

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 鋪面績效預測模式之構建與應用(III) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2221-E-032-061-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：淡江大學土木工程學系

計畫主持人：李英豪  
共同主持人：葛湘瑋  
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：莊凱驛、林明輝、彭志鴻、吳佩樺、林佳慧、李育昇

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 11 月 07 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  期中進度報告

(計畫名稱)

鋪面績效預測模式之構建與應用(3/3)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2211-E-032-061-

執行期間：九十五年八月一日至九十六年七月三十一日

計畫主持人：李英豪

共同主持人：葛湘璋

計畫參與人員：莊凱驛、林明輝、彭志鴻、吳佩樺、林佳慧、李育昇

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學土木工程學系

中華民國九十六年七月三十一日

# 鋪面績效預測模式之構建與應用(3/3)

## Development and Applications of Pavement Performance Prediction Models

計畫編號：NSC 95-2211-E-032-061

執行期限：95年8月1日至96年7月31日

主持人：李英豪 淡江大學土木工程學系教授

共同主持人：葛湘璋 致理技術學院國際貿易系副教授

### 中文摘要

鋪面績效預測模式在鋪面設計、鋪面評估與維修、與鋪面管理系統扮演著極為重要的角色。計畫主持人以三年三期的方式，利用美國長程鋪面績效資料庫 LTPP DataPave Online (<http://www.datapave.com>)從事「鋪面績效預測模式的構建與應用」研究，以改善系統化的統計與工程分析方法來構建鋪面績效預測模式。第一期主要完成之研究內容包括：鋪面標準損壞調查手冊之研擬、美國長期鋪面績效資料庫之本土化應用、研擬系統化的統計與工程分析方法、以及探討鋪面動態分段在地理資訊系統之應用[李英豪、葛湘璋，2005]。第二期主要之研究工作除了延續前一期鋪面動態分段在地理資訊系統之應用外，並建立柔性鋪面疲勞裂縫與車轍之績效預測模式、以及剛性鋪面橫向裂縫、接縫碎裂、與高差等績效預測模式[李英豪、葛湘璋，2006；吳佩樺，2006；林佳慧，2007；林明輝，2007]。本期（第三期）主要之工作在地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與系統整合，以及建立柔性鋪面與剛性鋪面糙度預測模式、與探討最新的 AASHTO 鋪面厚度設計手冊之本土化適用情形與敏感度分析、並建立查詢網站與相關連結等[林明輝，2007；彭志鴻，2007；莊凱驛，2007]。

經由探索性資料分析，本研究發現鋪面績效資料常常違反了傳統迴歸法中所作常態分配、隨機誤差、與固定變異數的假設，因此不適用傳統統計迴歸方法來構建預測模式。此外，現地蒐集的 LTPP 長期鋪面績效資料變異性極大，更增添了利用多層線性模式(HLMs)或線性混合模式(LMEs)來分析 LTPP 長期鋪面績效資料庫的困難度。因此，本研究於後續分析時採用廣義線性模式(GLM)與廣義相加模式(GAM)對於反應變數的分佈情形均不給予任何假設，而是採用以概似估計法的方式測試分配適用度，其中以柏松分配之適用性較良好。並配合 Box-Cox power transformation 轉換法、視覺圖的技術，以將系統化之統計與工程分析方法應用於構建預測模式中。本研究將構建完成之預測模式檢定其適合度及針對相關的參數進行敏感度分析，最後建構之模式其適用情形與過去模式相比，有得到良好的改善。

**關鍵詞：**鋪面、績效預測、鋪面管理、地理資訊系統、長期鋪面績效資料庫、廣義線性模式、廣義相加模式。

### Abstract

Improved performance predictive models are greatly needed for use in various pavement applications including design, evaluation, rehabilitation, and network management. The entire project consists of three phases (I, II, and III) to be completed within three years to conduct “development and applications of pavement performance prediction models,” using the well-known Long-Term Pavement Performance database (LTPP DataPave Online) (<http://www.datapave.com>) to improve the proposed systematic statistical and engineering approach for the development of pavement performance prediction models. The major tasks completed in Phase I include: preparation of standard pavement distress identification manuals for domestic use, domestic applications of the LTPP database, review of the proposed the systematic statistical and engineering

approach, and investigation of the application of dynamic segmentation concept in GIS. In addition to continuing the implementation of dynamic segmentation databases using commercial GIS software, the major tasks of Phase II include: development of flexible pavement fatigue cracking and rutting prediction models; and development of rigid pavement transverse cracking, joint deterioration (spalling), and faulting performance prediction models. The major tasks in Phase III (this year) include: system integration and applications of domestic PMS and GIS systems; development of IRI roughness prediction models for rigid pavements and flexible pavements; domestic considerations of the proposed Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) models; and establishment of a web-site for future communications and experience exchanges.

Exploratory data analysis (EDA) of the response variables indicated that the normality assumption with random errors and constant variance using conventional regression techniques might not be appropriate for prediction modeling. Therefore, without assuming the error distribution of the response variable, generalized linear model (GLM) and general additive model (GAM) along with quasi-likelihood estimation method were Poisson distribution were adopted in the subsequent analysis. Box-Cox power transformation technique, visual graphical techniques, as well as the systematic statistical and engineering approach proposed by Lee were frequently adopted during the prediction modeling process. The goodness of the model fit was further examined through the significant testing and various sensitivity analyses of pertinent explanatory parameters. The tentatively proposed predictive models appeared to reasonably agree with the pavement performance data although their further enhancements are possible and recommended.

**Keywords :** Pavement, Performance Prediction, Pavement Management, Geographic Information System (GIS), LTPP, Generalized Linear Model (GLM) and General Additive Model (GAM).

## 一、前言

鋪面績效預測模式在鋪面設計、鋪面評估與維修、與鋪面管理系統扮演著極為重要的角色。計畫主持人以三年三期的方式，利用美國長程鋪面績效資料庫 LTPP DataPave Online (<http://www.datapave.com>)從事「鋪面績效預測模式的構建與應用」研究，以改善系統化的統計與工程分析方法來構建鋪面績效預測模式。第一期主要完成之研究內容包括：鋪面標準損壞調查手冊之研擬、美國長期鋪面績效資料庫之本土化應用、研擬系統化的統計與工程分析方法、以及探討鋪面動態分段在地理資訊系統之應用[李英豪、葛湘璋，2005]。第二期主要之研究工作除了延續前一期鋪面動態分段在地理資訊系統之應用外，並建立柔性鋪面疲勞裂縫與車轍之績效預測模式、以及剛性鋪面橫向裂縫、接縫碎裂、與高差等績效預測模式[李英豪、葛湘璋，2006；吳佩樺，2006；林佳慧，2007；林明輝，2007]。本期（第三期）主要之研究工作在地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與系統整合，以及建立柔性鋪面與剛性鋪面糙度預測模式、與探討最新的 AASHTO 鋪面厚度設計手冊之本土化的適用情形、並建立查詢網站與相關連結等工作[林明輝，2007；彭志鴻，2007；莊凱驛，2007]。茲將相關之研究成果簡述如下：

## 二、商用地理資訊系統在鋪面管理之應用

為增進鋪面路網管理的效率，資訊化與自動化成為鋪面路網管理的主要發展目標。現階段多數公路機關所著手進行的研究其中較有效率的方法，便是結合資料庫、最佳化方法以及地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)的鋪面管理系統。此法不但提供鋪面管理所需要的資料庫資訊，更提供圖形化介面可提升使用者的管理效率及決策印象。過去之商用地理資訊系統由於無法滿足鋪面管理所需之動態分段方法，即便利用了商用鋪面管理系統，仍須自行撰寫程式以執行動態分段，因此「鋪面路網動態分段資料庫系統」在動態分段

方面仍是以傳統之資料庫表單彙整及分析來達成。

本研究將比較市面上已有之地理資訊系統，並考慮能否配合「動態分段」的資料庫分析記錄方式以及使用者介面的親和度，藉此挑選出在經費資源有限之下最適合應用於鋪面管理的一套商用地理資訊系統，將其應用於本研究之中。由於最佳化分析工具為鋪面管理系統的重點之一，因此，本研究將運用該最佳化分析工具，並結合動態分段、地理資訊系統與盧中強之「鋪面路網動態分段資料庫系統」，建立一套具備關連式資料庫、最佳化分析工具及圖形化介面之鋪面路網層級管理系統[林明輝，2007]。

## 2.1 路段定義與資料庫架構

一般而言，鋪面管理主要分為路網階層與個案階層兩個層級。路網階層主要之目的在於以高效率的方法，將管轄範圍內之鋪面路網透過選擇與排序等方式決定養護維修優先順序、定養護計畫、做為預算分配之依據。個案階層則著重在鋪面養護計畫與各種個案的執行層面。此層級內各種決策之擬定均使用較為詳盡之鋪面相關資訊，其決策內容通常有關養護策略決定、數量計算、選擇方案之經濟分析與專案計畫執行等較詳細之作業活動[AASHTO, 1985]。

在鋪面管理中資料庫為基本要求，而資料的蒐集便是資料庫成敗的關鍵。且由於鋪面管理的複雜性高、資料量龐大與資料蒐集困難，再加上蒐集資料需考量明確性(Specific)、可量測性(Measurable)、可否達成(Achievable)、相關性(Relevant)、及時性(Timely)等所謂的 SMART 原則[Geoffroy, 1991]。因此在鋪面管理多數系統中為達成上述原則，需採用較具代表性的資料作為依據，其較常見的作法便是引用抽樣調查的觀念，以避免整體調查的人力與經費浪費及時間的延遲。在蒐集資料時須對其所有路段加以定義，路段的定義主要分為固定長度路段與均質路段等二種。使用「均質路段」的定時方式將較「固定長度路段」具有彈性、可調整、且易於分析與管理等優點。因此，為提昇鋪面管理的效率並避免記錄大量重複的資料，本研究將利用抽樣調查之觀念，以原始資料登錄型式將多年度之資料記錄於各 Microsoft Access 資料庫表單中。並透過動態分段原理來產生均質路段，並以此作為資料分析單元與資料庫架構，協助後續鋪面管理作業。

