

淡江大學土木工程學系碩士論文簡報

## 應用LTPP資料庫於剛性鋪面 績效預測模式之建立

Development of Performance Prediction Models  
for Rigid Pavements Using LTPP Database

指導教授：李英豪 博士

研究生：林佳慧

中華民國96年1月13日



## 簡報大綱

- 緒論
- 文獻回顧
- 績效預測模式分析
  - 接縫高差、橫向裂縫、接縫碎裂
  - 評估現有預測模式之適用性
  - 現有模式與AASHTO 2002預測模式之比較
  - 構建新預測模式
- 結論與建議

2

## 研究背景

- 剛性鋪面具有承载力佳、服務年限較長及大型維修少之優點。
- 準確的績效預測模式，能使鋪面管理者在鋪面破壞前進行維修養護工作，以維持鋪面最佳服務狀況，延續鋪面使用年限，使有限的資源得到最佳的經濟效益。

3

## 研究目的

- 國內缺少較為完整的鋪面績效資料庫與績效預測模式，對於鋪面的管理工作僅限於「現況分析」，並無法做「未來狀況的預測」。
- 國外現有的資料庫(LTPP)與績效預測模式，進行評估並改善現有模式。
- 接縫高差、橫向裂縫、接縫碎裂。

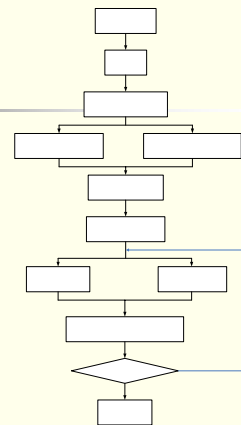
4

## 研究內容與方法

- 相關文獻蒐集。
- DataPave資料庫與Microsoft Access程式進行資料擷取部分。
- S-Plus統計軟體，建立自動化資料處理流程與分析程序，協助模式之評估。
- 評估並比較現有預測模式與2002鋪面設計暫行手冊預測模式之適用性。
- 針對鋪面可能影響因素，構建新預測模式，並進行敏感度分析，以確保研究成果的正確性與適用性。

5

## 研究流程



6

## 長程鋪面績效研究LTPP

- 1987年開始，主要蒐集北美洲現場鋪面二十年績效資料。
- 一般鋪面研究(GPS)、特殊鋪面研究(SPS)、季節性監測計畫(SMP)。
- 本研究主要資料範圍：  
GPS-3：接縫式混凝土  
GPS-4：接縫式鋼筋混凝土
- DataPave Online線上資料庫 (<http://www.datapave.com>)

7

## 績效預測模式

- 美國AASHO道路試驗為最早構建純經驗的鋪面績效公式
- NCHRP 1-19(COPES)
- SHRP P-020
- FHWA RPPR
- 接縫高差(含縱縫筋與不含縱縫筋)，橫向裂縫(JPCP和JRCPC)，接縫碎裂(JPCP和JRCPC)。

8

## AASHTO 2002設計法之新概念

- 力學經驗法為主要設計理念(新建和維修)
- 軸重分佈頻譜(axle load spectra)取代傳統ESAL計算方式，作為鋪面設計與分析之評估條件。
- 等級式的設計方式，可依據所設計公路的種類或可靠度要求水準不同，選擇不同的設計等級。
- 設計流程比一般流程更為繁雜

9

## 績效預測模式分析流程

- [選取預測模式](#)
- [模式所需資料擷取](#)
- [資料初步分析](#)
- [模式預測結果與參數分析](#)
- [現有模式與DG2002程式結果比較](#)
- [構建績效預測模式](#)
- [預測模式之敏感度分析](#)

10

## 高差績效預測模式



## 選取預測模式(1/2)

- SHRP P-020

含縱縫筋

$$FAULTD = CESAL^{0.25} * [0.0238 + 0.0006 * \left(\frac{JTSPACE}{10}\right)^2 + 0.0037 * \left(\frac{100}{KSTATIC}\right)^2 + 0.0039 * \left(\frac{AGE}{10}\right)^2 - 0.0037 * EDGESUP - 0.0218 * DOWELDIA]$$

