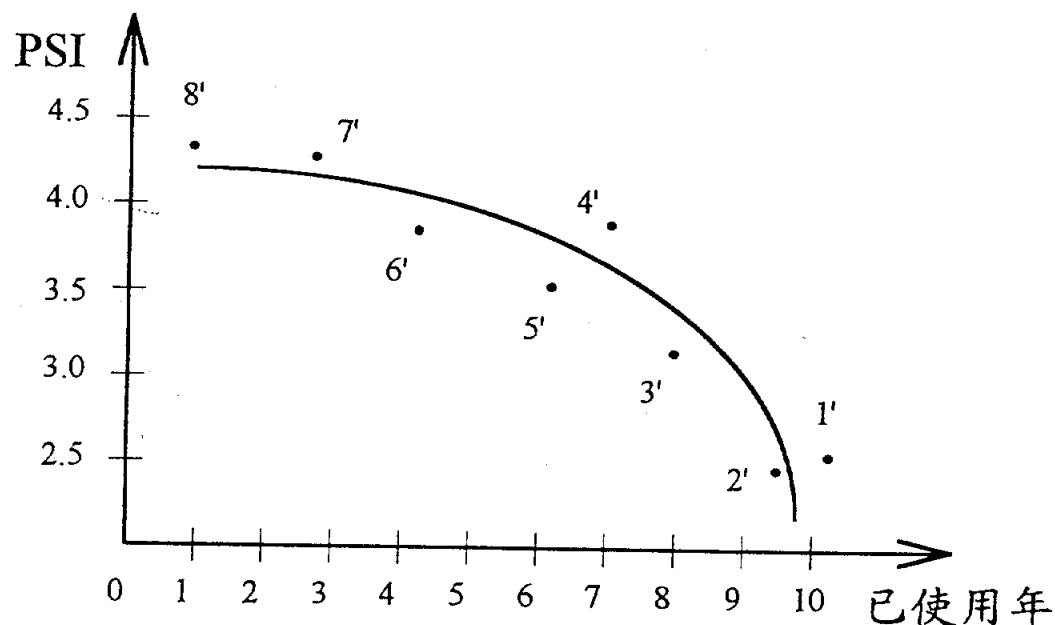


圖2-3 北部省道鋪面家族中各鋪面視為單一鋪面之PSI值變化趨勢圖

據文獻得知，以此鋪面家族觀念發展預測模式計有：Erland D. Lukanen[3]（以道路等級、鋪面表面型態、鋪面年代為分類標準）；Mohamed Y. Shahin[10]（以鋪面種類、鋪面用途、道路等級為分類標準）以及Kurt D. Johnson[26], Kelvin C.P. Wang[27]等人。

(3).綜合式績效預測模式：

綜合式績效預測模式係結合單一鋪面與鋪面家族績效預測模式之特性發展而成，一般使用較簡單之鋪面家族（相較於鋪面家族法）與較少的影響變數（相較於單一鋪面法）來發展預測模式。以K.P. George[2]之研究結果而言，預測模式共包括三個鋪面家族與三個鋪面績效影響變數。

$$PCI(i)=f(\text{已使用年, 交通荷重, 結構強度}) \text{ — 式(2-6)}$$

PCI(i)：第i種家族鋪面狀況指標

i=1：一般柔性鋪面家族

i=2：加鋪柔性鋪面家族

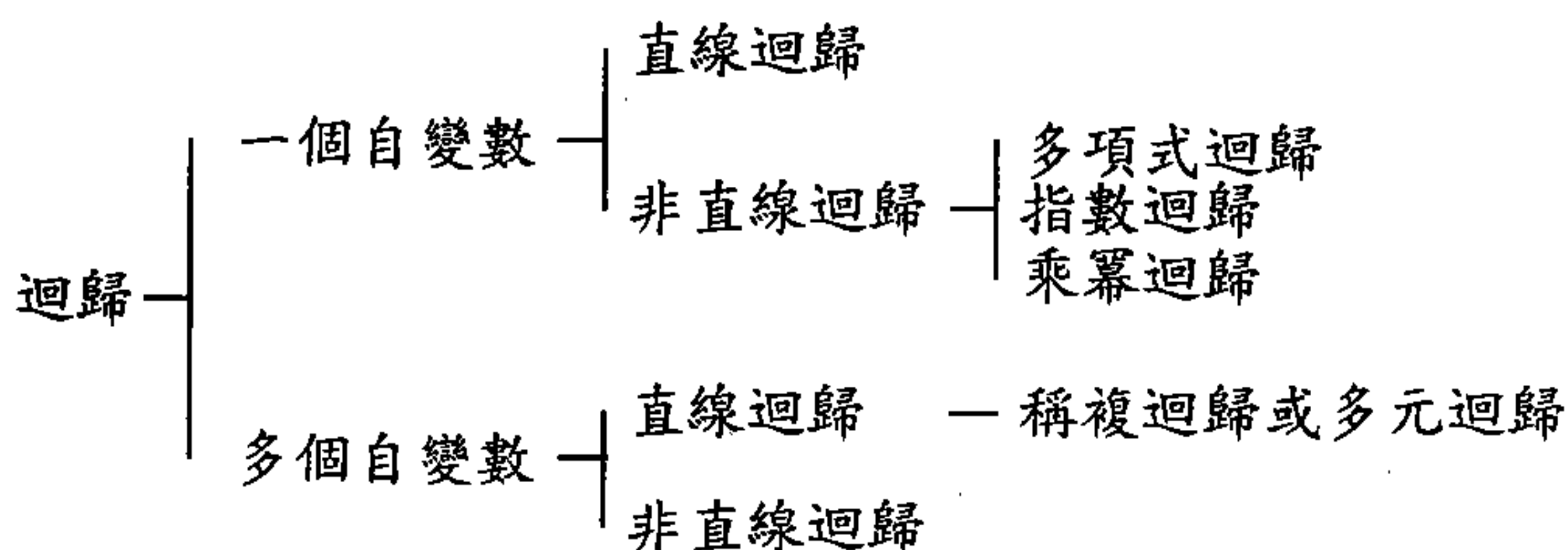
i=3：複合鋪面家族

二、 預測模式構建方法

近年來以決定論（Deterministic）模式的迴歸分析法與機率論（Probability）模式的馬可夫鏈法（Markov Chain Method）等兩方法最常被學者採用以發展鋪面績效預測模式。此外亦有學者採用人工神經網路法（Artificial Neural Networks）及聯立方程式法。

(1).迴歸分析法：

迴歸一詞本有特殊意義，現已經將其一般化，用以敘述兩個或兩個以上變數間的關係，故知迴歸分析是以一個或多個自變數描述、預測或估計一特定因變數的分析，其用途非常廣泛，尤其對於不能以實驗方法取得資料之現象的研究與分析，極為重要[28]。迴歸可分為：



迴歸分析應用於鋪面績效預測模式構建上，則因預測公式複雜程度之不同（1~10個影響變數）而有截然不同的迴歸方式。一般而言；單一鋪面與綜合式績效預測模式由於包括多個自變數而多採用複迴歸分析[2,13,16,17]，而鋪面家族績效預測模式則可採用多項式迴歸[3,20,26]，指數迴歸[11,26]以及最小平方法迴歸[10]。

(2).馬可夫鏈法：

馬可夫模式為以機率性（Probability）為根據而發展出之鋪面績效預測模式。其所持的觀念為鋪面的行為具有不定性（機率性），所以對於鋪面績效的決定也應是一個機率性的過程。

馬可夫模式的發展過程如下[1,27]：

- (i)將所有鋪面分成數（十）個鋪面家族。
- (i i)將鋪面績效指標分成10個等級。
- (iii)利用鋪面家族內的鋪面績效資料，決定鋪面於經過不同之使用年時，鋪面績效於下一年度下降一級的機率

(假設一年內鋪面績效最多只能下降一級，當然亦有可能停留在原等級中) 。

(iv)如此可將鋪面績效隨時間衰退的情形模組化，而建立馬可夫機率變化矩陣 (Markov Probability Transition Matrix) ，其形式如下：

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} p(1) & q(1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 & p(2) & q(2) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \\ \begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} & \\ \begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} & \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p(9) & q(9) \end{matrix} & \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \end{matrix}$$

$q(j)$ 為在一年間，鋪面績效下降一級之機率

$p(j)=1-q(j)$ 為鋪面績效維持原等級之機率

(v)任何 t 時期的等級可由該鋪面最初的等級 $P(0)$ 乘上變化矩陣 P 的 t 次方，如：

$$\begin{aligned} P(1) &= P(0) \times P \\ P(2) &= P(1) \times P = P(0) \times P^2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ P(t) &= P(t-1) \times P = P(0) \times P^t \end{aligned}$$

所以只要能估計出 P 矩陣值，便可預測鋪面於任何時期之績效等級。

研究結果顯示馬可夫鏈法確實具有鋪面績效預測的能力且成效不差。但由於該模式需要5~10年完整鋪面調查資料才能建立可用的機率變化矩陣，對於鋪面管理系統方甫建立之台灣地區而言，短期內本法並不適用於發展鋪面績效預測模式。

(3).人工神經網路法：

人工神經網路是一種計算系統，包括軟體與硬體，它使用大量簡單的相連人工神經元來模仿生物神經網路的功能，使模式具有類似生物學習的能力，以增加模式的準確性。

NiiO. Attoh-Okin[19]使用人工神經網路理論將原本採用迴歸分析方法的世界銀行HDM-III績效預測模式[16]進行實驗性研究。結果發覺用人工神經網路構建之績效預測模式的自變數解釋能力不佳（ $R^2=0.3954$ ）。而其主要原因為：在鋪面績效預測方面，人工神經網路法尚未建立正確的訓練方法（Training Method），使人工神經預測模式無法正確的學習而增加預測準確性。

(4).聯立方程式法：

Rohit Remaswamy[8,9]認為預測模式之發展不可僅考慮鋪面績效值受維修策略及其它因素（交通量、天候）的影響趨勢；因為若干跡象顯示維修策略亦受鋪面績效值的影響而改變，於是建議鋪面績效預測模式應共同包含鋪面績效模式與維修策略模式而組成聯立方程式（式2-7），並以解聯立方程

式之方法，求解鋪面績效模式與維修策略模式中之各項係數。

鋪面績效 = f (維修策略, 其它因素)

維修策略 = f (鋪面績效, 其它因素) 一式(2-7)

2.4 鋪面績效預測模式文獻總整理

茲將近年來陸續發表之十五篇國外文獻整理如表2.1。

表2.1 鋪面績效預測模式文獻總表

NO.	1	2	3	4	5
作者	Mohamed Y. Shahin 等五人 [10]	Abbas A. Butt 等三人 [1]	William D. O. Paterson [16]	K.P. George [2]	Rohit Ramaswamy 等二人 [8]
發表年代	1987	1987	1989	1989	1991
預測模式型態	鋪面家族式	鋪面家族式	單一鋪面式	綜合式	單一鋪面式
預測模式理論	迴歸分析法	馬可夫鏈法	迴歸分析法	迴歸分析法	聯立方程式法
績效指標	PCI	PCI	糙度值	PCI	PCI，維修量
影響變數	鋪面已使用年	鋪面已使用年	SNC, ESAL, 車轍, 裂縫 修補面, 坑洞, 糙度	鋪面已使用年 ESAL, SNC	維修方式，交通量 環境因素等十餘項
研究地點	美國	美國	巴西	美國密西西比	美國內達華州
研究樣本	6338			382	3837
資料年數			5年	3年(86'~88')	5年(80'~84')
預測模式特色	預測式簡單，但鋪面整修後，不適用	具動態預測能力。	公式複雜。	方法簡單，影響變數充份。	考慮太多變數，結果並不佳。
備註					

表2.1 鋪面績效預測模式文獻總表 (續)

NO.	6	7	8	9	10
作者	William D.O.Paterson 等二人 [17]	Chhote L.Saraf 等二人 [11]	V.K.Sood 等四人[18]	Erland O.Lukanen 等二人 [3]	NiiO Attoh-Okine [19]
發表年代	1993	1993	1994	1994	1994
預測模式型態	單一鋪面式	綜合式	單一鋪面式	鋪面家族式	單一鋪面式
預測模式理論	迴歸分析法	迴歸分析法	迴歸分析法	迴歸分析法	人工神經網路法
績效指標	糙度值	PCI	糙度值, 裂縫值	破壞指標	糙度值
影響變數	SNC,ESAL,車轍,裂縫 修補面,坑洞,糙度	SN,路基強度 ESAL	糙度,裂縫,SNC 已使用年,坑洞	鋪面已使用年	SNC,ESAL,車轍,裂縫 修補面,坑洞,糙度
研究地點		美國俄亥俄州	印度	美國明尼蘇達州	
研究樣本	693		113	13000	1274
資料年數	20年	5年(85'~89')	3~5年	8年(83'~91')	
預測模式特色	公式比前期研究簡單,但限制仍多。	以指數式為預測式,方法簡單,成效佳。	與世界銀行之HDM-III預測式類似。	認為鋪面加鋪之厚度,並不影響鋪面績效值。	尚未建立良好訓練方法,目前解釋能力不強。
備註	為 NO.3 之後續研究				為 NO.3 之後續研究

表2.1 鋪面績效預測模式文獻總表 (續)

NO.	11	12	13	14	15
作者	Jan M. Jansen 等二人 [20]	Kurt D. Johnson 等二人 [26]	Kelvin C.P. Wang 等三人 [27]	Abdullah I. Al-Mansour 等三人 [21]	Moshe Ben-Okine 等二人 [9]
發表年代	1994	1992	1994	1994	1993
預測模式型態	綜合式	鋪面家族式	鋪面家族式	綜合式	單一鋪面式
預測模式理論	迴歸分析法	迴歸分析法	馬可夫鏈法	迴歸分析法	聯立方程式法
績效指標	糙度值 糙度增加值	破壞值、結構值 糙度值	糙度值、破壞值	糙度值	隱而未見之變數
影響變數	鋪面已使用年 加鋪厚度	鋪面已使用年	糙度、裂縫、維修 鋪面已使用年	鋪面已使用年,環境因素 ESAL,維修方法	鋪面已使用年 環境因素,交通量
研究地點	丹麥	美國北達可達州	美國亞歷桑納州	美國印第安納州	美國內華達州
研究樣本	1400	1000		975	3837
資料年數	7年(82'~88')	5年	12年(78'~91')	3年(84'~87')	5年(80'~84')
預測模式特色	具糙度增加式 (使用)與糙度回 復式(養護)	以三個鋪面績效 指標共同考慮鋪 面未來績效。	將維修列入考慮。 需大量鋪面樣本方 能建立良好預測式	考慮不同養護方法下, 糙度值之變化趨勢。	將績效視為隱而 未見之變數,而 預測該變數。
備註	為鋪面績效模式 但極具參考價值				為 NO.5 之後續 研究

第三章 國內鋪面調查現況

鋪面狀況調查（Pavement Condition Survey）之目的係經由調查所獲得之鋪面狀況資料，以鋪面理論分析後，可供道路主管單位作為評估道路服務能力（績效）及決定整修養護策略之參考，並可供提請中央政府預算補助時之客觀依據。廣義的鋪面狀況調查應包括定期的鋪面破壞、鋪面糙度、鋪面撓度及交通荷重調查等四項。

本研究為能兼顧理論與實用兩方面以發展本土化鋪面績效預測模式，必須先行瞭解目前與短期未來內所可能擁有之鋪面相關資訊。故為能確實了解國內道路主管機關的實際鋪面調查作業情況，除以現有相關文獻為參考依據外，並先後訪問七個鋪面調查實際執行單位（見表3-1），藉由面對面的溝通，了解各執行單位目前在鋪面調查方面所使用之調查設備、調查程序及資料保存狀況。茲將國內鋪面狀況調查現況彙整如下：

表3-1 本研究訪問之鋪面調查實際執行單位

訪談時間	訪 談 單 位	受 訪 人 員	職 稱
83.12. 5	高公局內湖工務段	王 令 璋	段 長
83.12. 6	公路局管理課	陳 朝 信	課 長
83.12.19	北市工務局養工隊	曹 永 新	大隊長
83.12.22	高公局中壢工務段	李 漢 洲	工程師
83.12.29	公路局一區工程處	吳 國 瑞	課 長
83.12.29	公路局材料試驗所	陳 式 毅	副主任
84. 1. 7	高公局中工處材試所	劉 先 棣	工程師

※訪談記錄表之格式如附錄一所示

3.1 國道高速公路局

交通部國道高速公路局（高公局）負責中山高速公路與北部第二高速公路系統之養護整修工作。高公局局本部下設北、中、南三區工程處，其下再分設二至三個工務段。其中鋪面破壞資料由各工務段自行調查；全線撓度及糙度調查則由中區工程處材料試驗所負責，至於交通荷重調查由局本部交通管理組承辦。

(1).鋪面破壞調查：

目前各工務段每年進行一次鋪面破壞調查，調查項目包括：縱向裂縫、橫向裂縫、龜裂、坑洞、鬆散、冒油及車道高差等。調查所得資料經分析後，用以研擬下一年度鋪面養護整修策略，並為提請預算補助之重要參考。調查人員係步行於路肩，以目測方式進行破壞調查，調查所得資料並無完整統一的調查表格可供填寫，所以不易將調查結果數據轉化以顯示鋪面之破壞嚴重程度。根據經驗指出，除裂縫、車轍及隆起與凹陷外，其餘破壞項目在高速公路上不易見到，原因應為高速公路鋪面養護整修頻繁，使鋪面一直能維持相當的強度，破壞現象自然不易產生。至於在資料保存上，由於沒有完整統一的調查表格，所以僅有部份保存。

(2).鋪面撓度及糙度調查：

中區工程處材料試驗所擁有數種先進鋪面儀器調查設備。在撓度調查方面，目前使用道路評審儀（Road Rater），於每相隔200公尺處量測一組撓度值；該所並計劃

於民國84年期間引進可模擬車輛作用於鋪面荷重之落重式撓度儀（Falling Weight Deflectometer; FWD），增加撓度量測的準確性。在糙度調查方面則擁有超音波糙度儀，此糙度儀可直接架設於車後保險桿上，配合電子記錄器及電腦快速分析的能力，以時速80公里行駛速度進行糙度量測。除此之外，該單位亦擁有抗滑值量測儀可用於抗滑值調查。上述各項調查，通常在高速公路全線每年至少量測一次，所蒐集的調查資料亦妥善保存於電腦之中。

(3).交通荷重調查：

高公局技術組每年進行二次交通載重資料調查，並利用固定地磅量測所得軸重資料，將交通量轉換成軸重/軸次量。轉換而成的軸重/軸次量為計算ESAL值的基本資料。除此兩次之交通載重資料調查外，亦可由高公局業務組所保留之資料中取得各收費站車輛通過量。

3.2 台灣省公路局

台灣省交通處公路局（公路局）所負責管轄之公路系統有省道、縣道及部份代縣政府養護之鄉道。局本部下設有五區工程處，計三十一個工務段。各項鋪面調查執行現況分述於下：

(1).鋪面破壞調查：

根據公路局管理課之訪談結果得知，各工務段每年進行一次破壞調查以做為申請大型養護經費之重要參考依據。公

路局的破壞調查也是以調查人員步行目測方式進行，而主要調查項目計有：各型裂縫、車轍、隆起與凹陷、坑洞與人孔高差等。至於調查所得之破壞資料通常在提供申請經費後便棄置不用，並未做妥善保存。

(2).鋪面撓度及糙度調查：

公路局材料試驗所擁有一台性質與道路評審儀性質相近的動力撓度儀（Dynalect）。由於公路局所轄公路幅員廣大，除養護工作外尚需負責新建工程，故公路局並無定期於公路網上蒐集撓度資料，做為鋪面服務能力判斷依據的政策；目前只有當道路發包工程完工驗收時或鋪面有突發狀況（例如地層下陷）等之特殊變化時，才進行撓度調查，獲得少數的撓度資料。

