

柔性鋪面 車轍績效預測模式建立之研究

Development of Rutting Performance Prediction Models for Flexible Pavements

指導教授：李英豪 博士

研究生：吳佩樺

中華民國九十五年七月三十一日



簡報大綱

- ◆ 一、前言
- ◆ 二、資料擷取與處理
- ◆ 三、現有預測模式分析
- ◆ 四、車轍預測模式之建立
- ◆ 五、結論與建議

2

一、前言

研究背景與目的

- ◆ 鋪面於建立初期大多具有高度服務品質，但隨著使用時間的長短與累積交通量的增加而逐漸降低。
- ◆ 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、維修養護及評估等提供強而有力的協助，因此準確之鋪面績效預測模式有助於養護資源分配最佳化。
- ◆ 由於國內缺乏較完整的鋪面績效資料庫與績效預測模式。本研究以美國長程鋪面績效(LTPP)資料庫為主，並探討鋪面結構因子對模式的影響性。
- ◆ 針對柔性鋪面車轍破壞，選取數個現有績效預測模式驗證其適用性，經由一系列反覆的驗證與分析，以改善現有預測模式。

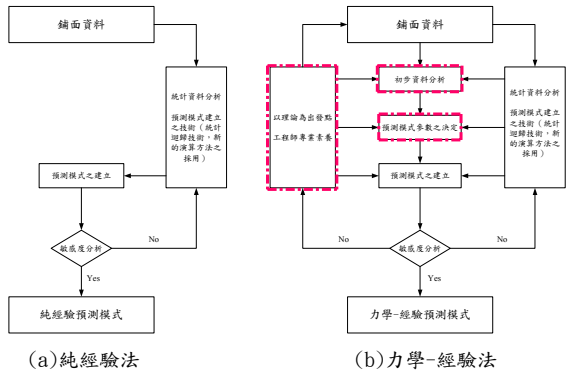
3

研究內容與方法

- ◆ 由DataPave資料庫與Microsoft Access程式進行資料擷取部分
- ◆ S-Plus統計軟體，進行資料初步分析。
- ◆ 將現有預測模式與AASHTO 2002模式預測結果進行驗證比較
- ◆ 透過統計與工程分析方法，找出相關參數
- ◆ 改善柔性鋪面績效預測模式
- ◆ 進行敏感度分析

4

模式構建方法



5

AASHTO 2002 新設計理念

- ◆ 2002年推出鋪面結構設計暫行手冊，以力學-經驗法為主要設計理念
- ◆ 依據鋪面生命週期之軸重分佈頻譜(axle load spectra)取代傳統ESAL計算方式
- ◆ 對鋪面維修方法有更詳細的考量，但其設計流程比一般流程更為繁雜，因此以DG2002鋪面軟體得到模式預測結果。

6

二、資料擷取與處理

LTPP計畫

- ◆ 於1985年開始規劃，主要蒐集北美洲現場鋪面二十年績效資料。
- ◆ 自1997年以來即以DataPave軟體光碟免費提供世界各國鋪面研究人員使用。
 - DataPave 3.0版
 - DataPave Online 線上資料庫(程式使用界面)
- ◆ 試驗計畫範圍
 - 一般鋪面研究(GPS)
 - GPS-1：底層為顆粒土壤之瀝青混凝土
 - GPS-2：經底層處理之瀝青混凝土
 - 特殊鋪面研究(SPS)
 - 季節性監測計畫(SMP)

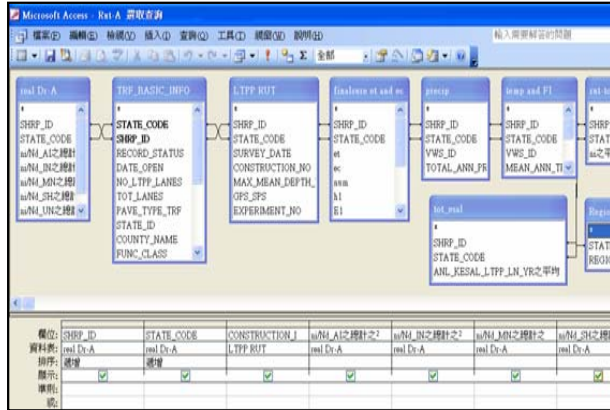
7

所需參數資料

- ◆ 本研究相關資料：
 - 一般基本
 - 鋪面材料
 - 交通調查
 - BISAR程式
 - 路土壤頂部之垂直壓應變
 - 氣候環境
 - 現地破壞
 - 養護維修
- ◆ 現有預測模式：10~15項
- ◆ DG2002程式：45~50項