不含縱縫筋

$$FAULTND = CESAL^{0.25} * [-0.07575 + 0.0251 * \sqrt{AGE} + 0.0013 * \left(\frac{PRECIP}{10}\right)^2 + 0.0012 * \left(FI * \frac{PRECIP}{1000}\right) - 0.0378 * DRAIN]$$

12

## 選取預測模式(2/2)

### ■ AASHTO 1998 (FHWA RPPR)

含縱縫筋

$$FAULTD = CESAL^{0.25} * [0.0628 - 0.0628 * C_d + 0.3673 * 10^{-8} * BSTRESS^2 + 0.4116 * 10^{-9} * JTSPACE^2 + 0.7466 * 10^{-9} * FI^2 * PRECIP^{0.5} - 0.009503 * BASE - 0.01917 * WIDENLANE + 0.0009217 * AGE]$$

不含縱縫筋

$$FAULTND = CESAL^{0.25} * [0.2347 - 0.1516 * C_d - 0.00025 * h_{PCC}^2 / JTSPACE^{0.25} - 0.0115 * BASE + 0.7784 * 10^{-7} * FI^{1.5} * PRECIP^{0.25} - 0.002478 * DAYS90^{0.5} - 0.0415 * WIDENLANE]$$



13

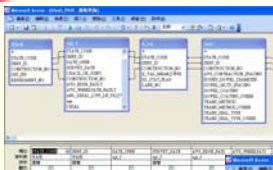
## 模式所需資料擷取(1/2)

■ DataPave Online中資料編碼(Data Code)對資料之定義與描述，或LTPP資料庫的使用手冊。

■ 使用Access程式進行資料篩選及分析，利用路段編號和各州編號，與鋪面基本資料、交通資料、相關氣象站的氣候環境資料、鋪面破壞之監測資料，進行關聯性資料庫連結。

14

## 模式所需資料擷取(2/2)



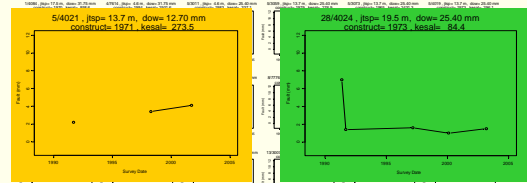
完成後所需資料

關聯性資料庫連結



15

## 資料初步分析



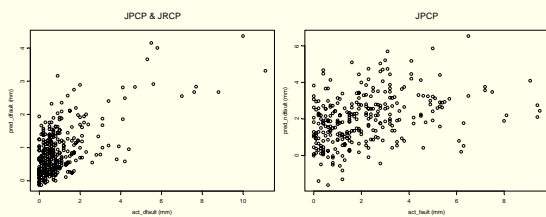
各路段歷年高差值



16

## 模式預測結果與參數分析(1/6)

### ■ SHRP P-020



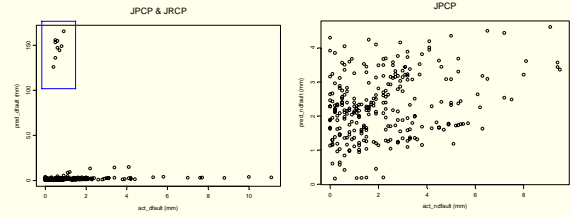
含縱縫筋

不含縱縫筋

17

## 模式預測結果與參數分析(2/6)

### ■ AASHTO 1998

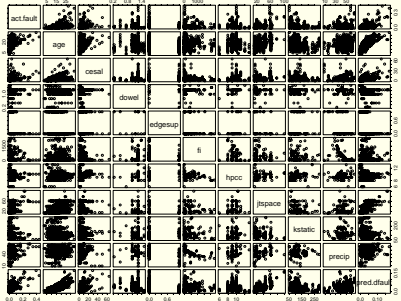


含縱縫筋

不含縱縫筋

18

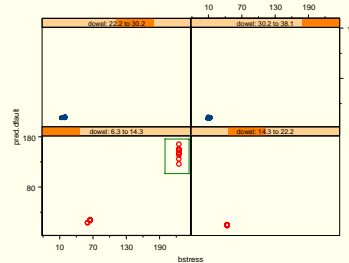
### 模式預測結果與參數分析(3/6)



