

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：進修)

ASC-TRT-03-12-001

參加新加坡民航學院機場工程 第三階段訓練班報告書

服務機關：行政院飛航安全委員會

出國人職稱：工程師

姓名：林沛達

出國地區：新加坡

出國期間：民國九十二年十月二十日至十一月九日

報告日期：民國九十二年十二月八日

142 / 09204878

行政院及所屬各機關出國報告提要 系統識別號 C09204878

出國報告名稱：參加新加坡民航學院機場工程第三階段訓練班報告書
頁數：104 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：行政院飛航安全委員會

聯絡人：黃佩蒂

電話：(02) 2547-5200 分機 154

出國人員姓名：林沛達

服務機關：行政院飛航安全委員會

職稱：工程師

電話：(02) 2547-5200

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：民國九十二年十月二十一日至十一月九日

出國地區：新加坡

報告日期：民國九十一年十二月八日

分類號/目

關鍵詞：飛航安全、機場工程、機場設計、機場管理、機場維修

內容摘要：

本次課程是由新加坡民航學院及新加坡南洋理工學院共同開辦，為全球少數為國際民航組織所承認之訓練，該課程內容結合學術面、實務面及全球規範訂定者。此行主要的目的是：（一）了解機場工程之輪廓，（二）培養機場工程施工及維護之種子學員，（三）提昇國內機場安全調查之知識與技巧。

該課程提供完整之技術性知識，以評估機場發展需求計畫、機場發展設計、機場設施、執行相關工程及維護機場設施等。該階段屬於機場工程之第三階段，所介紹之課程涵蓋：維修管理概述；機場清潔維修；設施生命週期成本分析；維修管理；維修預算及契約；維修管理計算系統；鋪面維修；剛性鋪面維修；柔性鋪面維修及鋪面狀況評估系統；機場道路維修；評估鋪面強度；跑道煞車作用；鋪面管理系統；其他機場表面物體維修；建築物缺點及校正；資源分配法；機械及電力系統維護；機械及電力系統管理；建築物自動化系統；節能法；機場建物防火保護；景觀及維護等以達成學員通盤了解機場維護相關學識。

新加坡民航學院不僅在專業師資之提供、課程安排，具有完整規劃，對於學員學習成效利用多種形式之考試，了解其吸收能力，相對於其他訓練機構實謂嚴謹，所有學員勢必獲益良多，本次課程僅完成機場維護部份，另尚有機場運作及管理部份尚未完成，建議若有機會仍應參與完成該項訓練，或遴聘相關教師至

本國授課。另本課程授課期間與國外相關機場安全承辦人員多所研討，在此願提出對本國機場大方向之二項建議，供監理及法規制定者參考：一、根據國際民航公約第十四號附約第三章規範，須於政府組織中建立機場安全監督單位及其監督機制，於2003.11.27前需依國際民航公約第十四號附約認證本國之國際機場並發與證書，建議監理及法規制定者儘速完成以符合該規範；二、建議政府研議機場民營化方案及進程：機場民營化乃國際趨勢，該基礎在於政府完善之監理法規，其優勢為精簡政府組織人事，政府僅需專注於機場監理及法規制定之角色扮演。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：參加新加坡民航學院機場工程第二階段訓練班報告書

出國計畫主辦機關名稱：行政院飛航安全委員會

出國人員姓名：林沛達

服務機關：行政院飛航安全委員會

職稱：工程師

出國計畫主辦機關審核意見：

- 1.依限繳交出報告
- 2.格式完整
- 3.內容充實完備
- 4.建議具參考價值
- 5.送本機關參考或研辦
- 6.送上級機關參考
- 7.退回補正,原因:
 - (1)不符原核定出國計畫
 - (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
 - (3)內容空洞簡略
 - (4)未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理
 - (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔

8.其他處理意見：

層轉機關審核意見：

- 同意主辦機關審核意見
 - 全部 部份_____ (填寫審核意見編號)
- 退回補正,原因:_____ (填寫審核意見編號)
- 其他處理意見：

目錄

一、行程.....	6
二、課程安排.....	7
三、心得.....	14
3.1 維修管理概述.....	14
3.1.1 維修管理概述.....	14
3.1.2 機場清潔維修.....	20
3.2 設施生命週期成本分析.....	20
3.3 維修管理.....	26
3.3.1 維修預算及契約.....	26
3.3.2 維修管理計算系統.....	35
3.4 鋪面維修.....	37
3.4.1 剛性鋪面維修.....	37
3.4.2 柔性鋪面維修.....	51
3.4.3 機場道路維修.....	53
3.4.4 評估鋪面強度.....	57
3.4.5 跑道煞車作用.....	60
3.4.6 鋪面管理系統.....	67
3.5 其他機場表面物體維修.....	72

3.6 建築物缺點及校正	75
3.7 資源分配法.....	91
3.8 機械及電力管理	94
3.9 機械及電力系統管理	99
3.9.1 建築物自動化系統.....	99
3.9.2 節能法.....	102
3.9.3 機場建物防火保護	106
3.10 景觀及維護.....	108
四、建議.....	109

一、行程

本次課程是由新加坡民航學院及新加坡南洋理工學院共同開辦，為全球少數為國際民航組織所承認之訓練，該課程內容結合學術面、實務面及全球規範訂定者。此行主要的目的是：（一）了解機場工程之輪廓，（二）培養機場工程施工及維護之種子學員，（三）提昇國內機場安全調查之知識與技巧。

按預定的時間於十月二十日搭國籍航空公司自台北出發，當天中午即抵達新加坡，於先行了解住宿、上課地點與交通等基本問題後，第二天即開始上課。上課時間由十月二十一日至十一月七日。十月七日為考試日，該課程另提供獲取學位學員於十月十日返校加考申論題。

