

剛性鋪面評估與維修智慧型諮詢系統之研究

—評估系統雛形之建立

指導教授：李英豪

研究生：張貴祿

中華民國八十八年六月

緒論

研究緣起

- 剛性鋪面特性
 - ↓ 承载力佳、壽命長、維修費用低
- 鋪面路網相繼擴大
 - ↓ 12條東西向快速公路，與國道與省道合併等
- 鋪面管理系統
- 資料蒐集不易
- 無客觀之破壞評審標準

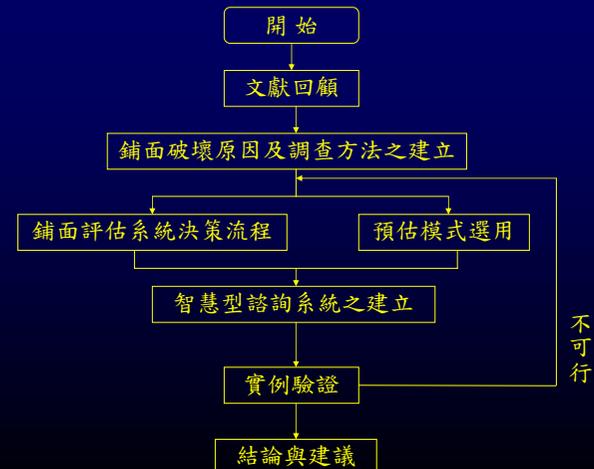


緒論

研究目的

- 制訂一鋪面破壞評審標準
- 調查資料取得正確性
 - ↓ 比較人工與機械調查資料差異
- 個案階層之專家系統
 - ↓ 解決國內鋪面未來路網擴大
 - ↓ 鋪面管理系統未能確實執行
- 鋪面現況評估
 - ↓ 幫助工程師瞭解鋪面破壞原因
 - ↓ 尋求維修策略運用
- 鋪面未來預估
 - ↓ 幫助瞭解鋪面未來狀況

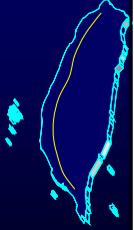
研究流程



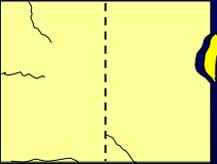
國內鋪面養護管理系統 文獻回顧1

- ① 民國72年-台灣區高速公路路面管理系統
- ② 民國80年-市區道路鋪面養護管理系統
- ③ 民國81年-台灣地區一般公路鋪面養護管理系統
- ④ 民國82年-台北市道路鋪面養護管理資料庫系統
電腦程式建立
- ⑤ 民國85年-剛性鋪面破壞整修管理系統
- ⑥ 民國86年-中山高速公路路面養護管理系統電腦
實務運用

鋪面管理系統管理方式 文獻回顧2

- ◎ 管理方式
 - ↓ 路網階層
 - ↗ 利用破壞程度排序，選擇欲維修路段
 - ↓ 個案階層
 - ◎ 資料調查方式
 - ↓ 樣本路段
 - ↗ 國道中山高速公路以100m為一固定長度
 - ↓ 均質路段
 - ↗ 建造年代、版塊、底層、基層設計、或交通量組合皆應相同。如路段因維修養護而改變，則利用動態分配將路段分開成兩個或以上的均質路段，並分開評估
- 

剛性鋪面 文獻回顧3

- ◎ 剛性鋪面之種類
 - ↓ 接縫式無筋混凝土鋪面 (JPCP)
 - ↓ 接縫式鋼筋混凝土鋪面 (JRCP)
 - ↓ 連續式鋼筋混凝土鋪面 (CRCP)
 - ↓ 預力混凝土鋪面 (PCP)
 - ◎ (JPCP)鋪面破壞型態
 - ↓ 裂縫、接縫破壞、表面破壞、其他
 - ◎ 鋪面破壞原因
 - ↓ 交通載重、環境因素、基底層影響、施工不良或材料不當
 - ◎ 量測方式
 - ↓ 人工、機械
- 