19

### 模式預測結果與參數分析(4/6)

AASHTO 1998 預測結果初步探討



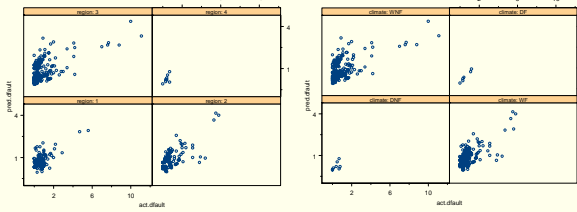
- 6.35mm
- 12.7mm

縱縫筋直徑較小，導致縱縫筋與混凝土間允許的支承應力過大。

20

### 模式預測結果與參數分析(5/6)

- 鋪面所在位置
- 氣候環境狀態



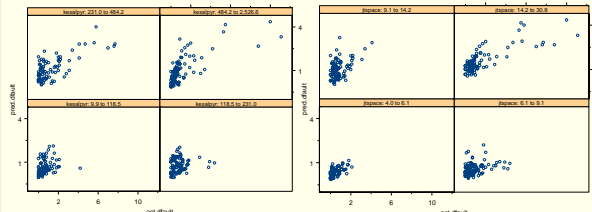
1為北大西洋區、2為北中區  
3為南區、4為西區

WF為潮濕冰凍區、WNF為潮濕不冰凍區、DF為乾燥冰凍區、DNF為乾燥不冰凍區

21

### 模式預測結果與參數分析(6/6)

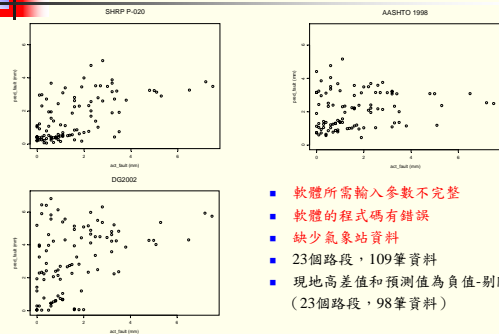
- 交通量
- 鋪面結構與材料特性



邊緣支撐、底層型式、排水型式和路基反力模數等

22

### 現有模式與DG2002程式結果比較(1/2)



- 軟體所需輸入參數不完整
- 軟體的程式碼有錯誤
- 缺少氣象站資料
- 23個路段，109筆資料
- 現地高差值和預測值為負值-剔除 (23個路段，98筆資料)

23

### 現有模式與DG2002程式結果比較(2/2)

預測模式	SHRP P-020	AASHTO 1998	DG2002
所需參數之數量	9	17	50
判定係數(R <sup>2</sup> )	0.3413	0.03297	0.1554

- P-020模式雖然使用的參數較少，但都是真正影響高差破壞的主因。
- DG2002由於所需參數多，導致資料處理及分析過程繁瑣複雜。



24

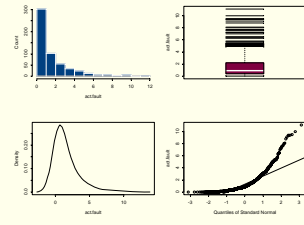
### 構建績效預測模式(1/5)

- 參數選擇
  - 參考過去文獻和現有預測模式的參數。
- 線性迴歸
  - 判定係數為0.3471，殘餘標準差1.489，資料筆數為548筆。
  - 某些參數的P值不在符合範圍內且有些與鋪面預期反應相反。
  - 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與預期相符更重要。

25

### 構建績效預測模式(2/5)

- Shapiro與Wilk(1965)
  - 單變量常態性檢定W
  - W統計量為0.7668
  - P值為0
  - 資料為非常態分配



26

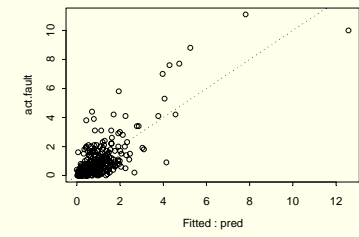
### 構建績效預測模式(3/5)

- 廣義線性模式(GLM)
  - 類別資料以計數(count)或比率(proportion)的資料。
  - 可用來處理一些非常態型式的反應變數，對於平均數與解釋變數之間的關係有更寬廣的討論空間。
- 廣義相加模式(GAM)
  - 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
  - 能自動診斷要對Y進行何種轉換，使誤差項之變異數穩定。