在糙度調查部份，雖然各區工程處的材料試驗室都擁有3米直規型高低平坦儀，但該儀器必須以手動方式操作，致使其主要僅用作鋪面完工驗收測試，並不適用於定期蒐集糙度資料的工作。

(3).交通荷重調查：

交通量調查作業固定於每年四月選定若干週之週末（五、六、日）進行。調查時先將車輛分為小客車、大貨車、貨櫃車、特種車、機踏車等若干類型，再分別調查其交通量、車公里、噸公里等交通量資料。

交通量資料除可供鋪面管理使用外，更是公路交通管理上用於反應各路段運輸服務能力與需求之重要指標，目前公路局交通管理課擁有民國40年迄今完整的交通量資料。惟因公路局所轄路網龐大，且在人力及經費有限的條件下，尚未曾進行鋪面理論分析所需之軸重/軸次量調查。

3.3 北市工務局養護工程隊

台北市為台灣首善之區，其市政府工務局養工處之養護工程隊（養路隊）從事道路方面之工作人員多達400人以上，但在於鋪面狀況調查方面，除每年固定進行交通量調查，具有較完整資料外，其餘資料則十分缺乏。雖說養工處設有道路巡視員每日定期巡視市區道路，但一般只對道路破壞之型式、程度、規模與位置作敘述性與簡單數字之記錄，且調查項目以即刻影響行車安全之坑洞、隆起與凹陷、人孔高差為主，故應視為協助例行性養護之巡視工作，而非正式的鋪面破壞調查。至於撓度、糙度調查部份，北市養工處並無調查儀器，故無法從事定期之調查。

3.4 訪談單位之鋪面狀況調查現況總整理

由訪談鋪面調查實際執行單位所得訊息，可得兩大結論：

- (1) 不同層級之道路主管單位，目前進行之鋪面調查內容差異頗大。

(2).除高公局之鋪面調查資料保存比較完整外，其餘兩單位目前並無完整鋪面調查歷史資料。

茲將高公局、公路局及北市養工處等三道路主管單位，目前鋪面狀況調查執行情形，列於表3.2中：

表3.2 國內鋪面狀況調查現況總表

		高 公 局	公 路 局	北市養工處
破壞調查	調查方式	步行目測法	步行目測法	—
	調查頻率	一年一次	一年一次	—
	資料量化程度	簡單	簡單	—
	資料保存	部份	無	—
撓度調查	調查儀器	Road Rater	動力撓度儀	—
	調查範圍	高速公路全線	完工驗收 與 特殊路段	—
	調查頻率	一年一次	視情況而言	—
	資料保存	全線皆有	部份	—
糙度調查	調查儀器	超音波糙度儀	3m直規平坦儀	—
	調查範圍	高速公路全線	工驗收路段	—
	調查頻率	一年一次	視情況而言	—
	資料保存	全線皆有	部份	—
交通調查	交通量	有	有	有
	軸重 / 軸次	有	無	無
	調查頻率	一年二次	一年一次	一年一次
	資料保存	有	有	有

第四章 本土化鋪面績效預測模式構建程序

4.1 本土化鋪面績效預測模式評估條件

本研究根據分析國外鋪面績效預測模式發展趨勢(第二章)與國內鋪面狀況調查現況(第三章)所得結論，獲知適合國內使用的柔性鋪面績效預測模式應符合下列各項條件：

(1).模式可供各道路機關使用：

國內目前鋪面調查內容正如3.4節所列，各道路機關因擁有之檢測設備及調查目的的不同而有極大的差異，而且此種現象在短期內應該不會有所改變。在資料蒐集程度差異頗大的情況下，本土化鋪面績效預測模式應依據各道路主管單位本身特性，以發展合適之預測模式。

(2).模式能順應潮流而更新：

國內的鋪面工程無論在理論方面、設備方面亦或技術方面皆不斷的成長進步，例如當動態地磅（WIM）引進後，可使ESAL資料的蒐集更加簡便，將可使交通資料蒐集之內容由以往的各車型交通量提昇至ESAL量。又如高公局即將引進的落重式撓度儀，因為所得撓度測值可直接用於回算鋪面的SN值[22,23]，而可能改變以往以撓度指標代表鋪面結構強度的習慣。因此本土化鋪面績效預測模式需能於未來新績效

指標產生或破壞量測值更改時，可以簡便地更新以順應潮流。

(3). 模式充份考慮影響因素：

影響鋪面績效的因素，大致可歸納為結構強度、環境因素、交通荷重與養護整修等四類。為能充份反應各種因素對鋪面績效的影響，本土化鋪面績效預測模式應能將上述四類影響變數皆包括於模式中。

(4). 模式可在短期內使用：

鋪面績效預測模式通常需要蒐集多年資料才能建立，而國內以往並無定期蒐集各項鋪面狀況資料，因此無法利用國內鋪面歷史資料發展本土化鋪面績效預測模式。而目前可行方法為即刻開始蒐集模式所需資料，待資料充分後，便可發展較合理且準確之本土化鋪面績效預測模式。基於此項認識，本研究短期目標是依據現有有限的鋪面資料來發展模式，而可在短期內供道路機關使用。

(5). 模式操作簡易：

鋪面績效預測模式發展的主要目的，是要協助鋪面管理系統提供道路機關鋪面管理之用。所以模式應力求簡單、易懂，使道路機關能操作簡易，才不致使道路主管機關增加額外且繁雜之檢測工作。此處所指的操作簡易不僅指模式本身，主要亦包括模式所需資料蒐集部份。

(6).國外類似模式應用成效佳：

由於國內並無完整鋪面歷史資料，將無從於發展初期即驗證各預測模式構建方法於國內應用的成效，故本研究擬以國外類似模式的使用經驗，作為模式應用成效好壞的判斷依據。

4.2 選擇國內最適鋪面績效預測模式構建型式

由第二章的文獻回顧中吾人得知，近年來較為學者所採用的鋪面績效預測模式構建種類計有三種。今將上述三種構建種類，依據4.1節所列的六項本土化鋪面績效預測模式應符合條件評估之，以選擇國內目前最適合採用的鋪面績效預測模式構建種類。

(1).可供各道路機關使用方面：

單一鋪面法係無論道路種類及主管機關為何，都採同一公式以預測鋪面未來績效；此即意味各道路主管機關都需蒐集同樣的鋪面資料，才能發展預測模式。此種觀念與國內目前各道路等級之鋪面調查現況相去甚遠，將不利模式發展。而鋪面家族法或綜合式法則因為所採用的鋪面特性分類標準比較具有彈性，將較易提供各單位使用。

(2).能順應潮流而更新方面：

單一鋪面法係利用迴歸分析找出數個影響變數與鋪面績效指標的關係式。換言之，若鋪面績效指標或數個影響變數

中因需要而有任何的更新（如鋪面績效指標由糙度指標改成 PSI 指標）時，必須重新進行迴歸方可能產生新的適用公式，相當費時費力。而若採用鋪面家族法或綜合式法，當上述變更的情形發生時，雖然亦需重新進行迴歸分析，但因其關係式較為單純，因而比較容易更新。

(3). 能充份考慮影響因素方面：

根據國外經驗，本研究評估的三種構建種類，皆能將四類影響變數（結構強度、環境因素、交通荷重、養護整修）包含於其中。而且此四類影響變數，在國內亦皆可獲得，故三種構建種類皆適用於國內。

(4). 可在短期內使用方面：

此條件當屬鋪面家族迴歸法，可利用現有鋪面調查資料而立刻構建為最佳，至於其它兩種構建種類則皆需至少 3~5 年的資料蒐集後，才可供使用。

(5). 操作簡易方面：

單一鋪面法只使用一個方式，看似相當簡便，但事實上由於公式中包含的所有影響變數皆需定期進行調查，故整體而言並不簡便。而若採用鋪面家族法或綜合式法，則通常在將所有鋪面分類至各鋪面家族後，只需再定期對鋪面進行少數幾項調查即足以預測鋪面未來績效。

(6).國外類似模式應用成效方面：

根據國外經驗，單一鋪面法應用於巴西、印度[16,18]，鋪面家族法應用於美國北達可達州、明尼蘇達州[3,20]而綜合式法應用於美國密西西比州、俄亥俄州[2,11]等，皆有良好的鋪面績效預測成效。

另外，2.3節中曾說明，近年來鋪面家族法多以迴歸分析法與馬可夫鏈法進行模式構建，其中馬可夫鏈法需要多年鋪面資料才能發展成熟，較不適合於國內現況；而迴歸分析法不但成效良好且簡單易懂，極適合國內採用。

表4.1為綜合上述評估結果，由此表吾人可知：鋪面家族迴歸分析法應是目前較適國內採用的鋪面績效預測模式構建型式。

表4.1 鋪面績效預測模式構建型式評估總表

	單一鋪面法	鋪 面 家 族		綜合式法
		迴 歸 法	馬可夫鏈法	
可供各道路機關使用	不適用	適用	適用	尚可
順應潮流而更新	不適用	尚可	不適用	尚可
充份考慮影響因素	適用	適用	適用	適用
可在短期內使用	不適用	適用	不適用	不適用
操作簡易	不適用	尚可	尚可	尚可
國外使用成效佳	適用	適用	適用	適用

4.3 建立本土化鋪面績效預測模式構建程序

一. 鋪面績效預測模式

本研究最後決定建立之本土化鋪面績效預測模式為鋪面家族迴歸分析法，模式如下，各項內容則將詳細於下文中說明：

鋪面績效指標(鋪面強度，環境分區) = f (累積交通荷重)

(1). 鋪面績效指標(鋪面強度，環境分區)：

鋪面績效指標為一數值指標，可採用PSI績效指標、PSDI績效指標、梅氏糙度值(Mays Index；MI)績效指標或鋪面殘餘結構強度指標。

(鋪面強度)係指鋪面結構強度分類標準，係以鋪面興建完工或最後一次大型整修後之當時量測鋪面結構強度大小為

準，將道路鋪面分成若干個家族。可用的分類指標為SNC值、面積撓度指標以及鋪面等級三種。

(環境分區)則以鋪面所處環境因素為分類標準，採環境分區法為分類標準，將研究範圍內之道路鋪面分成若干個家族。

(2). 累積交通荷重：

可採用累積ESAL或累積重車交通量。(累積量之定義乃指以鋪面興建完工或最後一次大型整修完工通車為計算開始至鋪面破壞資料蒐集之日為止的總累積量。)

(3). f 函數

f 函數為一關係式，係以統計迴歸分析方法發展，且各家族可依資料特性之差異分別採用不同的迴歸方式。

本土化鋪面績效預測模式可供採用之各項變數指標，整理於表4.2。

表4.2 本土化鋪面績效預測模式可供採用之各項變數指標

鋪面績效指標(鋪面強度，環境分區)= f (累積交通荷重)	
鋪面績效指標	PSI值，PSDI值，MI值。
鋪面強度分類標準	SNC值，面積撓度指標，鋪面等級。
環境分區分類標準	環境分區法。
累積交通荷重	累積ESAL，累積重車交通量。
f 函數	迴歸關係式。

二. 鋪面績效預測模式構建程序

本模式係以鋪面家族迴歸分析法發展而成，計有兩種程序可建立實用之預測模式，詳述如下：（暫以公路局為例，說明鋪面績效預測模式之構建程序，並非公路局之真正鋪面績效預測模式。）

A. 現有資料法構建程序：

現有資料法係利用鋪面現有狀況資料，發展鋪面績效模式，以進行鋪面績效預測。

- (1). 蒐集研究範圍所有鋪面樣本之(a)現行鋪面績效指標值、(b)完工日期、(c)累積交通荷重、(d)鋪面完工時強度值（利用以往鋪面強度資料計算或專業經驗判斷）、(e)所處環境分區等資料；（如表4.3）。

表4.3 公路局以現有資料法發展預測模式資料蒐集內容

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
路段代碼	現行鋪面績效值 (PSDI)	完工日期 ※	累積交通荷重 (累積重車量)	完工強度值 (鋪面等級)	環境分區
省-1	60	81,6	819336	省道	北
省-2	32	83,7	116785	省道	中
:	:	:	:	:	:
縣-1	54	81,2	443317	縣道	中
縣-2	25	84,1	85543	縣道	中
:	:	:	:	:	:
鄉-1	20	83,9	101165	鄉道	北
鄉-2	40	83,2	63877	鄉道	南
:	:	:	:	:	:

※完工日期：係指鋪面興建或最近一次大型整修之完工通車日期。

(2).以(d)鋪面完工時強度值與(e)所處環境分區為分類標準，將鋪面分成九個鋪面家族（強度三級、環境三區）：（圖4-1）。

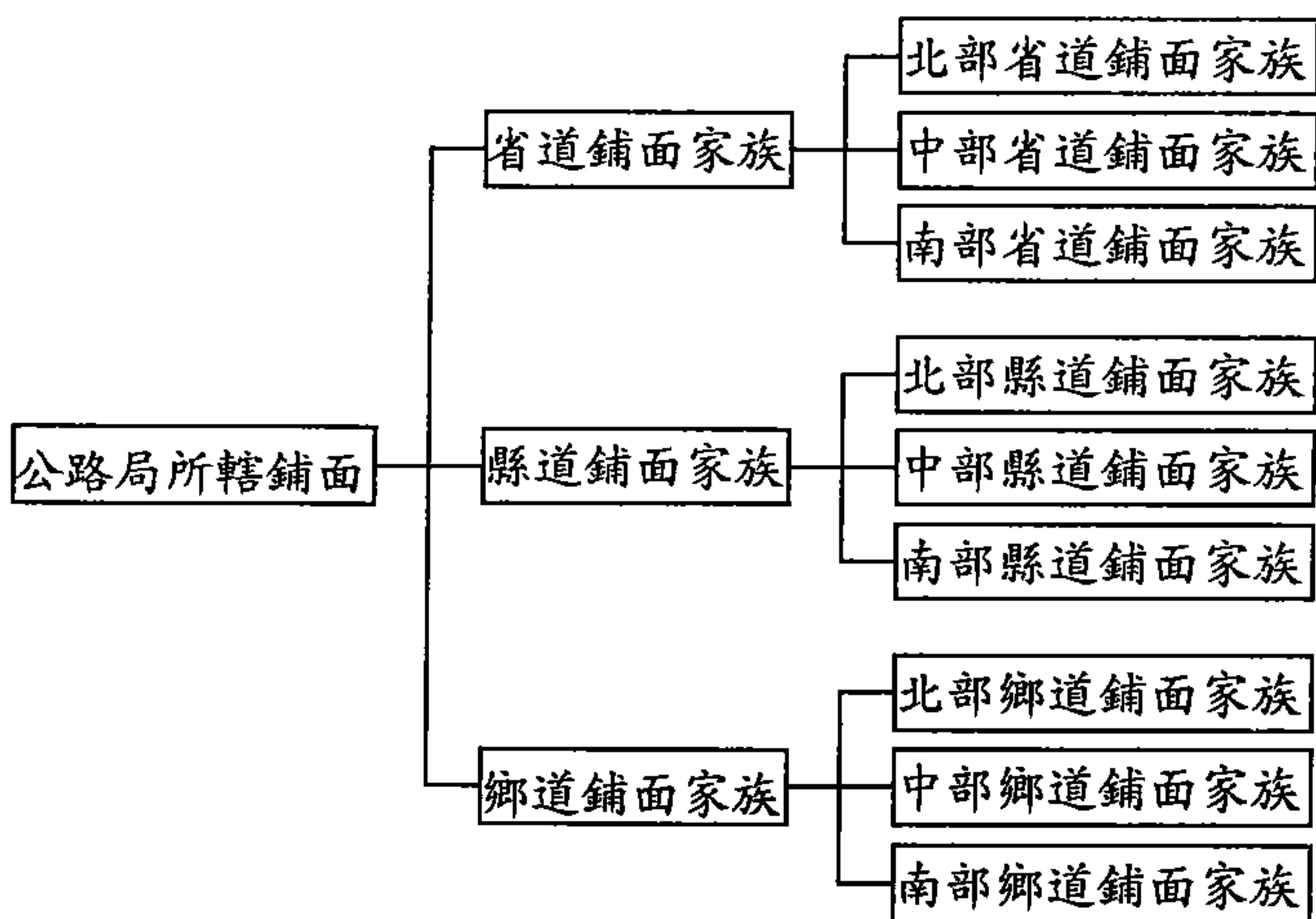


圖4-1 公路局所轄路網以鋪面家族法分類示意圖

(3).基於以上分類標準，可將鋪面家族中之各鋪面視為同一鋪面，而又因家族中各路段鋪面從完工以來迄今之累積交通荷重與鋪面績效指標不盡相同，故可立即發展出各家族之鋪面績效曲線（圖4-2）。