文獻回顧 4

- 鋪面服務能力指標
 - ↓ 功能性指標
 - ↗ PSR、SNC、PCR (華盛頓運輸部模式)
 - ↓ 構造型指標
 - ↗ PCI、PDI、PSDI、PCR (俄亥俄州運輸部模式)
 - 剛性鋪面評估諮詢系統
 - ↓ 美國加州鋪面管理系統 (RPMS)
 - ↓ 剛性鋪面評估與維修系統 (EXPEAR)
 - ↓ 剛性鋪面破壞整修管理系統
 - 程式語言
 - ↓ Visual Basic、Visual C++、JAVA、Kappa-PC
- 

剛性鋪面調查與破壞原因探討 1

- 調查資料
 - ↓ 記載時間
 - ↓ 調查項目
 - ↓ 標準調查方法與統一標準單位
- 鋪面破壞型態
 - ↓ 破壞定義
 - ↓ 影響破壞原因
 - ↓ 量測方式
 - ↓ 破壞等級
 - ↙ 破壞等級分為輕、中、重三等級



剛性鋪面調查與破壞原因探討 2

- 糙度
 - ↓ 梅氏糙度指標 (MO)
 - ↗ $MO (m/km) = IRI/1.5$
 - ↓ 國際糙度指標 (IRI)
 - ↗ $PSR = 5 * e^{(-0.26 * IRI)}$
- 抗滑值
 - ↓ 英國擺式摩擦測試儀法
 - ↗ 用以鑑定低速之鋪面
 - ↓ 停車距離法
 - ↗ 高速測試時具有危險性，因車速逐漸降低因素，其量測值較拖車法為大
 - ↓ 拖車法
 - ↗ 裝備皆為自動電子儀器，其測試效率較高



人工調查與自動調查方法比較

- 自動調查優點
 - ↓ 當破壞準則改變時，可以隨時重新評估鋪面破壞
 - ↓ 判讀可使用有效的數位分析
 - ↓ 可減少資料收集時的危險
- 自動調查限制
 - ↓ 接縫填充料破壞、骨材磨光或粒料磨損、唧水等須較佳的對比鮮明程度才可判讀正確
- 人工調查優點
 - ↓ 對於破壞準則的解釋較一致
- 人工調查限制
 - ↓ 人為誤差、調查員所觀測位置



鋪面破壞型態	單位	輕		中		重		Total	
		M	F	M	F	M	F	M	F
裂縫									
角隅裂縫	Number	0	0	0	0	0	0	0	0
耐久性裂縫	Square Meters	0	0	0	0	0	0	0	0
縱向裂縫	Meters	3.52	0.71	0	0	0	0	3.52	0.71
橫向裂縫	Meters	3.53	1.41	2.16	2.7	0.7	1.24	6.4	5.34
接縫破壞									
接縫填充料破壞	Meters	50	0	6.92	0	9.94	0	66.8	0
縱向接縫剝落	Meters	0.51	1.89	0.02	0.07	0	0	0.39	1.95
橫向接縫剝落	Meters	0.47	2.17	0.02	0.12	0.08	0.02	0.93	2.41
表面破壞									
龜裂	Square Meters	--	--	--	--	--	--	285	4.63
骨材磨光	Square Meters	--	--	--	--	--	--	12.6	0
脫落	Number/ M ²	--	--	--	--	--	--	0.19	0.17
其他破壞									
隆起	Number	--	--	--	--	--	--	0	0
橫向接縫裂縫高差	Millimeters	--	--	--	--	--	--	N/A	N/A
車道-路肩高差	Millimeters	--	--	--	--	--	--	N/A	N/A
車道-路肩分離	Millimeters	--	--	--	--	--	--	0	0
瀝青修補	Square Meters	0.05	0.06	1.89	0.02	0.00	0	1.94	0.08
混凝土修補	Square Meters	0	1.84	0	0	0	0	0	1.84
唧水作用	Meters	--	--	--	--	--	--	0.7	0