27

### 構建績效預測模式(4/5)

- 含級縫筋模式
 
$$FaultD = \exp[1.98 + 0.84 \cdot \sqrt{age} - 6.09 \cdot \frac{1}{\sqrt{kessalpyr}} - 1.9 \cdot \frac{1}{\sqrt{bstress}} + 0.05 \cdot \sqrt{precip} - 0.51 \cdot basetype - 0.33 \cdot stype - 22.35 \cdot \frac{1}{trange}]$$

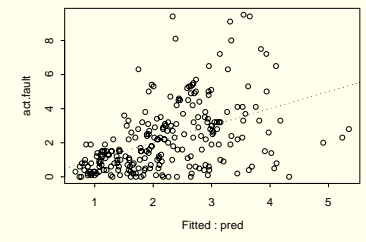


統計結果：R<sup>2</sup>=0.6039  
SEE=0.9122，n=305

28

### 構建績效預測模式(5/5)

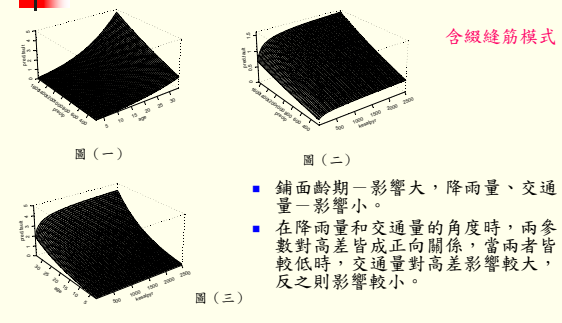
- 不含級縫筋模式
 
$$FaultND = \exp[1.77 - 3.13 \cdot \frac{1}{\sqrt{age}} + 0.01 \cdot \sqrt{kessalpyr} - 8.27 \cdot \frac{1}{\sqrt{jspace}} + 0.0004 \cdot precip + 5.53 \cdot \frac{1}{\sqrt{kstatic}} - 0.47 \cdot basetype + 0.01 \cdot fl]$$



統計結果：R<sup>2</sup>=0.2127  
SEE=1.781，n=241

29

### 預測模式之敏感度分析

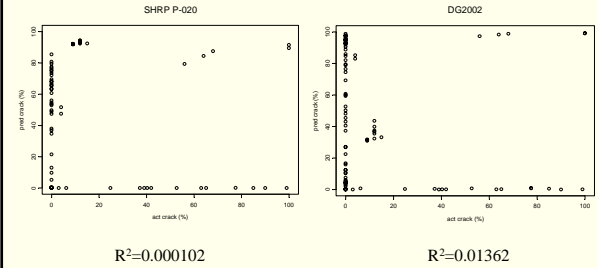


- 鋪面齡期一影響大，降雨量、交通量一影響小。
- 在降雨量和交通量的角度時，兩參數對高差皆成正向關係，當兩者皆較低時，交通量對高差影響較大，反之則影響較小。

30

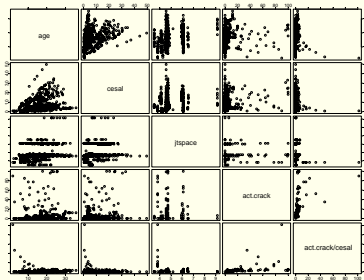
## 橫向裂縫績效預測模式

## 現有模式與DG2002程式結果比較



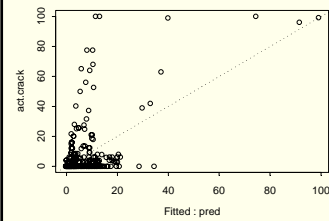
## 構建績效預測模式(1/3)

- 參數分析
- 累積交通量很大，但現地卻完全量測不到裂縫值。
- 接縫間距小於6公尺。
- 將裂縫大於20%的資料點排除。



## 構建績效預測模式(2/3)

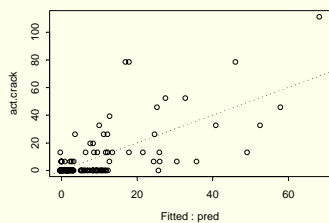
■ JPCP裂縫模式  $Crack_{JP} = \exp[-3.27 + 2.27 * \log(cesal) + 0.05 * \sqrt{precip} + 0.01 * jf - 18.15 * \frac{1}{trange} + 3.14 * \sqrt{ratio}]$