8

Microsoft Access



三、現有預測模式分析

現有績效預測模式

- ◆ 純經驗法 (SHRP P-020)

$$RutDepth = N^B 10^C \quad B = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

$$C = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

- ◆ 力學-經驗法

$$重複載重次數 \quad N_d = k_4 (\epsilon_c)^{-k_5}$$

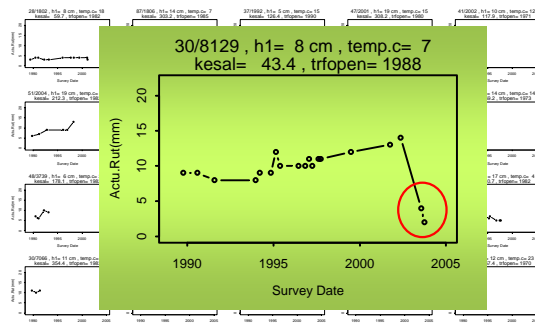
$$累積車轍損壞 \quad D_d = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_{di}}$$

AASHTO2002預測模式

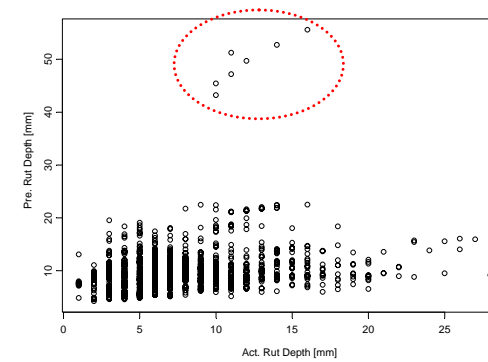
$$\frac{\epsilon_p}{\epsilon_r} = \beta_{r1} 10^{-3.15552 T^{1.734} \beta_{r2} N^{0.39937} \beta_{r3}}$$

分析流程—1.資料初步分析

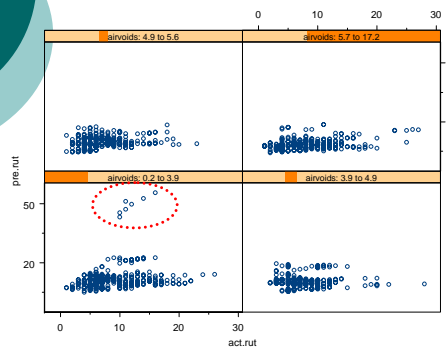
- ◆ 針對原始鋪面資料進行模式預測，需再次確保資料的正確性。



分析流程-- 2.預測模式結果



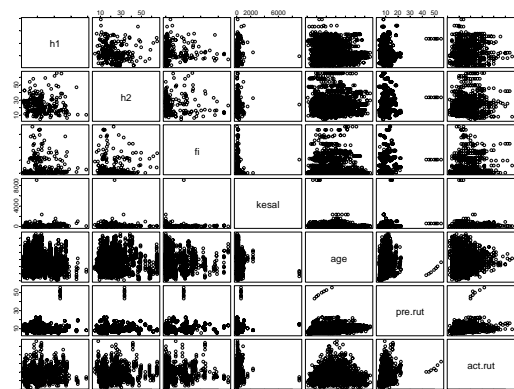
分析流程-- 3. 模式參數探討



空氣含量

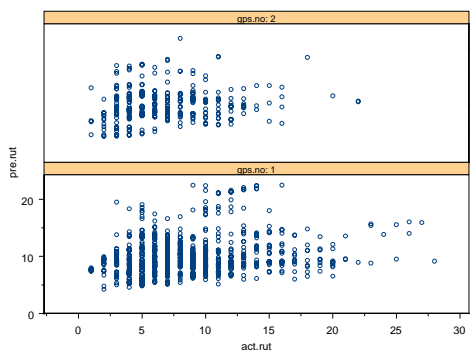
- 此7筆資料為同一路段調查值
- 瀝青面層空氣含量為0.2%
- 將參數數值代入模式後，使得預測車轍深度高達5公分。
- 將不合理的資料點排除。