專家知識

- 專家知識擷取
 - ↓ 設計調查問卷
 - ↓ 利用問卷方式或電話訪談等
 - ↓ 蒐集專家對鋪面破壞知識
 - ↙ 鋪面破壞可能造成原因
 - ↘ 鋪面現況需維修方式
 - ↓ 彙整專家對鋪面破壞知識
 - ↓ 訂出可能影響鋪面破壞相關因素
 - ↓ 建立決策樹
 - ↓ 依不同破壞原因，找出鋪面破壞項目

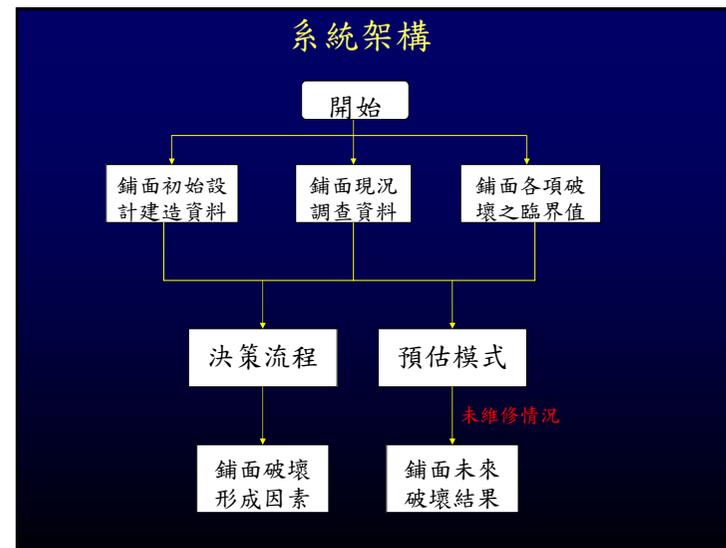
知識與決策建立



系統開發軟體

- Visual Basic 5.0
 - ↓ 目前社會普遍使用
 - ↓ 適用於個人電腦 Windows95、98及NT 程式系統具親和力
 - ↓ 可以利用物件導向功能，處理決策樹
 - ↓ 具中文化、視窗化功能，操作簡便
 - ↓ 使用、修改人員不必經長期訓練，即可操作
 - ↓ 具連結圖形處理程式功能
 - ↓ 具彙整資料庫功能，處理LTPP資料
 - ↓ 未來拓展及修改空間大

系統架構



決策流程

- 利用EXPEAR專家系統JPCP鋪面決策流程，配合國內環境因素及鋪面調查建議，摒除
 - ↓ 凍融循環作用
 - ↓ 耐久性裂縫
 - ↓ 乾燥氣候
 - ↓ 不易量測或未定義之破壞
 - ↗ 建造時曾進行量測並矯正
 - ↗ 隆起破壞等級
 - ↗ 基底層支撐缺乏
 - ↗ 膨脹性土壤
 - ↗ 輪跡處磨光