學員來自於世界各地，包括貝南、香港、新加坡、韓國、奈及利亞、斯里蘭卡、蘇丹、台灣等共 16 人。

新加坡民航學院位於新加坡樟宜機場西北方，方便大多數自於世界參與的學員來，詳細位置如地圖 1 紅色三角形所示。

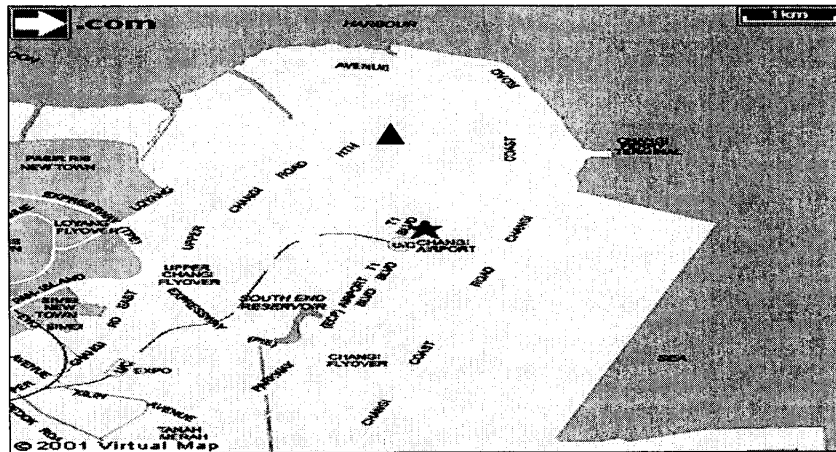


圖 1 漳宜國際機場與上課地點新加坡民航學院相關位置地圖

二、課程安排

(一)課程簡述：

該課程提供完整之技術性知識，以評估機場發展需求計畫、機場發展設計、機場設施、執行相關工程及維護機場設施等。該階段屬於機場工程之第三階段，所介紹之課程涵蓋：維修管理概述；機場清潔維修；設施生命週期成本分析；維修管理；維修預算及契約；維修管理計算系統；鋪面維修；剛性鋪面維修；柔性鋪面維修及鋪面狀況評估系統；機場道路維修；評估鋪面強度；跑道煞車作用；鋪面管理系統；其他機場表面物體維修；建築物缺點及校正；資源分配法；機械及電力系統維護；機械及電力系統管理；建築物自動化系統；節能法；機場建物防火保護；景觀及維護等以達成學員通盤了解機場維護相關學識。

(二) 課程表：

AIRPORT ENGINEERING COURSE
21 OCT 03 TO 11 NOV 03 (MODULE 3)

MODULE 3 - AIRPORT MAINTENANCE						
WEEK 9	DAY/DATE	MONDAY 20 OCT	TUESDAY 21 OCT	WEDNESDAY 22 OCT	THURSDAY 23 OCT	FRIDAY 24 OCT
TIME	0900 - 1000	Module 2 Part 2 Examinations 3 hours (0930 - 1230 hours)	Registration (For Module 3 participants)	3.4.6 Pavement Management System (1000 - 1200 hours) (Venue : NTU)	3.3.1 Maintenance Contract and Budget <i>Koh Miew Ling</i>	Public Holiday
1015 - 1115	3.1.1 Overview of Maintenance Management <i>Lee Wei Kwang</i>					
1115 - 1215	3.1.2 Airport Cleaning Maintenance (Effective Use of Cleaning Contractors) (1315 - 1445 hours) <i>Bernard Chau</i>					
1315 - 1415			3.4.6 Pavement Management System (Continued) (1300 - 1600 hours) (Venue : NTU)	3.3.2 Computerised Maintenance Management Information (1115 - 1215 hours) (1315 - 1400 hours) <i>Chua Soon Lye</i>	Study Period	
1415 - 1515						
1530 - 1630			<i>A/P Lum Kit Meng</i>			

**AIRPORT ENGINEERING COURSE
21 OCT 03 TO 11 NOV 03 (MODULE 3)**

WEEK 10		MODULE 3 - AIRPORT MAINTENANCE				
WEEK 10 DAY/ DATE TIME	MONDAY 27 OCT	TUESDAY 28 OCT	WEDNESDAY 29 OCT	THURSDAY 30 OCT	FRIDAY 31 OCT	
0900 - 1000	3.4.1 Rigid Pavement Maintenance	3.4.3 Airport Roadway Maintenance	3.2 Facilities Life Cycle Costing	3.6 Building Defects & Rectification	3.6.2 Structural Concrete Failure and its Rectification	
1015 - 1115		<i>Au Wing Tak</i>	3.2.1 Principles of Life Cycle Costing	3.6.1 Structural Defects in Building & its Causes	<i>A/P Tan Teng Hooi</i>	
1115 - 1215		3.5 Other Surface Elements	3.2.2 Time Value of Money	3.6.2 Structural Concrete Failure and its Rectifications	3.6.3 Roofing Problems and its Remedial Actions	
1315 - 1415	3.4.2 Flexible Pavement Maintenance (1315 - 1445 hours)	<i>Au Wing Tak</i>	3.2.3 Life Cycle Costing Applications	(Venue: NTU)	<i>A/P Tan Teng Hooi</i>	
1415 - 1515	<i>Au Wing Tak</i>	3.5 Other Surface Elements (continued) (1315 - 1400 hours)	3.2.4 Other Evaluation Techniques	3.6.2 - Structural Concrete Failure and its Rectifications (Cont'd) (Venue: NTU)	<i>A/P Tan Teng Hooi</i>	
1530 - 1630	Study Period	3.4.4 Evaluation of Pavement Strength (1400 - 1500 hours)	Life Cycle Costings Workshop	Building Defects & Rectification Workshop	Study Period	
		3.4.5 Runway braking Action	<i>Ben Teng</i>	(Venue: NTU)	<i>A/P Tan Teng Hooi</i>	
		<i>Ben Teng</i>	<i>A/P Robert Tiong</i>			

**AIRPORT ENGINEERING COURSE
21 OCT 03 TO 11 NOV 03 (MODULE 3)**

WEEK 11		MODULE 3 - AIRPORT MAINTENANCE				
TIME	DAY/ DATE	MONDAY 3 NOV	TUESDAY 4 NOV	WEDNESDAY 5 NOV	THURSDAY 6 NOV	FRIDAY 7 NOV
0900 - 1000		3.7 Resource Allocation	3.8 Maintenance Of M & E System - Airconditioning, Lifts - HT/LT Networks <i>Soh Eng Seng</i>	3.9 M & E Management 3.9.1 Building Automation System <i>Mak Kah Pok</i>		Module 3 Part 1 Examinations 2 hours (0930 - 1130 hours)
1015 - 1115			3.8 Maintenance Of M & E System - Baggage Handling System - PLB <i>Benedict Oon</i>	3.9.2 Energy Conservation <i>Soh Eng Seng</i>		
1115 - 1215			3.9.3 Fire Protection in Airport Buildings (1115 - 1215 hours) (1315 - 1415 hours) <i>Tay Eu Hwang</i>	3.10 Landscaping & Maintenance <i>S Veera</i>	Study Period	
1315 - 1415		<i>A/P Lam Soi Hoi</i>		Visit to Nursery (1330 - 1430 hours) <i>Tan Hwee Seng</i>		
1415 - 1515		3.7 Resource Allocation Workshop <i>A/P Lam Soi Hoi</i>	Study Period	Visit to Airport Maintenance (1430 - 1600 hours) <i>Mak Kah Pok</i>		
1530 - 1630						