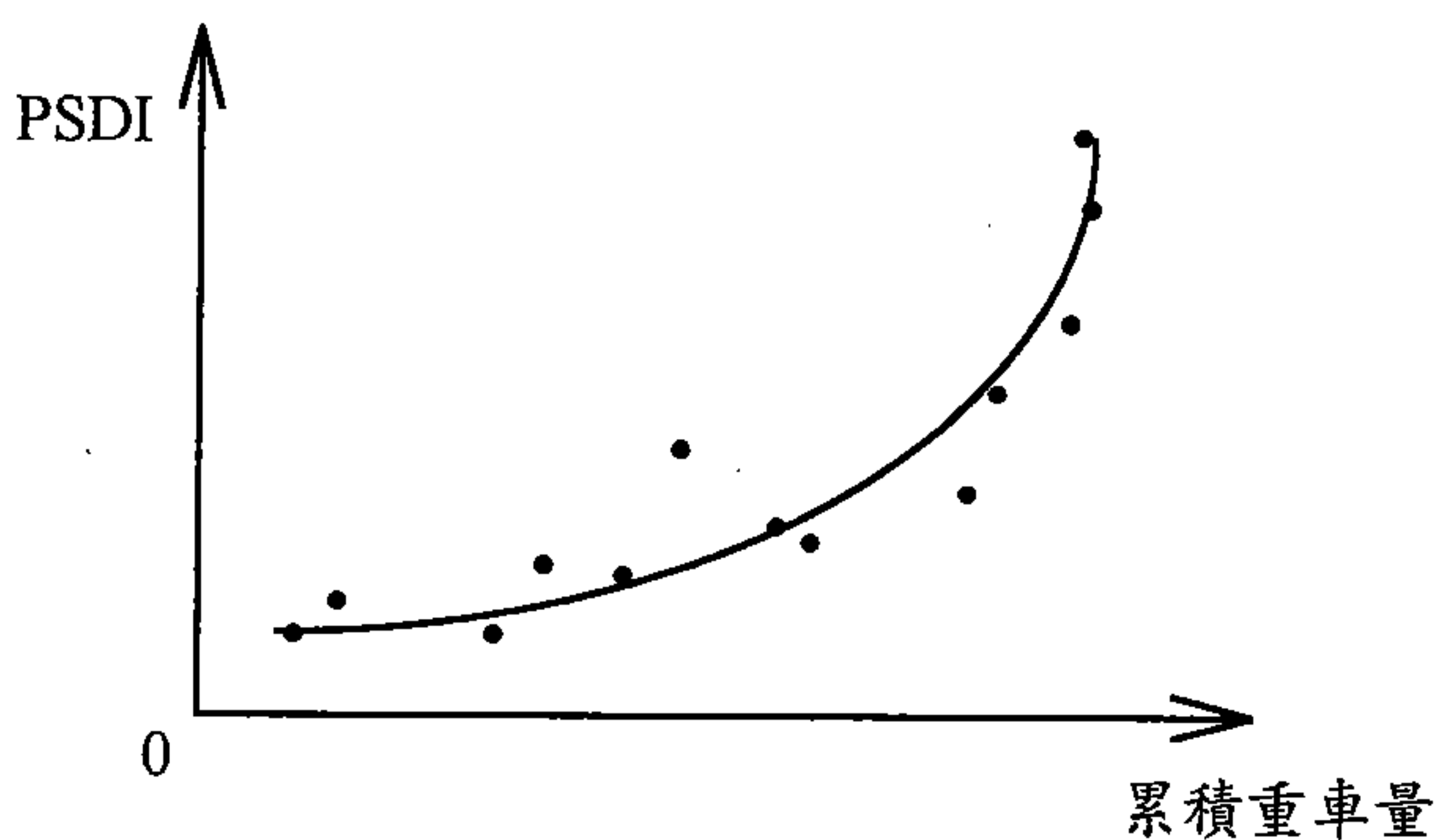


圖4-2 公路局以現有資料法發展鋪面績效曲線示意圖

(4).俟九個鋪面家族之績效曲線皆建立後，適用於公路局所轄路網之鋪面績效曲線便發展完畢，可供公路局或各單位日後進行鋪面績效預測之用（圖4-3）。

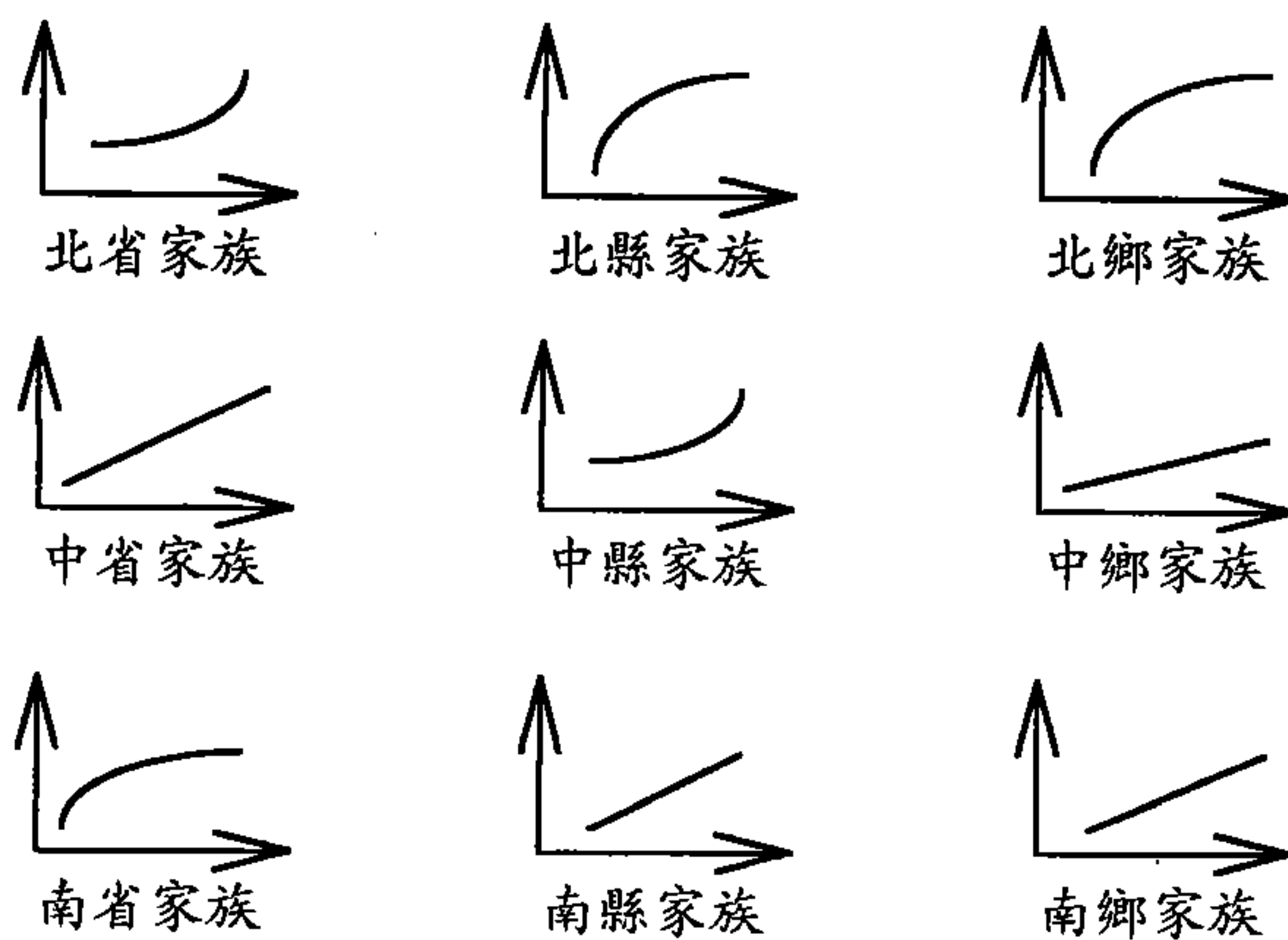


圖4-3 公路局完整鋪面績效曲線示意圖

B.未來資料法構建程序：

未來資料法係指從基年起開始定期蒐集鋪面狀況資料，以發展預測模式。採用未來資料法發展預測模式，需若干年後方能獲得可用之模式，故在變數指標的選擇上，應具有前瞻性，使其適用於未來環境。而且資料蒐集時間愈長則資料點愈多，將可提昇鋪面家族績效曲線之準確性。

- (1).對所有剛興建或大型整修完工之鋪面進行(a)鋪面績效、(b)完工日期、(c)鋪面強度及(d)環境分區調查。再將鋪面依強度之大小及所處環境分區為若干家族。（類似圖4-1）
- (2).自各家族中選取若干個交通荷重明顯不同之鋪面為模式發展用鋪面樣本。
- (3).連續蒐集未來若干年之鋪面樣本的(e)累積交通荷重及鋪面績效值，則可以累積交通荷重之多寡及其所對應之績效值為圖，建立鋪面績效曲線。（表4-4，圖4-4）
- (4).同樣地，俟所有鋪面家族績效曲線皆建立時，其鋪面績效曲線構建工作便可結束。

表4-4 公路局以未來資料法發展預測模式資料蒐集內容

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
路段代碼	鋪面績效 (PSI)	完工日期	鋪面強度	環境分區	後續資料蒐集 (日期/PSI/累積ESAL)		
省-15	4.3	84,7	省道	北	85,4/4.0/ 224473	:	:
省-27	4.1	84,9	省道	北	85,4/3.7/ 140785	:	:
省-45	4.2	85,1	省道	北	85,4/4.1/ 97505	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:

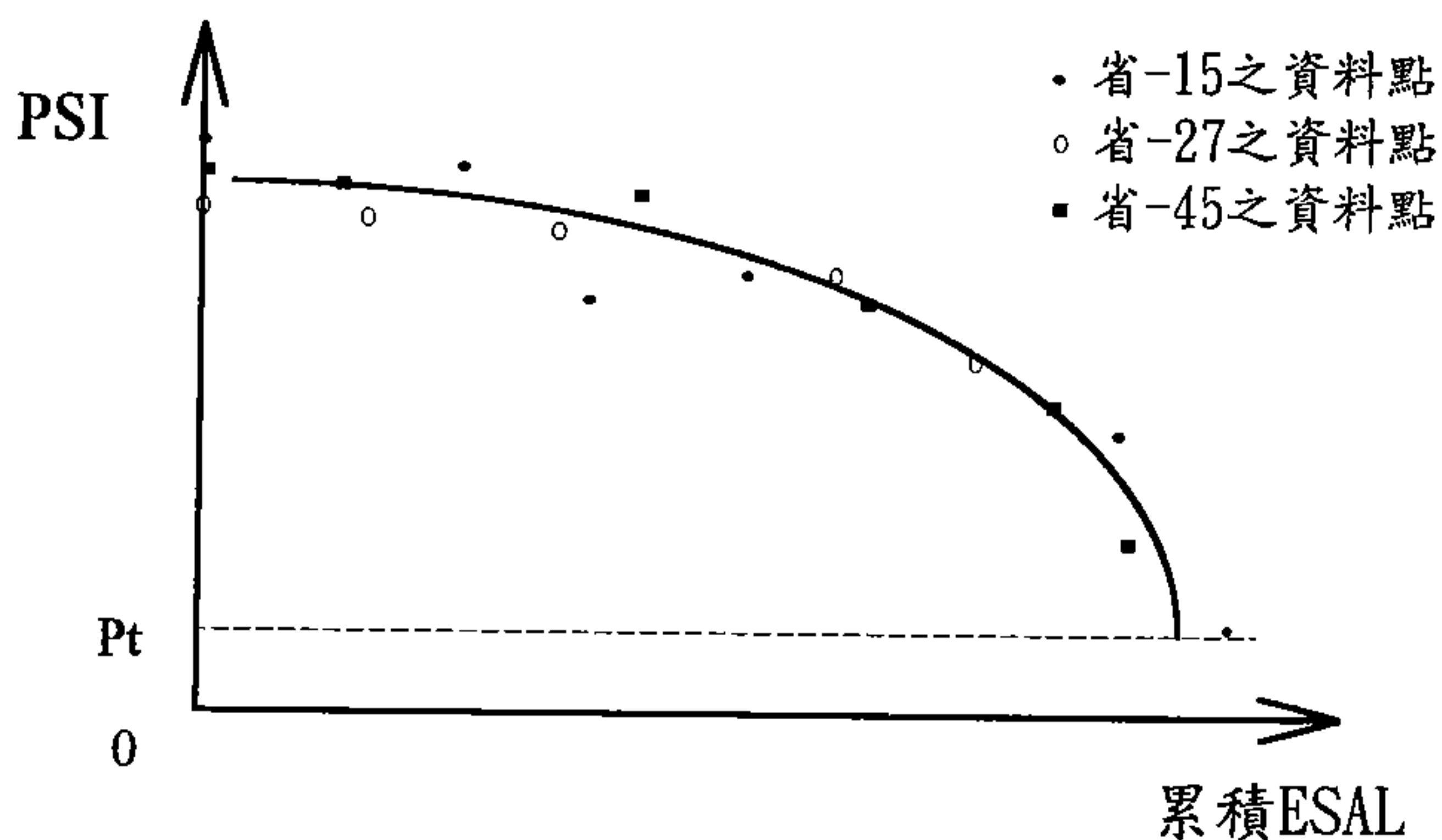


圖4-4 公路局以未來資料法發展北區省道鋪面績效曲線示意圖

三. 鋪面績效預測模式預測方法

當鋪面家族績效迴歸曲線（式）建立後，接著即可利用此模式來預測其它路段之未來鋪面績效。而預測方法計有下列數個步驟，可由圖4-5說明之。

- (1).確立欲進行預測之鋪面所屬的鋪面家族（圖4-5（a））。
- (2).以該鋪面的現在鋪面績效值與累積交通荷重值，求得該鋪面於鋪面家族中的所在位置，以點P表示（圖4-5（b））。
- (3).當P點落在曲線上時，則P點之後的鋪面家族迴歸曲線即為欲預測鋪面之未來鋪面績效變化趨勢（圖4-5（b））。
- (4).但當P點並未落在鋪面家族迴歸曲線上時，則顯示該欲預測鋪面之實際鋪面強度或環境影響因素略不同於此鋪面家族之

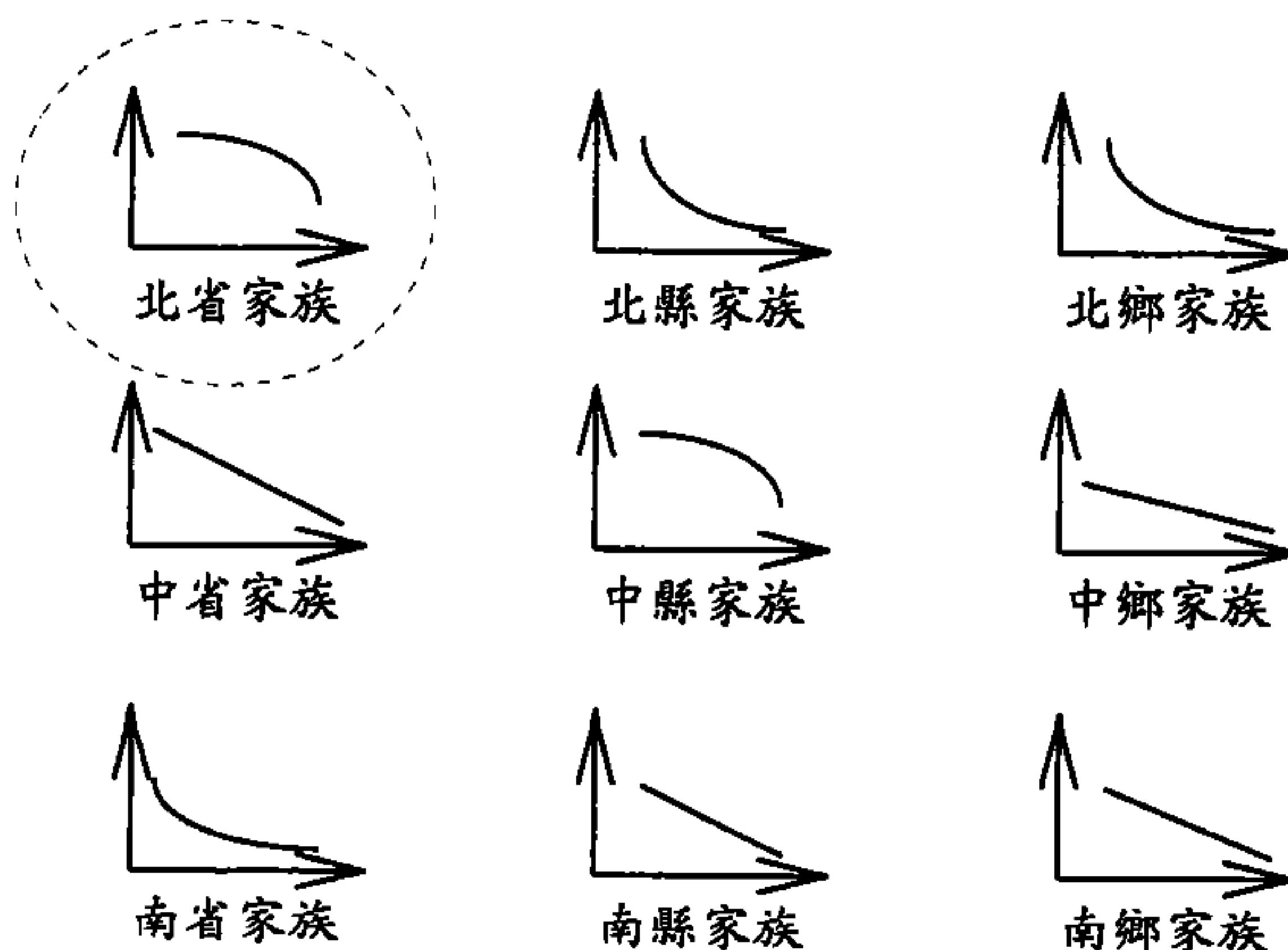
平均值，此時預測方法將有所修正。步驟如下（圖4-5（c））：

- (i). 做垂直線通過P點，並交鋪面家族迴歸曲線於P'點。
- (ii). 做水平線H通過P'點，並交y軸於點h；自點h延伸一直線H'通過點P。
- (iii). 則不同累積ESAL（點P', Q', R'）時之H與H'的距離差（ ΔPSI ），即是因欲預測鋪面之行為略不同於鋪面家族迴歸曲線而產生之誤差。
- (iv). 求出各不同ESAL時之 ΔPSI 後，由各不同ESAL時鋪面家族迴歸曲線之PSI值減去（或加上） ΔPSI 值之結果，即為欲預測鋪面之未來鋪面績效趨勢。

以公路局鋪面為例：

欲預測鋪面	環境分區	鋪面強度	現有PSI	累積ESAL
台一 12k-13k	北	省道	3.6	976235

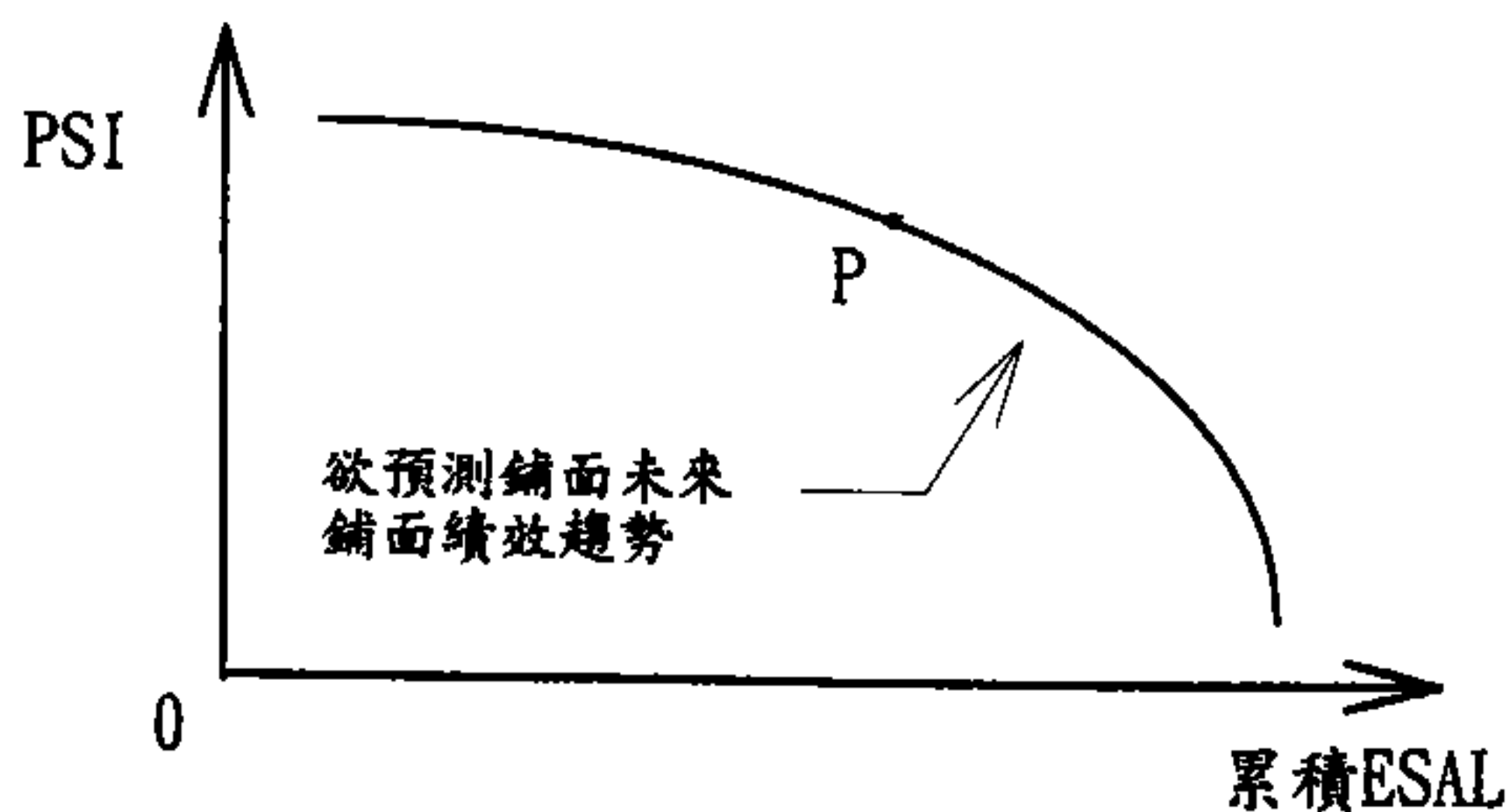
(1). 由資料得知該欲預測鋪面屬：北部省道鋪面家族



(a)

(2). 由欲預測鋪面之現有PSI, 累積ESAL得點 P:

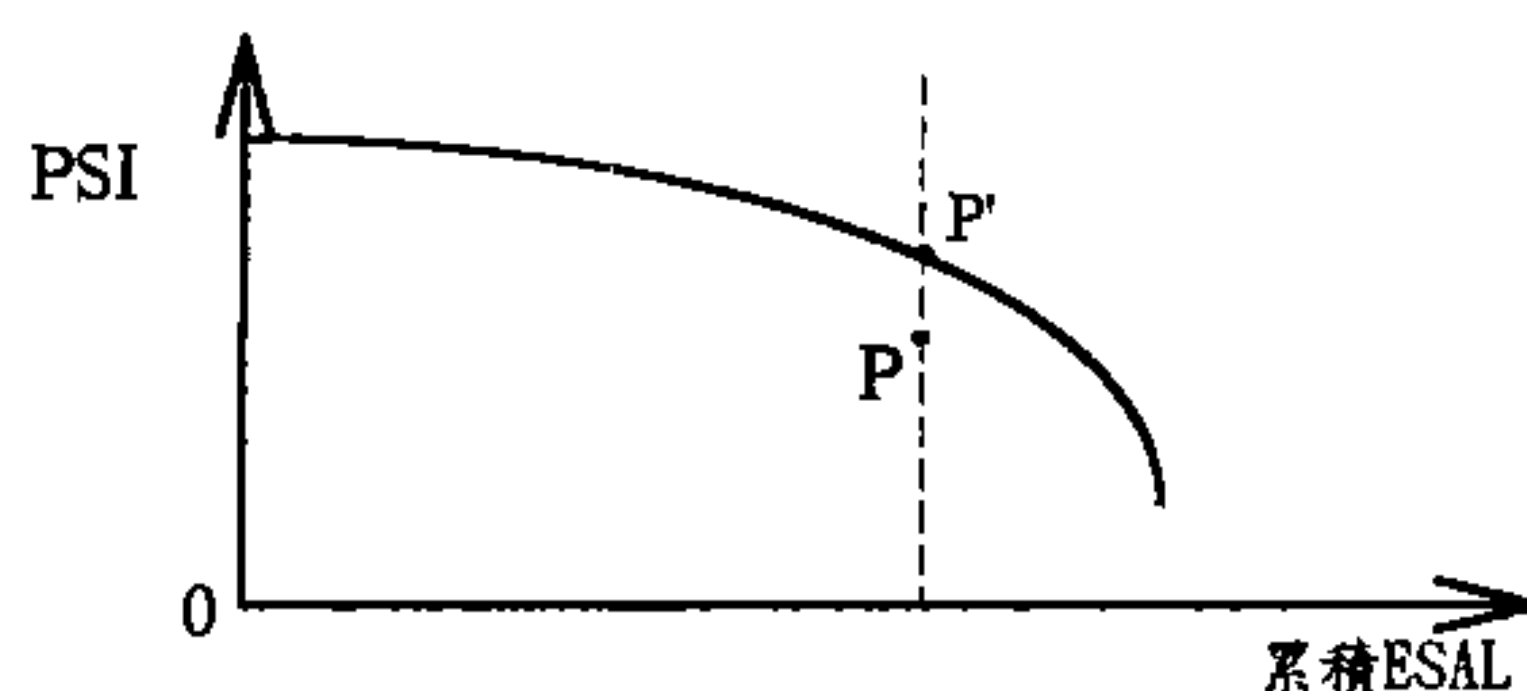
(3). 當點 P 落在曲線上時, 可直接得該鋪面未來績效變化趨勢



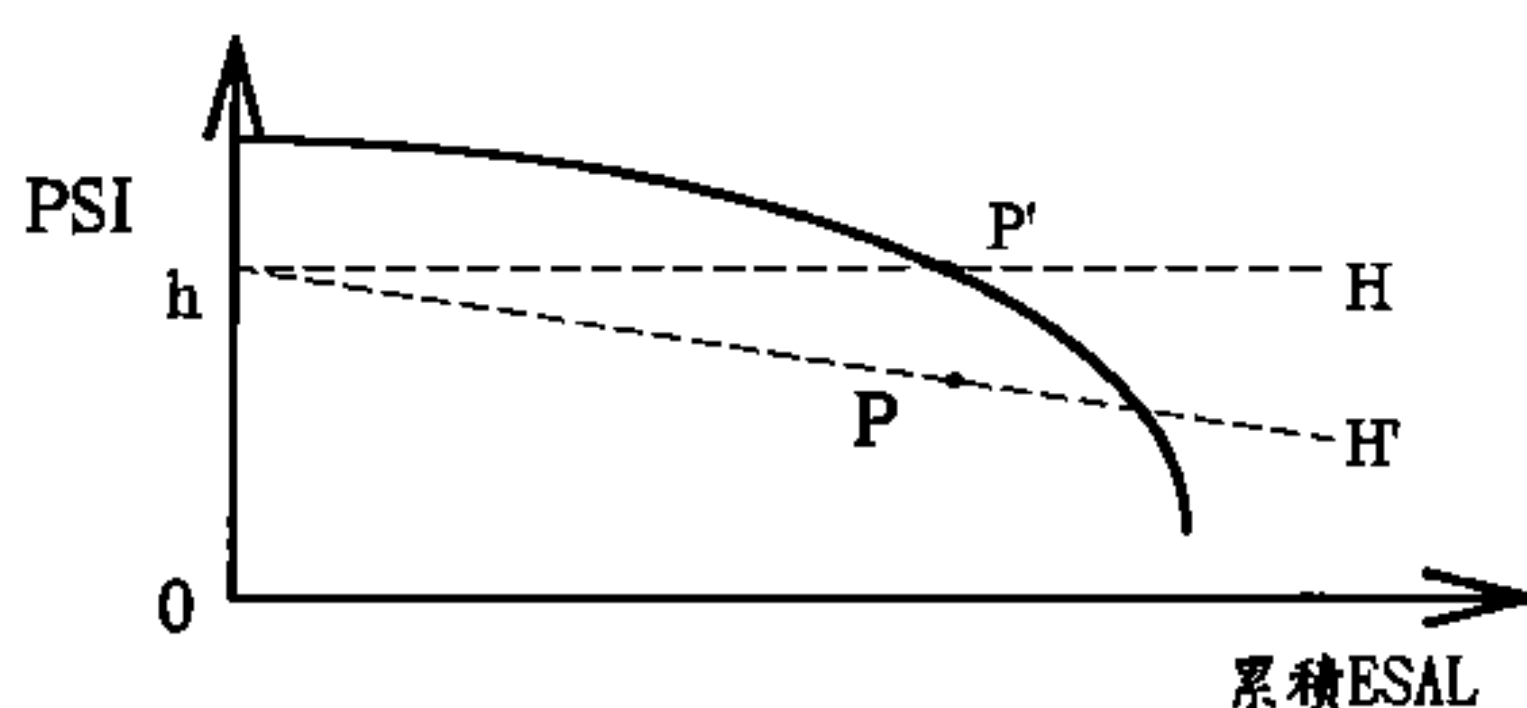
(b)

(4). 當點 P 並未落在鋪面家族迴歸曲線上時:

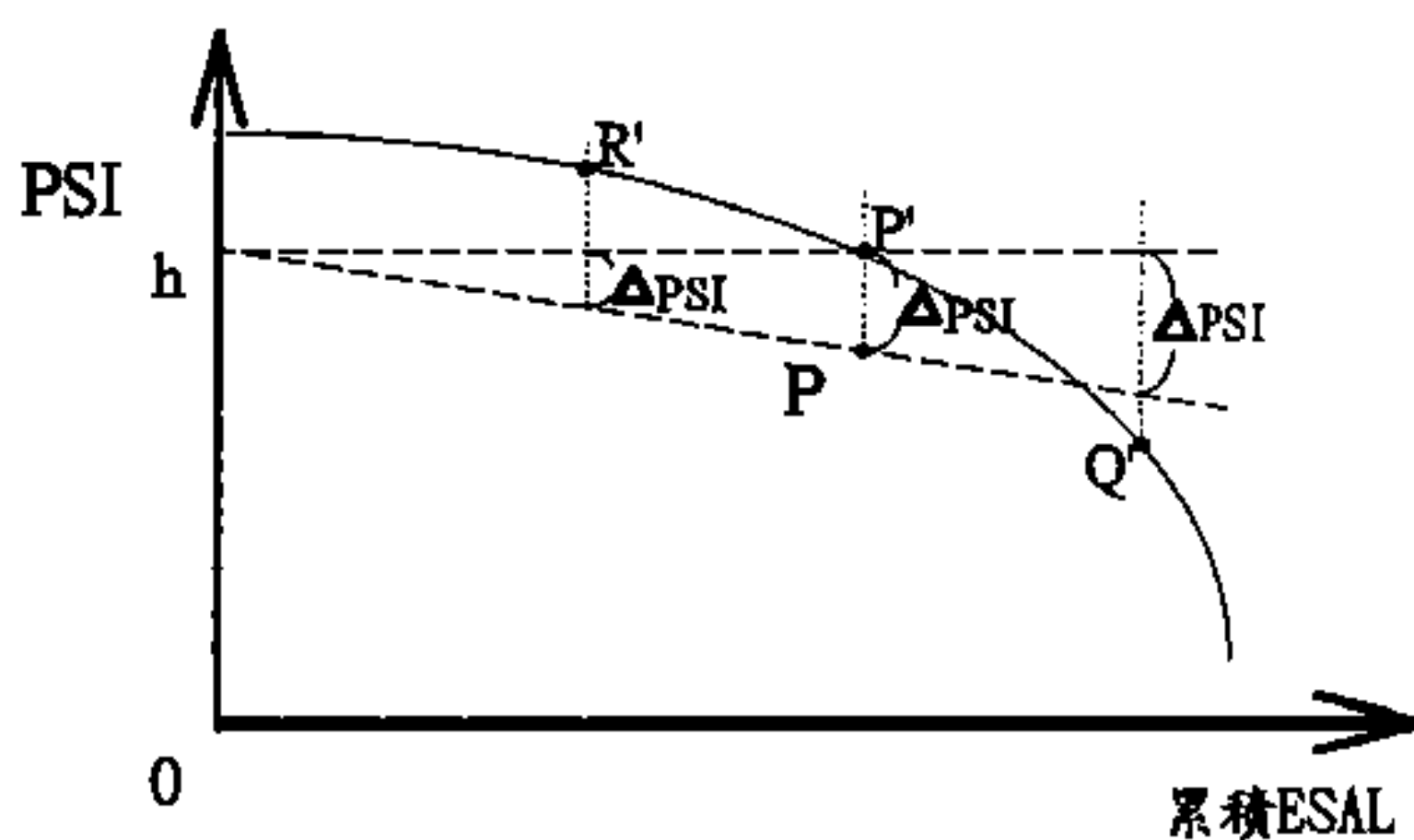
(i). 做垂線過點 P, 並交曲線於 P'



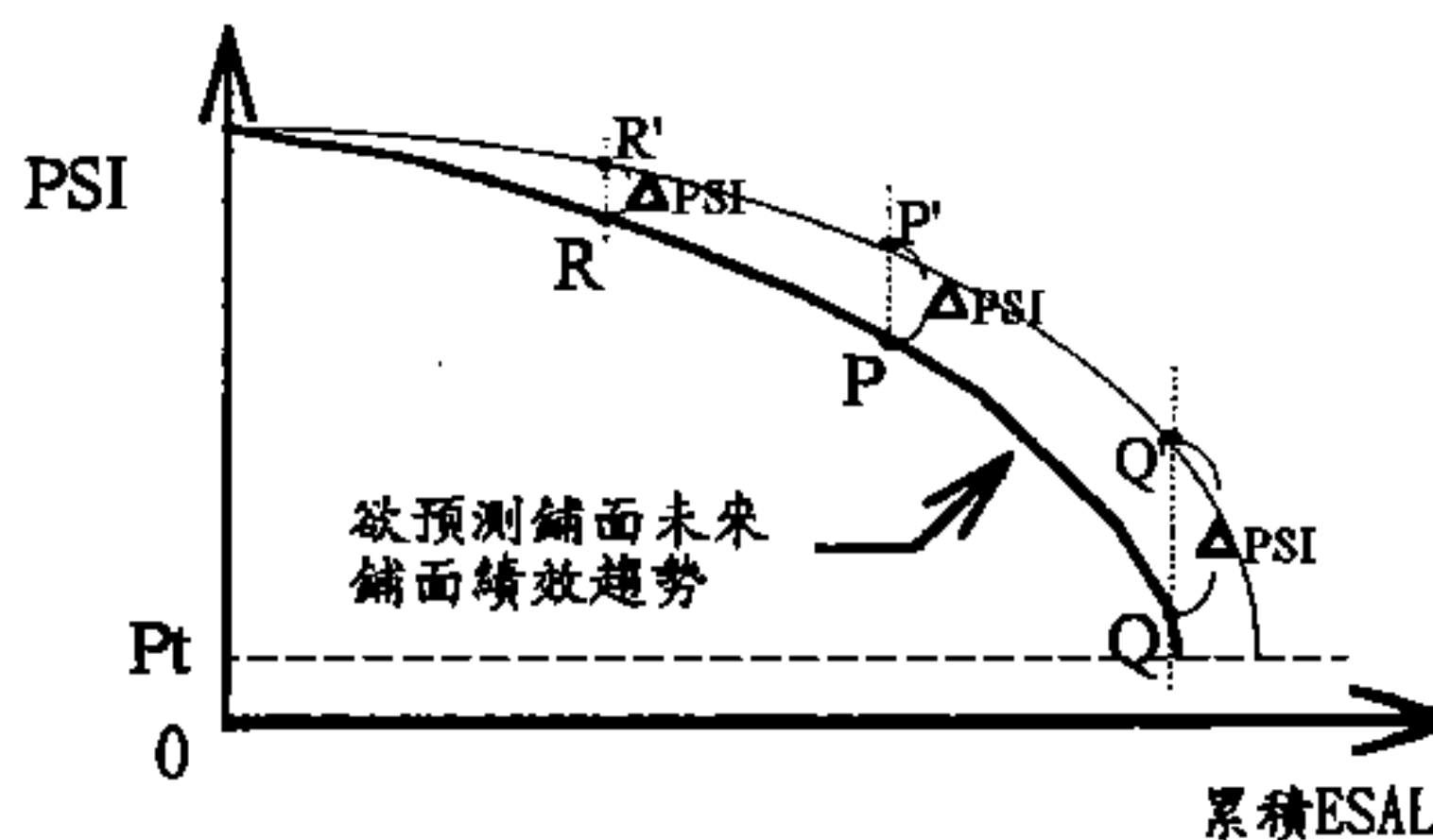
(ii). 做水平線 H 過點 P', 並交 y 軸於 h;
再過 h 延伸一直線 H' 通過點 P



(iii). 不同累積ESAL時之PSI差, 即為
欲預測鋪面與鋪面家族迴歸曲線間之誤差



(iv). 不同累積ESAL時之鋪面家族迴歸曲線減去(加上)
PSI差值所得曲線即為欲預測鋪面未來績效趨勢

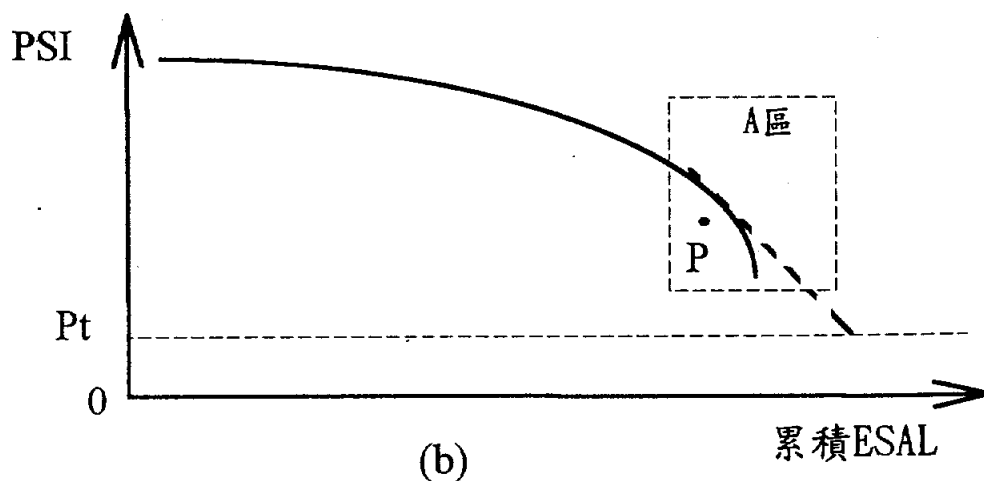
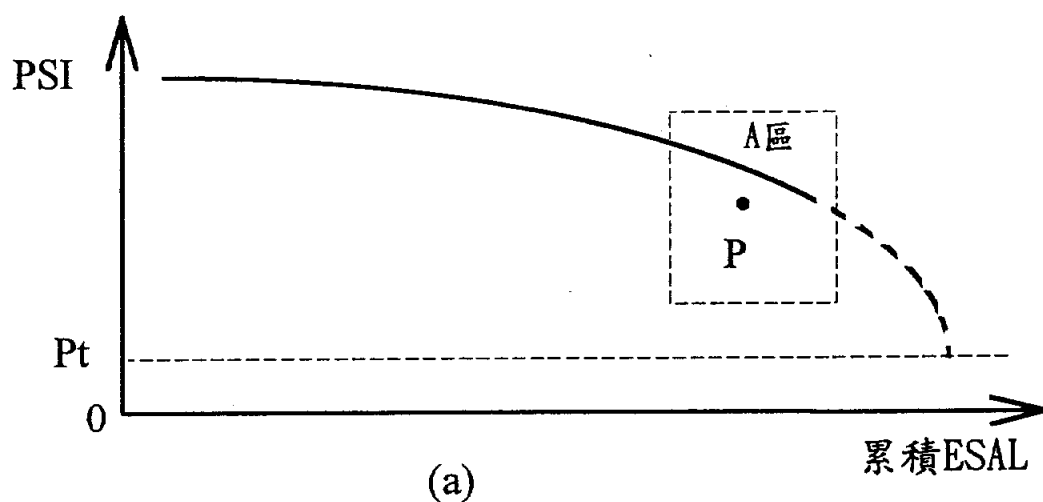


(c)

圖4-5 鋪面績效預測模式預測方法示意圖

若欲預測鋪面在鋪面家族中所處的位置（P點）落於鋪面家族迴歸曲線之尾端（如圖4-6中的A區）附近時，則該鋪面之未來績效將因資料不足而無法預測。計有兩種做法可解決上述問題：

- (1). 蒐集更多資料以延伸鋪面家族迴歸曲線，使A區位於鋪面家族迴歸曲線的中間部份（如圖4-6（a））。
 - (2). 將鋪面家族迴歸曲線以外插法加以延伸（如圖4-6（b））。
- 一般而言，迴歸曲線外插法準確性並不佳，故以(1)法為佳。



原鋪面績效曲線

延伸鋪面績效曲線

圖4-6 鋪面績效預測模式迴歸曲線延伸示意圖

4.4 本土化鋪面績效預測模式之特色

本研究所建議發展之鋪面績效預測模式具有下列六項特色，分述如下：

- (1).模式中各項變數皆有多項選擇，可供各道路主管單位依本身調查特性發展合適的模式。表4-5中分別說明目前高公局、公路局、北市養工處若各自發展鋪面績效預測模式時可採用之變數指標。

表4.5 目前各單位發展鋪面績效預測模式時可採用之變數指標

	高公局	公路局	北市養工處
鋪面績效指標	PSI, MI	PSDI	PSDI
強度分類標準	AREA, (SNC)	AREA, 鋪面等級	鋪面等級
環境分類標準	環境分區	環境分區	同一環境分區
累積交通荷重	ESAL	累積重車交通量	累積重車交通量