決策流程

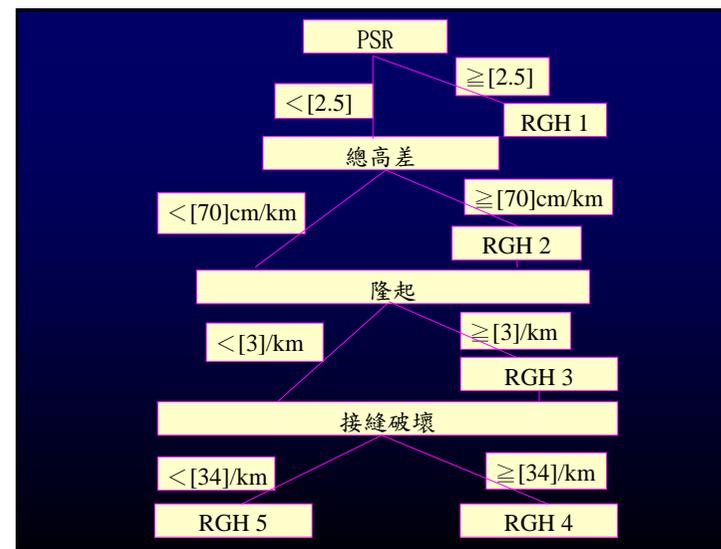
糙度缺陷1

- 國內剛性鋪面鋪面服務能力臨界值建議
 - ↓ 國內剛性鋪面鋪築處皆為車流很大之處
 - ↗ 北二高福德隧道處、中山高收費站前後等
 - ↗ 因此糙度缺陷採不考慮平均每日交通量低於10000時影響
 - ↓ 台灣區路面養護管理系統糙度臨界值建議
 - ↗ MO=142cm/km IRI=2.13 PSR = 2.87
 - ↓ 中山高速公路路面養護管理系統糙度臨界值建議
 - ↗ IRI=3.5 PSR = 2.0
 - ↓ EXPEAR專家系統中鋪面服務能力臨界值建議
 - ↗ PSR=3.0

決策流程

糙度缺陷2

- 國內新鋪築鋪面狀況
 - ↓ 福德隧道及台北二號隧道利用梅氏儀量測
 - ↗ 不考慮鋪築方式下，平均PSR=3.26
 - ↗ 設計PSR值=4.0
 - ↗ 國外設計PSR值=4.5
- 建議國內臨界鋪面服務能力 (Pt)
 - ↓ 改善鋪築方式
 - ↓ 糙度值量測方式
 - 鋪面終止服務能力 (Pt) = 2.5



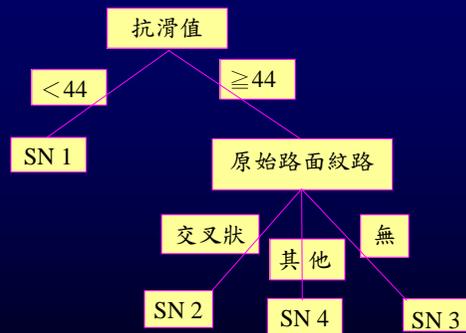
糙度缺陷原因評估內容

- RGH1：目前鋪面的服務能力是可以接受的
- RGH2：因鋪面在接縫、裂縫和全厚度修補下之總高差大於70（公分/公里），造成鋪面之服務能力變差；並且過低之PSR值在鋪面現今的交通量下是不被接受的
- RGH3：由於鋪面隆起數量大於3（個/公里）造成鋪面之服務能力變差；並且過低之PSR值在鋪面現今的交通量下是不被接受的
- RGH4：由於接縫破壞數量大於34（個/公里）造成鋪面之服務能力變差；並且過低之PSR值在鋪面現今的交通量下是不被接受的
- RGH5：過低之PSR值在鋪面現今的交通量下，其鋪面服務能力是不被接受的

決策流程

防滑性

- EXPEAR專家系統對鋪面防滑性評估
 - ↓ 輪跡處磨光（有、無）定義不明
 - ↙ 建議採用防滑值代替輪跡處磨光
 - ↗ 量測方式較為具體
 - ↗ 具有量化數值可研判
 - ↗ 鋪面抗滑會影響駕駛者安全性
 - ↘ NCHRP 37 建議採用37為抗滑值維修臨界值
 - ↘ 林志棟教授於本省路面整修標準中提到，其抗滑值SN=44時表示鋪面狀況良好
 - 目前考量本土及安全性，以SN=44為臨界值