## 2.2 動態分段原理

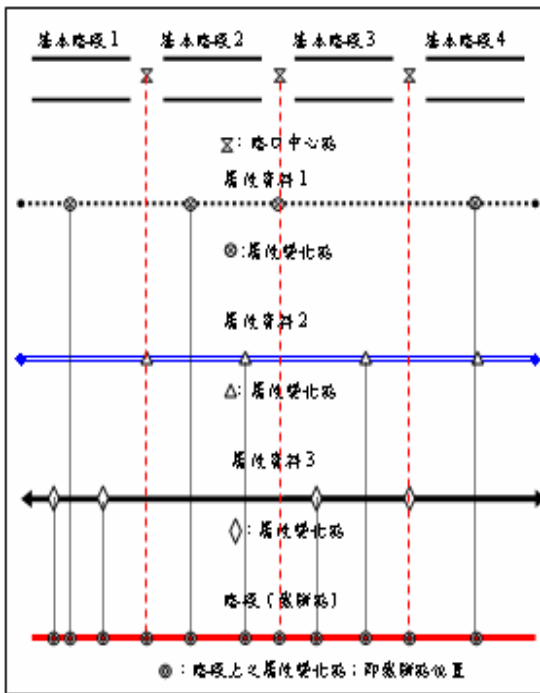
動態分段路段起迄點的屬性變化往往是不規則的。每種屬性資料的起迄點一般來說無法相對應，必需將各種屬性加以整合。根據上述的原則，就資料改變的起迄點可定出適當的均質路段。然而在資料庫中若需同時滿足存在的不同路段時，為避免資料重複儲存以及分析時資料的正確性，就需運用動態分段加以克服。以圖一為例，假設某一條道路擁有數種屬性，分別是路面狀況、材料特性、鋪面績效、交通量，若直接採用基本路段的起迄點對應其相關資料的資料庫設計，則每一個基本路段包含四種屬性資料，且每一種屬性資料皆須按照基本路段的起迄點來劃分其屬性資料，若有某一種屬性資料的改變點恰位於某一段基本資料之間，則更需進一步的加以將基本路段劃分，如此一來勢必將基本路段分割的非常細，其單位可能是公里，甚至是以公尺為資料的基本單位。如未使用動態分段，資料庫結構為了同時考慮四種屬性資料的起迄點則必需將各資料細分至最小單位之起迄點記錄各種資料。在資料量少時，或各種屬性少時還可應付，當資料量增大或是屬性資料種類繁多時便會使該資料庫變的非常龐大複雜，增加管理與使用上的困擾[盧中強，2000]。

## 2.3 GPS 與 GIS 在鋪面管理上的應用

全球定位系統(GPS)對於固定的參考點可以提供準確的定位，並且提供 GIS 非常好的使用者介面及自動化繪圖系統，GPS 可以準確且有效率的提供空間資料給 GIS，讓 GIS 的功能更為強大。各國相關的公路運輸主管機關亦曾發現在鋪面管理上，傳統的道路資料便已經是以線性位置參照來作為管理方法，這對本身就是以線為單位的道路來說已經非常的符合需求

了，因此，針對管理傳統道路資料來說，不一定真的需要應用到 GIS 的。再者，GPS 於鋪面管理系統中的應用較侷限於鋪面現地量測資料與定位，然而鋪面本身並不會移動，GIS 軟體在套疊圖層後僅需給予其道路里程數便可知該處的鋪面狀況。因此 GPS 於鋪面管理中應用之必要性則仍有待商榷。

在目前鋪面管理系統的應用中，GIS 的應用早已行之多年，而多數都僅將 GIS 應用於資料庫連結管理及圖形化展示，在圖形化展示方面也多注重於使用者介面跟圖形展示界面的親和度。若單純只針對這資料庫及圖形化兩者來看，GIS 的應用實非絕對必要，且各市售商業軟體之間針對此兩方面的功能比較起來亦無多大差異。因此本研究針對鋪面管理中，GIS 資料分析及展示的功能模組，及使用者介面親和力作比較，如表一所示。



圖一 動態分段示意圖[盧中強，2000]

表一 國內外鋪面管理系統核心比較

名稱	管理階層	資料蒐集方法	路段定義	GIS應用	GPS應用	動態分段應用
ILLINET	路網	抽樣	均質	自行撰寫	無	有
Micro PAVER	路網	抽樣	均質	Arc View	無	有
鋪面路網動態分段資料庫系統 (NETDSD)	路網	抽樣	均質	自行撰寫	無	有
台灣地區瀝青路面網級養護管理系統	路網	普查	固定長度	Map Info	無	無
Web-Based 機場刚性道面版塊管理系統	個案	普查	固定長度	Map Info	無	無
機場鋪面維修系統	個案	普查	固定長度	Arc View	有	無
屏東縣柔性鋪面養護與諮詢系統	個案	普查	固定長度	Arc View	無	無

## 2.4 商用地理資訊系統之選用

本研究採用 ESRI 公司所開發之 ArcGIS 9.1 軟體並利用其中的 ArcView 程式來進行動態分段資料庫架構及線性參照程序的開發[Cadkin and Brennan, 2002]。ArcGIS 8.1 以前之版本並未將線性參照的分析模組統合至軟體中，使用者必須自行撰寫 VB、C++ 等程式才能進行線性參照的分析與應用。然而自 2001 年起 ArcGIS 8.2 版，便加入線性參照之應用模組。使用者可以依據 ArcGIS 軟體內建的模組及使用手冊，很簡單的使用線性參照的分析、轉換、管理及展示等功能，對於鋪面管理所需應用的動態分段功能亦可簡單地達成。ArcView 9.1 軟體不但包含了各種應用模組，更能簡單的應用本研究所需之動態分段模組。若是應用於鋪面管理後不但人員訓練簡單、軟體購置費用節省且 ArcGIS 相關的軟體套件功能及相容性亦相當強，於將來在系統伺服器架設或網路應用等方面，都能有相當便利的擴充性。

### 2.4.1 線性參照之自動化

有鑑於鋪面管理系統的使用者為高層決策者，再加上考慮線性參照的使用訓練，本研究便決定將 ArcView 中用於動態分段的相關功能予以自動化。由於本研究所開發之鋪面管理系

統為結合資料庫軟體、GIS 軟體及 VB6 介面的鋪面管理系統，基於使用者的便利性，及系統後續維護擴充的相容性，本研究選擇於外部利用 VB 建立使用者介面並連接 Access 與 ArcView，以進行資料庫管理、資料分析及圖形化展示。由於路段定義以及均質路段轉換等功能皆為事前準備作業，因此於本研究中其為不需自動化的部分，而只對動態分段表單結合以及動態分段圖形化展示兩部分進行自動化研究。

本研究承蒙仲琦科技公司之協助，取得其主要功能為內部功能程式編輯的 ArcEngine 軟體，並額外取其授權碼將其應用於系統中。本研究利用 ESRI 公司開發之 ArcEngine 軟體的功能，於外部 VB 將圖資資料及所需功能扭額外匯出至獨立表單以達到展示之目的。

ArcView 的程式碼共有超過 50 個以上的物件庫，而每個物件庫有一個以上的物件模組圖。雖然物件模組圖可以幫助程式撰寫者正確及有效的撰寫程式，但是物件模組圖中有超過 1500 個以上的類別以及超過 1600 個以上的介面。因此如何正確的選擇欲使用功能的歸類所在以及程式碼的查詢應用。且本研究由於欲將所需之 GIS 功能獨立於外部 VB 介面執行，因此，除 ArcView 外，尚須利用 ArcEngine 之功能來進行編寫。而 ArcEngine 的程式碼授權與應用又與 ArcView 不同，因此於應用及整合上確有其複雜性困難度。

## 2.5 綜合性指標與績效預測模式之應用

有鑑於國內鋪面管理資料庫尚未完成，相關鋪面資料的蒐集亦未完備，因此本研究將針對上述要求及考量，暫時給予假設資料以進行分析，待將來國內鋪面資料庫建立完成後，再以真實資料進行分析。目前國內為改善鋪面破壞資料蒐集的不便性，亦開始進行國際糙度指標(IRI)[ Sayers et al., 1986]的蒐集。因此本研究將暫不考慮結構性指標，並以 IRI 作為本研究資料庫構建及鋪面預測模式應用之鋪面管理指標。

由於國內目前尚缺乏一套可靠的鋪面績效預測模式，建議國內在發展初期可先以國外之類似環境的預估模式配合國內現有資料加以使用，並逐步發展出本土化的預估模式[洪政乾，2000]。因此，本研究暫時以下列之國外現有 PSR 績效預測模式以及 PSR 與國際糙度指標(IRI)之轉換公式來做 IRI 之績效預測模式 [Lee et al. 1993; Al-Omari and Darter, 1993]。

$$PSR = PSR_I - a * (STR^b)(AGE^c)(CESAL^d) \quad (1)$$

$$PSR = 5 * e^{(-0.24 * IRI)} \quad (2)$$

其中，PSR<sub>I</sub> 為建造後之初始現況服務能力評分；STR 為結構強度(柔性鋪面為結構數、剛性鋪面為版之厚度及複合鋪面之加鋪厚度)；AGE 為自鋪面建造或經加鋪至現在的經歷年期；CESAL 為自鋪面建造或經加鋪起之累積 ESALs；a, b, c, d 為迴歸常數，詳如表二所示。

表二 PSR 績效預測模式之迴歸係數

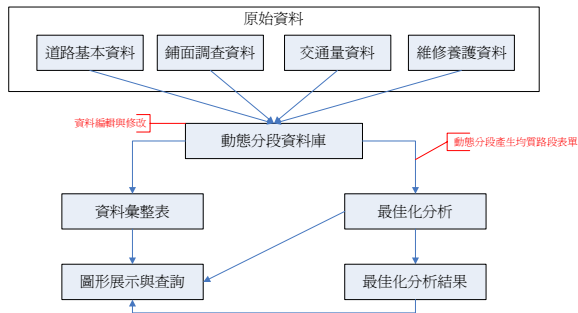
鋪面形式	Log <sub>10</sub> a	b	C	D
柔性鋪面	1.1550	-1.8720	0.3499	0.3385
瀝青層加鋪剛性鋪面	-0.4656	-0.0957	0.6124	0.1293
接縫式混凝土鋪面JPCP	0.5104	-1.7701	1.0713	0.2493
接縫式鋼筋混凝土鋪面 JRCP	1.7241	-2.7359	0.3800	0.6212
連續式鋼筋混凝土鋪面CRCP	0.7900	-1.3121	0.1849	0.2634