(三) 授課教師：

<u>講師姓名</u>	<u>單位職稱</u>
<u>Prof Henry Fan</u>	<u>Professor & Director</u> <u>Center for Transportation Studies</u> <u>School of Civil and Structural</u> <u>Engineering</u> <u>Nanyang Technological University</u> <u>Singapore</u>
<u>Assoc Prof Robert Tiong</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Assoc Pro Wong Wai Fan</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Assoc Prof Tan Teng Hooi</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Assoc Prof Lam Soi Hoi</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Assoc Prof Lum Kit Meng</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Assoc Pro Wong Yiik Diew</u> <u>Engineering</u>	<u>School of Civil and Structural</u> <u>Nanyang Technological University</u>
<u>Mr Bawajee Rajaram</u>	<u>Manager (Civil Engineering)</u> <u>SPECS Consultants Pte. Ltd.</u>
<u>Mr Kang Yew Lee</u>	<u>Cargo Supervisor (Training)</u> <u>SATS Airport Services Pte Ltd</u>
<u>Mr Goh Wei Fen</u>	<u>Asst. Director (Ground Operations)</u> <u>Airport Management Division</u>
<u>Mr Bernard Chan</u>	<u>Asst. Director (Estate Management)</u> <u>Airport Management Division</u>

<u>Mrs Mary Tan</u>	<u>Chief</u> <u>Apron Control/Management Services</u> <u>Airport Management Division</u>
<u>Mr Loh Seow Yick</u>	<u>Asst. Airport Manager</u> <u>Airport Management Division</u>
<u>Mr Hamsa Ramli</u>	<u>Instructor</u> <u>Singapore Aviation Academy</u>
<u>Mr Lo Weng Kee</u>	<u>Executive Engineer (Nav aids)</u> <u>Operations Division</u>
<u>Mr Francis Anthony</u>	<u>Operations Commander (Fire Safety)</u> <u>Airport Emergency Division</u>
<u>Mr Lim Lai Choon</u>	<u>Senior Airport Emergency Officer</u> <u>Airport Emergency Division</u>
<u>Mr Lee Wei Kwong</u>	<u>Senior Engineer (Terminal 1)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Au Wing Tak</u>	<u>Executive Engineer (Civil)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Patrick Soh Eng Seng</u>	<u>Executive Engineer (Electrical)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Ng Hoe Seng</u>	<u>Senior Technical Officer (Mechanical)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Ms Koh Miaw Ling</u>	<u>Executive Quantity Surveyor</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Chan Kim Hove</u>	<u>Engineer (Electrical)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Koh Ming Sue</u>	<u>Engineer (Electrical)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Ms Joyce Wee Li Ying</u>	<u>Senior Technical Officer</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Lau Pui Kee</u>	<u>Senior Technical Officer (Mechanical)</u> <u>Engineering Division</u>
<u>Mr Mustapha Nasar</u>	<u>Manager (Terminal Operations)</u> <u>Airport Management Division</u>
<u>Mdm Choong – Tio Chieu Yoke</u>	<u>Manager (Horticulture)</u> <u>Airport Management Division</u>

三、心得

3.1 維修管理概述

3.1.1 維修管理概述

一、維護組織之組成：需考量下列因素

1. 工作負荷及型態 work load and type
2. 急件工作量 amount of emergency work
3. 不使用時的成本：成本高分散組織；成本低集中組織；cost of unavailability
4. 機具位置 location of plant
5. 生產機構 production organization
6. 維護資源 maintenance resources

二、分散團隊組織：在低工作量時可能比集權團隊低利用率，但在急件時卻能快速反應，達成較高機具效益。因此，須考慮應將機具的效益及團隊的資源利用形成最佳化的平衡。

三、維護組織需持續改革：故三種組成維護組織的要素資源，管理及控制系統，在組織中的比重需持續調整。

四、工作種類：區分為三種

1. Corrective Work：時間壓力大，一定要作。分為 Emergency

Work , Deferred Work , Removed Item Work , 均為 off-line 須關閉部份區域。

2. Preventive Work : 計畫性時間壓力低。依容易安排程度區分為 Short periodicity work , minor off-line Services and other minor work involve short and medium periodicity off-line work , Major off-line overhauls and other major off-line work involving long periodicity , multi-task , multi-craft work 。
3. Project and modification work : 非維護工作本身。如設施更新可增加維護工作順暢。

五、資源種類：區分為

1. 人力：使用技術、工藝及專業來分類不同種類勞力，良好勞力素質來自於技術及機具訓練、複訓及專家訓練。
2. 備料：包含控制、分類、辨識、儲存、技術、控制存貨成本及缺貨成本的平衡。
3. 工具：同備料注意事項，但如非耗用品可歸還之借貸工具須注意租金及維護。

六、資源結構：以種類、工作混合比及位置來配合工作量達成目標。

□ 合作承商混合比

1. 不同承商創造不同工作能力。

2. 公司越大技術越強，但須達成較佳個人技術及勞工利用管理。

□ 位置

1. 人力備料工具配置位置。

2. 中央集權越大易達成人力利用率，但反應時間較慢。

七、管理者結構 Administration：管理結構視為一決策系統，設計管理結構需考量：

- 決定每一階層工作區域及責任
- 建立水平及垂直階層
- 明定管理目標並使參與人員均了解
- 建立有效溝通及資訊系統

八、控制系統：形成良好資訊，資訊位於正確地方，正確時間，執行良好工作。

- 工作計畫系統需中央集權化
- 正確的工作量及資源資訊需及時給予工作計畫者
- 工作計畫者須被授權分派工作
- 各層工作計畫需相應結合

九、需由業主、使用者、顧問，告知上層管理者下列事項：

- 標準修訂及偏差執行狀況
- 不同政策對應之優點
- 釐清受限制條件及告知執行工作方法
- 估計長短期維護花費(initial cost and backlog over years)
- 提供高級管理者成本資訊決定更新或維修
- 技術要求
- 新建物設計階段考量後續維護難易的設計變更

十、組織的功能：

- 中央管理系統
 1. 管理者、監督者、技術員及事務員之責任定義。
 2. 建立工作關係，會計模式及連絡路徑。
 3. 建立標準程序及操作指示。
 4. 設計適當溝通資訊系統及管道，確定協調及有效反饋系統。
- 發包作業
 1. 準備招標文件及承包商選擇。
 2. 管理契約，授權及評估變動，驗收及付款。
 3. 監督工作確定符合契約。
- 指揮勞工 Direct labour Force：獨立契約商其職責為
 1. 選擇工頭定義其職責、授權、限制及功能。

2. 包含引進工人、薪資、進度、管理、安全、福利及訓練方案。
3. 購料及存貨控制程序。
4. 購買或雇用機具、安排勞工、材料、機具、運送至工地。
5. 維護工務所及倉庫。

十一、控制功能：

1. 工作建立：在限制條件下，定義工作範圍，達成要求標準、計畫性檢查，達成使用者要求及設定優先順序。
2. 執行時間：組織工作量，已達成使用者要求，即掌握可利用人力資源限制。
3. 品質：執行控制檢查，以發現問題的監督行為。
4. 成本：預算控制及實際花費在成本及性能上的比較。
5. 反饋：所有控制系統需紀錄加以分析。