- (2).模式容易更新；例如高公局鋪面績效預測模式（表4.5）中的鋪面結構強度分類標準，在落重式撓度儀（可轉換計算SNC值）引進後可由面積撓度指標法更新為SNC值法。
- (3).影響鋪面績效的四類變數：結構強度類（鋪面結構強度分類標準）、環境因素類（環境因素分類標準）、交通荷重類（累積交通荷重）以及養護整修類（大型整修視為“嶄新鋪面”）皆已充份的納入考慮。

- (4).本模式採用簡單的迴歸關係式，且只需收集一種鋪面績效指標與一種累積交通荷重量即可預測鋪面未來績效，使用相當簡便。
- (5).在有足夠資料，並建立實用鋪面績效預測曲線後，本模式可進一步建立篩選曲線(式)(Filter Boundary Curve)，除可將超出合理範圍之資料剔除外，同時並可再次確認資料蒐集之正確性(圖4-7)。至於篩選曲線的獲得，可先將不同累積交通荷重之各樣本鋪面之績效值分佈情形視為常態分佈，則若吾人將任何落於其所屬鋪面績效常態分佈平均值（鋪面家族迴歸曲線之點）兩倍標準差之外的鋪面樣本視為不合理資料下，便可建立篩選曲線。

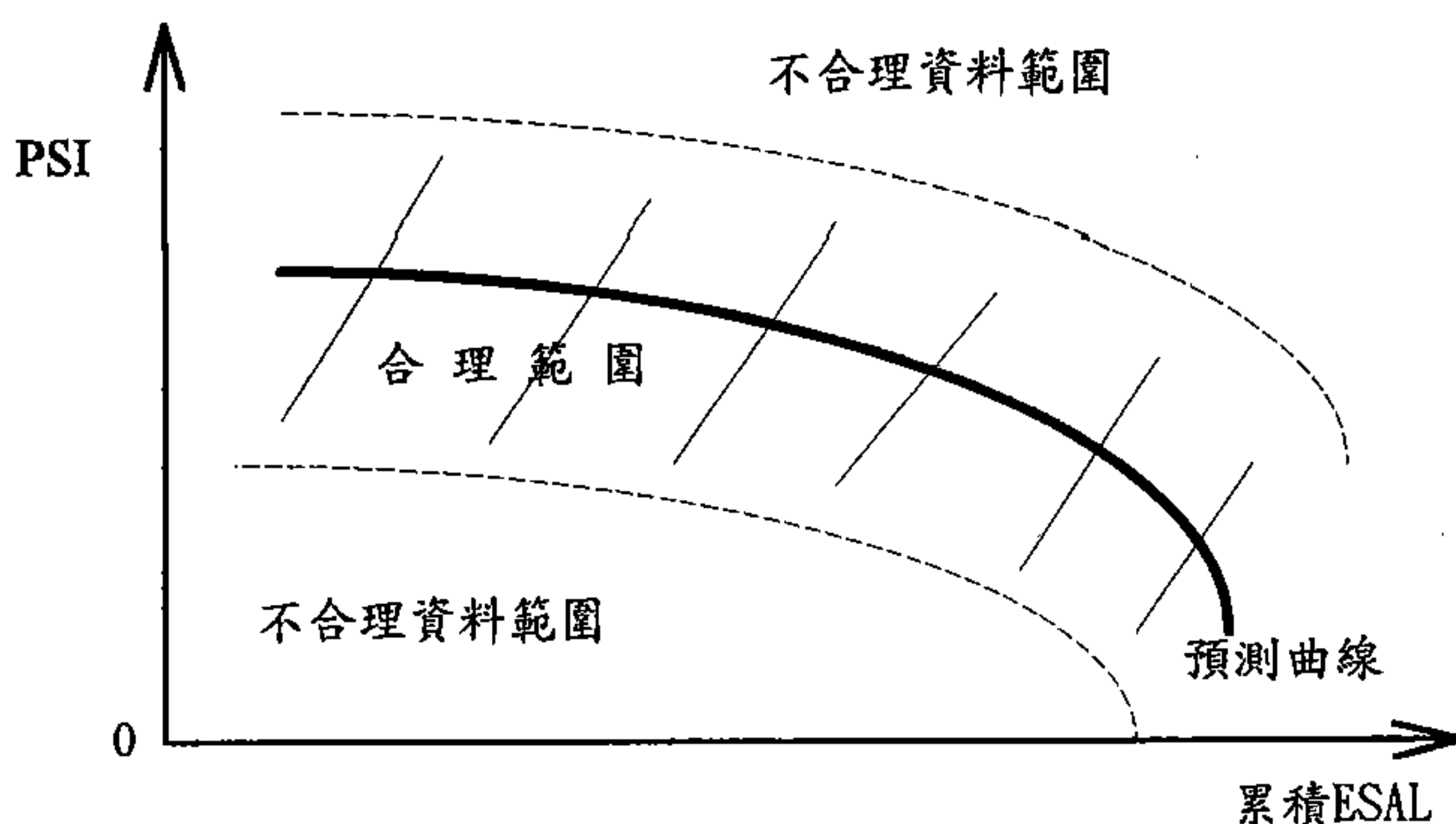


圖4-7 建立鋪面績效預測模式篩選曲線示意圖

(6).本模式不僅可提供預測鋪面未來績效之用，並可將鋪面家族預測曲線往Y軸（鋪面績效指標）延伸（圖4-8），而獲得鋪面剛完工或大型整修後所應具有的起始鋪面績效值，可供作道路主管單位於鋪面管理、設計、驗收時參考之用。

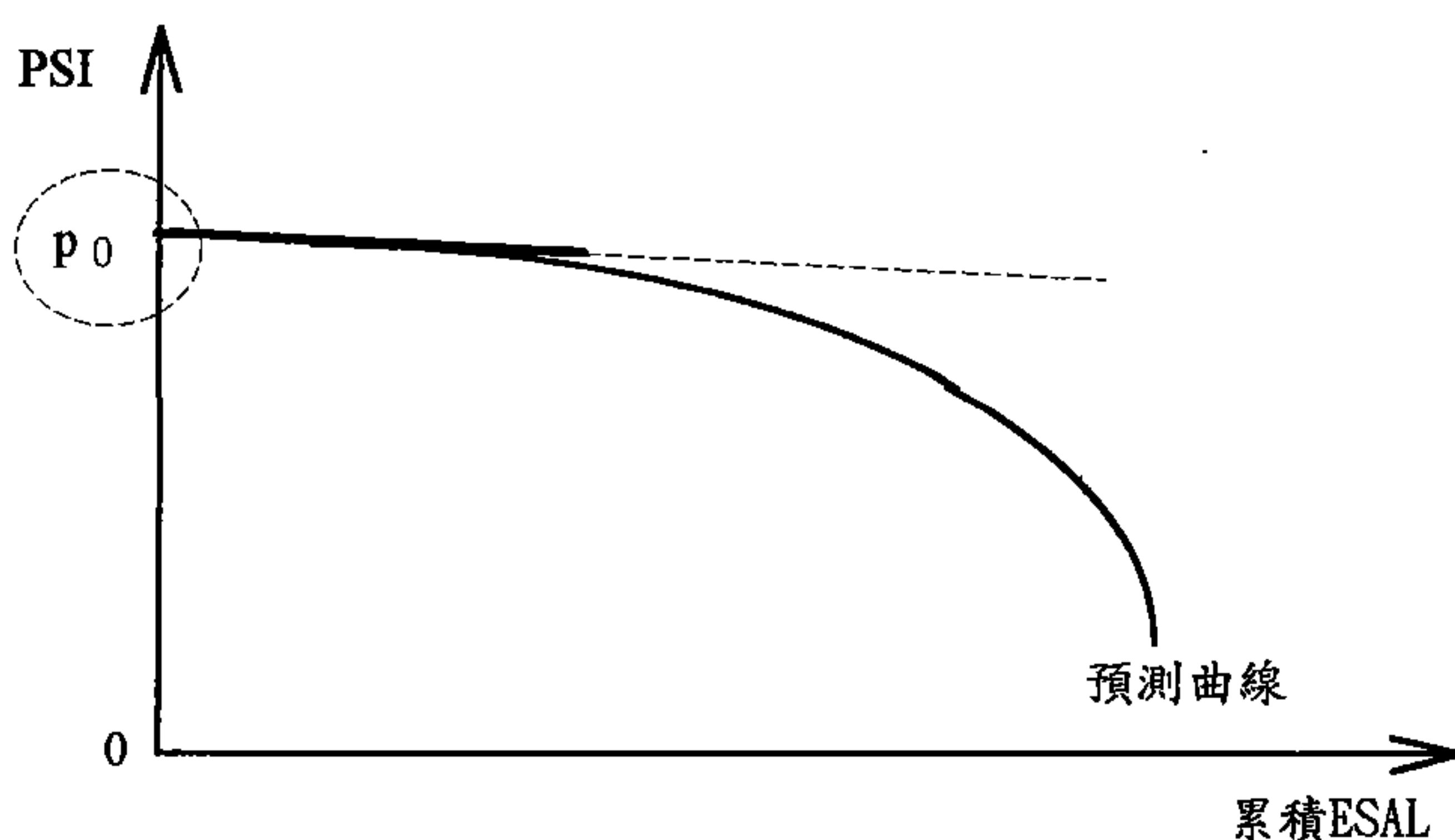


圖4-8 獲取嶄新鋪面之起始績效值 (P_0) 示意圖

第五章 實例分析

一般而言，若對一鋪面績效預測模式進行實例分析，通常需要有多年且完整之鋪面調查資料（由鋪面管理系統資料庫或實際進行鋪面調查獲得）。在國內目前沒有完整的鋪面歷史資料可直接引用，並在研究時間及經費均受限而無法進行多年實際鋪面調查之情況下，欲對本土化鋪面績效預測模式進行實例分析，誠屬不易。但本研究仍盡力蒐集鋪面主管機關所擁有之鋪面相關資料，嘗試使用現有資料法構建程序進行實例分析，以了解在目前國內鋪面調查現況下，採用現有資料法發展鋪面績效預測模式之可行性。

以下兩節將分別以高公局及公路局所轄路網為例，進行實例分析。其中高公局部份選取中山高沿線十個收費站附近南北雙向各一公里長柔性鋪面路段，計二十段；公路局部份選取一區工程處省道路網每段長五百公尺之二十個路段。

5.1 高公局資料實例分析

由4.4節中可知目前高公局發展鋪面績效預測模式時可採用之變數指標如下所示：

鋪面績效指標：現行服務力指標(PSI)，梅氏糙度指標(MI)

強度分類標準：面積撓度指標(AREA)

環境分類標準：環境分區

累積交通荷重：累積軸重當量(ESAL)

研究人員可以採用面積撓度指標與環境分區等兩種分類標準，將國道系統分成若干鋪面家族後，對各家族內鋪面進行PSI（或MI）及累積ESAL調查，經由迴歸分析而發展出國道系統之鋪面績效預測模式。

然而本實例分析於實際進行資料蒐集時，因考量高公局已擁有各收費站之交通量及部份收費站之軸重/軸次調查資料，故僅先行取得中山高十個收費站附近南北雙向各一公里長柔性鋪面路段之鋪面糙度績效（MI）值（表5.1）。在如此有限的樣本數下，若採用過多的鋪面家族，將使各家族的有效樣本過少而無法進行分析，基於此二十路段皆為國道鋪面，故本研究假設其均擁有相近之鋪面強度值，因而在考量鋪面家族強度分類標準時只以一個國道家族代表；而在鋪面家族環境分區分類標準上，將中山高全線依所處地理位置分為北、中、南三區（圖5-1）。

一、資料蒐集

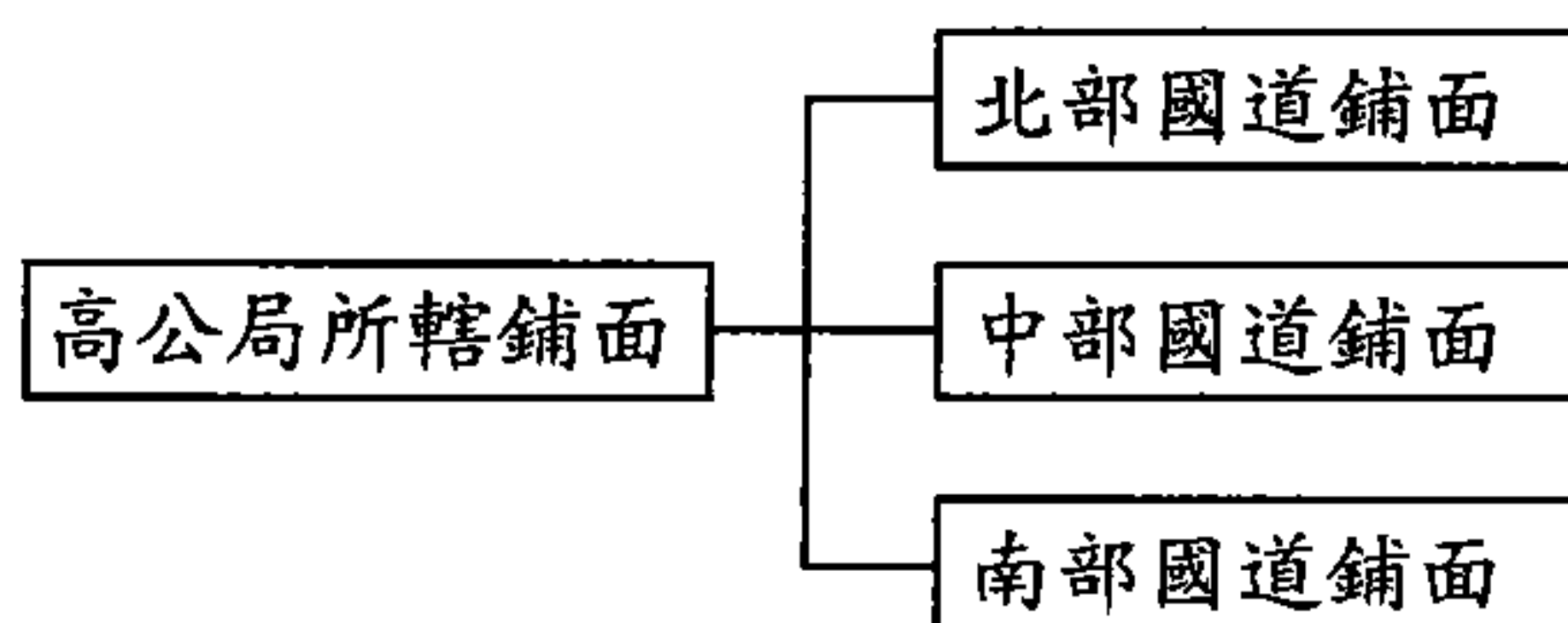
在建立國道系統鋪面家族並已取得各樣本路段之鋪面績效值後，尚需進一步計算各鋪面樣本路段最後一次大型鋪面整修完工迄今之累積ESAL量。由於此二十段樣本路段皆位於近收費站之最外側車道上，故小型車行駛於上的數量較少，且每輛小型車轉換成標準軸重/軸次量時其數值亦甚小，故本實例分析於計算累積ESAL量時並未將小型車納入。另外大客車因為並不過磅，沒有統計之卡車因子，於是本研究假設大客車總重約十三噸，且前、後軸載重分別為

四噸與九噸，則查表得其卡車因子約為0.85，而為求保守及易於計算，最後將大客車卡車因子設為1。

表5.1 高公局樣本路段鋪面績效值 (MI)

路段代碼	路段名稱 (起訖里程)	鋪面績效值 (MI)
國—1	汐止北上 (7K- 6K)	未取得
國—2	汐止南下 (6K- 7K)	未取得
國—3	泰山北上 (40K- 39K)	137.8
國—4	泰山南下 (39K- 40K)	81.6
國—5	楊梅北上 (70K- 69K)	74.2
國—6	楊梅南下 (69K- 70K)	89.4
國—7	造橋北上 (115K-114K)	65.8
國—8	造橋南下 (114K-115K)	78.4
國—9	后里北上 (162K-161K)	116.8
國—10	后里南下 (161K-162K)	57.6
國—11	員林北上 (216K-215K)	72.8
國—12	員林南下 (215K-216K)	66.2
國—13	斗南北上 (244K-243K)	74.0
國—14	斗南南下 (243K-244K)	84.0
國—15	新營北上 (277K-276K)	77.2
國—16	新營南下 (276K-277K)	70.4
國—17	新市北上 (311K-310K)	78.0
國—18	新市南下 (310K-311K)	64.4
國—19	岡山北上 (344K-343K)	87.0
國—20	岡山南下 (343K-344K)	63.0

※資料來源：高公局中工處材試所；本研究整理。



其中：

北部：台北、桃園、新竹、苗栗。

中部：台中、彰化、雲林。

南部：嘉義、台南、高雄。

圖5-1 本研究分析採用之國道系統鋪面績效預測模式
鋪面家族圖

各路段最後一次大型整修完工日期，如表5-2所示；而累積ESAL量則以下列公式計算之（式5-1）：

$$\text{累積ESAL} = \sum_i \sum_j \text{年交通量}_{ij} \times \text{卡車因子}_{ij} \times D_D \times D_L \quad \text{—式(5-1)}$$

其中：

i：服務年度（75年～84年3月）

j：車種（大貨車、大客車、聯結車）

年交通量_{ij}：i年j車種之雙向年交通量（表5-3）

卡車因子_{ij}：i年j車種之卡車因子（表5-4）

D_D ：方向分佈（採50%）[13]

D_L ：車道分佈（採80%）[13]

表5.2 高公局樣本路段最後一次大型整修完工日期表

路段代碼	路段名稱 (起訖里程)	完工日期
國－1	汐止北上 (7K- 6K)	83. 8.23.
國－2	汐止南下 (6K- 7K)	83. 9. 9.
國－3	泰山北上 (40K- 39K)	82. 7. 1.
國－4	泰山南下 (39K- 40K)	83.10.27.
國－5	楊梅北上 (70K- 69K)	81. 8.17.
國－6	楊梅南下 (69K- 70K)	82. 9.10.
國－7	造橋北上 (115K-114K)	82. 4.29.
國－8	造橋南下 (114K-115K)	83.11. 9.
國－9	后里北上 (162K-161K)	75. 6.10.
國－10	后里南下 (161K-162K)	75. 6.10.
國－11	員林北上 (216K-215K)	75. 5.19.
國－12	員林南下 (215K-216K)	75. 5.19.
國－13	斗南北上 (244K-243K)	81. 7.10.
國－14	斗南南下 (243K-244K)	81. 7.14.
國－15	新營北上 (277K-276K)	83. 4.28.
國－16	新營南下 (276K-277K)	未取得
國－17	新市北上 (311K-310K)	82. 6. 1.
國－18	新市南下 (310K-311K)	82. 7. 1.
國－19	岡山北上 (344K-343K)	80. 7. 1.
國－20	岡山南下 (343K-344K)	83. 7. 1.

