

中正機場鋪面管理系統之建置

周家蓓 Chia-Pei Chou¹

林世泰 Shih-Tai Lin²

林美伶 Mei-Ling Lin³

王詩瑩 Shih-Ying Wang⁴

摘要

鋪面管理系統學理之發展至今逾四十年，其技術亦隨著科技之發展而進展甚速，我國中正國際航空站於民國 89~90 年著手進行中正機場鋪面管理系統之建置。本文主要內容為針對該鋪面管理系統之具體內容進行介紹，重點包括：1.系統之架構及組成模組，2.以鋪面家族概念建立之鋪面服務績效預測模式，3.機場鋪面養護優先等級，4.鋪面養護策略，5.鋪面服務績效預測情境，以及 6.系統畫面展示。

關鍵字：鋪面管理系統、鋪面服務績效預測模式、鋪面優先養護等級

ABSTRACT

Chiang-Kai-Shek (CKS) International Airport is the most important international airport in Taiwan. It is opened in 1979 with pavement design life of 20 years. Serious deteriorations have been found at two runways, runway 05/23 (completed in 1979) and runway 06/24 (completed in 1984), and most of taxiways for many years. Decision making for major maintenance was mainly done by visual inspection of maintenance engineers. No systematic approach was established and used. In this study, a computer program

1 國立臺灣大學土木工程學系暨研究所教授

2 國立臺灣大學土木所交通組博士候選人

3 國立臺灣大學土木所交通組碩士

4 國立臺灣大學土木所交通組博士班學生



integrating GIS and slab inventory database is developed. A comprehensive visual inspection of all concrete slabs is conducted and results are stored in the developed database. PCI values for each sample unit, section, branch, as well as the whole airport network are calculated. Three PCI deterioration predicting models for runway, taxiway, and apron are also developed, respectively. Maintenance priority strategies of pavement section are established based on the detour availability and airline operating costs. Five maintenance scenarios combined with three PCI deterioration predicting models are presented in the CKS airport pavement management system.

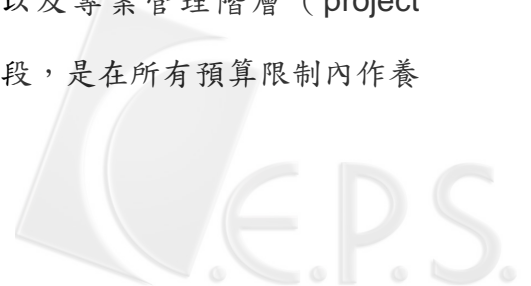
Keywords: Airport Pavement Management System, Deterioration Prediction Models, Pavement Maintenance Prioritization

一、前言

中正機場設施自民國 68 年 2 月完成及啟用後屆今已逾二十年，空側之跑、滑道及機坪因長期使用常有版塊損壞情形，而機場管理單位為維持一定鋪面服務水準進行多項養護工作；另因為滿足日益增加的國際航空客貨運量，中正機場空側設施經多次的擴建及更新工程。但長期以來，中正機場的維護與管理資料並未有系統的建檔，故現今的跑、滑道及機坪等原始及維修資料並不齊全，除於鋪面維修管理及鋪面狀況資料查詢上感到困難，且無法徹底了解跑、滑道及機坪等設施構造及功能現況，不能施以最佳化的養護管理措施。為改善跑、滑道及機坪等設施管理的困境，中正機場管理單位提出建置跑、滑道及機坪鋪面管理系統之構想，期望專家系統完成後能即時掌握跑、滑道及機坪等設施服務現況，使中正機場跑、滑道及機坪等鋪面評估具有一致標準及系統化，確保航機起降的安全。

二、系統架構

依據 FAA AC150/5380-7 "Pavement Management System"[1]、NCHRP Synthesis 135 "Pavement Management Practices"[2] 及 AASHTO "Guidelines for Pavement Management System"[3] 之定義，鋪面管理作業階層分為路網管理階層（network management level）亦稱為計畫階層（program level），以及專案管理階層（project management level）。路網管理階層為高階或全面行政決策階段，是在所有預算限制內作養



護優先排序計畫，研擬養護及整修時間表或鋪面新工計畫的發展。專案管理階層為針對任何單一路段的技術管理決策，並依據路網階層計畫的養護預定時間表，在適當時機開始鋪面實質的養護作業。本鋪面管理系統係以中正機場進行路網管理階層之構建。

中正機場鋪面管理系統包括有資料輸入、資料庫、鋪面分析模式、資料顯示、鋪面養護策略及方法、年度計畫及預算與資料輸出等七個模組，系統之架構以及運作流程如圖 1 及圖 2 所示。

