

中華民國第十四屆鋪面工程學術研討會  
暨2007世界華人鋪面專家聯合學術研討會

## 接縫式混凝土鋪面高差預測模式之建立 — 以LTPP資料庫為例

Development of Faulting Prediction Models for Jointed  
Concrete Pavements Using LTPP Database

指導教授：李英豪 博士  
研究生：林佳慧  
簡報者：莊凱驛

中華民國96年9月14日



## 簡報大綱

- 緒論
- 文獻回顧
- 績效預測模式分析
  - 接縫高差
  - 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
  - 構建新的預測模式
- 結論與建議

2

## 研究背景與目的

- 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。
- 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。

3

## 研究內容與方法

- 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，構建新的績效預測模式，並進行敏感度分析，以確保研究成果的正確性與適用性。

4

## 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.ltp-pproducts.com>)

5

## 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（含綴縫筋與不含綴縫筋）

6

## 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

7

## 接縫高差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

8

## 選取預測模式(1/2)

### SHRP P-020

含綴縫筋

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

不含綴縫筋

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

9

## 選取預測模式(2/2)

### AASHTO 1998 (FHWA RPPR)

含綴縫筋

$$FAULTD = CESAL^{0.25} * [0.0628 - 0.0628 * C_d + 0.3673 * 10^{-8} * BSTRESS^2 + 0.4116 * 10^{-5} * JTSPACE^2 + 0.7466 * 10^{-9} * FI^2 * PRECIP^{0.5} - 0.009503 * BASE - 0.01917 * WIDENLANE + 0.0009217 * AGE]$$

不含綴縫筋

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



10

## 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。

11

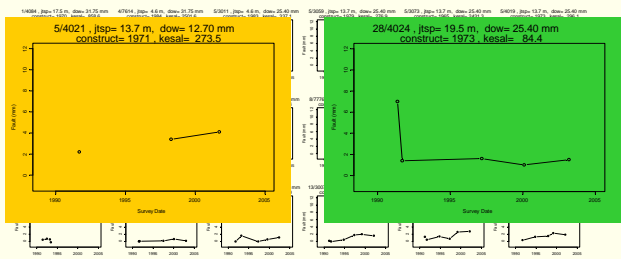
## 模式所需資料擷取(2/2)

完成後所需資料

關聯性資料庫連結

12

## 資料初步分析

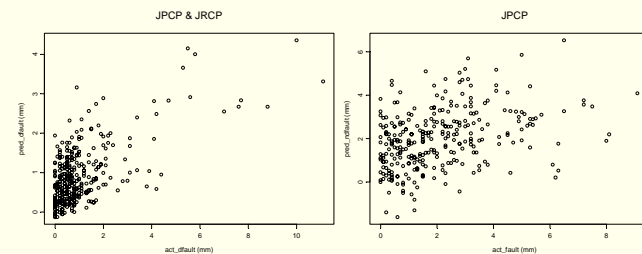


各路段歷年高差值

13

## 模式預測結果與參數分析(1/6)

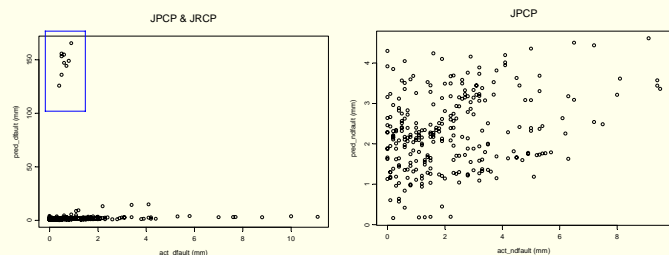
### SHRP P-020



14

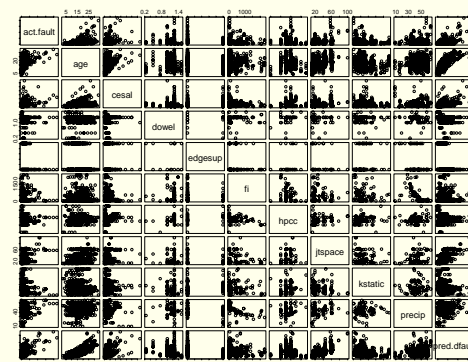
## 模式預測結果與參數分析(2/6)

### AASHTO 1998



15

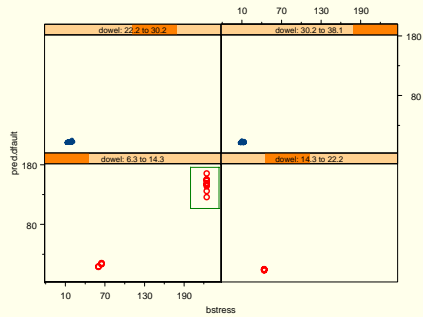
## 模式預測結果與參數分析(3/6)