決策流程

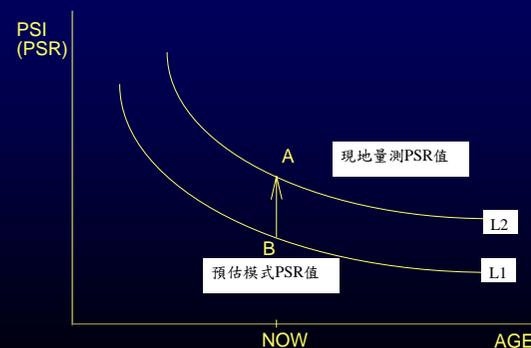
其他

- 其他項目則引用EXPEAR系統之決策流程
 - ↓ 接縫破壞
 - ↓ 接縫施工缺陷
 - ↓ 排水功能
 - ↓ 荷重傳遞效應
 - ↓ 結構破壞
 - ↓ 接縫填縫料缺陷
 - 決策中除修改國內未發生之氣候（凍融循環作用、乾燥氣候）及未定義之破壞外，臨界值皆未改變

預估模式

- 目前暫時引用NCHRP 1-19中對JPCP鋪面的預估模式
 - ↓ 鋪面服務能力 (PSR)
 - ↓ 接縫破壞 (Joint Deterioration)
 - ↓ 裂縫 (Cracking)
 - ↓ 高差 (Faulting)
 - ↙ 預估模式 = 現地量測 + 校估值
 - 其中因預估模式受調查地區影響，如其中包含冰凍指數 (FI)，雖不發生時FI=0，但對於本土鋪面未來之預估準確性仍有餘慮，因目前國內仍無相關研究，只好暫時引用。待國內有本土預估模式時則可立即更改，再以資料回饋修正，則適合本土之預估模式指日可待

垂直校估



智慧型評估諮詢系統

- 利用Visual Basic程式，構建『智慧型鋪面維修養護技術諮詢系統』(Intelligent Consultant System for Pavement Maintenance and Rehabilitation Technologies)，簡稱【ICSMART】
- 需求分析
 - ↓ 鋪面設計資料、鋪面破壞調查資料
- 系統分析
 - ↓ 專家知識的樹狀決策觀念
 - ↗ 臨界值 評估鋪面現況
 - ↓ 利用鋪面預估模式
 - ↗ 預估鋪面未來狀況

程式構建內容

1

- 路段基本資料
 - ↓ 具偵錯功能，當輸入值小於0時程式會提出警告
- 鋪面破壞調查資料
 - ↓ 具偵錯功能，當輸入值小於0時程式會提出警告
 - ↓ 具提醒鋪面破壞量測方式及破壞等級分辨方式
- 鋪面現況評估
 - ↓ 可對鋪面糙度缺陷、防滑性、接縫破壞、接縫施工缺陷、排水功能、荷重傳遞效應、結構破壞、接縫填縫料缺陷等，評估可能造成之因素
 - ↓ 若資料缺乏，現況評估中會提醒未能評估之項目

程式構建內容

2

- 鋪面未來評估
 - ↓以文字報表方式輸出
 - ↓對鋪面殘餘壽命作預測
 - ↗利用鋪面服務能力之臨界值 (Pt) 做預測
- 鋪面趨勢預估圖
 - ↓以圖形化方式預估未來鋪面破壞狀況
 - ↗利用輸入資料連結傳送給EXCEL程式，再由EXCEL計算繪圖回傳預估趨勢圖
 - ↗亦可校估文字報表準確性

程式構建內容

3

- 臨界值修改
 - ↓用意在修正符合國內未來規定
 - ↓利用國內資料回饋修正，尋找適合國內之臨界值
- 說明
 - ↓鋪面破壞可能因素
 - ↗提供工程師瞭解鋪面各項破壞原因
 - ↓關於
 - ↗程式編寫者及目前版本
 - ↓建議
 - ↓具自動連結至開發程式相關人員信箱或網站功能

路段基本資料

個案基本目錄資料

鋪面路段資料(一) 鋪面路段資料(二)

建造日期: 1967 年 [] 月 [] 日

路段長度: 5 (公里)

年ESAL值: 9.14 (百萬/年)

鋪面版厚: 23 (公分)

橫向接縫間距: 4.5 (公尺)