分析流程-- 4. 相關影響因子

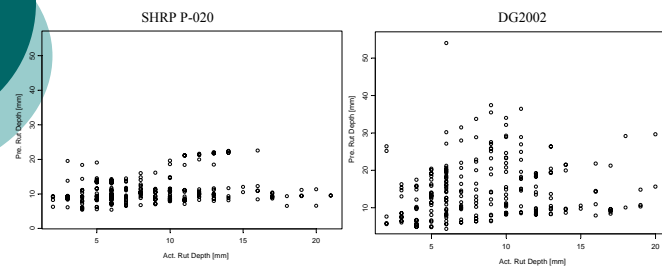


分析流程-- 5. 模式參數分析

例：鋪面型態—GPS-2破壞比GPS-1小



現有模式與AASHTO 2002模式預測結果



	R ²	SEE	截距	斜率	P值	n
DG2002	0.0111	0.1621	0.3094	0.0567	0.0944	253
P-020	0.0318	0.1604	0.2621	0.1876	0.0044	253

結論：兩模式預測結果皆不佳

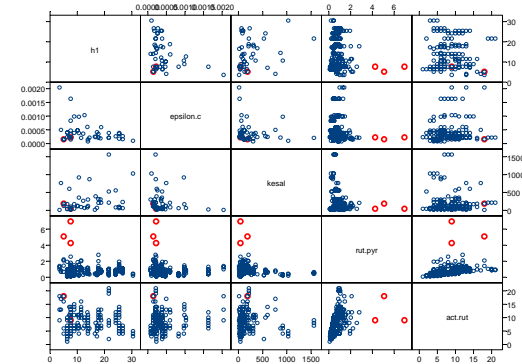
四、車轍預測模式之建立

選取參數

- ◆ 參考前述現有及AASHTO 2002模式，將**影響較不明顯、資料庫中不易取得及資料不足的變數**不列入考慮外，進而選取對於破壞產生影響較明顯及一般易造成破壞的因素。
- ◆ 參數：
 1. 鋪面使用年限(age)
 2. 累積交通量(cesal)
 3. 年平均交通量(kesal)
 4. 面層厚度(h1)
 5. 底層厚度(h2)
 6. 路基回彈模數(e4)
 7. 瀝青黏滯度(visco)
 8. 冰凍指數(fi)
 9. 年平均溫度(temp)
 10. 路基頂部壓應變(epsilon.c)
 11. 降雨量(precip)

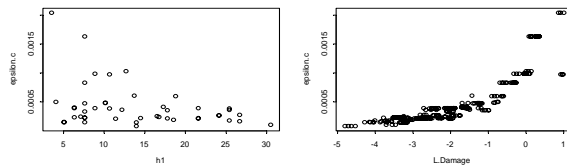
參數分析

1. 年平均車轍深度與其他參數之關係：

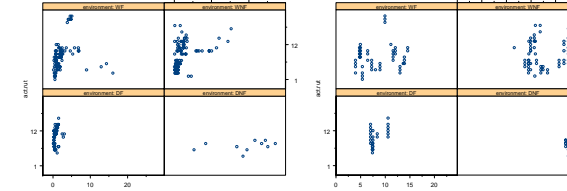


參數分析(續)