十二、其他功能：安全、保安、失火預警、廢棄物、清潔

十三、組織內部配屬直屬勞力的優缺點：

1. 優點：
 - 充分控制勞力分派，緊急情況可快速反應，有較大彈性
 - 熟悉及具知識的人

- 較佳品質控制
- 計畫及執行中易了解第一手的成本控制資料
- 邀請投標及議價不會延遲
- 保安投入人力較少

2. 缺點:

- 缺乏勞工技術及計畫規格
- 較昂貴
- 承商可自由非限制在一定業主
- 工作連續性但直屬勞力需休息
- 小及費時的工作卻用到大量勞力
- 技工學非所用
- 增加安置空間
- 財務及其他風險產生

十四、影響選擇直屬勞力或非直屬勞力(承包商)的考慮因素：

1. 工作性質：舊有工藝技術，專家事務，不具技術工作
2. 工作量：正式且連續聘用，尖峰工作留給承包商，例行事務
3. 反應時間：緊急，急迫，正常
4. 工作所在位置：調派時間
5. 品質

6. 保全人力
7. 可利用空間
8. 市場狀況
9. 金流

3.1.2 機場清潔維修

- 一、機場清潔資料庫建立
- 二、訂定性能要求規範
- 三、考量頻率及時程
- 四、循環期設計
- 五、鼓勵機器化減少人力成本
- 六、機場設計與維護者協調
- 七、清潔標準監視
- 八、一般違規事項
- 九、違規事項處理
- 九、人員素質及訓練認證(BICS, NSRS)

3.2 設施生命週期成本分析 Facilities Life cycle cost analysis

- 決策：多方案收入及支出的平等比較 Receipts and Disbursement comparing the equivalent outcome of the alternatives at given date。

- 四種轉換比較法：
 1. EUAC : Equivalent Uniform Annual Cash Flow or Net Annual Worth
 2. Present Worth : Net Present Value
 3. Internal Rate of Return
 4. Benefit Cost Ratio
 5. Payback Period
- Time-Value Equivalents 時間的價值均衡：The purpose of time value calculation is to receipts and disbursements of various amounts occurring at various times to a cash flow pattern that assists an economic evaluation，將支出及收入轉成現金流型。
- MARR Minimum Attractive Rate of Return 最低接受回報率：a low limit for investment acceptability；also called opportunity cost of capital 資本於相等風險投資方案下的機會成本；expected rate of return that is offered by other projects (opportunity) of equivalent risk；a standard of profitability for a company；how much the present project is worth，評估現行方案的價值標準。
- Salvage 殘值：gross receipts from the sale of equipment minus any disbursements required by its removal and sale。賣出殘值但需扣除交易及搬移成本。
- Capital Recovery Cost 資本回復成本 CR: the equivalent uniform cost of the capital invested (initial investment and salvage 包含

最初投資值及殘值)將最初資本額平等均分及殘值平等均分再相減所得之成本。

- Length of life 生命期：the same useful life span，different life span，perpetual 兩方案進行比較時可能有相同生命期，不同生命期及無限長生命期三種型態，需轉換使得比較。
- EUAC Equivalent Uniform Annual Cash Flow：
 1. Covert money to an equivalent uniform annual cost/benefit by MARR to be interest rate.
 2. Favorable：the lowest cost/the highest benefit.
 3. Net Annual Worth=Annual Equivalent Receipt (R) -Annual Equivalent Disbursements (D)-Annual Equivalent Capital Recovery (CR).
 4. Net Annual Worth 必須大於零及取得最大值的方案，因為 economically justified。
 6. EUAC does not require taking the comparison over the same number of years if identical replacement is assumed。The EUAC for one cycle of an alternative therefore represents the EAUC of that alternative。EUAC 法不要求比較方案的生命週期需一致，因為如果一循環的 AW 值必等於延伸循環的 AW 值。
 7. Perpetual period 無限大期： $AW=P*I$ when $n=\text{infinity}$ 。先將 Annual Worth 轉成 Present Value，再乘以利率。
- EUAC or NAW 計算程序：

1. 已知 MARR(i)及生命週期。
 2. 依 APFG 轉換表求出 CR(capital and salvage)的 AW，如

$$A=P*(A/P, i\%, n)。$$
 3. 加減經常性支出的 AW。
 4. 求出 NAW。
 5. 需判斷該比較方案應使用哪一種方法評估。
 6. 生命週期無限大時，若每一期經常性支出不同，將差異轉成 Present Value，再使用 $AW=P*I$ 法。
- Present Worth (Present value method)：
1. 又叫做 Discounted Cash Flow Analysis，未來錢轉成現在的錢因為利率關係，會呈現較少於原總和值故稱之。
 2. The interest rate is called the discounted rate.
 3. 使用不同年基期在 PVM 時需 Alternatives must be compared over the same number of years，Repeat，若產品生命週期不同，將較短者與較大者取公倍數，重複成本或以最小者生命週期並在較大週期者加上殘值。
 4. Perpetual project=capitalized cost=EUAC/I=AW=P*I when n=infinite.
 5. Net present value (NPV) is the different between the present Value of the future cash inflows (+) and the cash outflows (-).
 6. NPV 需為正值才值得投資。

7. 注意需將殘值列為收入。

□ Present Worth (Present value method)計算：

1. $PVa = CPVa_1 + CPVa_2 + \dots + CPVan - Omcost$.
2. Salvage 及 initial cost 均需依重複年轉成 present value。
3. 生命週期無限大時先將 Salvage or F 轉成 AW 再利用 $AW = P \cdot I$ 法求出 PW。
4. NPW or NPV 的觀念在於正負值判斷，可接受方案為 NPW 大於零。

□ Internal Rate of Return：

1. Prospective rate of return on the investment and compare it with the minimum attractive rate of Return (MARR) => Internal Rate of Return.
2. 可投資方案為 IRR 需大於等於 $i^*(MARR)$ 及滿足 $NPV > 0$ 。
3. The internal Rate of Return (IRR) is defined as the discount rate ($I\%$) which make $NPV = 0$ => Graphic.
4. $NPV = P_0 + F_1 (P/F, I = ?\%, 1) + F_2 (P/F, I = ?\%, 2) + \dots = 0$.
5. IRR 計算程序：
 - ◆ Draw cash flow diagram
 - ◆ Set up the rate of return equations in the form of equation
 - ◆ Select i ; trial error until $NPV = 0$ by interpolation; plot NPV vs. i .
6. 若多種不同初始投資值，其中較高的 IRR 值選擇不代表較有利潤。
7. 兩種不同方案使用 PW 法中，項目(如 CR 或 O&Mcost) 相

對值的反求，其 delta IRR 叫做 incremental rate of return or total rate of return(Prospective rate of return on the extra investment)，該法適用於多種不同初始投資值的方案，可得出最大利潤方案；算出後用 NPW 值驗證最大值方案，先前因 IRR 值小於 MARR，刪除的方案需再加以驗證。

8. If a decision maker wishes to know how a change in the MARR would affect the comparative advantages and disadvantages of the competing proposals, a graph of net present worth of each cash flow stream for interest rates from 0% to some reasonable upper value can be very helpful.