原始鋪面紋路: 無 交叉狀 不規則狀

底層: 細級配 密級配 開放級配 處理底層

路基: A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7

填縫型態: 瀝青填縫 矽膠填縫 預留縫

確定 取消

鋪面破壞調查資料

個案基本目錄資料

調查資料 裂縫 接縫破壞 其他

調查日期: 1999 年 05-30

梅氏指標: 105 (公分/公里)

抗滑值: 0

骨材反應: 有 無

地下排水系統: 有 無

縱縫筋#號: 0

確定 取消

鋪面現況評估

鋪面現況評估

縫反缺陷評估
目前鋪面的服務能力是可以接受的。
在潮濕或乾濕氣候中造成排水不良的原因，是由於鋪面高度約0.3公分所造成。

排水功能評估
在潮濕或乾濕氣候中造成排水不良的原因，是由於鋪面高度約0.3公分所造成。

防滑性評估
鋪面防滑值未調查，因此無法對鋪面防滑性評估。

符合標準效應評估
在以資料區類級態下，因橫向縫縫平均高度失約0.3公分，將造成橫向縫縫之荷重傳遞效果不佳。

接縫破壞評估
接縫惡化情況並不存在。

接縫填縫料缺陷評估
接縫填縫料目前雖處於良好狀況，但由於填縫料處於一個不佳之填縫槽寬度，將造成橫向縫縫之缺陷，有可能會影響填縫料之正常使用。

接縫施工缺陷評估
鋪面狀況顯示縱向接縫狀況並無不佳之情況。

結構破壞評估
目前鋪面結構尚未不足，由於惡化的橫向裂縫小於13 (公分/公里) 或垂直裂縫伸出單一車道，建議鋪面需要維修工作。鋪面的結構略有不妥，由於在潮濕或乾濕(濕)氣候下，鋪面厚度不足以承受的。

鋪面未來評估

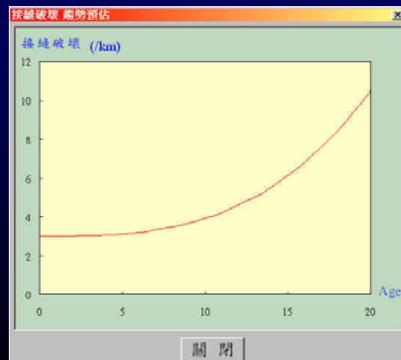
鋪面未來評估

西元 (年)	接縫破壞 (個/公里)	高度 (公分)	嚴重裂縫 (公尺/公里)	PSR
1999	3	0.56	3.79	3.3
2000	3	0.56	8.01	3.1
2001	3	0.56	12.31	3.0
2002	3	0.56	16.70	2.9
2003	3	0.56	21.17	2.9
2004	3	0.56	25.73	2.8
2005	3	0.56	30.38	2.7
2006	3	0.56	35.13	2.7
2007	3	0.56	39.96	2.6
2008	4	0.56	44.90	2.6
2009	4	0.56	49.93	2.5
2010	4	0.56	55.06	2.5
2011	5	0.57	60.29	2.4
2012	5	0.57	65.63	2.3
2013	6	0.57	71.07	2.3
2014	6	0.57	76.62	2.2
2015	7	0.57	82.28	2.2
2016	8	0.57	88.05	2.1
2017	8	0.57	93.94	2.0
2018	9	0.57	99.94	2.0
2019	10	0.57	106.06	1.9

鋪面使用年限預估
10年內若不進行任何維修，依目前情況鋪面仍能提供駕駛者良好的鋪面服務能力。

評估 關閉

鋪面趨勢預估圖



臨界值修改

臨界值設定

起始PSR值: 臨界PSR值:

總高差: (公分/公里) 溝渠深度: (公尺)

抗滑值: 年溫差: (°C)

隆起數量: (個) 年交通成長量:

接縫破壞: (公分/公里)

橫向接縫間距: (公尺)