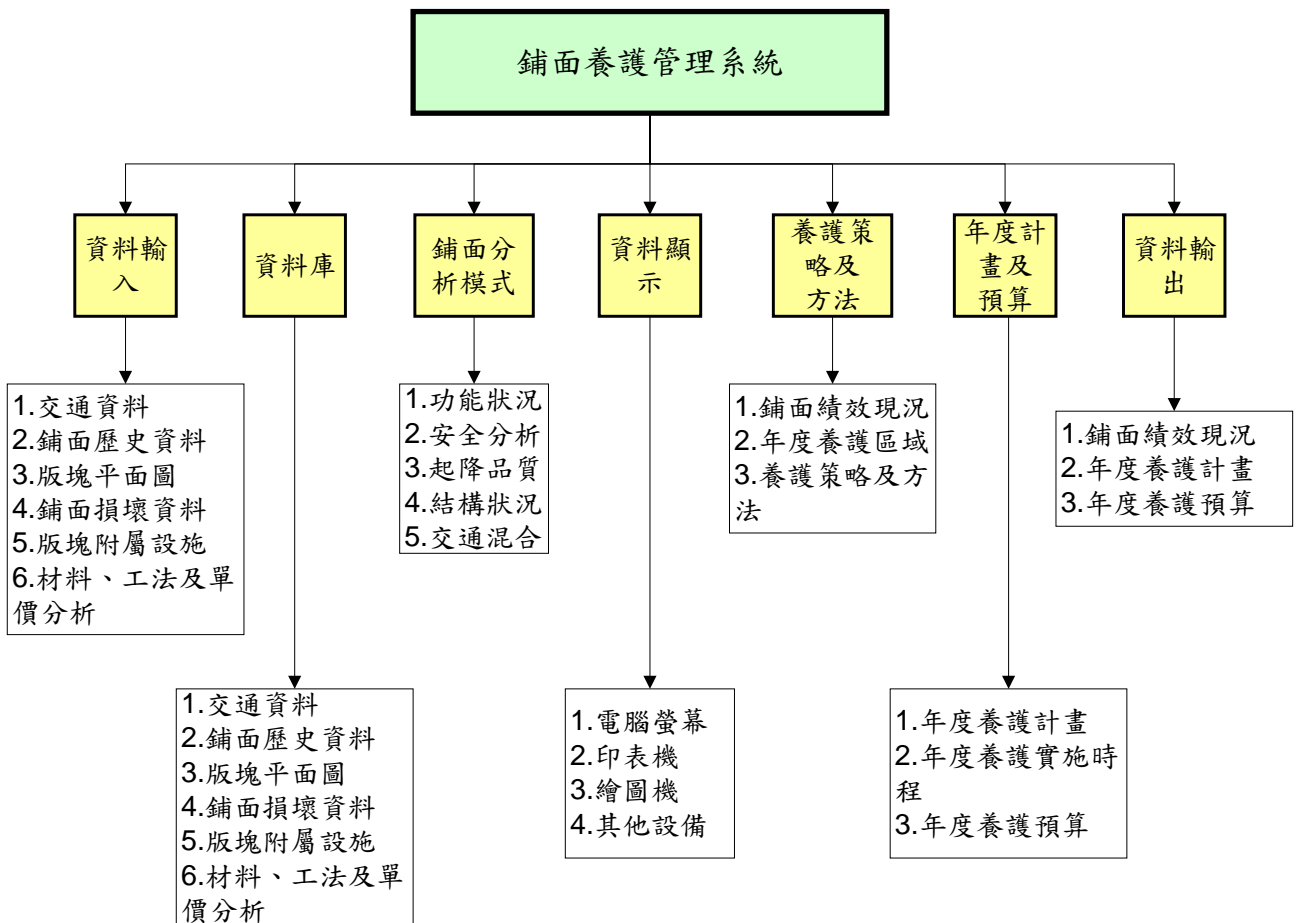


圖 1 中正機場鋪面管理系統架構圖[4]