□ Benefit/Cost Ratio :

1. Benefits : advantage, expressed in money, which happen to the owner (public).
2. Disbenefits : disadvantage expressed in money, which happen to the owner (public).
3. Cost : Anticipated expenditure for construction, operation, maintenance etc. to the government.
4. $B/C = [(PW \text{ or } AW) \text{ Benefits} - \text{Disbenefits}] / (PW \text{ or } AW) \text{ Cost}$.
5. Acceptable Project is $BC \geq 1$.

□ Payback 回本期 : in terms of year

1. Payback refers to the recovery of the initial outlay on a project with some specified cut-off period.
2. Regardless of the choice of cut-off period, the payback rule gives difference answer from the NPV rule , 因為 Payback 專注計算期限前，但不管計算期限後之回收。
3. Discounted payback is a whisker better than undiscounted

payback. It recognize that a money at the beginning of the payback period is worth more than a money at the end of the payback period.

4. discounted interest rate 在 NPV 代表未來的錢轉成現在的
值變小。在 discount payback 表示接近投資初期的錢較接
近投資末期的錢值錢。

3.3 維修管理

3.3.1 維修預算及契約

□ 維修預算

一、維修預算定義：一給定時間的資源支出及花費，以達成預定工作
量；其中的資源包括勞力、工具、裝備及備料。

二、依工作特性區分之維修預算：

1. Preventive Maintenance：預劃性及經常性工作，如空調系統或
割草維修。
2. Breakdown Maintenance(Corrective Maintenance)：如破損鋪面
修理及燈具損壞。
3. Minor Improvement Work or Major Repair Works：系統或設備
一次改善，如水塔更換。

三、準備維修預算：基本原則為預測支出

1. 基於勞力成本(直接成本：工匠;間接成本：辦事員及工程師)：
外聘 out-contracted 勞力成本；雜費 incidental(辦公室空間租金)及備用用料工具及裝備。
2. 基於工程大小。
3. 基於備料材料的消耗比率。
4. 基於過去 preventive work 實際花費紀錄及承商估價單 contract sum。

四、預算正確能創造預劃工作及刺激有效管理；正確度可由要做什麼及預估作多久決定；基於下列可用資訊量多寡可決定評估之正確與否：

1. 工作的特性及範圍 extent
2. 工作環境 the conditions under which the work will be executed
3. 執行方式
4. 雇用勞力成本
5. 材料價格
6. 預算期長短
7. 過去經驗

五、維修預算及工作計畫：

1. 應為清楚易了解，預定花費與維修政策需相互連結。
2. 維修預算應亦是工作計畫。
3. 應容易呈現，並說服管理階層及獲得通過預算。
4. 顯而易見能達成工作目標及標準。

六、準備明年預算之方式 New Budgeting Approach：

1. 上下合作，如財務及計畫部門合作 Collaborative top-down approach。
2. 工作計畫準備 Preparation of work plan per annual。
3. 將重要性能指標及評估的預算溶入工作計畫中 Include key performance indicators and estimated budget in the work plan。
4. 準備財務目標 Prepare financial targets。
5. 分派指定預算至各部門 Allocation indicative budget department。
6. 分派指定預算至各部門所有計畫方案 Allocated the indicative budget to the respective project votes within department。
7. 同時準備預算及工作計畫使得基於預算而排定工作的優先順序 Prepare budget estimates concurrently with the work plan so that works can be priorities with the given budget。

七、總結：

1. 預算甚少完美合理。
2. 依去年預算可增刪百分之十為來年預算；百分比調整的目的是為了計畫中缺乏，但可能將會支出的金錢。
3. 不適當之責任劃分，將造成未來執行發生很多問題。
4. 預算並非控制工作的參考基礎。

□ 維修契約

一、維修契約定義：為出價及買受(offer and acceptance)達成的協議內容。

二、契約基本要素：為達成合法、有約束力契約，該契約須具備三要素

1. 出價及買受 offer and acceptance
2. 企圖製造合法關係
3. 條款 consideration

三、Invitation to treat and Offer 的差異：

1. Invitation to treat：before deal，雙方初步溝通問產品資訊或邀請 make a offer，如櫥窗內的定價行為、拍賣者之邀請出價行

為、宣傳單。

2. Offer to sell : deal 如拍賣(Auction)時出價(bid)行為為 offer ; 提出標單行為為 offer ; 當買方接受時為一 contract ; 依櫥窗定價經過討價還價過程為 offer 。
3. Invitation to treat then Offer then Contract.

四、offer 出價：

1. 出價行為由出價者提出，為一契約性與達成適當買受結果結合。
2. 出價行為需為清楚完整及不可更改的。

五、Acceptance 買受認定：

1. 法庭推斷買受行為藉著必須有證據證明，藉口頭文字或行為等，表現買受 offer and acceptance 。
2. 買方需和供方曾進行溝通。

六、企圖製造合法關係：

1. 企圖製造合法關係的論證為要求製造契約的正當性。
2. 非所有的協議皆認定合法關係，如社交及家庭內的約定，非為契約行為。

七、條款 consideration：

1. 契約條款建立在議價基礎。
2. 條款或許是如權利、利益、利息、利潤關係。
3. 價格並非必要。
4. 一定有一方獲益，同時一方損傷。

八、契約文件：由買賣雙方(Client and Contractor)建立契約，需區分
投標文件 tender document 及契約文件 contract
document，投標文件最後會併入契約文件內。

1. 投標文件 Tender Document 之目的：由工程師提出，描述工作
範圍及執行條件，其目的為：
 - 描述工作範圍
 - 描述買賣雙方間的權利義務
 - 提供定價及比價工具
 - 提供驗收方法及價格變化
 - 提供業主滿意的保證
2. 典型的投標文件 Tender Document 由下列項目組成：
 - 工程範圍 Tender drawing：應詳列細節顯示任何省略及隨
後變化不會影響成本。
 - 規格 Specification：結合價格表、表現案件範圍和型態、

材料種類及品質、技術標準、組裝固定及建造方法、檢驗及測試方法。

- 特定條款 Particular requirement：如償付損失、人力要求、保安安全要求等條款。
- 標單總表標價總額及單價分析表 Bill of Quantities, Lump sum：數量清單或工種。
- 契約條款 Condition of Contract：買賣雙方的權利義務，不同契約及地區有不同標準契約狀況。
- 一般需求敘述 Form of Tender
- 履約表 Form of Agreement
- 未完成扣款保證 Form of Performance Bond

3. 使用標準契約形式的優缺點：

優點：

- 省錢省時
- 較明確
- 減小錯誤機率

缺點：

- 某些條款與要求不同
- 不一致

- 需經常修訂

九、選擇承包商的方法：

1. 公開招標。
2. 限制性招標：公司資本額、公司最近完成類似工作的經驗、公司架構(技術及管理職員)、公司的工作量。
3. 議價：即時性工作、商業關係、接續性合約、市場狀況、特製品。