## 2.6 TKUNET2 雛形程式之構建與應用

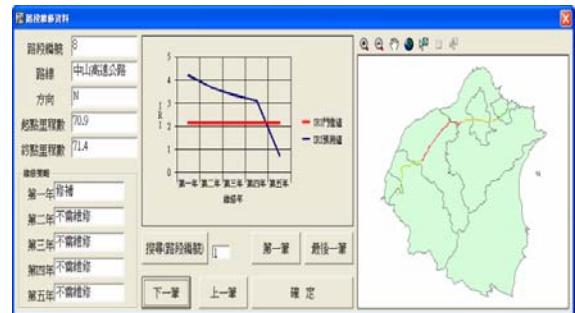
本研究以 ArcView 商用地理資訊系統的內部程式碼，利用 Visual Basic 6.0 企業版程式，與線性參照模組結合並撰寫可於外部系統操控其動態分段與圖形化展示功能之程式碼。藉此避開商用地理資訊系統繁雜的操作介面，並同時解決傳統利用資料表整合所執行之動態分段

不穩定之問題。程式中並將鋪面資料依不同屬性將其儲存於各 Microsoft Access 專屬表單之中，並以原始資料蒐集時之格式來登錄資料，不僅可以減少資料登錄錯誤之機會，未來亦可要求公路主管機關依據此格式來記錄資料，促進資料登錄之自動化，並改善現有動態分段雛型資料庫[盧中強，2000]之效率。

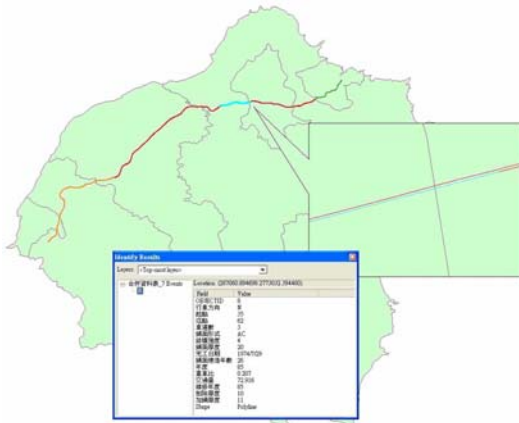
本研究以鋪面路網動態分段資料庫為架構所發展出之 TKUNET2 鋪面管理雛形系統主要的特色包括有許多紀錄、更新、整合、總結、諮詢、報告及鋪面路網資料庫地理資訊化等的人性化使用者介面。本研究並將此雛形系統與現有數種最佳化鋪面路網維修策略[洪政乾，2000]相整合，將其與動態分段資料庫做連結後，將資料庫做即時之分析。並將預測分析之數值回傳資料庫後，利用 GIS 圖形化展示功能，將其分析結果以 GIS 圖形展示，其程式運作流程如圖二所示。TKUNET2 程式主要功能特色如下：



圖二 TKUNET2 程式運作流程圖



圖三 鋪面現況分析圖例



圖四 北區工程處路段展示及點選查詢圖



圖五 北區工程處路段展示及資料點選查詢

1. 利用均質路段及抽樣調查之觀念，以原始資料登錄型式將多年度之資料記錄於各表單中。
2. 可擷取某特定分析年度資料，以外部 VB 介面程式利用 ArcView 動態分段功能進行圖形化展示及查詢所彙整之資料。
3. 整合現有最佳化分析程序（需求分析、簡單排序、益本比、與增量益本比法等）進行最佳化維修策略分析。
4. 可結合 ArcView 軟體將最佳化分析結果圖形化展示及查詢。

本雛形程式之 GIS 圖形展示功能如圖三~圖五所示，未來亦可持續擴充程式功能，強化最佳化路網維修策略之分析與應用，以使我國有限之鋪面路網維修經費做最有效之應用。



### 三、地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與系統整合

本研究主要依鋪面狀況、交通運輸需要、調查便利化、經濟分析，並以本土化應用與系統整合為手段，逐步建立台灣地區基層施工養護單位的公路鋪面管理系統，以供公路主管當局作為評估道路服務能力及決定整修養護優先順序之參考。鋪面管理的理想目標在於「全方位鋪面管理」(Total Pavement Management System)，但由於人力、物力、時間及預算之限制，並非是一蹴可及。目前國內仍缺一套良好實用之鋪面管理系統，因此，本研究分析國外三種已被廣泛使用之鋪面管理系統，發現國外之鋪面管理系統多為路網階層，並且以均質路段為資料儲存方式。而國內 NETDSD、TKUNET1、TKUNET2 皆以此方式撰寫鋪面管理系統，但其程式各有利弊之處。其中 NETDSD 所撰寫之鋪面管理系統中，自行建立動態分段模組，且其圖形化界面為自行以數值板描繪地圖而成，其圖形為一類似台灣之圖形顯示。TKUNET1 程式之主要功能為撰寫鋪面管理系統之最佳化運算模組。TKUNET2 程式以獨立化模式建構動態分段模組，但其圖形化展現皆無法與資料庫作直接連結，如果圖形與資料需同時連結並顯示，就必須開啟其龐大且複雜之商用地理資訊系統軟體。

市面上之地理資訊軟體，多以圖形展現為主要訴求。因此在軟體之架構上，比起一般的軟體更加龐大，使用方式也較複雜且困難，並且如需使用地理資訊軟體，也必須加以進修地理資訊系統之相關課程。對未接觸地理資訊系統領域之鋪面工程師，不僅會造成難以承受之負擔且須多著墨於地理資訊系統之研究，由此處看來，並非有效率化之現象，更有本末倒置之異象。反觀鋪面管理系統所注重的是資料庫管理，系統整合以及簡易之圖形呈現等，而非精緻之圖形展現。因此本研究預期將自行建造一套簡易圖形化，給予工程師簡易圖形展現，並額外設計一套商用地理資訊系統之介面，給予具有地理資訊系統技能之鋪面工程師，能快速且方便達成其所完成之設計、編輯、分析...等。

本研究於資料需求、圖形展現、資料庫管理、鋪面現況評定、專家系統以及生命週期分析等方面著手，嘗試以 ILLINET 程式為藍本，並針對 TKUNET1 之最佳化模組、TKUNET2 之獨立化動態分段模組、NETDSD 之圖形介面改善以及本研究所建立之 GIS 模組加以彙整，探討發展個人電腦使用於鋪面管理系統程式所將遭遇到的困難與問題，並建立一套符合國人需求之本土化應用與系統整合的鋪面管理系統[彭志鴻，2007]。

#### 3.1 衛星座標系統

台灣地區之水平大地基準(TWD67)之原點位於南投縣埔里之虎子山一等天文點，並經由平差後完成台灣地區平面座標參考框架；民國 69 年內政部公佈之「台灣地區三角點成果表」內提供二度分帶橫向麥卡脫投影座標系統與 1967 年國際橢球體之經緯度與高程，使用虎子山座標系統(台灣大地基準)，簡稱為 TWD67。衛星定位發明後，對於測量起了至重大變革，不需再透過天文觀測，即可計算地表任何地方的經緯度，不僅精度更高，且所測得的是適用於全球的一套座標系統，我國亦順應世界潮流予以採用，為了有別於以往的座標系統。訂定新的國家座標系統「1997 台灣大地基準，簡稱為 TWD97」。如表三所示，TWD67 與 TWD97 之間的差異量不小，若全面採用 TWD97，勢必導致大量舊有之圖籍全面改製，勢必會成為一項大工程。國內尚未全面採用且由於目前市面上所用圖資以 TWD67 為居多，因此，本研究此用之圖資仍採用 TWD67 座標系統，而對於其他座標系統之圖資匯出部分，依然不會受到影響。

#### 3.2 通用格式

本研究於前述之「商用地理資訊系統在鋪面管理上之應用(TKUNET2 程式)」[林明輝，2006]之動態分段獨立化建置中發現，TKUNET2 程式之檔案匯出皆以 ARCVIEW 之專案檔 \*.mxd 為主要匯入及儲存之檔案類型，換句話說，若要使用 TKUNET2 程式之檔案，就必須

藉由同系列之軟體才可開啟。有鑑於此，本研究探討分析地理資訊系統軟體中，Shapefile 檔案格式為 ESRI 公司所開發出來的一種空間數據開放格式，其檔案格式為向量形式。以地理資訊系統之軟體來說，各個軟體皆有其獨立之檔案格式，例如，ARCMAP 之專案檔為 mxd、座標系統檔為 prj；SUPERGIS 之專案檔為 swg、座標系統檔為 geo...等，但由於 ESRI 為地理資訊系統軟體之主流，且其市場佔有率較高，使用者較多，因此陸續有其他廠牌的 GIS 軟體或相關產品多半有支援 shapefile 的匯入或匯出功能，並且 ESRI 將其檔案規格公開於 ESRI Shapefile Technical Description，所以就算沒有此公司之相關軟體亦可利用其程式來開啟、編輯和存取之動作，因此文件格式已經成為地理資訊軟體界之開放標準。

表三 TWD97、TWD67 之參數比較

		1997 台灣大地基準 (TWD97)	TWD67
參考橢圓體		GRS80	GRS67
長半徑		6378137.000	6378160.000
短半徑		6356752.3141	6356774.7192
扁率		1/298.257222101	1/298.25
投影方式		橫麥卡托投影經差二度分帶	
中央子午線(東經)		121 度	
向西平移值		250000	
中央子午線尺度比		0.9999	
虎子山座標	經緯度	經度 120°58'55.2886" 緯度 23°58'5.9486"	經度 120°58'25.9750" 緯度 23°58'32.3400"
	二度分帶座標(公尺)	248170.787 2652129.936	247342.198 2652335.851
	高程(公尺)	578.955	556.451

### 3.3 數值座標匯出

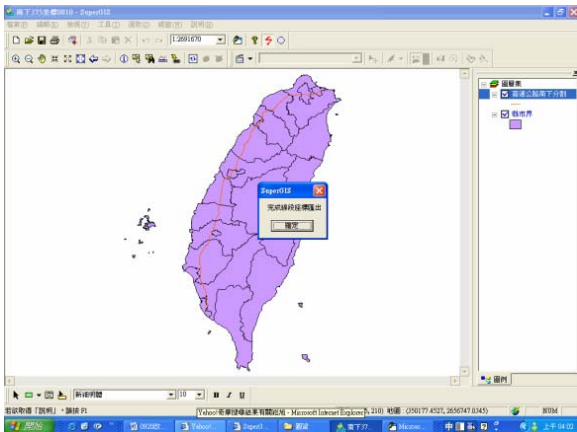
以國內鋪面管理系統來探討，在實務上，管理系統只需地理資訊系統軟體之部分模組，如：圖形展現、動態分段...等，反觀 TKUNET2 程式之圖形化展現，必須使用其商用地理資訊系統之介面，不僅須開啟複雜且龐大之軟體，且如果商用地理資訊系統必須升級，那所撰寫之 TKUNET2 必定也要一併修改，而此處並定會成為未來撰寫程式之最大要害。本研究使用 SuperGIS 軟體進行客製化按鈕設計，閃電圖形之按鈕是將圖徵為線段(Polyline)之圖形，經由客製化按鈕將其 X、Y 之座標數值匯出成檔案；圓型圖形之按鈕是將圖徵為面積(Polygon)之圖形繪製成檔案，點擊按鈕後，再點擊圖徵，圖徵上就會出現”完成線段座標匯出”之字眼，如圖六。