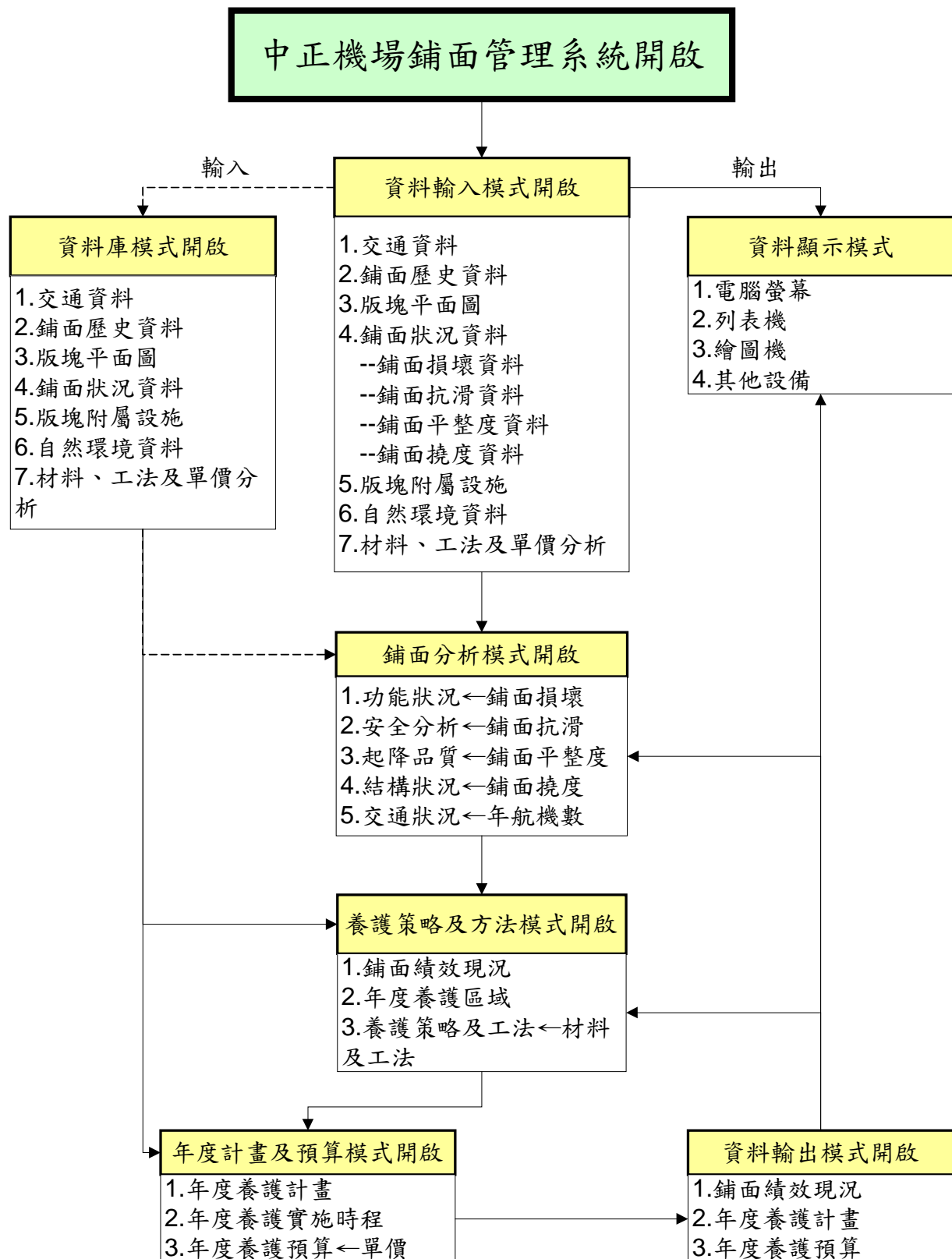


圖 2 中正機場鋪面管理系統運作流程[4]

本系統並配合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)進行資料輸出，機場維護單位可利用該功能進行版塊基本結構資料、鋪面目前施工狀況及破壞現況之查詢，程式並以圖形化之顯示方式提供較具親和力之介面，因此機場維護單位可藉由圖示清楚得知鋪面狀況。除此之外，並採用專家系統(Expert System, ES)進行鋪面狀況預測工作。

鋪面績效的評估項目應包括實體狀況、安全、航機起降品質及結構評估等四個項目。鋪面實體狀況可採用目視或攝影及影像處理方式進行鋪面狀況調查，破壞形式包括面層破裂、變形及鬆散等項目，並計算鋪面狀況指標(Pavement Condition Index, PCI)以進行評估；鋪面安全則藉由鋪面抗滑值(Skid Number)之量測，瞭解跑道鋪面是否提供足夠之摩擦力；航機起降品質則是施以鋪面平坦度調查，做為機師對航機起降品質及舒適程度之依據；而鋪面結構評估係以破壞或非破壞性之檢測方法，計算鋪面目前之承載情形。基於本研究計畫之要求範圍，本系統建置過程中先以鋪面狀況調查進行鋪面績效之評估以及養護方法之建議，並針對中正機場全數版塊進行區域劃分及編號作業。

中正機場的版塊區域劃分，係依據 05-23 及 06-24 兩跑道等所需附屬設施（滑行道及機坪）涵蓋範圍為基準。依 ASTM D5340 “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Survey”[5]及 Shahin 所著的“Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots”[6]等對機場版塊區域劃分及編號原則，將機場道面版塊編碼階層分為：1. 網狀系統 (Network)，2. 區域 (Branch)，3. 段 (Section)，4. 樣本單位 (Sample unit) 等四層。

依此劃分原則，首先將機場空側全數版塊納入網狀系統內，再依使用功能之不同劃分若干大區域，每一區域再依版塊之結構、施工及維修記錄、使用頻率及其他相關因素劃分為若干小段。每一小段包括數個至十數個樣本單位，樣本單位並為鋪面狀況調查之基本單位，而一個樣本單位則涵蓋數個至二、三十個版塊。

三、鋪面服務績效預測模式

為能於管理系統中涵蓋績效預測之功能，以為年度養護預算編列之基礎，本研究將中正



機場鋪面依跑道、滑行道及機坪等劃分為三個鋪面家族，再利用跑道、滑行道及機坪等設施累積交通量（累積起降架次）與鋪面現況 PCI 值之關係構建鋪面服務績效預測模式。首先蒐集中正機場航機交通動線、各機門使用率以及各跑道使用率等基本資料，再配合機場歷年起降架次、鋪面建置與養護歷史，計算出跑滑道與機坪各區之累積交通量。經迴歸分析獲得之鋪面服務機績效預測模式如圖 3 所示。圖中之自變數為累積架次而應變數為 PCI 值，本系統並利用鋪面服務績效預測模式進行養護前後之鋪面績效預測，並藉以訂定年度養護計畫。各鋪面家族之預測式如下：