※資料來源：高公局各工務段

表5.3 中山高沿線收費站車輛通過量（年）

收費站		84年度	83年度	82年度	81年度
汐止	大貨車	282497	1694984	1694984	1717026
	大客車	111219	667316	667316	675994
	聯結車	392511	2140972	1946338	1662391
泰山	大貨車	1125634	6753809	6753809	6674914
	大客車	237978	1427866	1427866	1411187
	聯結車	623430	3400527	3091388	2780714
楊梅	大貨車	730790	4384740	4384740	4532597
	大客車	169557	1017341	1017341	1051647
	聯結車	577659	3150870	2864427	2579101
造橋	大貨車	712014	4272086	4272086	4282486
	大客車	204602	1227611	1227611	1230599
	聯結車	647631	3885786	3532533	2881611
后里	大貨車	729522	4377134	4377134	4416182
	大客車	198240	1189438	1189438	1200049
	聯結車	465910	2795461	2541328	1886928
員林	大貨車	593605	3561629	3561629	3516835
	大客車	203988	1223928	1223928	1208535
	聯結車	376169	2257014	2051831	1940658
斗南	大貨車	549176	3295058	3295058	3251205
	大客車	196134	1176807	1176807	1161144
	聯結車	452448	2714688	2467898	2287683
新營	大貨車	590535	3543211	3543211	3447678
	大客車	155814	934883	934883	909677
	聯結車	386986	2321916	2110833	2033843
新市	大貨車	580074	3480445	3480445	3493999
	大客車	135531	813188	813188	816355
	聯結車	494444	2966662	2696965	2514185
岡山	大貨車	545839	3275032	3275032	3227865
	大客車	153325	919953	919953	906704
	聯結車	515744	3094466	2813151	2603180

※84年度車輛通過量估算至3月止

※資料來源：「運輸資料分析」[29]；本研究整理。

表5.4 中山高沿線收費站卡車因子表

收 費 站		84年度(北/南)	83年度(北/南)	82年度(北/南)	81年度(北/南)
汐止	大貨車	0.788/ 1.657	0.723/ 1.475	0.516/ 1.030	0.536/ 0.990
	聯結車	6.804/10.116	6.659/ 9.779	6.011/13.045	5.695/ 9.025
泰山	大貨車	0.788/ 1.657	0.723/ 1.475	0.516/ 1.030	0.536/ 0.990
	聯結車	6.804/10.116	6.659/ 9.779	6.011/13.045	5.695/ 9.025
楊梅	大貨車	1.032/ 1.241	1.028/ 1.260	0.806/ 1.118	0.853/ 1.195
	聯結車	9.609/ 8.736	9.537/ 8.945	8.511/10.466	7.768/ 8.548
造橋	大貨車	1.285/ 0.825	1.333/ 1.045	1.096/ 1.205	1.170/ 1.400
	聯結車	12.414/ 7.356	12.414/ 8.110	11.010/ 7.886	9.840/ 8.071
后里	大貨車	1.285/ 0.825	1.333/ 1.045	1.096/ 1.205	1.170/ 1.400
	聯結車	12.414/ 7.356	12.414/ 8.110	11.010/ 7.886	9.840/ 8.071
員林	大貨車	1.613/ 1.239	1.199/ 1.027	0.866/ 0.782	1.223/ 1.103
	聯結車	12.275/ 7.414	8.660/ 5.104	5.434/ 3.443	7.344/ 6.935
斗南	大貨車	1.613/ 1.239	1.199/ 1.027	0.866/ 0.782	1.223/ 1.103
	聯結車	12.275/ 7.414	8.660/ 5.104	5.434/ 3.443	7.344/ 6.935
新營	大貨車	1.552/ 1.295	1.297/ 1.243	1.152/ 0.881	1.418/ 1.060
	聯結車	11.664/ 6.300	10.144/ 5.553	9.040/ 5.360	9.566/ 7.401
新市	大貨車	1.490/ 1.350	1.395/ 1.459	1.437/ 0.979	1.612/ 1.017
	聯結車	11.052/ 5.185	11.627/ 6.002	12.645/ 7.276	11.788/ 7.866
岡山	大貨車	1.490/ 1.350	1.395/ 1.459	1.437/ 0.979	1.612/ 1.017
	聯結車	11.052/ 5.185	11.627/ 6.002	12.645/ 7.276	11.788/ 7.866

※資料來源：高公局規劃科；本研究整理。

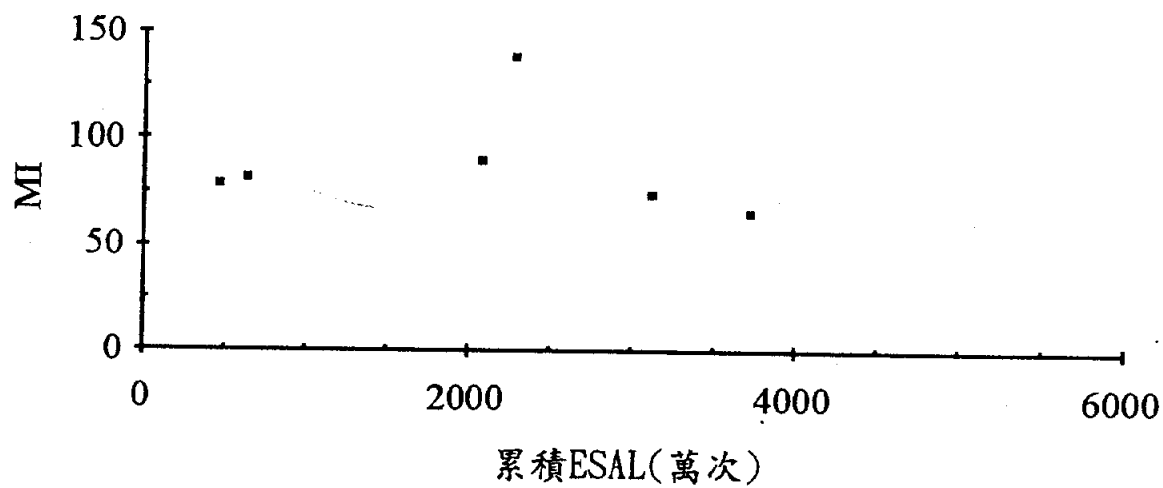
※中山高沿線僅有汐止、后里、員林及岡山等四收費站設有地磅站，可進行軸重/軸次調查，獲得卡車因子。而本研究因研究需要，便以上述四收費站之卡車因子為依據，計算十收費站之卡車因子，得此表。

二、資料整理

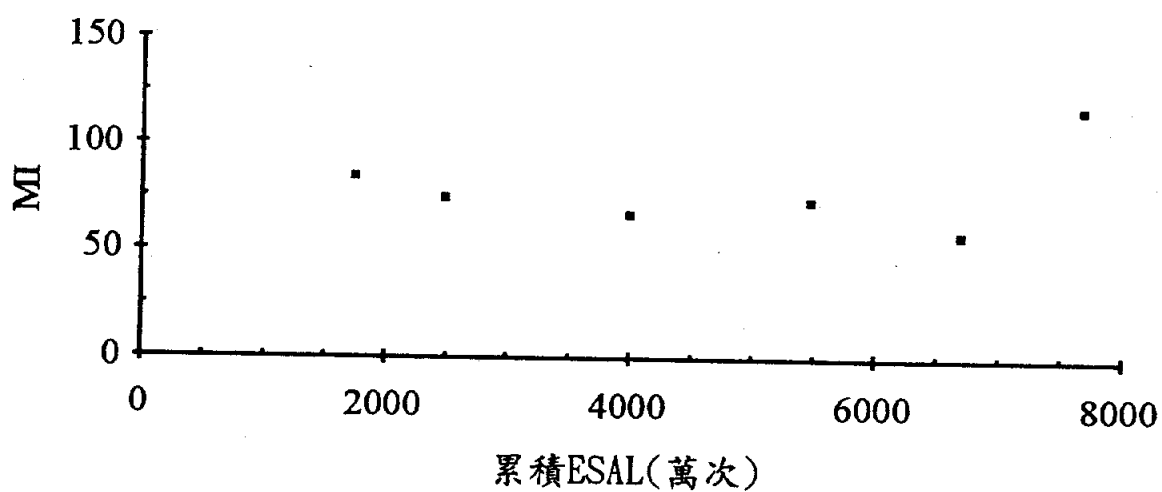
當路段最後一次鋪面大型整修完工迄今之累積ESAL量計算完成後，發展國道系統鋪面績效預測模式所需之所有資料均以獲知（然樣本甚少），其整理結果可以表5.5及圖5-2表示：

表5.5 國道系統鋪面績效預測模式所需資料整理表

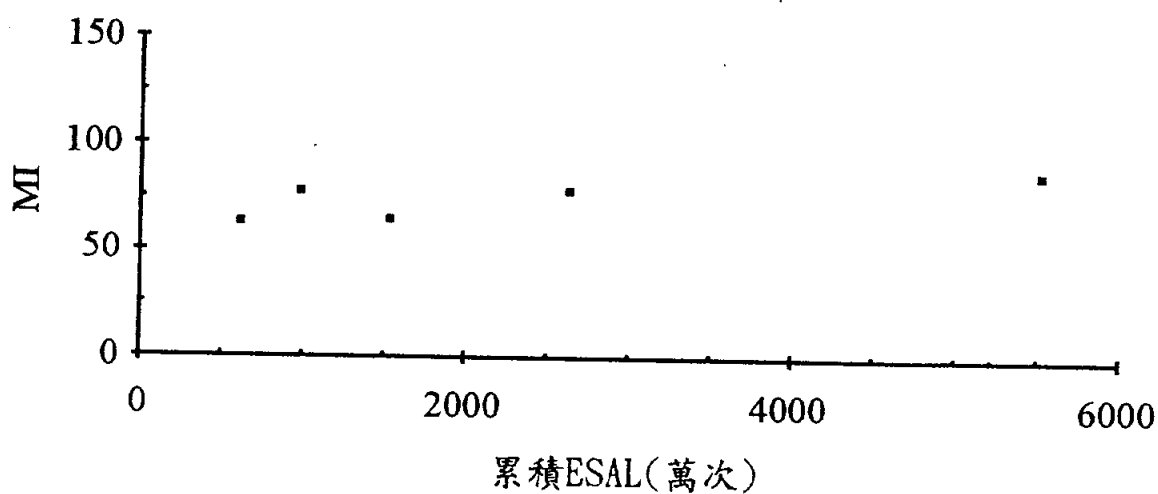
路段代碼	路段名稱	鋪面強度 (等級)	環境分區	鋪面績效值 (MI)	累積ESAL (萬次)
國—1	汐止北上	國道	北區	未獲得	335
國—2	汐止南下	國道	北區	未獲得	503
國—3	泰山北上	國道	北區	137.8	2277
國—4	泰山南下	國道	北區	81.6	634
國—5	楊梅北上	國道	北區	74.2	3199
國—6	楊梅南下	國道	北區	89.4	2081
國—7	造橋北上	國道	北區	65.8	3721
國—8	造橋南下	國道	北區	78.4	462
國—9	后里北上	國道	中區	116.8	7675
國—10	后里南下	國道	中區	57.6	6694
國—11	員林北上	國道	中區	72.8	5477
國—12	員林南下	國道	中區	66.2	3994
國—13	斗南北上	國道	中區	74.0	2481
國—14	斗南南下	國道	中區	84.0	1743
國—15	新營北上	國道	南區	77.2	983
國—16	新營南下	國道	南區	70.4	未獲得
國—17	新市北上	國道	南區	78.0	2636
國—18	新市南下	國道	南區	64.4	1536
國—19	岡山北上	國道	南區	87.0	5522
國—20	岡山南下	國道	南區	63.0	615



(a).北部國道家族鋪面樣本散佈圖



(b).中部國道家族鋪面樣本散佈圖



(c).南部國道家族鋪面樣本散佈圖

圖5-2 高公局各鋪面家族鋪面樣本散佈圖

三、資料分析

由圖5-2可以明顯看出，高公局實例分析所得結果並不符合常理；即鋪面績效（MI）並未隨著累積ESAL的增加而提昇。造成此結果之可能原因計有：

(1).鋪面強度分類標準無法納入：

原本本土化鋪面績效預測模式中乃採用鋪面強度與環境因素兩分類標準進行鋪面家族分類工作，如此方能將影響鋪面績效之各項重要變數皆納入模式中考量。而在此次高公局實例分析時，雖亦曾蒐集鋪面撓度值，嘗試以面積撓度指標法進行鋪面強度分類，但仍因撓度資料不足與鋪面樣本數有限，無法進行有效分類，僅能採用環境因素一種分類標準。而將各樣本鋪面強度視為一致的作法，極可能產生所建立之鋪面家族並無法代表特定鋪面之行為，因而無法看出各家族所應具有之趨勢。

(2).資料樣本數過少：

一般迴歸分析宜採用三十個以上的分析樣本點，才能使分析結果具一定可信度。而本研究由於資料取得不易，造成各家族只有5~6個樣本點可用，便容易因一、二個點之誤差，嚴重影響鋪面績效之真實趨勢。

(3).原始資料不夠完整

由於主管機關過去並無利用鋪面管理系統以協助其進行完善之鋪面狀況資料的蒐集與保存。故本實例中所採用之鋪面資料，則大多由不同單位獲得，故難免有所遺漏而必須從旁加以推估，此亦可能為分析結果不佳的原因之一。

經由此次高公局實例分析結果，本研究認為：由於沒有完整齊全之鋪面歷史資料，目前國道鋪面系統無法採用現有資料法發展國道鋪面績效預測模式。而建議應採用未來資料法構建程序：

- (1).先將國道系統以SNC強度值與環境分區二分類標準分成數個鋪面家族。
- (2).各家族中選取若干樣本，定期以動態地磅（WIM）蒐集軸重/軸次與交通量資料以換算ESAL量，再配合每年一至二次之糙度量測或破壞調查計劃，獲取鋪面糙度變化值及破壞指標。
- (3).利用上述資料進行迴歸分析，便可逐步建立國道系統之鋪面績效預測模式。

5.2 公路局資料實例分析

同樣由4.4節得知，目前公路局發展鋪面績效預測模式可採用之變數指標為：

鋪面績效指標：鋪面表面破壞指標（PSDI）

強度分類標準：面積撓度指標（AREA），鋪面等級

環境分類標準：環境分區

累積交通荷重：累積軸重當量，累積重車交通量

在同時考慮公路局未來使用方便性及模式本身合理性下，本研究建議將公路局所轄之全省公路路網以鋪面等級（省道、縣道、鄉道三級）與所屬工程處（五區）為鋪面家族分類標準，建立計有十五個家族之「公路局道路系統鋪面績效預測模式鋪面家族」（圖5-3）。（由於五個工程處所轄公路路網範圍即各具有顯著環境特性（圖5-4），故直接以五區工程處作為鋪面家族環境分區。）

本研究基於研究時程之考量，選擇公路局一區工程處省道家族為例，進行實例分析：

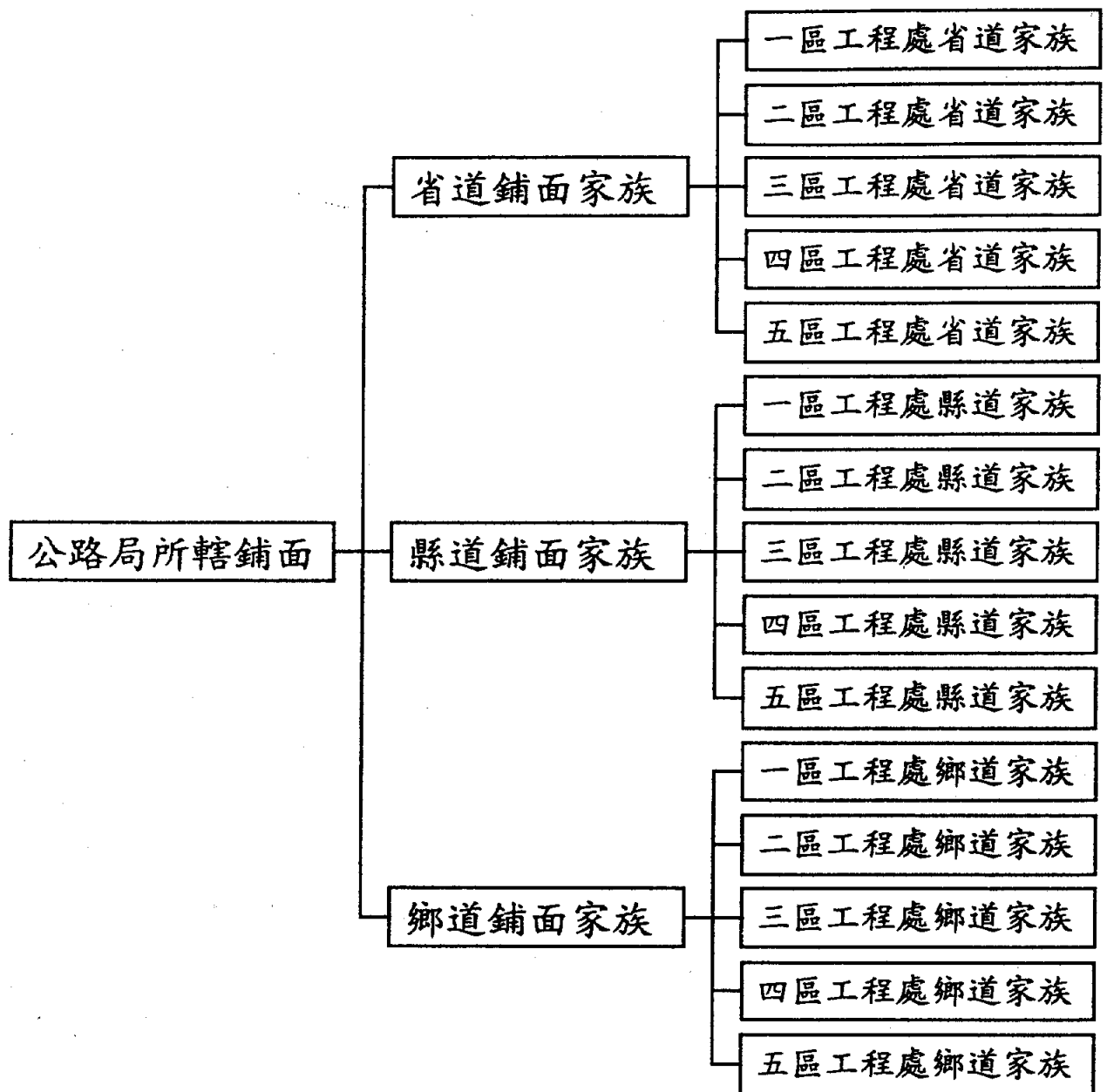


圖5-3 公路局道路系統鋪面績效預測模式鋪面家族圖

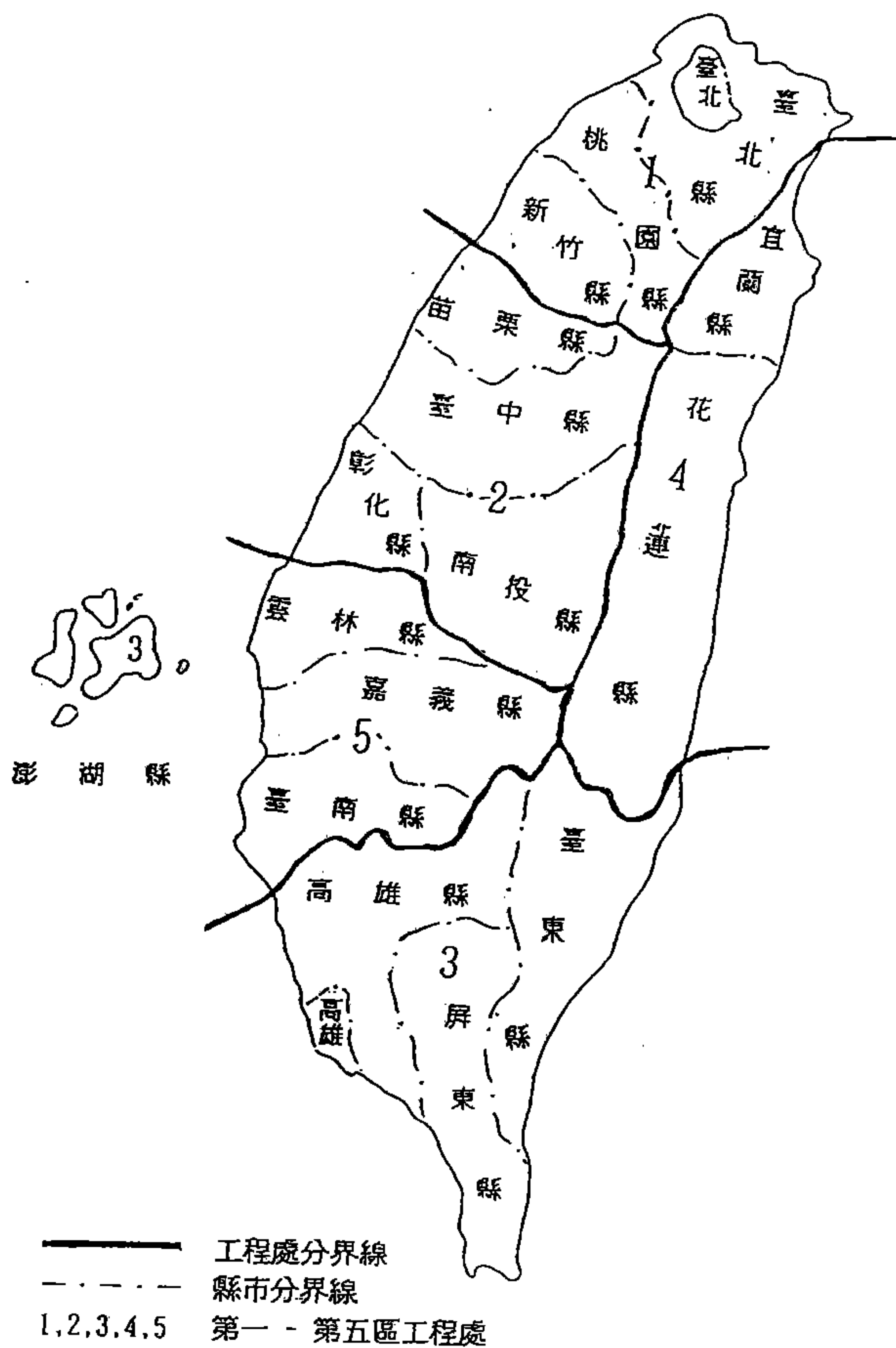


圖5-4 公路局養護範圍示意圖

一、資料蒐集

(1).選取鋪面樣本：

為使鋪面樣本更具代表性，所選取之二十段樣本路段分別位於五條省道上；並分屬三個工務段負責管理。各路段詳細起訖里程、車道數（調查單向）及最後一次大型鋪面整修完工日期，列於表5.6。