### 3.4 TKUNET3 程式構建與應用

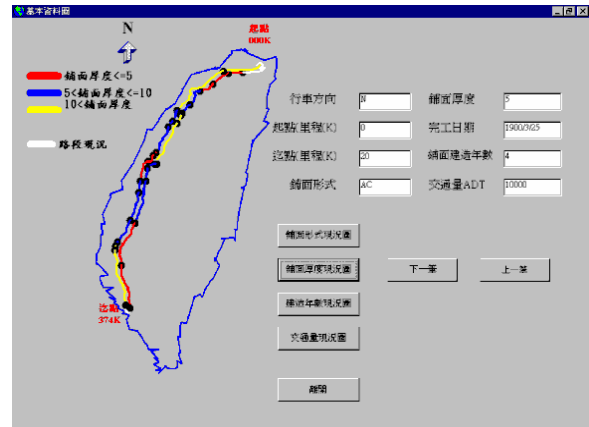
本程式改善其 NETDSD 程式，所利用地圖數位板所描繪出台灣之圖形，如圖七，並且解決 TKUNET2 程式中，資料庫與圖形無法連結並查詢之問題(如圖三所示)。本研究利用其加載軟體，將其選定之資料年度與屬性，進行動態分段作業，並使其結果回傳予本程式，依據其資料庫所屬之座標系統，正確的顯現於程式介面中，並且可於介面中，得知資料完整資訊，如圖八。本研究探討國內所使用之座標系統，深入分析其投影法與座標系統之參數，選取其最符合國人使用之投影法與衛星座標系統，並以作為本程式座標系統數值化匯出之依據。此外分析國內使用地理資訊系統軟體之檔案使用類型，依據國內最常使用之圖資儲存格式作為本程式儲存圖資與匯入之基本格式。於地理資訊系統軟體撰寫客製化系統程式，並依據國內最常使用之座標系統為基準，將其座標系統數值匯出。並且利用 VB 程式軟體撰寫程式，在

不開啟加載軟體之狀態下，將於主要控制介面，使用其軟體之功能模組，並將其資料或檔案回傳予本程式使用與分析。

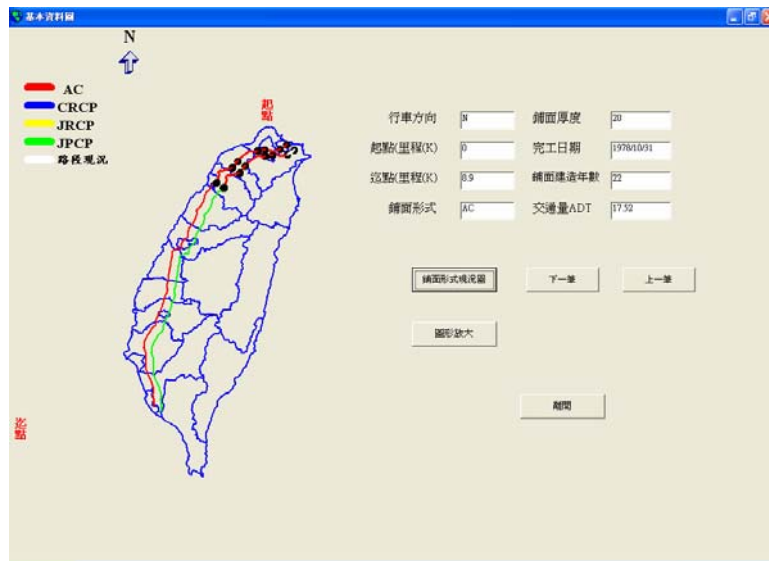
本研究將座標系統數值，建立 GIS 模組系統，並可與資料庫連結，進行資料與圖形之展現，改善 NETDSD 程式之圖形展現模組。並針對 TKUNET2 商用軟體之獨立化動態分段模組以及本研究所建立之 GIS 模組加以系統整合。可將其資料庫依據年度與屬性，進行動態分段模組，顯現於本程式所撰寫之 GIS 模組。本研究之 GIS 模組部分只針對台灣本島地區為主要設計層面，如須展現其他圖資，則必須另外修改部分程式碼，因此，建議將其座標系統數值匯出與匯入自動化，使其模組不受區域之限制而展現其模組展現與查詢之功能。



圖六 座標匯出客製化介面



圖七 NETDSD 展現圖例



圖八 TKUNET3 GIS 模組展現圖例

#### 四、剛性鋪面糙度預測模式之構建

使用者搭乘交通工具時，對於鋪面狀況容易受表面粗糙程度所影響。當越平坦的鋪面，使用者直覺地認為鋪面狀況越優良；反之亦然，況且不平坦的鋪面將會因其急動[Liu and Human, 1997] (Jerk) 行為造成用路者之不適。因此本研究將著重於剛性鋪面糙度績效預測模式驗證與建立。績效預測模式構建需要較完整之鋪面資料庫，由於國內現無一套通用的標準鋪面調查手冊，據以調查與衡量鋪面損壞資料，加上資料之蒐集不易且曠日費時，對於績效預測模式能否建立及模式建立後之解釋能力皆有待考量，這也是我國鋪面管理工作亟需完成

之內容。因此本研究採用國外現有的資料庫與績效預測模式，進行評估並嘗試改善現有模式，相信對國內鋪面維修策略以及構建本土化績效預測模式有相當大的幫助。研究方法與步驟包含 LTPP 資料庫擷取、資料彙整、資料分析、驗證比較與新模式建立，其內容將簡述如下。

#### 4.1 現有剛性鋪面 IRI 預測模式

本研究之主要目的在於以 DataPave 的資料來驗證暨有之剛性鋪面 IRI 績效預測模式，因此首先必須針對預測模式進行所需輸入之參數進行探討，表四所示之模式為 SHRP P-393 [Simpson, 1994] IRI 預測模式，其迴歸公式中必須輸入累計交通量 CESAL、凍融循環 FT、平均年降雨量 PRECIP、底層種類 BASE、路基土壤情況 SUBGRADE、回算的平均 k-value 值 KSTATIC、平均橫向接縫間距 JTSPACE、混凝土版厚 THICK、邊緣支撐 EDGESUP、縱向鋼筋的百分比 PSTEEL、車道加寬 WIDENED 與鋪面齡期 AGE 等參數。

表四 SHRP P-393 預測模式

類別	績效預測模式
不含綴縫筋 JPCP	$IRI = 38.8523 + 12.8886 * CESAL + 0.2217 * FT + 1.4979 * PRECIP - 10.9625 * BASE - 13.6880 * SUBGRADE$
含綴縫筋 JPCP	$IRI = 105.9236 + 159.1279 * \left( \frac{AGE}{KSTATIC} \right) + 2.1669 * JTSPACE - 7.1274 * THICK + 13.4955 * EDGESUP$
JRCP	$IRI = -141.3723 + 0.8488 * AGE + 0.3469 * PRECIP + 1387.9594 * \left( \frac{1}{KSTATIC} \right) + 21.2432 * THICK + 15.0920 * EDGESUP$
CRCP	$IRI = 262.0480 + 1.4706 * CESAL - 2.9432 * THICK - 232.2973 * PSTEEL - 29.7949 * WIDENED - 16.8235 * SUBGRADE$

NCHRP P20-50 [Perera and Kohn, 2001] IRI 剛性鋪面之預測模式，則如表五所示，其中所包含之參數包括國際糙度指標單位為： $m/km$ ， $IRI_0$ 、 $IRI_{First}$  與  $IRI_{Last}$  分別為第一個、初始值、最近一個的國際糙度指標。國際糙度指標量測間隔  $\Delta Time$ 、路基含水量  $MC_{Subg}$ 、混凝土版抗拉強度  $PC_{ten}$ 、混凝土版楊氏模數  $PC_{E_{mod}}$ 、年平均溫度 TEMP、潮濕天數  $Wet.Days$ 、路基過 200 號篩之比率  $SG200$ 、溫度大於  $32^{\circ}C$  的天數  $Days32$ 。

文中所有模式均以線性混合模式所構建，除 GPS-5 有另外提供多元迴歸所得結果。在線性混合模式中應有第一層與第二層之區別，但在文中並未詳細說明何者為第一層何者為第二層。因此文中可能未提供充足資訊 [Perera and Kohn, 2001]。以上所建立之 IRI 預測模式乃經由一系列之試驗與研究所迴歸而得，其內容與計算頗為複雜，對於每項參數之定義與進階之計算方式在文獻 [Perera and Kohn, 2001; Pinheiro and Bates, 2000] 中有詳盡之說明。

#### 4.2 LTPP 資料庫擷取與驗證

長期鋪面績效評估 LTPP 計畫是由美國公路策略研究計畫 (Strategic Highway Research Program, SHRP) 於 1987 年開始針對全美道路各試驗路段進行長達 20 年資料搜集之研究計畫。該研究的目標在於針對各種不同的交通荷重、環境因素、路床土壤條件與養護方式下，找出延長鋪面使用年限之方法，並且藉以評估現有鋪面設計方式，進而針對現有鋪面發展新的設計法與策略以及發展新的設計理念以因應新工法或重建的鋪面系統。而 LTPP 研究計畫之重點在於建立一套長期鋪面績效的資料庫系統，以因應未來的需要。