統計結果： $R^2=0.338$ ， $SEE=13.21$ ， $n=393$

## 構建績效預測模式(3/3)

■ JRCP裂縫模式  $Crack_{JR} = \exp[3.95 - 3.28 * \frac{1}{\sqrt{cesal}} + 0.25 * \sqrt{jf} + 0.3 * \frac{1}{\sqrt{psteel}} - 31.17 * \frac{1}{trange}]$



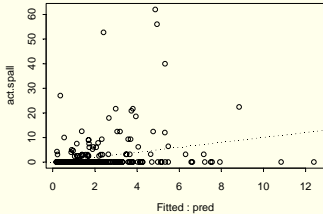
統計結果： $R^2=0.233$ ， $SEE=31.06$ ， $n=156$

## 接縫碎裂績效預測模式

### 構建績效預測模式(1/2)

#### JPCP接縫破裂模式

$$SpallJP = \exp[-1.96 + 0.63 * \sqrt{age} + 0.08 * \sqrt{fi} - 3.1 * prefseal - 4.44 * \frac{1}{\sqrt{trange}}]$$



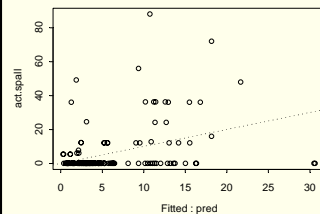
統計結果：R<sup>2</sup>=0.067  
SEE=6.439，n=350

37

### 構建績效預測模式(2/2)

#### JRCR接縫破裂模式

$$SpallJR = \exp[-4.38 - 7.74 * \frac{1}{\sqrt{age}} - 6.92 * \frac{1}{\sqrt{fspace}} + 0.14 * \sqrt{precip} + 0.49 * \sqrt{fi} + 1.95 * basetype - 1.37 * prefseal]$$



統計結果：R<sup>2</sup>=0.149，  
SEE=12.96，n=156

38

### 結論(1/3)

- 現有模式的預測結果與現地調查值有明顯之差異
- AASHTO 2002鋪面設計暫行手冊
  - 接縫高差、橫向裂縫、**接縫破裂**
  - 接縫高差、橫向裂縫(JPCP、**JRCR**)
  - 手冊模式預測顯示良好，但本研究**結果不佳**
- DG2002設計軟體
  - 輸入參數眾多
  - 參數資料不在輸入範圍內，使軟體無法分析
  - 某些參數採用程式的設定值
  - 一個試驗路段分析平均要花費10分鐘

39

### 結論(2/3)

- 以廣義線性模式配合泊松分配進行模式之構建，再搭配廣義相加模式和Box-Cox轉換法協助模式構建。
- 高差含縱縫筋模式中，加入力學參數，雖然此參數不是非常有效，但都符合統計分析要求。
- 在資料庫中，同一個路段就有2、3筆調查日期相近的資料，但所記錄的現地裂縫值卻有很大差異。未考慮裂縫經過修補的情形，導致實際的現地裂縫值並不是很準確。

40

### 結論(3/3)

- 構建接縫破裂模式時，發現現地**接縫破裂值**大都為0，使得影響參數無法反映現地的鋪面狀況，造成JPCP與JRCR模式構建之困難。
- 詳細紀錄資料擷取處理與模式構建流程，並透過參數分析找出影響破壞之變數，構建新的績效預測模式，再進一步對變數進行敏感度分析，以供後續研究參考及模式發展之依據。

41

### 建議(1/2)

- 利用Access關聯圖時，要避免排除缺值的資料。
- 橫向裂縫模式可加入裂縫經過修補的情形。
- 國內應該制訂一套標準鋪面調查手冊，據以調查與衡量鋪面損壞資料，並且加強人員的專業訓練，使評斷的標準一致。


42



## 建議(2/2)

- 可考慮依氣候分區再進行預測模式之建立，但要瞭解其資料分佈，以客觀的角度來構建模式，未來亦可配合資料庫驗證模式之適用性。
- 本研究是使用國外資料庫來建立預測模式，後續研究可利用我國資料庫，建立專屬於台灣地區的鋪面績效預測模式。

43



---

## 報告完畢

## 敬請指教

44