十、契約安排的種類 Type of contractual arrangements：

- 成本償還契約 Cost Reimbursement Contract (Cost + Percentage Fee)：招標時，工作的範圍及延展不確定時，使用該合約，促成雙方相互合作，成本經常性支出及利潤，價格變動非成問題，需小心紀錄成本項目，困難管理，承商缺乏降低成本意願。
- 目標成本契約 Target Cost Contract (Target Cost + Target Profit)：和成本償還契約相同，除了刺激承商降低成本的部分，公平分配成本風險，業主了解預算限制，鼓勵承商減低成本，困難獲得承商及業主對成本的一致認知。
- 期約型契約 Term Contract (Schedule of Rates)：使用在一定位

置的連續性工作，任何時候、任何工作均可執行，以大工程而言較為經濟，招標時未知總價。

- 工程契約 Bill of Quantities：招標時，已完成所有計畫及設計工作，最常見，業主能良好控制財務，相同價格基礎，承商為參與設計階段。
- 固定總價合約 Lum Sum Contract (Drawings and Specifications)：小工程若準備 BQ 較不合算，經濟快速，承商缺乏資訊，承擔較大風險，困難解釋業主需求。
- 設計建造合約 Design and Built：業主希望有專業技術及設計進行工程，鼓勵價格設計及組織間的競爭，減少變動延遲及爭論，設計及建造速度較快。
- 管理合約 Management Contract (Management Expert to administer team of subcontractors)：主承包商被指定為設計計畫及管理工作，該合約完全由次承包商專家在主承包商指揮下執行，承商專業受肯定，較佳團隊整合及控制次承包商，承商業主關係較密切，省時，無固定價格，工地現場多一層階級，完全依賴主承包商能力。

十一、時程基礎合約及性能基礎合約：

- 時程基礎合約 Prescriptive based：承商需為業主做什麼事項以

時程控制，人力要求數是固定的，業主不訂定輪班系統由承商提供，不提供後勤需求。

- 性能基礎合約 Performance based：承商能達到業主何性能要求標準，許多事項可以讓承商自行決定並達到要求，人力要求數由承商決定，但業主提供過去服務人工時及系統機具規格紀錄，不訂定輪班系統由承商提供，不提供後勤需求。

3.3.2 維修管理計算系統 Computerized maintenance management system

維修管理計算系統有六個模組

一、工序系統 Work Order System：

- 使裝備、設施及機具能進行維修管理
- 管理設施的性能
- 提供與其他模組介面
- 提供維修行動分析包含 availability, reliability and maintainability

二、設施註冊系統 Entity Registry System：

- 提供裝備組件及備料資訊
- 建立不同層面裝備間關係

- 確認設施編號
- 提供機器設備及設施之完整資訊
- 提供在設備之勞力及材料於突發及預劃成本比較分析
- 提供歷史資料

三、人力資源系統 Human Resource System：

- 承商及雇員的資料庫
- 進場時間登記資料
- 可利用雇員時間表
- 保安性特徵

四、材料管理系統 Material Management System：

- 提供有效管理控制中央及分店的資訊
- 安排承商工作及一般機場維護提供庫存 inventory 資料
- 為整體組織最佳化之庫存投資提供有效的庫存管理及控制
- 為管理及決策提供庫存及批發資料
- 提供彈性庫存及管理報告

五、採購管理系統 Purchasing Management System：

- 提供賣主資訊及採購資訊
- 為有效率及成本有效用，採購功能提供彈性功能

- 採購資訊的追蹤
- 提供採購材料需求計畫及控制的資訊
- 提供更新及正確的採購資訊

六、資金控制系統 Funds Control System：

- 提供預算控制
- 不同預算之資金流動追蹤
- 提供彈性報告格式

3.4 鋪面維修

3.4.1 剛性鋪面維修

- Occurrence of pavement system distress of pumping effect is due to presents of free water
- Scaling of concrete is peeling away of surface
- Basic Causes of pavement distress due to deterioration or deficiency of the pavement itself