2. 面層厚度、壓應變、累積疲勞損壞三者之關係：



3. 累積交通量



全區線性迴歸結果

Coefficients:	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	13.4420	2.7023	4.9743	0.0000
age	0.0191	0.0574	0.3333	0.7392
cesal	0.8254	0.2251	3.2357	0.0014
kesal	-0.0127	0.0042	-3.0422	0.0026
h1	0.1385	0.0418	3.3162	0.0010
h2	0.0579	0.0193	3.0103	0.0029
e4	-0.0176	0.0103	-1.7189	0.0869
visco	0.0007	0.0007	0.9741	0.3310
fi	-0.0052	0.0011	-4.8267	0.0000
temp	-0.3344	0.0802	-4.1722	0.0000
L.Damage	0.1480	0.4436	0.3337	0.7389
epsilon.c	-504.9709	1264.4381	-0.3994	0.6900
precip	-0.0019	0.0009	-2.1050	0.0363

Residual standard error: 3.493 on 252 degrees of freedom

Multiple R-Squared: **0.2245**

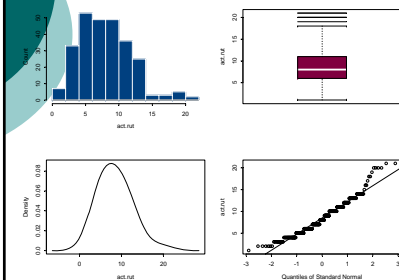
F-statistic: 6.08 on 12 and 252 degrees of freedom, the p-value is 2.388e-009

分區線性迴歸結果

變數	分區	未分區	潮濕 冰凍	潮濕 不冰凍	潮濕	乾燥	冰凍	不冰凍
鋪面使用年限	---	正	---	正	---	正	---	---
累積交通量	正	---	正	正	---	---	---	---
年平均交通量	負*	---	負*	負*	負*	---	---	---
面層厚度	正*	正*	正*	正*	---	正*	正*	正*
底層厚度	正*	正*	正*	正*	正*	正*	正*	正*
路基回彈模數	---	---	---	負	負	---	---	---
濕青黏滯度	---	負	正*	正*	正*	負	正*	正*
冰凍指數	負	---	---	---	---	負	負	---
年平均溫度	負*	---	負*	---	負*	---	---	---
破壞百分率	---	---	---	負*	正	正	---	---
壓應變	---	---	正	正	---	負*	正	---
降雨量	負*	---	負*	負*	正	---	---	---
資料筆數n	265	80	114	194	71	141	124	
判定係數R ²	0.2245	0.705	0.659	0.427	0.784	0.673	0.337	

--- : 較無顯著差異 正 : 正相關 負 : 負相關 * : 與預期成反比

廣義線性模型



- ◆ 最常見的假設皆要求資料服從**常態分配**
- ◆ 車轍深度值
- 利用單變量常態性檢定W
- 檢定結果
W統計量=0.9541、p值=0
➔ **非常態分配**

◆ 廣義線性模式(GLM)、廣義累加模式(GAM)與Box and Cox 乘冪轉換法

全區模式

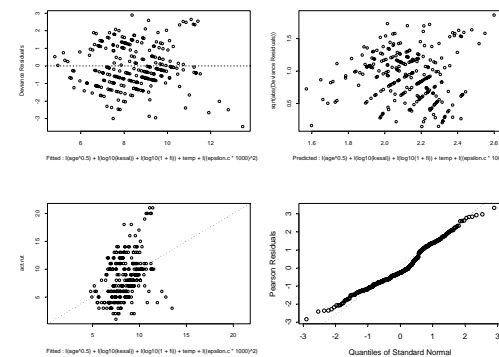
車轍預測模式：

$$Rut = \exp[-0.99 + 0.137 * \sqrt{age} + 0.322 * \log(kesal) + 0.38 * \log(1 + fi) + 0.352 * \sqrt{temp} + 0.083 * (\epsilonpsilon.c * 1000)^2]$$

Statistics : R²=0.155 , SEE=3.568 , n=265

其中, age為鋪面使用年限(年), kesal為年平均交通量(千), fi為冰凍指數(degree-days), temp為年平均溫度(°C), epsilon.c為路基頂部之壓應變。

全區模式預測結果(續)