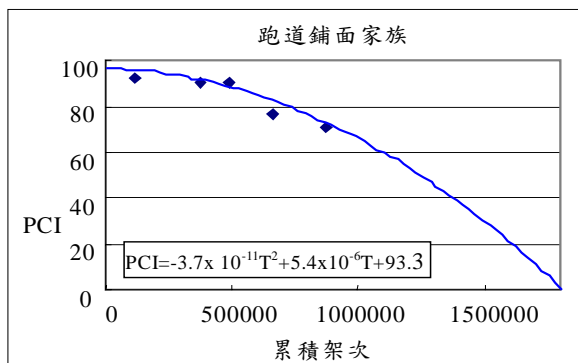
$$PCI_r = -3.7 \times 10^{-11} T_r^2 + 5.4 \times 10^{-6} T_r + 93.3, \quad R^2 = 0.88 \quad (1)$$

$$PCI_t = -4 \times 10^{-16} T_t^3 + 2.3 \times 10^{-10} T_t^2 - 1.5 \times 10^{-4} T_t + 88.81, \quad R^2 = 0.49 \quad (2)$$

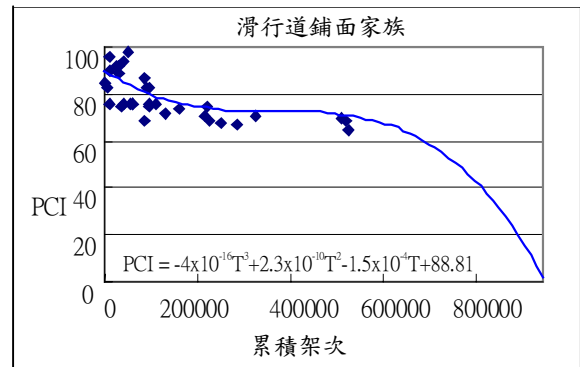
$$PCI_a = -2.2 \times 10^{-13} T_a^3 + 3.0 \times 10^{-8} T_a^2 - 1.4 \times 10^{-3} T_a + 96.8, \quad R^2 = 0.74 \quad (3)$$

其中， $PCI_r, PCI_t, PCI_a =$ 分別為跑道、滑行道及機坪之 PCI 值，

$T_r, T_t, T_a =$ 分別為跑道、滑行道及機坪之累積起降量。



(a)



(b)

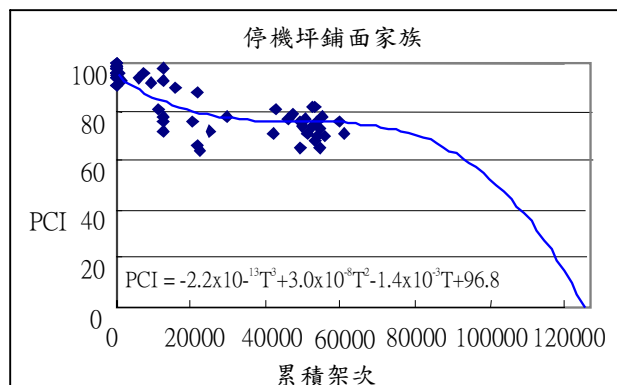


圖 3 鋪面服務績效預測模式(a)跑道鋪面家族(b)滑行道鋪面家族(c)機坪鋪面家族[4]

雖然以上三預測式之構建乃依據民國 89 年至 90 年全場 PCI 調查所得之各段 PCI 值分析而成，其迴歸所使用之樣本數較不足夠；但因無既有資料可供參考故建議先行使用此三家預測式為分析基礎，待未來逐年獲得 PCI 調查資料後再行修訂。

四、鋪面養護優先等級

機場鋪面養護優先順序及等級區分，依據一般原則及情況下，其重要性順序為跑道、滑行道系統及機坪。當跑道、滑行道系統及機坪等設施不止一處時，須考量多項相關因素。因此本研究於進行鋪面養護優先等級劃分時首先考量一般原則，其次考量航機起降數及運轉路線，再者為機場滑行道幾何配置，最後是建設之先後。依據以上分析原理，本研究將中正機場的跑道、滑行道系統及機坪等設施，劃分為三個鋪面養護優先等級。等級一的區域包括兩跑道及其入口滑行道、平行滑行道與南北場聯絡滑行道；等級二的區域包括快速出口滑行道、其他出口滑行道及 SC 平行滑行道；等級三的區域為機坪及其他道面。詳細分析原理及結果，請詳本研究報告[4]。