一、概述

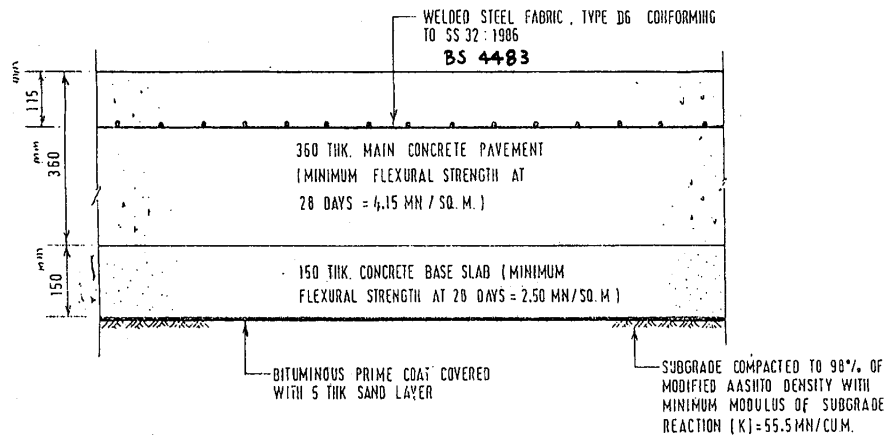
1. 維護理由：

- 確定設計負荷能力持續作用
- 延長生命
- 保護外在標準

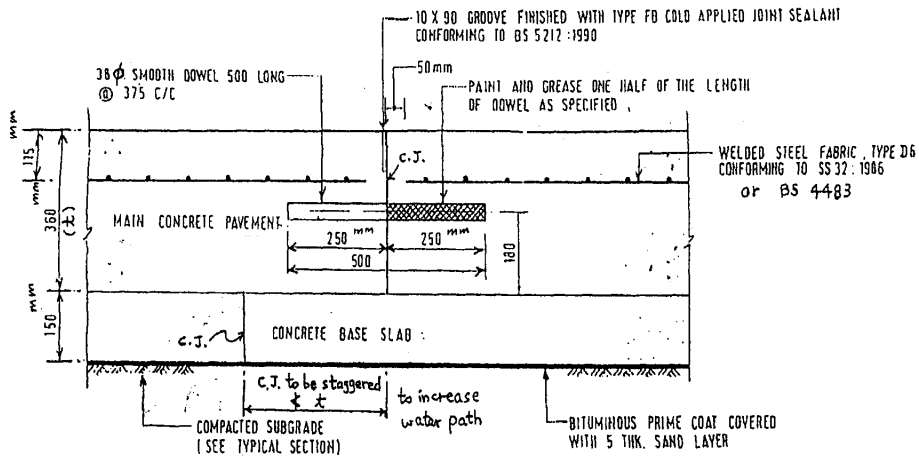
2. 製造良好鋪面前提：良好設計，製造及維護。

二、鋪面表面檢查：

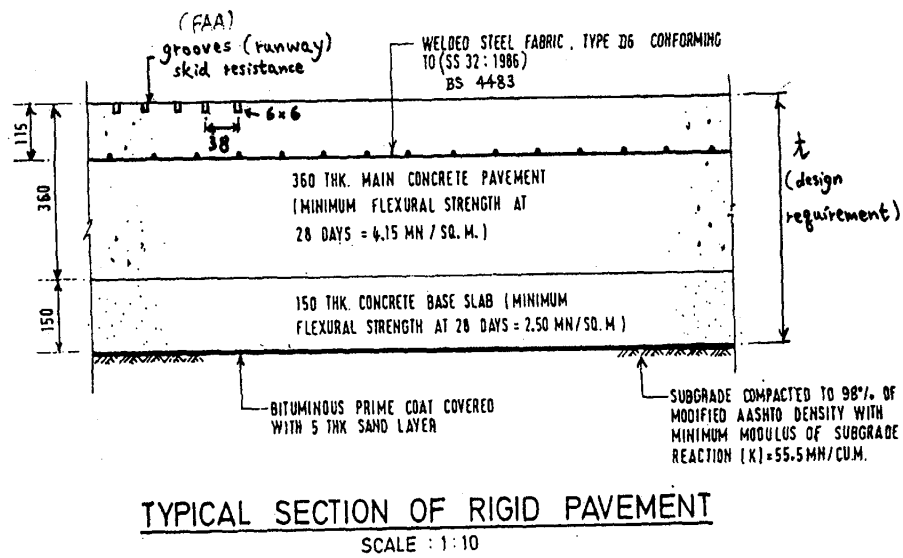
- 較柔性道壽命較長，若良好建造及使用，將簡化維修工作。
- 維修計畫及立即修理，經常檢查及詳細紀錄。
- 由良好訓練員工，每一星期或暴雨後，至少完整性能檢查一次。
- 適當組織以檢視每一部分，定義潛在問題，紀錄缺點，提出修正建議。
- 檢查區域：1.鋪面表面； 2.joint； 3.adjacent drainage system；
4.shoulders； 5.slope adjacent to pavement； 6.pavement edge；
7.debris。
- 典型剛性鋪面圖：



TYPICAL SECTION OF RIGID PAVEMENT
SCALE : 1:10



(TRANSVERSE CONSTRUCTION JOINT WITH DOWEL)
SCALE : 1:10



三、鋪面變形 Distress 型態：

I. 基本原因：

□ Deterioration or deficiency of the pavement itself：

1. 冰凍及溶化
2. 使用不耐久材料
3. 鱗化
4. 不適當置放 dowel
5. 凹凸，收縮，伸張壓

□ Inadequate design of pavement：

1. 不適當設計的鋪面結構及基土
2. 負荷過重

II. 一般鋪面變形型態表：

Rigid pavement	
Type Name	Description
Durability of concrete	<i>Disintegration of concrete</i> Non durable material <i>Climatic condition</i> Cracking; propagating; complete deterioration Semi circular hairline cracks closely spaced Increasing from joints and pavement edges
Scaling	<i>Peel away of surface</i> <i>Over-finishing</i> <i>Improper mixing and curing</i> <i>Use of deicing salts</i> <i>Excess water</i> <i>Aggregate contaminated by clay</i> If deteriorated, has structure effects
Shrinkage crack	Curing Short, random spacing, transverse and longitudinal directions
Frozen Dowel Bars	Improperly aligned/lubricated Restraint movement Restrain stresses Cracking and Spalling
Warping Cracks (Longitudinal Cracks)	Lack of longitudinal hinge joints Cracking random fashion Warping at centre of slab High stresses Use longitudinal joint/bar Occur in transverse direction for long slab
Contraction Cracks	Un jointed long slab Warping or excessive contraction cause transverse cracks
Restraints Cracks	Foreign matter lodge in a joint Restraining expansion Occur near outside edge (weak) Irregular path towards the longitudinal joint

Spalling	Breaking or chipping at joints Concentrated loading Gravel lodged in joint Misaligned dowels Weak mortar at joint Decreasing effective pavement depth and weakening pavement structure
Diagonal Cracks (Corner Cracks)	Diagonal across joints Forming a triangle Traffic loads on unsupported corners Weak spots in subgrade under the slab
Faulted Depressed Joints	A difference in elevation of 2 slabs at joint/cracks Shrinkage of underlying layers Pumping out of foundation material
Pumping Blowing	Ejection of mixture of water, sand, clay or silt along joints/cracks/pavement edges Accumulated free water in the subgrade a serious problem Structural failure
Channel zed traffic	Subjected to channelize traffic Localized structural cracks
Popouts	Crater like depression Breaking away a portion of the pavement by expansion of a piece of underlying aggregate, or containing unsound particles that expand/disintegrate Water absorption and freezing Little effect on strength of pavement Hazardous to a/c operations, pavement roughness