➔ R²=0.155 SEE=3.568 n=265

分區模式

- ◆ 依氣候條件分為四區，由於乾燥與冰凍兩個區域的資料點較少，無法以客觀的立場建構模式，因此只針對潮濕與不冰凍兩區進行模式建立。

潮濕地區

$$(Rut)_{wet} = \exp \left[\begin{aligned} & -1.489 + 0.25 * \sqrt{age} + 0.6 * \log(kesal) + 0.24 * \log(1 + fi) \\ & + 0.256 * \sqrt{temp} + 0.288 * (\epsilon * 1000)^2 \end{aligned} \right]$$

Statistics : R²=0.338 , SEE=3.401 , n=194

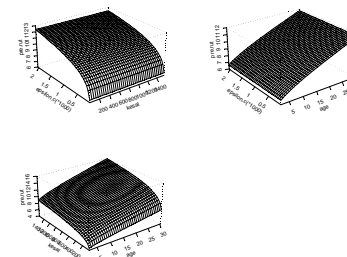
不冰凍地區

$$(Rut)_{nonfreeze} = \exp \left[\begin{aligned} & 0.253 + 0.065 * \sqrt{age} + 0.486 * \log(kesal) + 0.187 * \log(1 + fi) \\ & + 0.06 * \sqrt{temp} + 0.288 * (\epsilon * 1000)^2 \end{aligned} \right]$$

Statistics : R²=0.282 , SEE=3.193 , n=124

模式敏感度分析

- ◆ 敏感度分析主要是用於主變量與因變量之分析，在固定一個或幾個主變量的不同水準下，分析其他因變量變化的情況。
- ◆ 由現有模式中發現，**壓應變**、**年平均交通量**、**鋪面使用年限**三個變數對於鋪面的影響較大。



敏感度分析結果

- ◆ 由圖觀察得知：
 - 年平均交通量-壓應變：壓應變的影響較明顯
 - 鋪面使用年限-壓應變：壓應變的影響性則較小
 - 鋪面使用年限對鋪面的影響較大
 - 年平均交通量-鋪面使用年限：年平均交通量小且鋪面使用年限較短時，產生車轍深度亦較少。
 - 當兩者皆增加時，對鋪面的影響性亦較大。
- ◆ 由此可知，平均交通量與使用年限對鋪面的影響比較明顯。

五、結論與建議

結論

- 將現有預測模式進行評估與驗證後，預測結果有明顯之差異性，顯示**現有績效預測模式並不適用LTPP績效資料庫**。
- AASHTO 2002模式所需參數繁多不易使用，其預測模式與現有模式比較後亦**無良好之預測結果**。
- 研究以力學-經驗法為模式構建主要理念，構建全區、潮濕、不冰凍三區模式，建構之模式比過去現有模式相較下有得到改善。
- 主要影響變數
 - 鋪面結構：路基頂部之壓應變
 - 交通因子：鋪面使用年限、年平均交通量
 - 環境氣候：年平均溫度、冰凍指數

建議

- 資料擷取與處理過程複雜，且有些許參數於欄位中並無紀錄調查值，亦可配合其他相關變數以查圖表的方式彌補缺值的地方，使用者在此部分需特別注意。
- 對於車轍模式構建的部分，後續研究可再次針對乾燥及冰凍兩區進行預測模式之建立。
- 本研究使用國外資料庫構建車轍預測模式，但國外環境與我國有諸多不同，模式預測結果勢必與本土有一定程度上的差異。因此可以考慮建立專屬於台灣地區的鋪面資料庫，並逐步發展出本土化的預測模式。

29

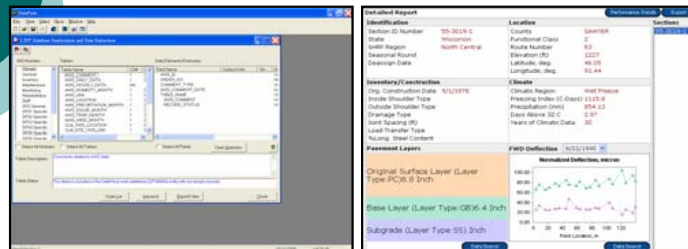
報告完畢

敬請指教



資料擷取與處理

DataPave 程式



DataPave 3.0版

DataPave Online