五、鋪面養護策略

鋪面於完工開放後因交通荷重、環境因素及材料老化等原因而產生破壞，因此需加以養護以延續鋪面使用壽命及提升其服務績效。鋪面養護策略可分為預防性養護、例行性養護及大型整修等三類。預防性養護乃是在鋪面版塊整體結構仍保持完整時，但可預期將因持續之使用而發生之損壞，或鋪面結構裂縫現象輕微時及填縫料達使用年限時所作的養護措施。例行性養護包括緊急養護作業，乃是在鋪面版塊整體結構仍完整，但接縫或裂縫等破壞持續惡化，或飛航安全或舒適受到明顯影響時（如：糙度值過大或抗滑值過低值）採用。大型整修之使用時機，乃在鋪面版塊狀況已到達服務績效下限或結構強度明顯降低時，其所採取的鋪面版塊整修活動以版塊挖除置換為主。當然也可能是在機場航機機型即將有較大變化時（如 A380 之啟用）採用大型整修。各養護策略採用之維修方法如表 1 所示。

表 1 剛性鋪面養護策略及維修方法[4]

養護策略	預防性養護	例行性養護	大型整修
維修方法	裂縫/接縫填縫	部份深版塊修補	版塊置換
	重換填縫料	全深版塊修補	加鋪
	改善接縫傳力設施	版塊頂起	大型翻修
	地下排水改善	凹凸刨平	-----
	版底填料	-----	-----

本系統的鋪面養護策略，除依據鋪面優先維修等級為基礎外，有關養護方法的建議，採鋪面 PCI 指標為評估基準。根據 PCI 之定義，70 分以上為「優」及「非常好」等級，40 分以上為「差」、「非常差」及「不合格」三等級，故本系統所發展之鋪面養護策略基本原則為，當鋪面 PCI 值高於 70 以上屬於預防性養護範疇，當鋪面 PCI 值介於 70 與 40 之間屬於例行性養護範疇，當鋪面 PCI 值低於 40 以下則屬於大型整修範疇，但鋪面養護優先等級不同時亦有些許調整。除上述原則外，並考量中正機場開航後採用的鋪面養護策略與維修方法，以及適宜中正機場所採取之各種維修方法，研擬中正機場鋪面養護方法建議的作業流程如圖 4 所示。

藉由圖 4 得知本研究將大型整修之門檻依養護優先等級一、二、三分別訂為 50、45 及 40 分，並將例行性養護依養護優先等級一、二、三分別訂為 55、50 及 45 分。此乃因養護優先等級較高者，宜給予較高之維修標準，經與維護單位討論後建議得之。依照流程圖，首先就各「段」之 PCI 值進行大型整修養護門檻值之判斷，不需大型整修者，則轉而評估各「樣本單位」之 PCI 值是否低於大型整修之門檻值；剔除需大型整修之「樣本單位」後，才為針對例行性養護之門檻進行判斷。