表五 NCHRP P20-50 預測模式

鋪面型式		公式	
GPS-3 JPCP	含綴縫筋	$IRI = 0.12284 + 0.94229(IRI_0) + 0.05009(AGE) - 0.00733(AGE \times PC_{ten})$	
	不含綴縫筋	$IRI_{Last} = -0.33172 + 1.15383(IRI_{First}) + 0.00436(CESAL/THICK) + 0.00418(\Delta Time \times MC_{Subg}) - 0.00178(\Delta Time \times TEMP)$	
GPS-4 JRCP		$Log_e(IRI) = -0.1875633 + 0.3967905(IRI_0) + 0.0000081(CESAL) + 0.0003266(AGE \times MC_{Subg}) + 0.0000002(AGE \times PC_{E mod})$	
GPS-5 CRCP	潮濕 冰凍 區	多元 迴歸	$IRI = -0.6433 + 0.0082(Wet.Days) + 0.0001(PC_{E mod}/PC_{ten}) + 0.0063(SG200)$
		混合 模式	$IRI = -0.4963 + 0.0064(Wet.Days) + 0.0001(PC_{Emod}/PC_{ten}) + 0.0054(SG200) + 0.0124(AGE)$
	潮濕 不冰 凍區	多元 迴歸	$IRI = 2.2106 + 0.008(Days32) - 1.925(PSTEEL)$
		混合 模式	$IRI = 2.1952 + 0.0076(Days32) - 2.015(PSTEEL) + 0.0042(AGE)$

LTPP 計畫將這些量測而得的鋪面資料建立出一套模組化的資料庫，DataPave Online 資料庫即為其 LTPP 計畫的成果之一。鋪面工程師可藉著資料庫中之資料顯示模式，如地圖顯示模式(Show Map Module)、圖表模式(Chart/Trend Module)、路況現況模式(Senction Presentation Module)及資料庫搜尋與擷取模式(Database Exploration and Extraction Module)等四種模式進行資料之篩選。資料庫將收集之資料分為九個大項，分別為基本資訊(General Information)、基本資料(Inventory)、材料試驗(Material Testing)、養護(Maintenance)、維修(Rehabilitation)、交通(Traffic)、監測裝置(Monitoring)、環境(Environmental)、季節(Seasonal)，而在各大項之下又分為許多資料表，如此可讓使用者更加清楚的選取所需資料，以便進行資料之擷取。

本研究在完成預測模式進行所需輸入之參數之探討後，接著將針對所有欲取得之參數從 DataPave 資料庫進行擷取。而在進行資料擷取之前必須確認所需之鋪面資料是以何種型態蒐錄於資料庫中。在此，本研究延續上一步驟，針對 IRI 預測模式中所需的所有參數，利用資料庫所提供的說明與查詢功能，將所有資料以 DataPave 的資料型態進行彙整，這些資料表顯示所需的資料是以何種型態紀錄、蒐錄在何種模組以及歸納在何種類別。將所有 IRI 預測模式所需的資料，依其特性分門別類經整合而建立參數所需因子表，其中包含交通資料、鋪面結構、材料、路床性質、建造模式、維修情況、鋪面使用齡期與環境氣候等因素。研究中 DataPave 資料庫針對所蒐錄之所有 LTPP 的 JPCP、JRCP 與 CRCP 試驗路段進行資料擷取。資料擷取的結果總共蒐集包含 245 個鋪面路段，所擷取的則資料筆數則有數千筆之多，本研究以此資料進行分析與驗證，經由 DataPave 資料庫擷取的結果以 ACCESS 的檔案格式儲存。

由於歷年剖面資料之資料庫過於龐大，所以按每一州的字母縮寫切割分別收錄於三片光碟中，總計高達 17GB 的剖面資料。目前任何資料庫軟體或統計軟體皆無法有效率地處理如此巨量之資料，所以將原始資料庫中鋪面高程數據匯出，並使用程式語言依據為文獻[Shahin, 1994]的方法來建立計算國際糙度指標之程序。其計算結果與 LTPP 資料庫中所提供之 IRI 很接近，如表六所示。造成這些微差距，後來排除是由不同的行駛速度所造成。從量測間隔係數中我們程式是採用 0.1524 公尺為一高程間隔。LTPP 資料庫並非每個路段皆採 0.1524 公尺量測壹次高程，不同的量測間隔應使用不同的參數。

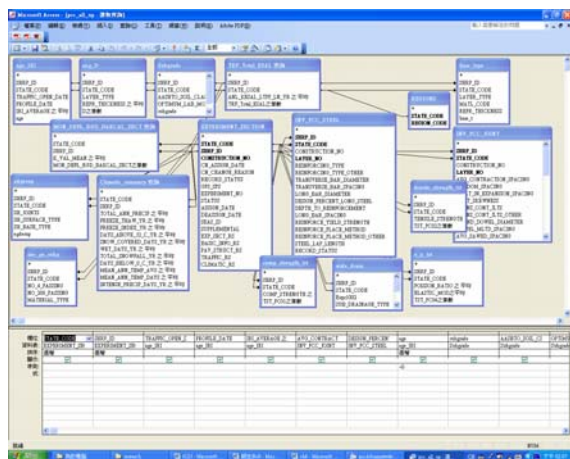
表六 IRI 程式計算結果

State Code	SHRP ID	左輪跡 IRI 計算結果	右輪跡 IRI 計算結果	LTPP 左輪跡 IRI	LTPP 右輪跡 IRI
5	0113	0.70	0.85	0.69	0.82
5	0113	0.69	0.86	0.68	0.85
5	0113	0.70	0.87	0.69	0.86

### 4.3 應用 ACCESS 程式進行資料篩選與彙整

雖然 DataPave 程式已將資料依其特性分門別類製成表單，但在同一鋪面特性的資料列舉方式僅是以路段 (Sections) 做區分，而並未將各路段之資料調查時間、鋪面特性的進階分類再做更完善之整理，因此在資料之使用上仍顯複雜，必須再次整理才可明確又方便的使用。針對此點，本研究以 DataPave 程式所擷取匯出之 Access 之檔案格式，利用 Microsoft Access 程式進行資料的處理。研究中將已分門別類的資料分別處理，並依照其特性決定資料之處理方式，以期能達到簡化資料，又符合該路段每一種鋪面特性，如此在應用此資料時可清晰的找出每一路段的資料值而不致產生混淆。

然而在進行 LTPP 資料分析時，首先必須考慮其資料之簡化並找出其資料間之關連性，否則其資料數會過於龐大，導致研究人員在處理上之困難。而 Microsoft Access 程式為一具有多項功能的資料庫管理系統的程式，應用此程式可配合內建的諸多功能，例如資料表之構建、記錄、篩選、排序、關聯性資料庫聯結與 SQL 語法的應用等，將 LTPP 的資料進行進一步之分析與篩選，以達到因應進階資料篩選的目的。因此本研究利用 Microsoft Access 程式進行資料之初步篩選與處理，根據資料之特性將其對應至 DataPave 程式中資料之定義，進行資料之篩選與判斷，最後再經由其關聯性資料庫之功能找出各筆資料間所互相對應之欄位，將其進行整合，最後即可得到所需之資料庫。



圖九 IRI 預測模式之關聯性資料庫

圖十 IRI 預測模式之查詢結果

因此，本研究將 DataPave 所彙整之資料中的相關路段編號、各州編號、鋪面交通資料、相關氣象站、氣候環境資料與鋪面破壞之監測資料等六大項資料庫進行資料關聯性聯結，並建立 IRI 所需之資料庫，其關聯性資料庫連結如圖九，查詢結果如圖十所示。建立關聯圖時要放寬連結限制，避免 ACCESS 將表單中有遺失值的參數全部剔除。

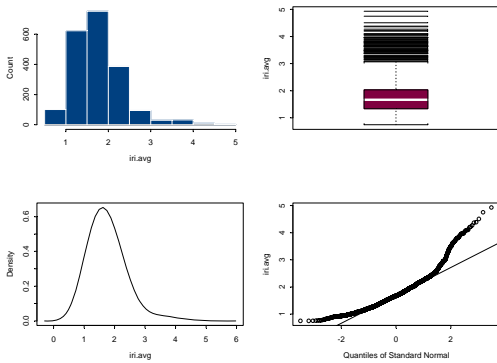
### 4.4 資料分析與驗證

本研究將上述之關聯性資料庫連結完成後，將其結果匯出成 Microsoft EXCEL 程式之檔案格式，以此進行最後步驟之篩選、處理與分析。研究中為達到簡化分析流程與自動化分析之目的，以 S-PLUS 程式所提供之 Script 語言功能對所需之資料進行篩選與分析。最後本研

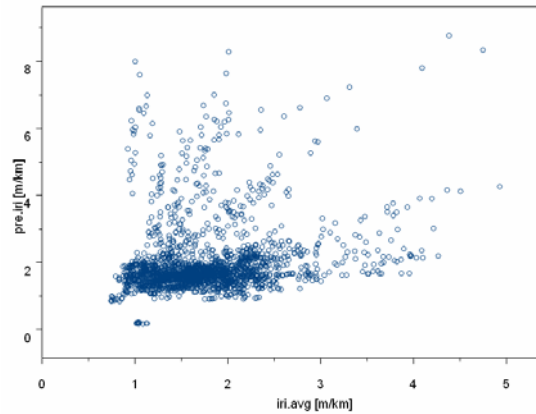
究亦利用 S-PLUS 程式中圖表繪製之功能，將 LTPP 資料庫中經由現地量測結果與預測模式所得結果繪圖驗證與比較。

#### 4.4.1 資料分佈情況

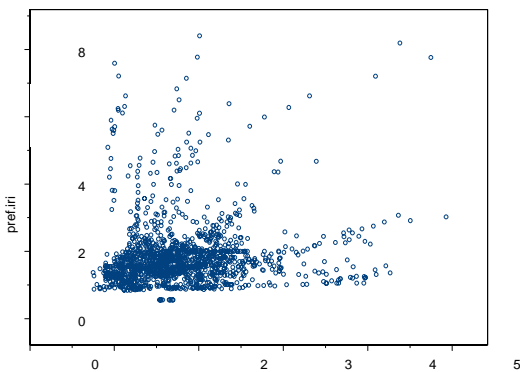
將所整理完之資料，利用 S-PLUS 繪製 IRI 現地之資料分佈情形如圖十一所示，資料分佈相當接近常態分佈。再依照 SHRP P-393 與 NCHRP P20-50 繪其預測結果如圖十二與圖十三所示，最後再加入不同鋪面形態、氣候區、交通與材料特徵嘗試找出影響 IRI 之因子。圖十四中可以得到未含綴縫筋的 JPCP 預測情況較差，因此後續建立新的模式時需要分開探討。