表5.6 公路局樣本路段最後一次大型整修完工日期表

代碼	省道編號	起訖里程	（路段名稱）	工務段	車道數	完工日期
省-1	台一	5K+000~ 4K+500	（三重）	2	2	83.12.26.
省-2	台一	8K+500~ 8K+000	（二重）	2	2	82. 9.30.
省-3	台一	10K+500~10K+000	（丹鳳）	2	2	82. 9.30.
省-4	台一	16K+000~15K+500	（縣界）	2	3	83.12. 3.
省-5	台一	21K+500~21K+000	（龜山）	3	3	82.10.
省-6	台一	28K+000~27K+500	（桃園）	3	2	83.10.
省-7	台一	35K+000~34K+500	（埔頂）	3	3	83.11.
省-8	台一	45K+500~45K+000	（楊梅）	3	2	78. 6.30.
省-9	台一	50K+500~50K+000	（楊梅）	3	3	84. 1.
省-10	台一	53K+500~53K+000	（縣界）	4	3	84. 4.
省-11	台一	69K+500~69K+000	（竹北）	4	3	83.12.
省-12	台一丁	5K+500~ 6K+000	（五股）	2	3	84. 1.15..
省-13	台一丁	7K+000~ 7K+500	（五股）	2	3	83. 6.10.
省-14	台三	7K+500~ 8K+000	（板橋）	2	3	82.10.30.
省-15	台三	21K+000~21K+500	（三峡）	2	2	83.12.30.
省-16	台三	60K+000~60K+500	（關西）	4	3	81.12.
省-17	台四	7K+000~ 6K+500	（南崁）	3	2	83. 7. 1.
省-18	台四	8K+000~ 7K+500	（南崁）	3	2	82. 8.
省-19	台十五	9K+000~ 8K+500	（八里）	3	3	82. 6.15.
省-20	台十五	24K+000~23K+500	（竹圍）	2	2	83. 4.13.

(2).鋪面績效值 (PSDI)：

由於鋪面績效值 (PSDI) 無法直接從公路局取得，故於研究期間實際進行鋪面破壞調查，以求算PSDI值。附錄二即為進行破壞調查、資料分析及PSDI計算時所採用表格；而計算結果如表5.7所示：

表5.7 公路局二十段樣本路段鋪面績效值 (PSDI)

路段代碼	路段名稱	鋪面績效值 (PSDI)	路段代碼	路段名稱	鋪面績效值 (PSDI)
省- 1	三重	2.357	省-11	竹北	1.892
省- 2	二重	12.923	省-12	五股	5.253
省- 3	丹鳳	10.401	省-13	五股	6.652
省- 4	縣界	0.000	省-14	板橋	5.879
省- 5	龜山	4.014	省-15	三峽	0.432
省- 6	桃園	3.685	省-16	關西	0.982
省- 7	埔頂	2.691	省-17	南崁	3.064
省- 8	楊梅	8.036	省-18	南崁	4.935
省- 9	楊梅	0.043	省-19	八里	2.448
省-10	縣界	0.379	省-20	竹圍	0.401

(3).累積軸重當量與累積重車交通量：

由於公路局每年進行兩次之交通量調查，卻未做載重之軸重軸次資料蒐集，故累積軸重當量不易求得。本研究於是決定採台大鋪面研究小組在民國八十二年間於楊梅附近設置動態地磅後，經資料整理所得之卡車因子為依據，並利用下列公式，求取各路段之累積軸重當量：

$$\text{累積ESAL} = \sum_i \sum_j \text{年交通量}_{ij} \times \text{卡車因子}_j \times D_D \times D_L \quad \text{— 式(5-2)}$$

其中：

i ：服務年度（78年～84年4月）

j ：車種（大貨車、大客車、聯結車）

年交通量 ij ： i 年 j 車種之雙向年交通量（表5.8）

卡車因子 j ： j 車種之卡車因子

（大貨車：1.721，大客車：1.000，聯結車：4.780）

D_D ：方向分佈（採50%）

D_L ：車道分佈（二車道採 70% ；三車道採 50% ）

至於各樣本路段之累積重車交通量，則可以下列式子計算：

$$\text{累積重車交通量} = \sum_i \text{重車年交通量}_i \times D_D \times D_L \quad \text{— 式(5-3)}$$

其中：

i ：服務年度（78年～84年4月）

重車年交通量 i ： i 年之重車交通量（表5-8）

D_D ：方向分佈（採50%）

D_L ：車道分佈（二車道採 70% ；三車道採 50% ）

表5.8 公路局二十段樣本路段之年交通量表

代碼	路段名稱	車種	84年度	83年度	82年度	81年度
省-1	三重	大貨車	189070	756280	632180	584730
		大客車	348666	1394665	817965	532170
		聯結車	23086	92345	83220	74825
		總 合	560823	2243290	1533365	1191725
省-2	二重	大貨車	712754	2851015	2879120	2828385
		大客車	590570	2362280	2374325	2342935
		聯結車	91068	364270	306600	301855
		總 合	1394391	5577565	5560045	5473175
省-3	丹鳳	大貨車	540018	2160070	2172480	2115175
		大客車	338538	1354150	1269105	1233700
		聯結車	35496	141985	124100	172645
		總 合	914052	3656205	3565685	3521520
省-4	縣界	大貨車	448859	1795435	2076850	2037795
		大客車	277035	1108140	1278230	1167270
		聯結車	38051	152205	183595	166075
		總 合	763945	3055780	3538675	3371130
省-5	龜山	大貨車	67434	269735	698975	813220
		大客車	52469	209875	185785	153300
		聯結車	37504	150015	84680	71540
		總 合	157407	629625	969440	1038060
省-6	桃園	大貨車	52651	210605	346020	377775
		大客車	32394	129575	230315	173740
		聯結車	5110	20440	49275	62780
		總 合	90155	360620	625610	614295
省-7	埔頂	大貨車	187610	750440	782195	782560
		大客車	209236	836945	1342105	1036600
		聯結車	9216	36865	401135	204765
		總 合	406062	1624250	2525435	2023925
省-8	楊梅	大貨車	213434	853735	698245	1086240
		大客車	85228	340910	392740	396390
		聯結車	96360	385440	518665	459170
		總 合	395022	1580085	1609650	1941800
省-9	楊梅	大貨車	213434	853735	698245	1086240
		大客車	85228	340910	392740	396390
		聯結車	96360	385440	518665	459170
		總 合	395022	1580085	1609650	1941800
省-10	縣界	大貨車	179306	717225	1018350	732555
		大客車	64058	256230	200750	183960
		聯結車	136419	545675	667585	450045
		總 合	379783	1519130	1886685	1366560

省-11	竹北	大貨車	176843	707370	900455	229585
		大客車	99463	397850	455155	160600
		聯結車	135598	542390	333245	166805
		總 合	411904	1647610	1688855	556990
省-12	五股	大貨車	451961	1807845	1869530	1759300
		大客車	163429	653715	562830	477785
		聯結車	67160	268640	230680	217540
		總 合	682550	2730220	2663040	2454625
省-13	五股	大貨車	451961	1807845	1869530	1759300
		大客車	163429	653715	562830	477785
		聯結車	67160	268640	230680	217540
		總 合	682550	2730220	2663040	2454625
省-14	板橋	大貨車	450775	1803100	1887780	1797990
		大客車	540748	2162990	2142550	2046190
		聯結車	41610	166440	168995	156220
		總 合	1033133	4132530	4199325	4000400
省-15	三峡	大貨車	473314	1893255	1537015	1491025
		大客車	160965	643860	610645	555530
		聯結車	50826	203305	162790	131035
		總 合	685105	2740420	2310450	2177590
省-16	關西	大貨車	129940	519760	270465	366095
		大客車	20531	82125	58400	58765
		聯結車	27010	108040	394200	76650
		總 合	177481	709925	723065	501510
省-17	南崁	大貨車	278585	1114345	838770	750075
		大客車	55663	222650	338720	219730
		聯結車	13323	53290	95995	227030
		總 合	347572	1390285	1273485	1196835
省-18	南崁	大貨車	278585	1114345	838770	750075
		大客車	55663	222650	338720	219730
		聯結車	13323	53290	95995	227030
		總 合	347572	1390285	1273485	1196835
省-19	八里	大貨車	152205	608820	536550	485085
		大客車	79661	318645	269370	221190
		聯結車	21718	86870	84315	43435
		總 合	253584	1014335	890235	749710
省-20	竹園	大貨車	188249	752995	448950	175200
		大客車	30295	121180	59495	68620
		聯結車	22356	89425	22630	48545
		總 合	240900	963600	531075	292365

※各車種年交通量：係指將公路局所進行「公路一日平均交通量調查表」

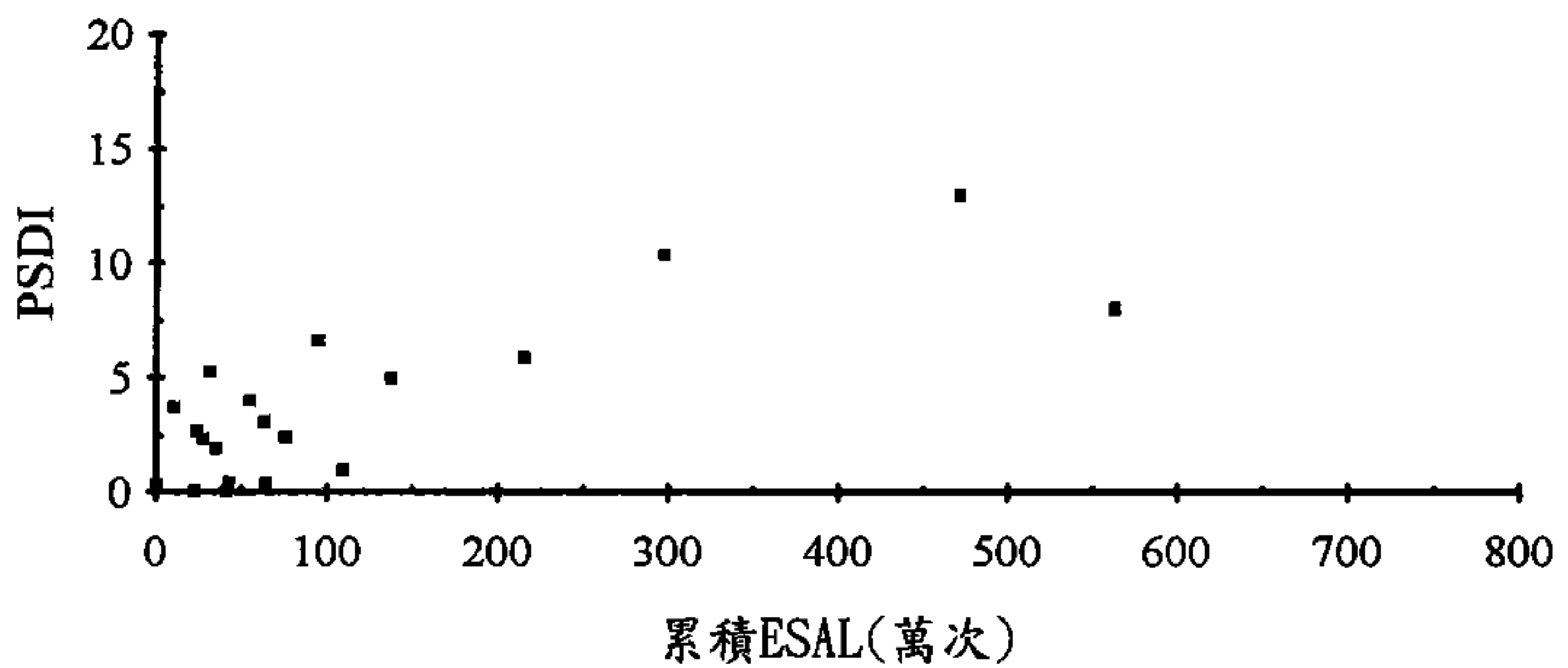
中之大貨車、大客車、聯結車（含特種車）之每日交通量乘以365而得。

二、資料整理

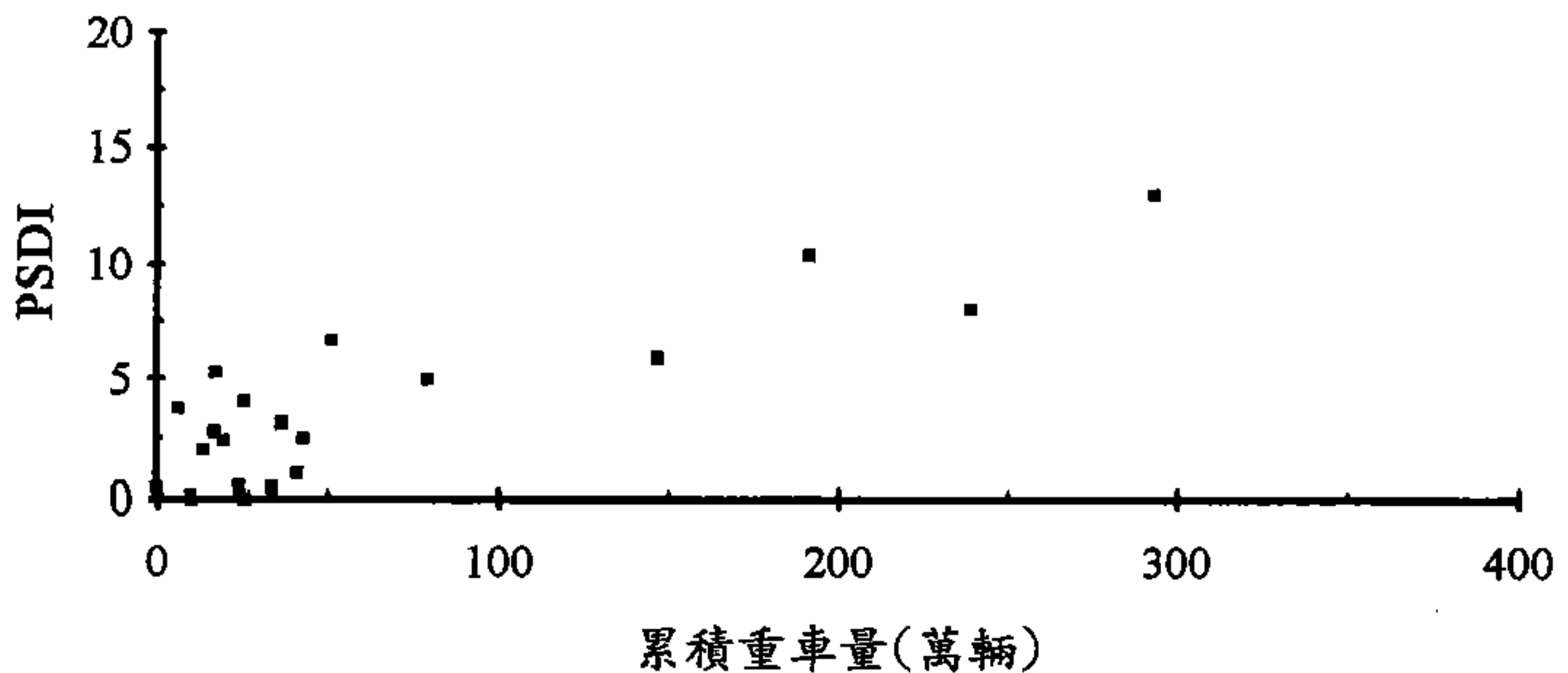
上述發展公路局鋪面績效預測模式所需資料，可整理如表5.9、圖5-5：

表5.9 公路局鋪面績效預測模式資料表

路段代碼	路段名稱	鋪面強度	環境分區	PSDI	累積ESAL (萬次)	累積重車 量(萬量)
省-1	三重	省道	一區工程處	2.357	27.5	19.6
省-2	二重	省道	一區工程處	12.923	471.1	292.7
省-3	丹鳳	省道	一區工程處	10.401	296.9	191.2
省-4	縣界	省道	一區工程處	0.000	41.0	25.5
省-5	龜山	省道	一區工程處	4.014	54.7	25.7
省-6	桃園	省道	一區工程處	3.685	10.3	6.3
省-7	埔頂	省道	一區工程處	2.691	24.0	16.9
省-8	楊梅	省道	一區工程處	8.036	562.6	238.7
省-9	楊梅	省道	一區工程處	0.043	22.8	9.9
省-10	縣界	省道	一區工程處	0.379	未取得	未取得
省-11	竹北	省道	一區工程處	1.892	35.1	13.7
省-12	五股	省道	一區工程處	5.253	31.6	17.1
省-13	五股	省道	一區工程處	6.652	94.7	51.2
省-14	板橋	省道	一區工程處	5.879	215.3	146.6
省-15	三峽	省道	一區工程處	0.432	42.6	24.0
省-16	關西	省道	一區工程處	0.982	109.1	41.3
省-17	南崁	省道	一區工程處	3.064	62.9	36.5
省-18	南崁	省道	一區工程處	4.935	137.5	79.4
省-19	八里	省道	一區工程處	2.448	75.6	42.8
省-20	竹園	省道	一區工程處	0.401	64.6	33.7



(a).PSDI 與累積ESAL資料散佈圖



(b).PSDI 與累積重車量資料散佈圖

圖5-5 公路局北部省道鋪面家族鋪面樣本散佈圖

三、資料分析

將上述二十段樣本路段之PSDI值與累積軸重當量及累積重車交通量分別進行迴歸分析，可得迴歸式如下所示：

(1).PSDI值與累積軸重當量

$$Y=1.64+0.018X \quad (R^2=0.61)$$

其中 Y：PSDI值， X：累積軸重當量

(2).PSDI值與累積重車交通量

$$Y=1.41+0.037X \quad (R^2=0.73)$$

其中 Y：PSDI值， X：累積重車交通量

在本實例分析中，已求得趨勢正確（隨累積交通荷重的增加，PSDI相對提昇）之鋪面績效預測式（曲線），可惜由於樣本數不足且過於集中，上述迴歸式仍需蒐集足夠樣本後方為可用之鋪面績效預測式。