接縫破壞數量: (個/公里)

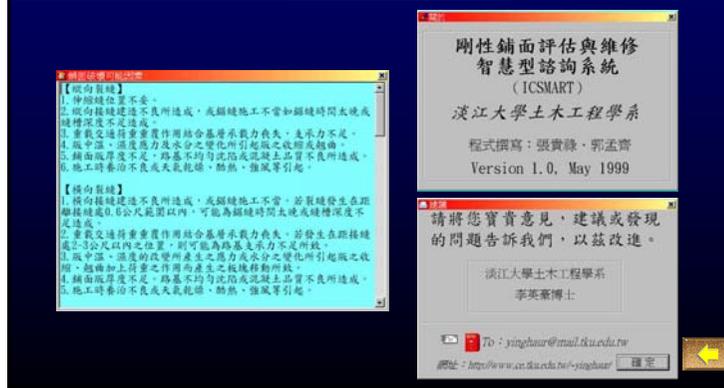
角隅裂縫數: (個/公里)

縱向裂縫總長度: (公尺)

橫向裂縫(輕、重): (公尺/公里)

確定

說明



結論

1

- 國內目前之鋪面管理系統都以『路網階層』管理方式，配合『樣本路段』調查鋪面資料，造成龐大資料蒐集困難，系統執行成效不彰。本研究則以『個案階層』管理方式配合『均質路段』調查資料，無須處理龐大鋪面破壞資料庫及個案維修養護之優先排序，則法將可實現鋪面管理的理念

結論

2

- 利用國外調查手冊之標準 (SHRP/LTPP)，及國內相關規定，建立一套適合國內各公路段之剛性鋪面標準調查手冊。解決國內目前鋪面破壞資料調查無客觀依據之缺失
- 綜合國內外剛性鋪面破壞產生原因，提供鋪面維修養護人員參考之依據
- 目前國內為取得鋪面破壞資料，而相繼引入各式自動調查儀器。在人工與機械調查方式比較中可知，自動化調查儀器仍未能完全有效取代人工調查

結論

3

- 鋪面現況評估流程中，構建屬於國內建議之鋪面糙度評估，與鋪面防滑性評估。在接縫破壞、接縫施工缺陷、排水功能、荷重傳遞效應、結構破壞及接縫填縫料缺陷評估，則選用符合國內環境之決策流程
- 目前暫用國外所構建預估模式，作為國內鋪面未來狀況預估。在未來國內鋪面破壞資料充足情況下，能以回饋修正方式修改預估模式，以符合國內狀況

結論

4

- 利用Visual Basic程式，建立一套自動化、圖形化且適合使用者視窗介面的『智慧型鋪面維修養護技術諮詢系統』，簡稱【ICSMART】
- 系統具有鋪面現況評估、鋪面未來破壞情況預估、自動偵錯、提示量測方式或破壞等級、超連結及公、英制轉換功能

建議

1

- 各公路段調查單位，採用本研究所建立之鋪面破壞標準調查手冊
- 未來鋪面破壞調查方式能配合國內外調查人員慣用方法，以圖式記錄鋪面破壞狀況發展，並能以圖形化方式顯示鋪面破壞狀況
- 利用國內現地資料，回饋修正決策臨界值或決策樹之適用性

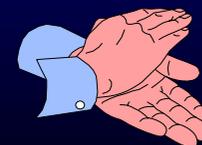
建議

2

- 結合電腦網路系統管理，使鋪面調查資料迅速歸納，防止資料攜帶流失
- 利用美國長期鋪面績效評估（LTPP）鋪面破壞調查資料庫，協助預估模式之建立，以達國際化目標
- 整合目前已有的鋪面非破壞檢測回算程式及TKUBAK程式，用以回算土壤結構強度或剛性鋪面厚度設計、應力分析
- 完成全面性鋪面評估與維修智慧型諮詢系統

簡報完畢

敬請指教！謝謝！



Thanks For Your Attention