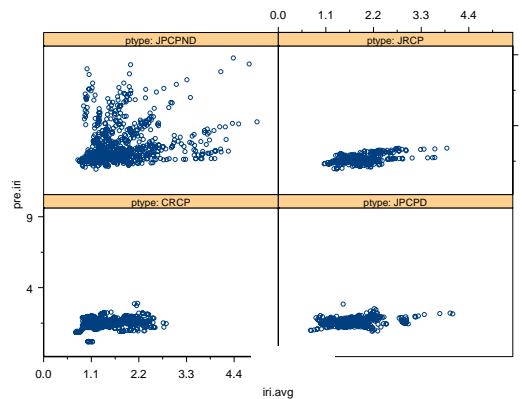
圖十一 剛性鋪面現地 IRI 資料分佈



圖十二 SHRP P-393 IRI 結果與現地比較圖



圖十三 NCHRP P20-50 結果與現地比較圖



圖十四 不同鋪面種類預測結果

#### 4.4.2 線性迴歸結果

構建新的預測模式參數從過去文獻中所建議為優先選取。在構建模式的過程中，變數的選擇固然重要，但資料顯示的物理意義與一般鋪面反應是否和預期相符更重要，本研究將篩選出的變數，以統計方法配合鋪面專業知識判斷其對於模式之適用性。利用統計軟體 S-Plus，將各影響因子對於剛性鋪面 IRI 線性迴歸，其判定係數為 0.156，殘餘標準誤 0.552，資料筆數為 1938 筆。雖然通常以判定係數來判斷迴歸模型的好壞，但並不代表有高的判定係數就是好的迴歸模型，而是要注意自變數與依變數之相關必須正確，變數的 P 值也要在符合範圍內 0.05 以下。線性迴歸的判定係數為 0.156，但是卻有 6 個變數的 P 值大於 0.05，分別為路基反力模數、累積交通量、橫向接縫間距、邊緣支撐、底層型式和路基土壤分類，顯示是沒有顯著影響。除此之外，有些參數現象說明與鋪面預期反應不同，如混凝土版厚度越厚，結果卻顯示 IRI 越差。迴歸模型之適用性還有待評估。

### 4.4.3 構建預測模式

由前述資料分析中(圖十一)可知 IRI 資料約略符合一般線性模式所要求之常態分佈，因此在本分析中不考慮將應變數(IRI 資料)做函數轉換。首先僅採用符合物理意義之自變數，並利用廣義相加模式(Generalized Additive Models, GAM)來協助分析，以找出合適之自變數函數轉換，經計算結果其判定係數約為 0.468，殘餘標準差約為 0.577，資料筆數為 605 筆，雖然判定係數可較高，但是分析結果顯示有某些參數之建議轉換函數對於 IRI 影響之趨勢與預期結果不符，因此需再進行修正，直到模式評估合適為止。因此，本研究參考過去模式構建之研究[Lee, 1993]，利用 Box and Cox Transformation 轉換法來協助模式之構建。GAM 是可對資料做平滑化，反映一般趨勢而不需假設關連的函數型式，且能找到產生最佳預測的某種解釋變數之複雜函數。Box- Cox 轉換法為一乘冪轉換(Power Transformation)，若參數最大值落於+2 與-2 間即對此變數取其乘冪轉換，若當參數最大值落於 0 附近則對此變數進行對數轉換。如表七所示之迴歸結果中，IRI 與變數鋪面齡期、車道加寬凍融循環次數和降雨量符合預期，即該變數愈大時 IRI 狀況越差，橫向接縫間距越長時 IRI 狀況較好。不過式中的路基反力模數與混凝土版厚度反而與預期相反，當路基反力模數愈大、版越厚時 IRI 狀況越差，顯示仍然有改進空間。

表七 新建剛性鋪面糙度預測模式

鋪面型式	預測模式
JPCPND	$IRI = 0.3701 + 0.2758 * \sqrt{age} + 5.5953 * \frac{1}{kstat} - 8.3323 * \frac{1}{jtspac^2}$ $- 304.1814 * \frac{1}{thick^2} + 0.0529 * FT^2 + 0.2985 * \log_{10} precip$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.231，SEE=0.681，n=605
JPCPD	$IRI = 0.47 + 0.0017 * age + 270 * \frac{1}{kstat} + 5.7 * \frac{1}{jtspac} - 0.17 * \log_{10}(cesal)$ $+ 0.00042 * precip + 0.1bt - 0.18subgrade + 0.25 * widened$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.35，SEE=0.41，n=380
JRCP	$IRI = -0.554 + 0.1978 * \sqrt{age} + 168.3167 * \frac{1}{kstat} + 0.021 * jtspac^{1.5} + 0.0015 * thick^2$ $+ 0.3166 * \frac{precip}{1000} - 0.528 * \log_{10}(1 + psteel) + 0.431 * edgessup + 0.0837 * subgrade$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.4，SEE=0.34，n=416
CRCP	$IRI = 1.9568 + 0.1158 * \sqrt{age} - 112.3738 * \frac{1}{thick^2} - 0.2423 \log_{10}(cesal) + 0.0001 * FT^{1.5}$ $+ 0.4333 * \log_{10} precip - 2.3863 * psteel^{0.5} - 0.1041subgrade - 0.0183widened$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.14，SEE=0.44，n=537

式中，age 為鋪面齡期(年)、kstat 為路基反力模數(MPa/m)、jtspac 為橫向接縫間距(m)、thick 為混凝土版厚度(cm)、FT 為凍融循環次數(cycle)、bt 為底層型式、edgessup 為邊緣支撐、psteel 為縱向鋼筋的百分比(%)、subgrade 為路基土壤分類、widened 為車道加寬、precip 為降雨量(mm)。其中，底層型式為 1 是處理底層，0 是顆粒狀底層；土壤分類為 1 是粗顆粒土壤，0 是細顆粒土壤；邊緣支撐為 1 是有混凝土路肩，0 為其他；路基土壤分類 1 粗顆粒土壤，0 細顆粒土壤；車道加寬 1 為加寬，0 為不加寬。



### 五、柔性鋪面糙度預測模式之構建

同樣地，本研究亦在此階段建立柔性鋪面之糙度預測模式。由於分析之方法與程序與前述系統化之分析流程相類似，有關 LTPP 柔性鋪面資料之擷取與初步分析，以及現有預測模式之結果分析、與敏感度分析等之詳細內容可參考文獻[莊凱驛，2007]。為儘可能保留具有顯著影響之參數，茲將主要之研究成果簡列如表八所下：

表八 新建柔性鋪面糙度預測模式

	預測模式
不分區	$IRI = \exp[-1.243 + 0.139 * \sqrt{age} - 0.007 * FT + 0.22 * \sqrt{temp} + 0.103 * \log_{10}(1 + PL)]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.17，SEE=0.52，n=1913
顆粒土壤	$IRI = \exp[-0.0423 + 0.1266 * \sqrt{age} - 6.1349 * \sqrt{precip} - 0.0047 * FT - 0.0038 * wet.day + 0.0044 * daysbelow0c + 0.1046 * \log_{10}(1 + PL) + 6.3083 * \frac{1}{temp.range}]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.24，SEE=0.51，n=1247
經底層處理	$IRI = \exp[-1.6967 + 0.1815 * \sqrt{age} + 0.0039 * daysbelow0c - 0.2524 * \sqrt{temp} - 0.0047 * \log_{10}(kesalpyr) + 0.051 * \log_{10}(1 + PL)]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.21，SEE=0.48，n=666
乾燥會結凍	$IRI = \exp[-3.352 + 0.167 * \sqrt{age} + 3.441 * \left(\frac{precip}{1000}\right)^2 + 0.012 * daysbelow0c + 0.105 * temp - 0.069 * SN]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.55，SEE=0.32，n=307
乾燥不會結凍	$IRI = \exp[-0.771 + 0.033 * age - 0.003 * daysbelow0c + 11.862 * \frac{1}{temp}]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.4，SEE=0.44，n=191
潮溼會結凍	$IRI = \exp[4.33985 + 0.15286 * \sqrt{age} + 0.00046 * precip + 40.63128 * \frac{1}{FT} - 1.97074 * \log_{10}(wet.day) - 0.41869 * \sqrt{temp} + 0.28182 * \log_{10}(1 + PL)]$ 結果：R <sup>2</sup> =0.36，SEE=0.53，n=538
潮溼不會結凍	$IRI = \exp[0.51 + 0.10 * \sqrt{age} - 0.53 * \sqrt{FT} - 13.05 * \left(\frac{wet.day}{1000}\right)^2 + 0.49 * \sqrt{daysbelow0c} - 0.35 * \log_{10}(SN)]$ 統計結果：R <sup>2</sup> =0.17，SEE=0.48，n=877

式中，age 為鋪面齡期（年）、FT 為凍融循環次數(cycle)、temp 為年平均溫度（℃）、PL 為路基塑性限度、precip 為降雨量(mm)、wet.day 為潮溼的天數、daysbelow0c 為溫度低於 0℃的天數、temp.range 為日溫差、kesalpyr 為年平均交通量(千)、SN 為結構數。迴歸結果中 IRI 與變數鋪面齡期、年平均溫度和液性限度符合預期，即該變數愈大時 IRI 狀況越差，橫向接縫間距越長時 IRI 狀況較好。不過式中的凍融循環次數反而與預期相反，當路凍融循環次數時 IRI 狀況越差。

## 六、探討最新的 AASHTO 鋪面厚度設計手冊之本土化適用情形

AASHTO 鋪面厚度設計程序發展以來一方面隨著各研究單位發現其問題所在，一方面也為了因應實際的設計需要因而進行一再的更新。AASHTO 1986 年的鋪面設計手冊更新時引入可靠度的概念、回彈模數、與排水係數等因子，1993 年的鋪面設計手冊更新時重新闡示了 PCC 加鋪 AC 視為剛性鋪面的不同力學觀念，1998 年更針對氣候環境等因素建立相關預測公式提出補充手冊。而目前 AASHTO 正積極進行發展新的鋪面厚度設計手冊之計畫，計畫主要針對多年來在鋪面設計在實際應用上所遭遇的問題提出解決的辦法，其中將捨棄舊有的部分觀念與襲用多年之分析方式，進而引用許多新的研究概念與鋪面分析方式，研究中考慮可靠度、交通量、與環境因素對鋪面設計的影響。該計畫利用力學經驗法來建立鋪面厚度設計程序，其中將由多年度的道路試驗所得之資料以統計分析方式建立許鋪面績效預測模式，該計畫已於 2004 年年整合完整之研究報告[ARA Inc., 2004]，但 AASHTO 至今仍未發佈採用全新的鋪面厚度設計手冊。