16

## 模式預測結果與參數分析(4/6)

AASHTO 1998 預測結果初步探討



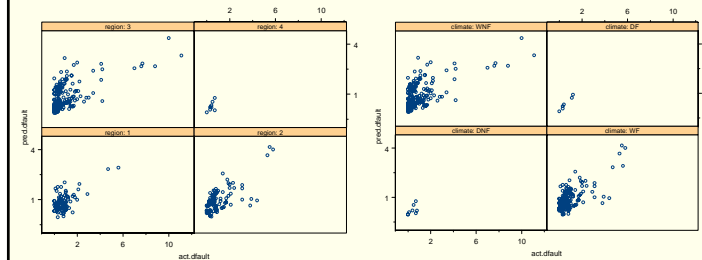
- 6.35mm
- 12.7mm

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。

17

## 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



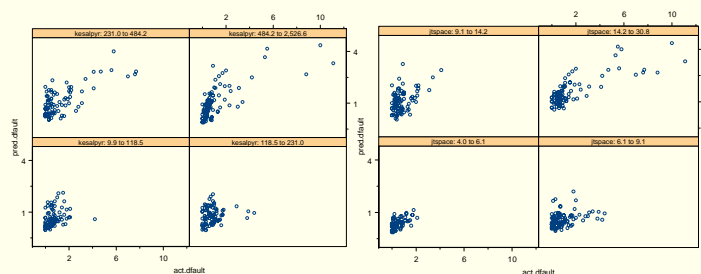
1為北大西洋區、2為北中區  
3為南區、4為西區

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

18

## 模式預測結果與參數分析(6/6)

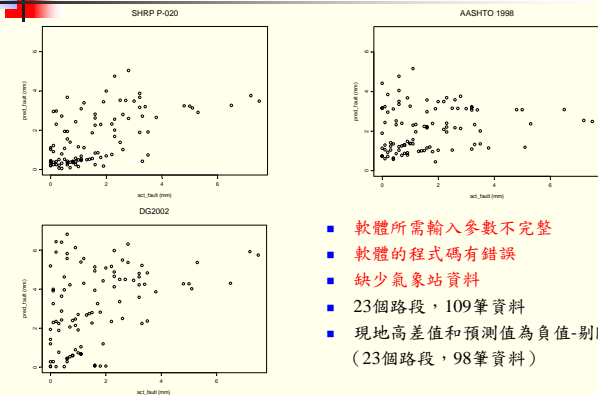
- 交通量
- 鋪面結構與材料特性



邊緣支撐、底層型式、排水型式和路基反力模數等

19

## 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)

20

## 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。



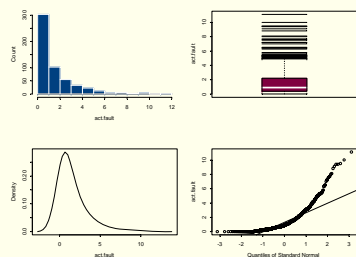
21

## 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。

22

## 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

23

## 構建績效預測模式(3/5)

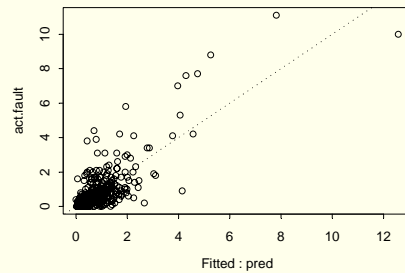
- 廣義線性模式(GLM)
  - 類別資料以計數(count)或比率(proportion)的資料。
  - 可用來處理一些非常態型式的反應變數，對於平均數與解釋變數之間的關係有更寬廣的討論空間。
- 廣義相加模式(GAM)
  - 可對資料做平滑化，反映一般趨勢而不需假設關連的函數型式，且能找到產生最佳預測的某種解釋變數之複雜函數。
- Box-Cox轉換法
  - 能自動診斷要對Y進行何種轉換，使誤差項之變異數穩定。

24

## 構建績效預測模式(4/5)

### ■ 含綴縫筋模式

$$FaultD = \exp[1.98 + 0.84 * \sqrt{age} - 6.09 * \frac{1}{\sqrt{kessalpyr}} - 1.9 * \frac{1}{\sqrt{bstress}} + 0.05 * \sqrt{precip} - 0.51 * basetype - 0.33 * strype - 22.35 * \frac{1}{trange}]$$



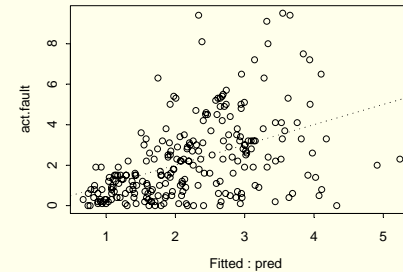
統計結果：R<sup>2</sup>=0.6039  
，SEE=0.9122，n=305

25

## 構建績效預測模式(5/5)

### ■ 不含綴縫筋模式

$$FaultND = \exp[1.77 - 3.13 * \frac{1}{\sqrt{age}} + 0.01 * \sqrt{kessalpyr} - 8.27 * \frac{1}{jtspace} + 0.0004 * precip + 5.53 * \frac{1}{\sqrt{kstatic}} - 0.47 * basetype + 0.01 * fr]$$



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



26

## 預測模式之敏感度分析

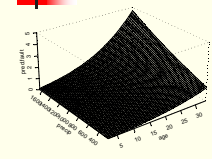


圖 (一)

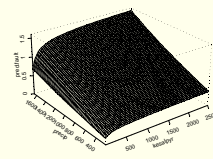


圖 (二)

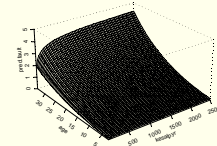


圖 (三)

含綴縫筋模式

- 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。

27

## 結論與建議(1/2)

- 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(JPCP、JRCP)
  - 手冊模式預測顯示良好，但本研究結果不佳
- 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。
- 高差含綴縫筋模式中，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。

28




## 結論與建議(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。
- 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。

29



---

報告完畢

敬請指教

30