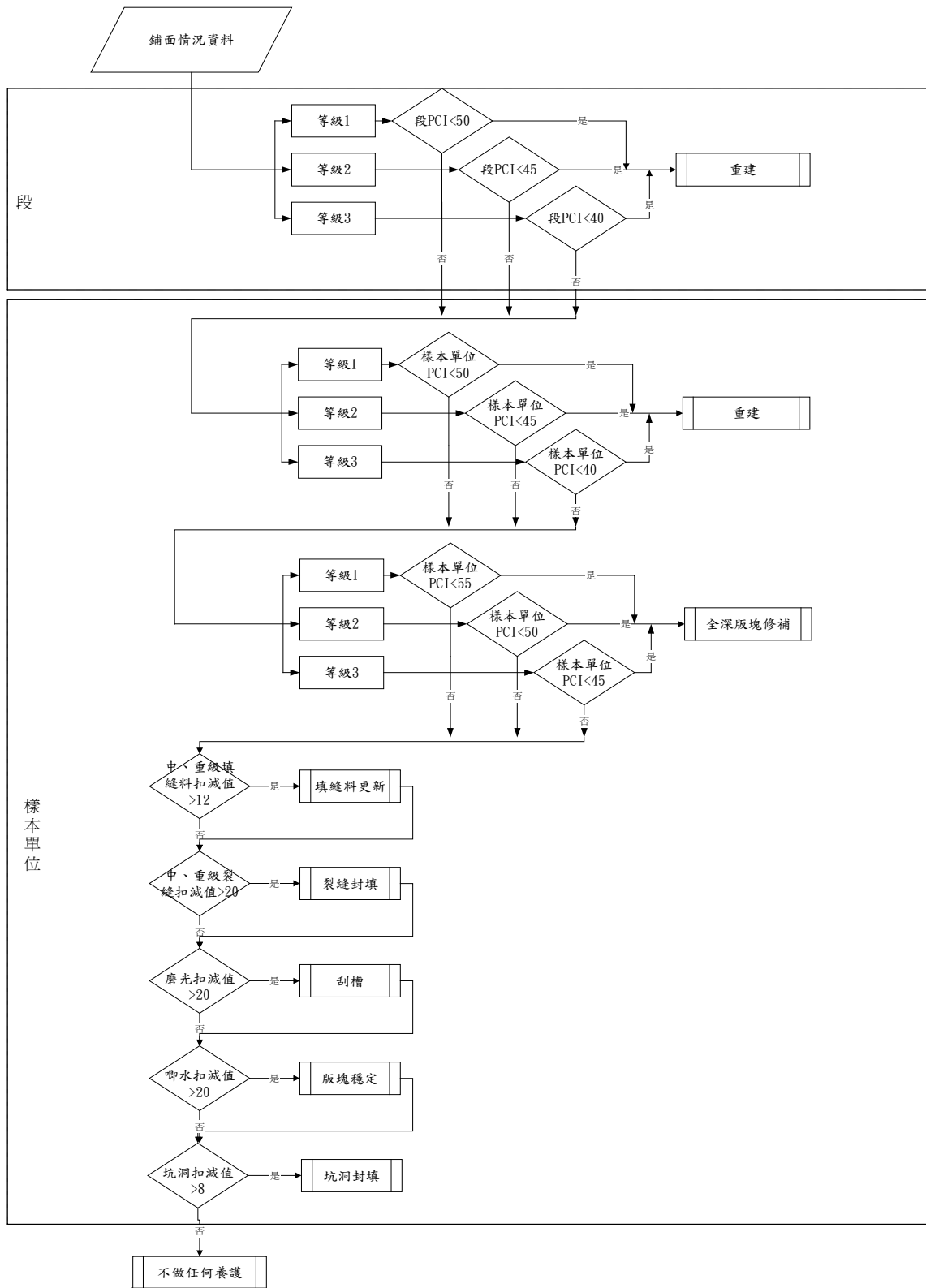


圖 4 養護方法建議流程圖[4]



六、鋪面服務績效預測情境

本研究研擬出五個鋪面服務績效預測情境，並在不同情境下針對跑道、滑行道及機坪等三個鋪面家族進行服務績效預測。因年度養護計畫屬短期計畫，且計畫年限最高為5年，所以本研究之鋪面服務績效預測亦以5年為期進行之。各情境之內容說明於后。

情境一：依據機場跑、滑行道及停機坪之鋪面狀況，每年進行必要的養護作業以及並分析其PCI值現況，期使PCI值保持在80以上。本情境為樂觀之看法，需無任何條件或預算之限制。於此情境下，鋪面服務績效屬於最佳情況，並為養護作業對鋪面服務績效提昇的極限。

情境二：每年皆不進行任何養護作業但針對PCI值進行評估。本情境屬於悲觀看法，鋪面服務績效屬於最差情況，可作為養護作業對鋪面服務績效提昇程度的比較基準。

情境三：依據機場跑、滑行道及停機坪之鋪面狀況，進行該年必要的養護作業，其後皆不進行任何養護，並分析此情境下每年的PCI值情況。本情境目標為分析該年度養護作業之成本效益，並針對每年的PCI值情況進行瞭解，以作為該年養護作業持續效果之評估基準。

情境四：依據機場跑、滑行道及停機坪之鋪面狀況，在該年不進行任何養護作業，並延至第二年進行，其後亦皆不進行養護，且分析此情境下每年的PCI值情況。本情境係分析養護作業延遲之成本效益，並瞭解每年的PCI值情況，作為養護作業延遲之評估基準。

情境五：依據機場跑、滑行道及停機坪之鋪面狀況，以年度預算額度或鋪面服務績效水準為基礎，進行必要的養護作業，分析此情境下每年的PCI值情況。本情境依據年度養護預算或服務績效水準等限制，瞭解每年的PCI值情況，並分析年度養護作業的成本效益，以作為年度預算爭取之依據。