國內無論是柔性鋪面或剛性鋪面的分析與設計，大部分 AASHTO 鋪面厚度設計方法為主要的設計依據，面對 AASHTO 如此重大的更新勢必將對國內的鋪面相關工作的進行產生的影響。再者，AASHTO 新建立的預測模式是否可適當的應用在溼熱多雨台灣地區，或預測模式必須經由何種程度上的修正，都是未來國內相關單位必須面臨的挑戰。有鑑於此，本研究初期由 <http://www.2002designguide.com> 網站所發布的各項關於 2002 Pavement Design Guide 的資料進行整理、研讀、與了解，特別是該研究中對於模式建立的方法與所需鋪面資料的種類，以作為未來本土化的準備工作。

本研究曾以 AASHTO 舊有的鋪面試驗資料代入新的績效預測模式來驗證，並以新的鋪面試驗資料驗證舊有 AASHTO 績效預測模式。並曾於相關研究論文中[吳佩樺，2006；林佳慧，2007；莊凱驛，2007]初步探討 AASHTO 鋪面厚度設計暫行手冊正式中所發展的績效預測模式，經由 LTPP 資料庫中擷取鋪面相關資料，代入 AASHTO 新的績效預測模式來驗證其適用性與敏感度分析。藉由交互驗證的結果探討績效預測的成效，除近期已發表於國內各學術研討會之研究成果外，亦曾通過國外學術論文審查，發表各相關研究成果[Lee et al., 2007a; Ker et al., 2007a; 2007b]，未來亦將陸續發表有關 AASHTO 鋪面厚度設計暫行手冊之適用性等相關學術論文[Ker et al., 2007c; 2007d; Lee et al., 2007b]。鑒於此研究課題牽涉內容甚廣，計畫主持人與共同主持人因此在新的年度中再提出「美國最新公路鋪面暫行手冊之評估與應用」的專題研究計畫[李英豪、葛湘璋，2008]，並已獲貴會核定執行中，以更深入探討其影響層面與協助研擬我國在鋪面設計方面未來之因應對策。

## 七、查詢網站與相關連結之建立

本研究亦設置並擴充個人之學術網站，將本計畫所建立的各種鋪面績效預測模式、研究成果、歷年論文全文(含簡報資料)、歷年收錄之各學術論文輯光碟、與 LTPP 的鋪面績效資料庫均登錄於此，以提供國人未來研發與應用之參考。學術網站位址為 <http://teg.ce.tku.edu.tw/lee/>，本系運輸工程之 ftp 下載網站為 <ftp://163.13.138.122/>。更希望透過此學術網站的設立，擴充核心資料、廣納國內外鋪面重要相關網路連結，以整合並善用國內有限資源，積極擴展適用於本土需求的鋪面相關研究成果，以供我國政府單位、學術界及實業界未來編列研發預算之參考。

## 八、結論與建議

本研究主要目的在利用美國長程鋪面績效資料庫從事「鋪面績效預測模式的構建與應用」研究。本期（第三期）主要之研究工作在地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與

系統整合，以及建立柔性鋪面與剛性鋪面糙度預測模式、與探討最新的 AASHTO 鋪面厚度設計手冊之本土化的適用情形、並建立查詢網站與相關連結等工作。

地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與系統整合之主要重點在於提升國內鋪面管理系統之效率。研究中將各屬性表單結合抽樣調查觀念分別記錄，並以原始資料形式登錄，藉此改善資料蒐集、登錄與分析之效率。再者，將地理資訊系統之功能匯出至外部 VB 介面使用，將可避免於軟體內使用之複雜性，以及軟體運作所需之硬體資源。於外部整合各項功能，並運用 ArcView 動態分段功能，可解決傳統利用資料表整合時動態分段不穩定之問題。本研究亦嘗試將此離形系統與現有最佳化分析程序（需求分析、簡單排序、益本比、與增量益本比法等）整合，以協助鋪面管理者彙整資料，並進行最佳化維修策略分析。在圖資展現方面，如何在外部 VB 介面控制屬性表單的選擇與展示，仍須投注相當之時間與心力於程式碼之撰寫上，因此，本研究目前暫時以開啟 ArcView 檔案來展現該功能。而此功能亦是屬性資料圖形化展示與查詢最重要的關鍵之一。為能更加方便的控制展示圖形，建議未來可持續將外部介面所需要之 ArcView 功能完整應用，並整合 ESRI 相關之物件庫以及 ArcEngine 之功能。在鋪面綜合性指標之應用方面，本研究建議可先以國外類似環境的預估模式配合國內現有資料加以使用，並逐步發展出本土化的預估模式。未來系統持續發展後可藉由多度年資料回饋與修正，使本研究所採用之預測模式能更符合國內現況。

在鋪面糙度預測模式構建方面，本研究應用 ACCESS 程式的關聯性資料庫聯結功能與 S-PLUS 指令，將 DataPave 資料庫中所蒐錄的 LTPP 計畫資料庫中的繁雜資料以自動化分析程序以及系統化之資料結構將所欲分析之資料分門別類的擷取，再將之與過去 IRI 預測模式進行驗證，並建立新的預測模式。研究結果顯示，應用 LTPP 計畫所蒐集之資料與過去 IRI 預測模式結果並不吻合，可能是由過去構建預測模式時所得到的參數較少，且受限於某些特定路段。然而此一自動化分析步驟確實可應用在資料整合與分析的研究上，未來將此研究方法應用在分析 LTPP 資料庫上，應可得到更有意義之研究成果。本研究經由再利用 LTPP 資料庫構建新的預測模式後，發現若干參數違反物理現象，如果將其全部刪除，預測模式將僅存 1 至 2 個參數。由於 2002 年暫行手冊對於剛性鋪面平坦度第一條就建議『請蓋平坦一點』，因此施工方法與品質應納入預測模式中，以建立一更符合物理現象之預測模式。再者，LTPP 計畫的目的在於評估現有的鋪面設計方式，進而針對現有鋪面發展新的設計法與策略。目前世界上逐漸有更多之國家參與這跨區域的計畫，以達到全球鋪面資料之整合。而現階段國內缺乏整合性資料庫系統建立的同時，LTPP 所提供豐富的鋪面資料對於我國相關研究與鋪面維修策略有相當大的幫助。國內目前可先行採用 LTPP 之資料庫，建立相關之預測模式予以應用，如此相信可改善國內現今鋪面管理不足之處。未來國內應可配合 LTPP 計畫的蒐集模式，將國內的鋪面資料加以彙整，進而構建台灣本土之鋪面資料庫，並且提高資料之可信度。如此，對於我國在鋪面的相關技術將有更進一步的發展。

本研究曾以 AASHTO 舊有的鋪面試驗資料代入新的績效預測模式來驗證，並以新的鋪面試驗資料驗證舊有 AASHTO 績效預測模式。並曾於相關研究論文中初步探討 AASHTO 鋪面厚度設計暫行手冊正式中所發展的績效預測模式，經由 LTPP 資料庫中擷取鋪面相關資料，代入 AASHTO 新的績效預測模式來驗證其適用性與敏感度分析。藉由交互驗證的結果探討績效預測的成效，除近期已發表於國內各學術研討會之研究成果外，亦曾通過國外學術論文審查，發表各相關研究成果，未來亦將陸續發表有關 AASHTO 鋪面厚度設計暫行手冊之適用性等相關學術論文。鑒於此研究課題牽涉內容甚廣，計畫主持人與共同主持人因此在新的年度中再提出「美國最新公路鋪面暫行手冊之評估與應用」的專題研究計畫，並已獲貴會核定執行中，以更深入探討其影響層面與協助研擬我國在鋪面設計方面未來之因應對策。

## 九、參考文獻

- 李英豪、葛湘璋 (2006)。「鋪面績效預測模式之構建與應用(二)」(Development and Applications of Pavement Performance Prediction Models, Phase II), 精簡報告, 國科會計畫編號 NSC94-2211-E-032-014, 淡江大學, 民國九十五年九月三十日。
- 李英豪、葛湘璋 (2005)。「鋪面績效預測模式之構建與應用(一)」(Development and Applications of Pavement Performance Prediction Models, Phase I), 精簡報告, 國科會計畫編號 NSC93-2211-E-032-016, 淡江大學, 民國九十四年七月三十一日。
- 李英豪、葛湘璋 (2008)。「美國最新公路鋪面暫行手冊之評估與應用(一)」(Reevaluation and Application of the AASHTO Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Phase I), 國科會計畫編號, 淡江大學。(核定執行中) 吳佩樺(2006),「柔性鋪面績效預測模式之建立」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 民國九十五年六月。
- 林佳慧(2007),「應用 LTPP 資料庫於剛性鋪面績效預測模式之建立」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 民國九十六年一月。
- 林明輝(2007),「商用地理資訊系統在鋪面管理上之應用」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 淡水, 台北, 中華民國九十六年一月。
- 莊凱驛(2007),「鋪面糙度預測模式之建立—以 LTPP 資料庫為例」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 民國九十六年六月。
- 彭志鴻(2007),「地理資訊系統應用於鋪面管理系統之本土化應用與系統整合」, 碩士論文(初稿), 淡江大學土木工程學系, 民國九十六年十月。
- 盧中強(2000),「鋪面路網資料庫與地理資訊化系統架構之研究」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 淡水。
- 洪政乾(2000),「鋪面路網維修管理策略最佳化之研究」, 碩士論文, 淡江大學土木工程學系, 淡水。
- AASHTO (1985). *AASHTO Guidelines on Pavement Management*, Washington, D.C.
- Al-Omari, B. and Darter, M.I. (1993). *Effect of Pavement Deterioration Types on IRI and Rehabilitation*, Transportation Engineering Series No. 83, Civil Engineering Studies, University of Illinois, Urbana.
- ARA, Inc. ERES Consultants Division (2004). "Guide for Mechanistic- Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structure," NCHRP 1-37A Rep., Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C.
- Cadkin, J., and Brennan, P. (2002). "Dynamic Segmentation in ArcGIS," *ESRI Newsletter*, On-line PDF document: <http://www.esri.com/news/arcuser/0702/files/dynseg.pdf>.
- Geoffroy, D.N. (1991). "Pavement Management Systems Management Needs," *FHWA's Pavement Management Symposium on Effective Communication and Institutional Issues*.
- Ker, H.W., Lee, Y.H., and Wu, P.H. (2007a). "Development of Fatigue Cracking Performance Prediction Models for Flexible Pavements Using LTPP Database." Presented at the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 21-25. NSC93-2211-E-032-016 and NSC94-2211-E-032-014 (EI, SCI)
- Ker, H.W., Lee, Y.H., and Wu, P.H. (2007b). "Development of Fatigue Cracking Performance Prediction Models for Flexible Pavements Using LTPP Database." Submitted to the Journal of Transportation Engineering, ASCE. (EI, SCI) NSC93-2211-E-032-016 and NSC94-2211-E-032-014 (Review Completed, In Preparation of Revised Manuscripts)
- Ker, H. W., Y. H. Lee, and P. H. Wu (2007c). "Development of Performance Prediction Models for Flexible Pavements Using LTPP Database." Submitted for Possible Presentation and Publication at the International Symposium on Asphalt Pavements and Environment, Zurich, Switzerland, August 18-20, 2008. NSC93-2211-E-032-016 and NSC94-2211-E-032-014 (In