本研究因時間、經費之限制，不易取得完整之現有鋪面資料，故建議公路局應積極蒐集現有資料，並利用4.3節之現有資料法構建程序，發展鋪面績效預測模式。而由於公路局所屬之五區工程處可自行進行本身三個鋪面家族（圖5-3）之模式發展工作，在分工合作之情形下，應可在短期內建立公路局道路系統之鋪面績效預測模式。

第六章 結論與建議

6.1 結論

1.目前國內鋪面調查現況具有兩大特色：

(1).不同層級之道路主管單位，目前進行之鋪面調查內容差異頗大。

(2).除高公局之鋪面調查資料保存比較完整外，其餘兩單位目前並無完整鋪面調查歷史資料。

2.經由六項本土化鋪面績效預測模式評估條件之評估結果，本研究認為鋪面家族迴歸分析法應是目前較適合國內採用之鋪面績效預測模式構建型式。

3.本研究最後建立之本土化鋪面績效預測模式，係依據鋪面強度及環境分區兩分類法，將所有研究鋪面分成若干家族，而各家族之鋪面績效值則僅與累積交通荷重成函數關係。其中各項變數指標可依各鋪面主管機關之特性而自行決定，不必全國強制統一標準，但若未來有所統一要求，亦容易轉換。

鋪面績效指標	PSI值，PSDI值，MI值。
鋪面強度分類標準	SNC值，面積撓度指標，鋪面等級。
環境分區分類標準	環境分區法。
累積交通荷重	累積ESAL，累積重車交通量。
f 函數	迴歸關係式。

4.本模式計有兩種程序可建立實用之預測模式：

- (1).現有資料法構建程序：利用鋪面現有歷史資料，發展鋪面績效模式，以進行鋪面績效預測。
- (2).未來資料法構建程序：從基年起開始蒐集鋪面狀況資料，發展鋪面績效模式，以進行鋪面績效預測。

5.本土化鋪面績效預測模式有六項特色：

- (1).模式中各項變數指標皆有多項選擇。
- (2).模式容易更新。
- (3).影響鋪面績效變數皆充份考慮。
- (4).本模式使用相當簡便。
- (5).本模式可進一步建立篩選曲線(式)。
- (6).本模式可獲得起始鋪面績效值。

6.由高公局實例分析結果，本研究認為由於沒有完整之鋪面歷史資料，目前無法以現有資料法發展國道系統鋪面績效預測模式。

7.造成本次高公局實例分析結果不佳之原因可能有三：

- (1).鋪面強度分類標準無法納入。
- (2).資料樣本數過少。
- (3).原始資料不夠完整。

8.在公路局實例分析中，已求得趨勢正確（隨累積交通荷重的增加，PSDI相對提昇）之鋪面績效預測式（曲線），可惜由於樣本數不足且過於集中，該迴歸式仍需蒐集足夠樣本後方為可用之鋪面績效預測式。

6.2 建議

1. 鋪面主管機關應定期進行各項鋪面狀況調查，以確實掌握鋪面狀況：

(1). 破壞調查方面：

宜採用統一格式之調查表格（如附錄二），以利調查工作之進行，並可增加調查結果的一致性。同時亦應加強破壞調查人員的專業訓練，使調查內容更為準確。

(2). 糙度調查方面：

宜採用自走式糙度調查儀，將可迅速進行大規模糙度調查計劃。並建議對各重要路段，固定每年進行一次糙度調查，以了解其糙度變化趨勢。

(3). 撓度調查方面：

宜採用自走式撓度調查儀，對新建或大型整修完工鋪面進行撓度量測，獲得"嶄新"鋪面之強度值。而進一步則應定期對重要道路進行撓度調查工作，以掌握鋪面強度變化情形。

(4). 交通量調查方面：

由於動態地磅具有方便、可移動及準確等特性，故建議鋪面主管機關購置動態地磅，則不僅可量測交通量，並可輕易取得ESAL量。

至於上述各項調查結果，也應妥善保存。本研究並建議高公局、公路局與北市養工處等單位可設置鋪面調查資料保存中心，將轄區內所有鋪面調查資料統一保管於內，將增加資料保存之完整性。

- 2.各鋪面主管機關於進行鋪面狀況調查之同時，可利用本研究4.3節中未來資料法預測模式構建程序，逐年蒐集相關鋪面資料，則應可於若干年後，建立適用之鋪面績效預測模式。
- 3.雖本鋪面績效預測模式中之各項變數指標皆有多項選擇，但仍建議盡可能於鋪面績效指標採用PSI指標；強度分類指標採SNC指標；交通荷重指標採累積ESAL指標。如此將可使發展之鋪面績效預測模式更為合理、準確。
- 4.本鋪面績效預測模式構建程序於建立之時，並未考慮道路因其它事業單位管線挖掘產生之破壞問題。故建議道路主管機關，於管線開挖回填時，應確實要求開挖單位恢復道路原有之強度，方可運用本模式進行鋪面績效預測。
- 5.以往鋪面破壞範圍的界定，常以該破壞之實際破壞面積為主，其方法於資料計算上較有所依據，但卻忽略用路人行駛於車道上之真正感受；即一般用路人遇到鋪面破壞產生於行駛車道時，直覺反應就是「該車道行駛不舒適」，而非只認為「該破壞產生處行駛不舒適」。所以本研究採用之鋪面破壞調查表格，便是以上述新觀念為依據，修改原台大鋪面研究小組的調查表格而成。希望藉由此新觀念使調查結果更為合理。而因為此調查表格之改良並非本研究原先計劃之研究內容，恐有考慮不周之處，故建議可從訪談道路主管機關以及徵詢用路人實際觀點，加以修正。

參考文獻

1. Abbas A. Butt et. al., "Pavement Performance Prediction Model Using the Marker Process," Transportation Research Record, No.1123, 1987, pp.12-19.
2. K. P. George, A. S. Rajagopel and L. K. Lim, "Models for Predicting Pavement Deterioration," Transportation Research Record, No.1215, 1989, pp.1-7.
3. Erland O. Lukanen and Chunhua Han (Braun Intertec Co.), "Performance History and Prediction Modeling for Minnesota Pavements," 3th International Conference on managing Pavements, 1994, pp.63-73.
4. 徐宏昇著，鋪面養護管理資料庫系統建立之研究，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國八十三年六月。
5. FHWA, Highway Pavements Volume I -III, NHI Course No.13114, October 1987.
6. AASHTO, AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972, Chapter III Revised, 1981.
7. AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1986.
8. Rohit Ramaswamy and Moshe Ben-Akive, "Estimation of Highway Pavement Deterioration from In-Service Pavement Date," Transportation Research Record, No.1272, 1991, pp.96-106.
9. Moshe Ben-Akive and Rohit Ramaswamy; "An Approach for Predicting Latent Infrastructure Facility Deterioration," Transportation Science, Vol.27, No.2, May 1993, pp.174 -193.
10. Mohamed Y. Shahin et. al., "New Techniques for Modeling Pavement Deterioration," Transportation Research Record, No.1123, 1987, pp.40-46.

11. Chhote L. Saref and Kamran Majidzadeh, "Distress Prediction Models for a Network-Level Pavement Management System," Transportation Research Record, No.1344, 1993, pp.38-48.
12. 周家蓓等合著，臺灣地區一般公路鋪面養護管理系統建立之研究(第二期)，台北：交通部運輸研究所，民國八十二年十月。
13. 周家蓓，蔡攀鰲及賴森榮合著，中山高速公路剛性路面整修模式暨柔性路面整修改善研究計劃（第二期），台北：中華民國運輸學會，民國八十二年十二月。
14. 黃世英著，鋪面破壞與糙度指標關係之建立，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國八十三年六月。
15. 周家蓓，許添本合著，台北市道路系統養護管理策略之研究，台北：台北市政府工務局養護工程處，民國八十二年六月。
16. William D. O. Paterson, "A Transferable Causal Model for Predicting Roughness Progression in Flexible Pavements," Transportation Research Record, No.1215, 1989, pp.70-84.
17. William D. O. Paterson and Busby Attah-Okine, "Summary Models of Paved Road Deterioration Based on HDM-III," Transportation Research Record, No.1344, 1993, pp.99-105.
18. V. K. Sood et. al. (India: Central Road Research Institute), "Pavement Deterioration Modeling in India," 3th International conference on Managing Pavements, 1994, pp.47-54.
19. Nil O. Attah-Okine (Florida International University), "Predicting Roughness in Flexible Pavements Using Artificial Neural Networks," 3th International Conference on managing Pavements, 1994, pp.55-62.
20. Jan M. Jansen and Bjarne Schmidt (Road Directorate Danish Road Institute), "Performance Models and Prediction of Increase in Overlay need in the Danish State Highway Pavement Management System, BELMAN," 3th International Conference on Managing Pavements, 1994, pp.74-84.

21. Abdullah I. Al-Mansour, Kumares C. Sinhe and Thomas Kuczek, "Effects of Routine Maintenance on Flexible Pavement Condition," *Journal of Transportation Engineering*, Vol.120, Jan./Feb. 1994, pp.65-73.
22. L. Kannemeyer and AT Visser, "Calibration of HDM-III Performance Models for Use in the Pavement Management of South African National Roads," *TRB 74th Annual Meeting*, Washington D.C., Jan. 22~28, 1995.
23. Gustav T Rohde, "Determining a Pavement's Structural Number from FWD Testing," *TRB 73rd Annual Meeting*, Washington D.C., Jan. 9~13, 1994.
24. 江崇標著，重車合理載重暨載重放寬對路面績效影響之研究，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國八十三年六月。
25. Xin Chen et. al., "Pavement Performance Modeling Program for Pennsylvania," *TRB 74th Annual Meeting*, Washington D.C., Jan. 22~28, 1995.
26. Kurt D. Johnson and Kathryn A. Cation, "Performance Prediction Development Using Three Indexes for North Dakota Pavement Management System," *Transportation Research Record*, No.1344, 1992, pp.22-30.
27. Kelvin C. P. Wang, John Zaniewski and George Way, "Probabilistic Behavior of Pavements," *Journal of Transportation Engineering*, Vol.120, 1994, pp.358-375.
28. 顏月珠著，商用統計學，台北：三民書局，民國八十年八月。
29. 運輸資料分析 17，交通部運輸研究所編印，民國八十三年六月。

附錄

附錄一

訪談記錄表

訪談單位：_____

訪談時間：____年____月____日自____時至____時

訪談對象：_____職稱：_____

訪談人員：_____記錄：_____

壹、平時鋪面調查資料：

(一) 路面破壞調查資料：

- A 是否有進行破壞調查：_____
- a-1 破壞調查頻率：_____
- a-2 破壞調查項目：縱向裂縫、橫向裂縫、龜裂、車轍、隆起與凹陷、面層滑動、車道與邊緣高差、坑洞、鬆散與剝落、冒油、修補面破壞、薄層剝離、人孔高差或其它。

- a-3 破壞調查方法與程序：_____

- B 調查結果是否有建檔保存：_____
- b-1 資料保存完整性：_____
- b-2 資料保存所在地：_____
- b-3 資料保存多久：_____
- b-4 可否取得保存資料 _____，透過何種管道 _____

(二) 路面糙度調查資料：

- A 是否有進行糙度調查：_____
- a-1 糙度調查頻率：_____
- a-2 糙度調查工具：加州平坦儀、美國公路局糙度儀、克勞剖面儀、直規型高低平坦儀、路表動力剖面儀、路表與其它。_____
- a-3 糙度調查方法與程序：_____

- B 調查結果是否有建檔保存：_____
- b-1 資料保存完整性：_____
- b-2 資料保存所在地：_____
- b-3 資料保存多久：_____
- b-4 可否取得保存資料 _____，透過何種管道 _____

(三) 路面撓度調查資料：

- A 是否有進行撓度調查：_____
- a-1 撓度調查頻率：_____
- a-2 撓度調查工具：靜力撓度、穩態撓度、衝擊荷重反應、波傳遞與其它。_____
- a-3 撓度調查方法與程序：_____

- B 調查結果是否有建檔保存：_____
- b-1 資料保存完整性：_____
- b-2 資料保存所在地：_____
- b-3 資料保存多久：_____
- b-4 可否取得保存資料 _____，透過何種管道 _____

(四) 交通量調查資料：

- A 是否有進行交通量調查：_____
- a-1 交通量調查頻率：_____
- a-2 交通量調查工具：_____
- a-3 交通量調查方法與程序：_____

- a-4 是否將資料轉成ESAL：_____

B 調查結果是否有建檔保存：_____

b-1 資料保存完整性：_____

b-2 資料保存所在地：_____

b-3 資料保存多久：_____

b-4 可否取得保存資料 _____，透過何種管道 _____

貳、鋪面建造及維修資料：

(一) 鋪面建造基本資料：

A 是否有開、完工日期資料：_____

a-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

B 是否有其橫斷面資料：_____

b-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

C 是否有其各層材料資料：_____

c-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

(二) 鋪面維修基本資料：

A 是否有開、完工日期資料：_____

a-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

B 是否有其橫斷面資料：_____

b-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

C 是否有其各層材料資料：_____

c-1 保存所在地 _____ 如何取得 _____

鋪面破壞調查表格											
路段名稱＝						路段樣本識別碼＝					
*路段起訖＝						－		()		路段長度＝ 公尺	
路段幾何配置形式＝ (未分隔 / 中央分隔 (包括高架) / 快慢分隔 / 中央快慢分隔)											
**路段車道數＝						路段寬度＝ 3.5 公尺×路段車道數＝ 公尺					
***調查車道位置＝						調查車道特性＝ (快/慢)				天候狀況＝ (晴/陰/雨)	
調查日期＝						調查人員＝					
A：裂 縫											
縱 向 裂 縫 (A1)		長 度 (公尺)									
		嚴 重 性									
橫 向 裂 縫 (A2)		長 度 (公尺)									
		嚴 重 性									
龜 裂 (A3)		長 度 (公尺)									
		嚴 重 性									
B：變 形											
車 轍 (B1)		測點深度 (公分)									
隆 起 與 凹 陷 (B2)		面積 (平方公尺)									
		深 度 (公分)									
		嚴 重 性									
面層滑動 (B3)		面積 (平方公尺)									
車 道 與 邊緣高差 (B4)		長 度 (公尺)									
		高 度 差 (公分)									
		嚴 重 性									
C：表面破壞											
修補面破壞 (C1)		面積 (平方公尺)									
		嚴 重 性									
鬆 散 與 剝 落 (C2)		面積 (平方公尺)									
		嚴 重 性									
冒 油 (C3)		長 度 (公尺)									
D：其 他											
坑 洞 (D1)		面積 (平方公尺)									
		深 度 (公分)									
		嚴 重 性									
薄層剝離 (D2)		面積 (平方公尺)									
		密 度 (個數)									
人 孔 高 差 (D3)		嚴 重 性									
		面積 (平方公尺)									
		深 度 (公分)									

* 起訖代表車流方向。若此路段為單行道，則需再於 () 中標示調查車道之地圖方位，以「東南西北」表之。

** 車道數係考慮該路段某車流方向之車道總數。若此路段為單行道，則考慮該路段橫斷面之全部車道數。

*** 車道位置採用阿拉伯數字 (1,2,3...) 來表示，以最靠近路側之車道為「1」，鄰近車道為「2」，依此類推。

鋪面破壞資料處理表格

路段識別碼=

調查車道面積=路段長度×平均車道寬(3.5m)= m^2

A: 裂 縫

破壞項目	(A1) 縱向裂縫			(A2) 橫向裂縫			(A3) 龜 裂		
嚴重等級	L	M	H	L	M	H	L	M	H
長度和 (m)									
*破壞範圍									

* 破壞範圍=(長度和÷路段長度)

B: 變 形

破壞項目	(B2) 隆起與凹陷			(B3) 面層滑動			(B4) 車道邊緣高差		
嚴重等級	L	M	H	(不 分 等 級)			L	M	H
面積和 (m^2)							—	—	—
長度和 (m)	—	—	—	—	—	—			
*破壞範圍									

破壞項目	(B1) 車 轍		
測點深度	(1) 有效測點數		
≥ 0.5 cm	(2) 有效測點深度和		
嚴重等級 (L/M/H) = 平均車轍深度			
= (2) ÷ (1) = cm = (L/M/H)			
破壞範圍=**有效測點涵蓋範圍×權數			
= $0.2571 \times$ 權數 =			

權數視有效測點而定:

(1)	位 置	權 數
3	二端及中間	2.0
2	一端及中間	1.5
	二 端	1.0
1	中 間	1.0
	一 端	0.5

* 破壞範圍=(面積和÷車道面積)或(長度和÷路段長度)

**有效測點涵蓋範圍=(有效測點涵蓋面積÷車道面積)=0.2571

C: 表面破壞

破壞項目	(C1) 修補面破壞			(C2) 鬆散與剝落			(C3) 冒 油		
嚴重等級	L	M	H	L	M	H	(不 分 等 級)		
面積和 (m^2)							—	—	—
長度和 (m)	—	—	—	—	—	—			
*破壞範圍									

* 破壞範圍=(面積和÷車道面積)或(長度和÷路段長度)

D: 其 他

破壞項目	(D1) 坑 洞			(D2) 薄層剝離			(D3) 人孔高差		
嚴重等級	L	M	H	L	M	H	L	M	H
個數和 (個)									
*破壞範圍									

* 破壞範圍=[(個數和×車道寬²)÷車道面積]=[(個數和×車道寬)÷路段長度]

鋪面PSDI值計算表格									
路段識別碼＝									

種類	破壞項目	破壞等級	破壞項目 權重		破壞等 級權重		破壞範圍		單項破壞PSDI值
A 裂 縫	縱向裂縫 (A1)	L	49	×	0.24	×		=	
		M	49	×	0.58	×		=	
		H	49	×	1.0	×		=	
	橫向裂縫 (A2)	L	59	×	0.32	×		=	
		M	59	×	0.66	×		=	
		H	59	×	1.0	×		=	
	龜裂 (A3)	L	59	×	0.34	×		=	
		M	59	×	0.63	×		=	
		H	59	×	1.0	×		=	

B 變 形	車 轍 (B1)	L	68	×	0.35	×		=	
		M	68	×	0.65	×		=	
		H	68	×	1.0	×		=	
	隆起與凹陷 (B2)	L	95	×	0.35	×		=	
		M	95	×	0.63	×		=	
		H	95	×	1.0	×		=	
	面層滑動 (B3)		71	×	1.0	×		=	
	車道邊緣高差 (B4)	L	66	×	0.35	×		=	
		M	66	×	0.64	×		=	
		H	66	×	1.0	×		=	

C 表 面 破 壞	修補面破壞 (C1)	L	61	×	0.42	×		=	
		M	61	×	0.67	×		=	
		H	61	×	1.0	×		=	
	鬆散與剝落 (C2)	L	64	×	0.42	×		=	
		M	64	×	0.70	×		=	
		H	64	×	1.0	×		=	
	冒油 (C3)		54	×	1.0	×		=	

D 其 它	坑 洞 (D1)	L	100	×	0.48	×		=	
		M	100	×	0.72	×		=	
		H	100	×	1.0	×		=	
	薄層剝離 (D2)	L	58	×	0.36	×		=	
		M	58	×	0.65	×		=	
		H	58	×	1.0	×		=	
	人孔高差 (D3)	L	93	×	0.44	×		=	
		M	93	×	0.70	×		=	
		H	93	×	1.0	×		=	

鋪面PSDI值 =								
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