七、系統畫面展示

圖5至圖8為本系統各模組之畫面，分別為檢測資料輸入畫面、維修建議畫面、PCI與



數量統計畫面以及鋪面狀況資料顯示畫面。

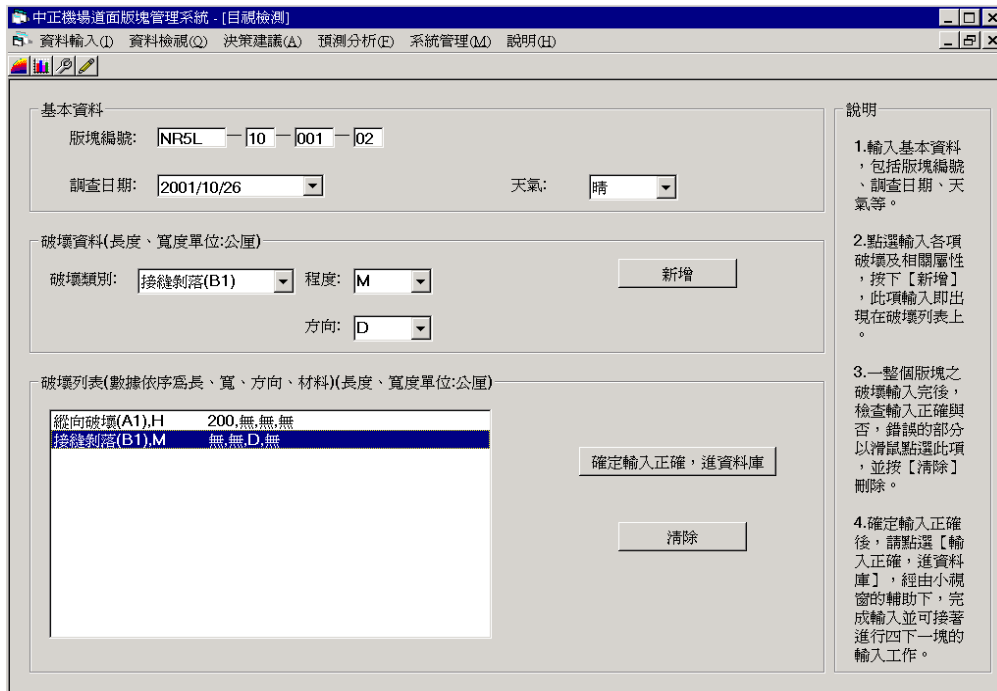


圖 5 檢測資料輸入畫面[4]

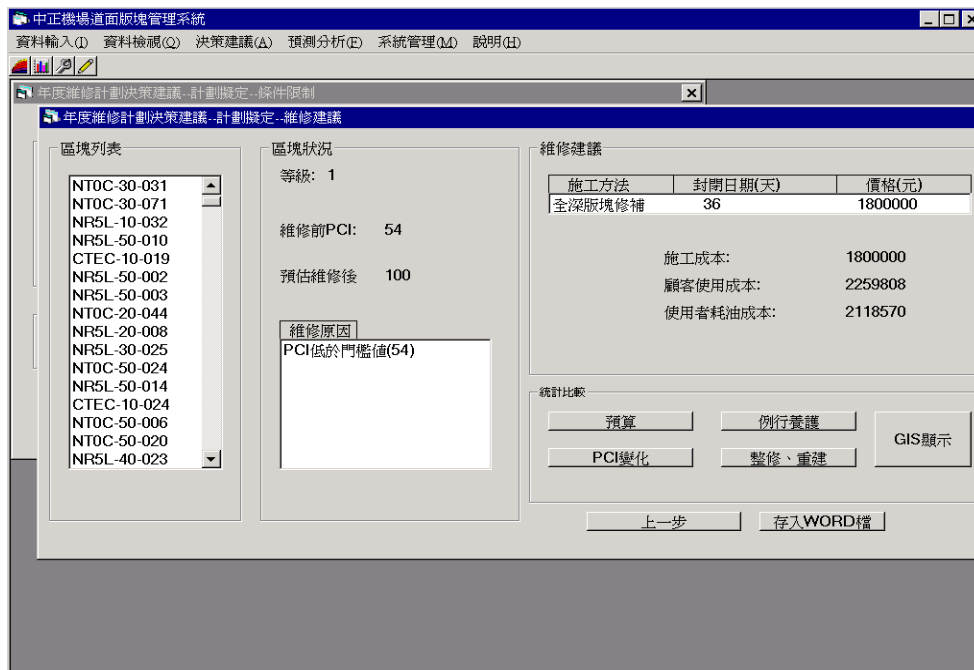


圖 6 維修建議畫面[4]



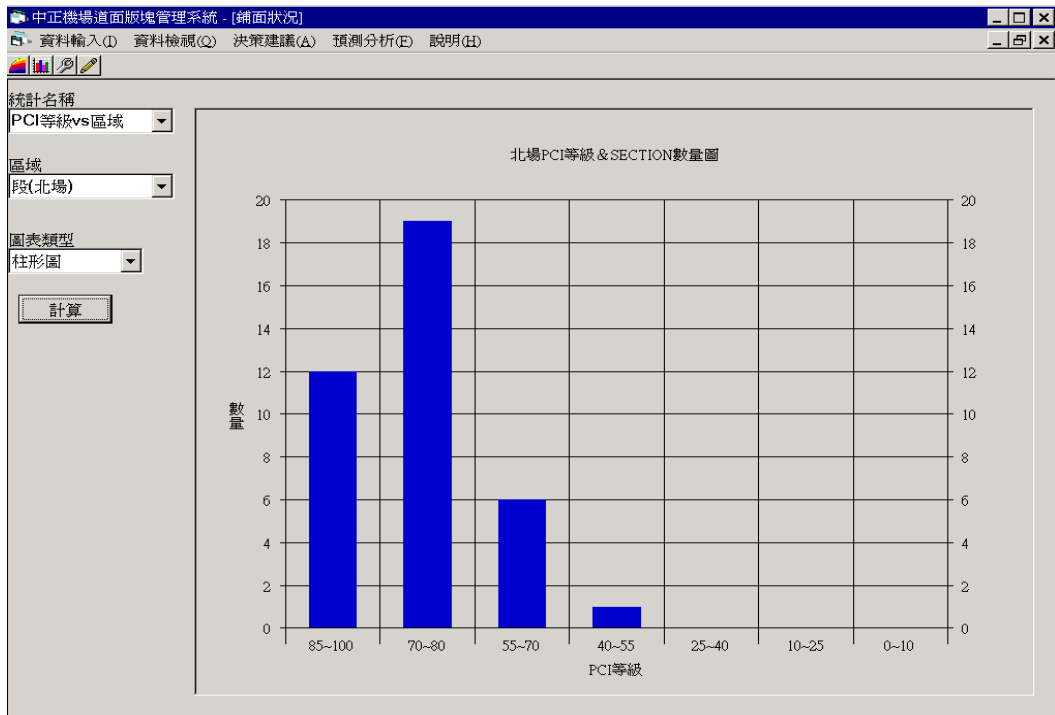


圖 7 PCI 與數量統計畫面[4]