Review)

- Ker, H. W., Y. H. Lee, and C. H. Lin (2007d). "Development of Faulting Prediction Models for Rigid Pavements Using LTPP Database." Submitted for Possible Presentation and Publication at the First International Conference on Transport Infrastructure (ICTI 2008), Beijing, China, April 24-26, 2008. NSC94-2211-E-032-014 and , NSC95-2211-E-032-061 (In Review)
- Lee, Y.H. (1993). *Development of Pavement Prediction Models*, Ph.D. Dissertation, University of Illinois, Urbana.
- Lee, Y.H., Mohseni, A. and Darter, M.I. (1993). "Simplified Pavement Performance Models," *Transportation Research Record 1397*.
- Lee, Y.H., Ker, H.W., and Lin, C.H. (2007a). "Development of Transverse Cracking Prediction Models for Jointed Concrete Pavements Using LTPP Database." Accepted for Presentation at the the 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 13-17, 2008. And also for Possible Publication in the Journal of the Transportation Research Board. (EI, SCI) NSC94-2211-E-032-014 and NSC95-2211-E-032-061
- Lee, Y. H., H. W. Ker, and K. I. Chueng (2007b). "Development of Roughness Prediction Models for Rigid Pavements Using LTPP Database." Submitted for Possible Presentation and Publication at the Sixth International Conference on Road & Airfield Pavement Technology (ICPT), Sapporo, Japan, July 20-23, 2008. NSC94-2211-E-032-014 and , NSC95-2211-E-032-061 (Abstract Submitted)
- Liu, C., and Human, R. (1997). "Roadway-vehicle Interaction, Physical Index, and Human Judgment of Ride Quality," *Transportation Research Record 1570*.
- Perera, R.W., Kohn, S.D. (2001). "*LTPP Data Analysis: Factors Affecting Pavement Smoothness*", NCHRP P20-50, National Research Council.
- Pinheiro, J.C., and Bates, D.M. (2000), *Mixed-effects models in S and S-Plus*, New York: Springer-Verlag.
- Sayers, M.W., Gillespie, T.D., and Paterson, W.D.O. (1986). "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements," *World Bank Technical Paper No. 46*, Washington. D.C.
- Shahin, M.Y. (1994). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*, Chapman & Hall.
- Simpson, A.L., Rauhut, J.B., Jordhal, P.R., Owusu-Antwi, E., Darter, .M.I, Ahmad, R., Pendleton, O.J., Lee, Y.H. (1994). "Sensitivity Analyses for Selected Pavement Distresses", SHRP-P-393, Contract No. P-020, National Research Council.

## 出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC95-2211-E032-061
計畫名稱	鋪面績效預測模式之構建與應用(III)
出國人員姓名	李英豪
服務機關及職稱	淡江大學土木工程學系專任教授
會議時間地點	96年1月18日起至96年1月28日止 美國華盛頓 DC
會議名稱	(中文) 第八十六屆美國運輸研究委員會年會 (英文) TRB 86 <sup>th</sup> Annual Meeting (2007)
發表論文題目	(中文) 利用美國長程鋪面績效資料庫構建柔性鋪面疲勞裂縫績效預測模式 (英文) Development of Fatigue Cracking Performance Prediction Models for Flexible Pavements Using LTPP Database

一、參加會議經過  
(請參閱附件)

二、與會心得  
(請參閱附件)

# 出席國際會議報告

## 第八十六屆美國運輸研究委員會年會

李英豪

淡江大學土木工程學系

### 一、前言

美國運輸研究委員會(Transportation Research Board)為隸屬於美國國家研究院(National Research Council)的一個單位，其每年舉辦之年會為國際間公認在與任何運輸研究相關領域之最權威也是最大之盛會。舉凡各公路、鐵路、捷運、航空、與水路運輸系統之規劃、設計、建造、維修、營運、行政、安全、與各相關法規均是每年年會既定研究探討之主要課題。

該委員會每年定期出版的美國運輸研究委員會期刊(Journal of the Transportation Research Board)或運輸研究記錄(Transportation Research Record)均為世界各國與運輸相關之從業人員、學術界、與研究單位所珍藏，且被收錄於世界公認學術價值極高之科學索引(SCI)與工程索引(EI)中，由此更可彰顯其無可取代之學術地位與重要性。

### 二、參加會議經過

美國運輸研究委員會第八十六屆(本屆)年會，依舊承襲以往的傳統在美國首府華盛頓 D.C. 的 Marriott Wardman Park Hotel、Washington Hilton Hotel 和 Omni Shoreham Hotel 等三大飯店舉行，會期由二〇〇七年一月二十一日至二十五日，共五天。

據大會報告，此次年會前(十九日、二十日)與年會期間共舉辦了近六百場次的特殊專題研討會(Specialty Workshops)與論文發表會，其間並發表超過三千篇的學術演講，與會各國與運輸相關之從業人

員與專家學者每年屢創記錄。本次會議接受論文發表之通過率約為 50~60%，而收錄在期刊中之通過率僅有 25% 左右。

筆者的第一篇論文「利用當代迴歸技術與類神經網路在鋪面預測模式之應用」(Application of Modern Regression Techniques and Artificial Neural Networks to Pavement Prediction Modeling) 被安排在二十二日下午的「混凝土鋪面行為」子題，以 Poster Session 的方式來發表，因此有充裕的時間與世界各國知名的鋪面專家學者分享由我國行政院國家科學委員會專題計畫補助的研究成果。筆者的第二篇論文「利用美國長程鋪面績效資料庫構建柔性鋪面疲勞裂縫績效預測模式」(Development of Fatigue Cracking Performance Prediction Models for Flexible Pavements Using LTPP Database) 則被安排在二十三日上午的「鋪面管理系統所面臨之當代議題與挑戰」子題，以口頭簡報的方式來發表。筆者此次能獲得我國行政院國家科學委員會的旅費補助，得以順利與會，亦深感榮幸。

此外，此次年會期間亦同時舉行近二百場次的委員會議，討論各次級委員會每年運作、論文審查、舉辦與贊助之論文發表會概況、當前與未來運輸研究課題之檢討與規劃等問題。

### 三、會議主題

本次會議依美國運輸研究委員會的既有組織架構共分為五大組，其涵蓋之議題包括：運輸系統規劃與行政、運輸設施設計與建造、運輸設施營運及安全與維修、相關法規、與其它跨組之共同議題

等。根據大會報告資料顯示本屆年會之主題包括：航空、瀝青材料、混凝土材料、建造、資料與資訊系統、設計、環境與能源、貨運系統、地質與土壤材料、國際活動、法規資源、養護、管理與領導力、航運、營運、鋪面管理、行人與機動車輛、公共運輸與渡輪、軌道、研究與教育、道路鋪面維護、安全、保安、社會經濟與文化議題、土壤力學、結構、系統規劃政策與程序、稅收與財務、運輸機構財務與人力：符合二十一世紀之需求、運輸政策、旅次分析方法、貨車運輸、與使用者等相關主題。

此外，會議進行期間大會並安排有大型的展覽會，舉凡與運輸工程、交通號制與安全防護設施、營建工程相關之輕、中、重型機械、材料、試驗儀器設備、新完成之研究報告、未來相關之會議通告、甚至最新開發之相關電腦軟體程式等均在展示之列。其中主要的展覽者包括美國州公路暨運輸官員協會(AASHTO)、美國聯邦高速公路局(Federal Highway Administration)、聯邦捷運局(Federal Transit Administration)、聯邦鐵路局(Federal Railroad Administration)、美國研究與特殊計畫局(Research and Special Programs Administration)、美國海事局(Maritime Administration)、美國運輸統計資料局(Bureau of Transportation Statistics)、美國陸軍工兵署(U.S. Army Corps of Engineers)、美國國家瀝青鋪面協會(National Asphalt Pavement Association)、與美國運輸研究資訊服務(Transportation Research Information Services)、與其他相關單位。此展覽會將促進世界各國鋪面研究人員、學者、與專門從業人員間對鋪面技術移轉與交流有極大之助益。

#### 四、與會心得與建議

由於美國運輸研究委員會每年舉辦之年會為國際間公認共同研討當代相關運輸研究，及發表美國運輸研究委員會期刊或

運輸研究記錄之最佳場所，筆者自一九九零年起至今，曾多次與會。其間除自費外，並曾獲得美國伊利諾大學、伊利諾州運輸部、我國教育部、行政院國家科學委員會、及淡江大學學術交流委員會之部份或全額補助，並陸續於會中發表論文。由政府目前正積極進行之國家建設六年計畫及對未來三十年台灣區國道公路網之規劃內容中可知，交通運輸工程建設是我國國家建設最首要的工作項目之一。事實上，不僅國內如此，世界各國隨著經濟的蓬勃發展，仰賴便捷的交通需求亦與日俱增，對交通運輸工程建設均有著同樣的迫切需求。

健全的交通運輸建設與一個國家之經濟發展有著密不可分的關係，與會各國政府主管交通運輸建設之代表與鋪面研究相關之專家學者題亦指出此國家基本建設的重要性。有幸參與此次會議，更加深了個人對此之信念。值此國家交通運輸建設蓬勃發展時期，個人深信國內運輸工程之相關研究，確有其無可取代的重要性與兼具之時代任務。

一如往年與會之情景，連續地參加如馬拉松式由早到晚與自己研究領域最相關的論文發表會與委員會議參加，如鋪面管理、設計、與績效等年會議程，雖已感身心俱疲，卻亦無可避免仍有甚多遺珠之憾。有機會與世界各國之專家學者交流研討，所有的疲憊亦已被心中興奮之情、與新的感想與體會所淹沒。據此得知世界各國運輸工程最新發展與技術乃是參加此次年會的最大收穫。

#### 五、攜回資料名稱

年會資料一份、年會論文光碟一片、重要展覽者提供之出版品目錄、研究計畫成果摘要報告、與其他國際論文發表會資料若干。