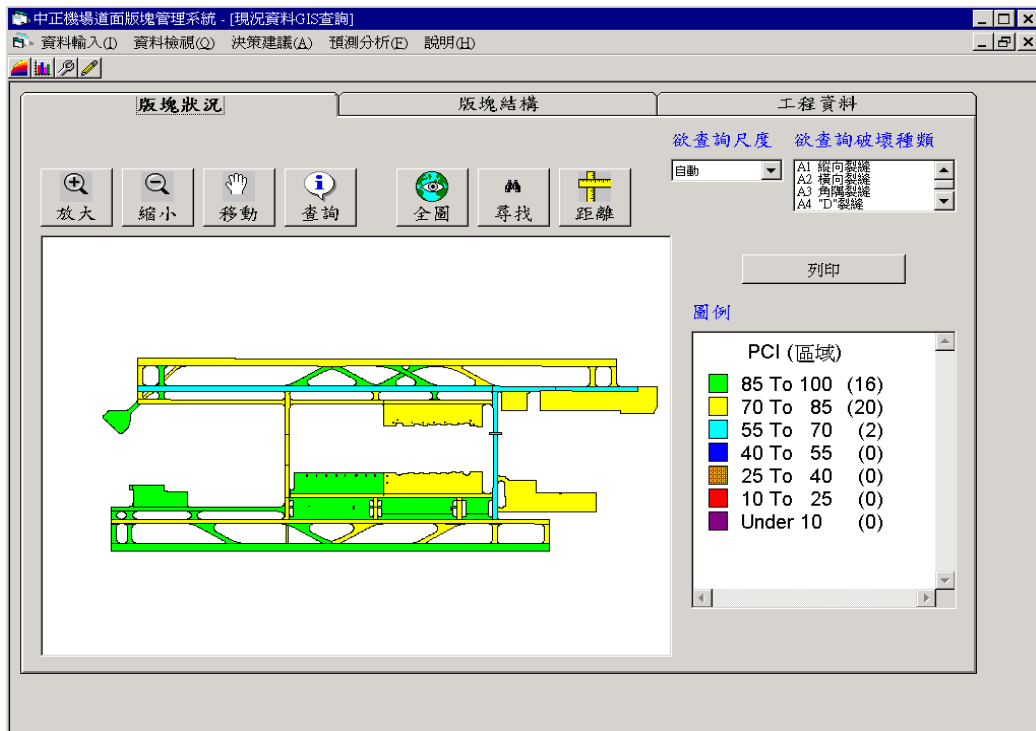


圖 8 鋪面狀況資料顯示畫面[4]



八、結論與建議

中正機場跑道、滑行道及機坪等剛性鋪面管理系統歷經 1 年 6 個月後完成，此系統模組及功能的建構係以路網階層管理為基準，其目標在於評估機場整體鋪面服務現況、確認年度所需養護鋪面區域、研擬年度養護所需預算額度與評估養護執行後之 PCI 值等作業，使機場管理者能即時掌握空側跑道、滑行道及機坪等鋪面服務現況，依據機場營運所需的服務標準施以適當養護作業，確保空側跑道、滑行道及機坪等鋪面於一定服務標準之上。

本研究為首次國內針對機場空域進行鋪面管理系統，其完整性或嚴謹性會有不足之處，但卻可提供中正國際航空站作為鋪面評估管理之基礎，以利其對現況有更深入瞭解及對養護預算之編列有顯著之幫助。

中正機場鋪面管理系統完成已有 2 年，由於第一期鋪面結構已屆設計年限，配合亞洲地區空運的成長，空側跑道、滑行道及機坪等鋪面亦經數次擴建及更新，故剛性鋪面區域及版塊數已與系統初始資料有不同，為維持鋪面管理系統與現場的鋪面資料一致，應在工程竣工後修正管理系統之鋪面基本資料及平面圖，以維持鋪面管理系統的完整性。

參考文獻

1. FAA, "Pavement Management System," AC No:150/5380-7, 1988.
2. Dale E. Peterson, Evanston, and Wyoming, "Pavement Management Practices," NCHRP Synthesis 135, 1985.
3. AASHTO, "Guidelines for Pavement Management System," 1990.
4. 交通部民用航空局中正國際航空站,「建置中正機場跑滑道及停機坪板塊專家系統」,國立台灣大學與嚴慶齡工業發展基金會合設工業研究中心,民國九十一年九月。
5. ASTM, "D5340 Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Survey," Volume 4.03 section 4,1996,pp.552 ~ 599.
6. M. Y. Shahin, "Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots," Chapman & Hall, 1994.