四、修復方法：

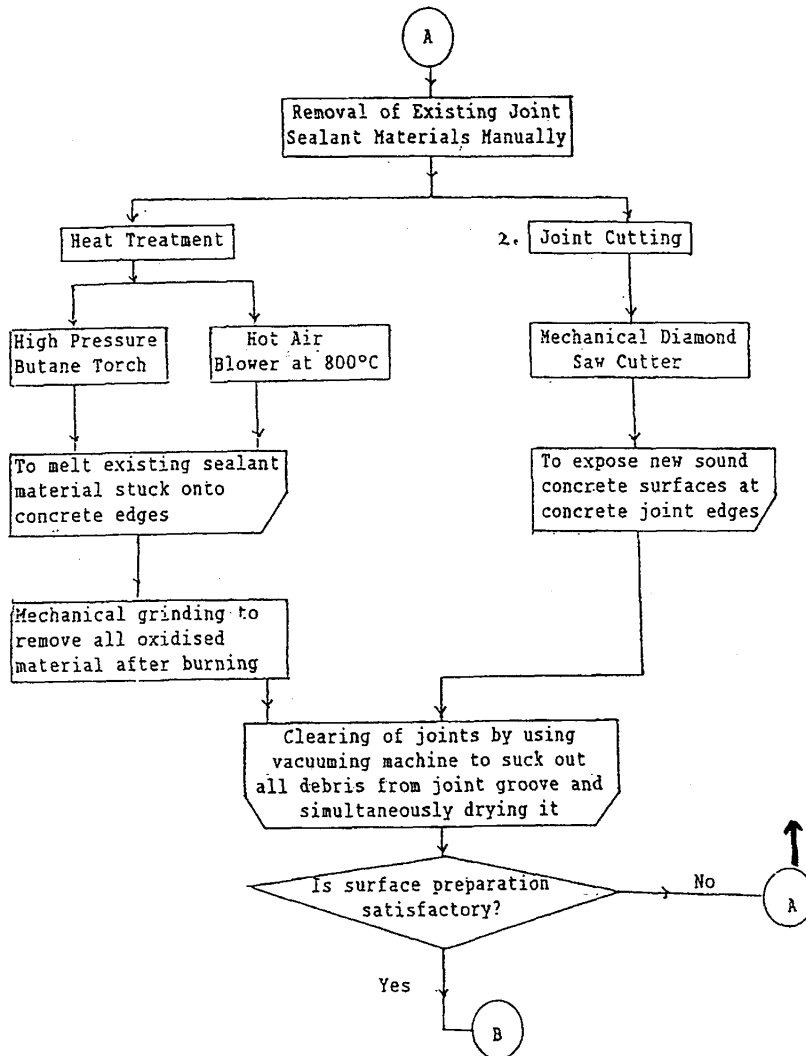
1. Resealing Joints 修理伸縮縫：

- 槽縫控制 cracks
- 溫度變化產生熱壓力及體積變化產生 Slab warping/cracks
- 預化切割尺寸以減低溫度影響

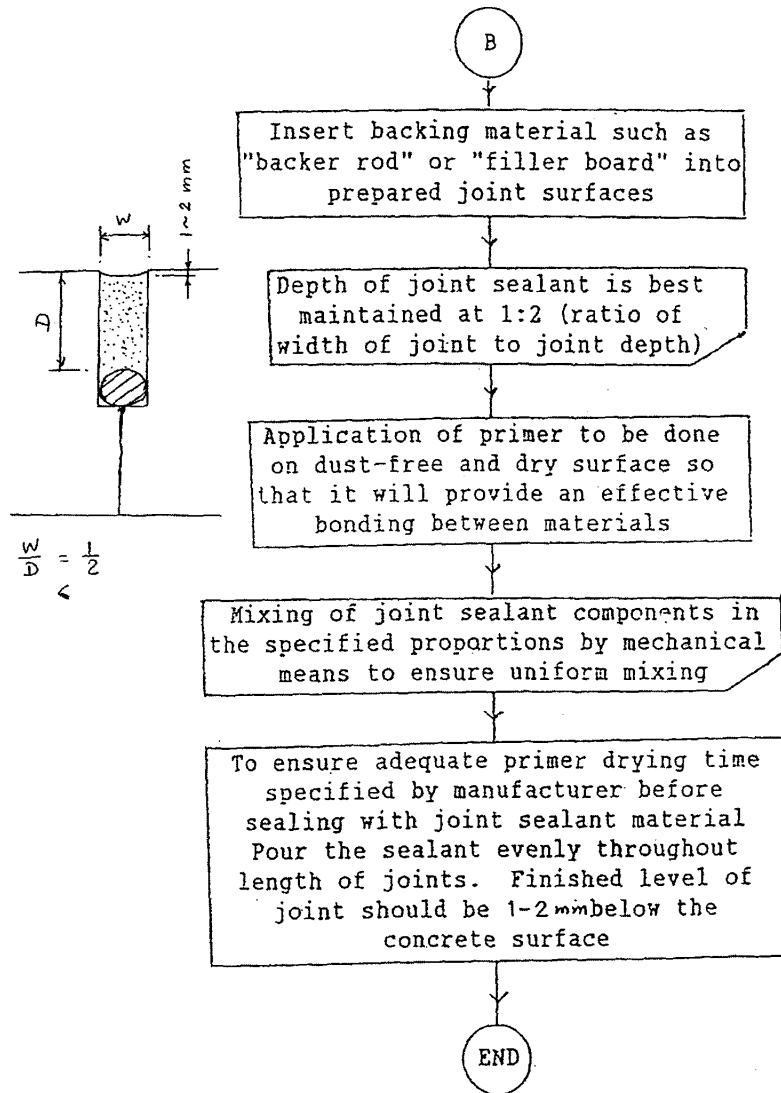
- 四種典型槽縫：**Construction Joint**(Longitudinal; transverse);
Longitudinal centre Joint(hinge joint; to relieve curling &warping stress); **Contraction joints**(in the transverse direction across paving lanes); **Expansion joints**(full pavement depth with a compressible filler provided to permit expansion)。
- Sealant 流程表：

REPAIR/RESEALING OF JOINT SEALANT

(9) JOINT PREPARATION WORKS



(h) APPLICATION OF JOINT SEALANT MATERIALS

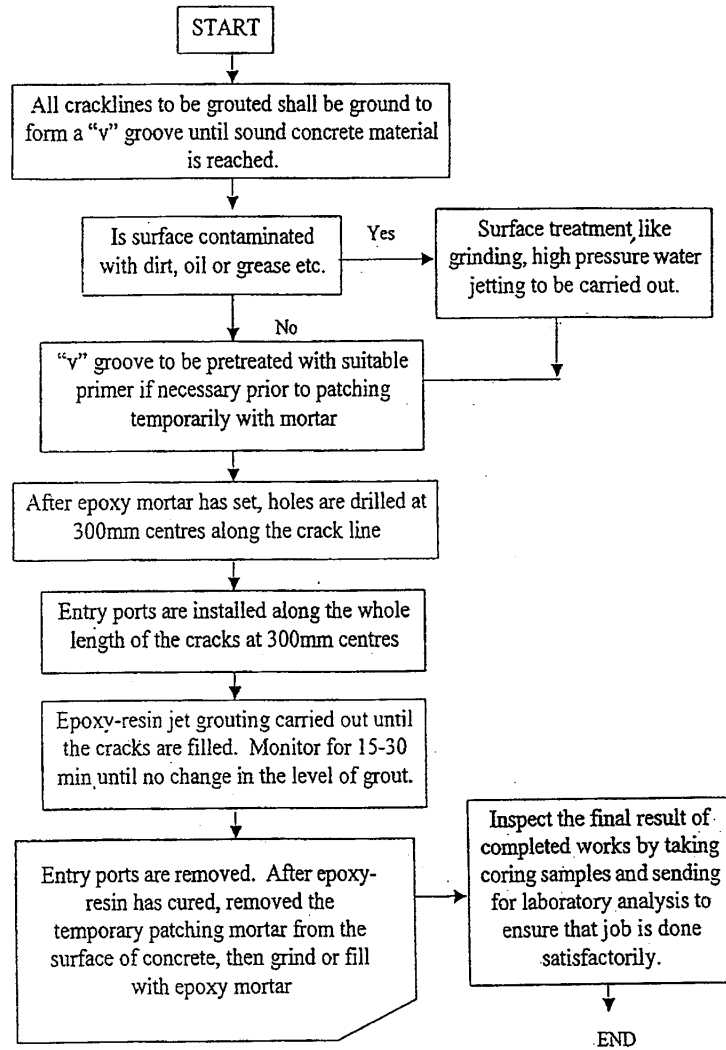


□ Back rod : Filler board

2. Sealing Cracks :

- 材料要求：快速得到高強度，低乾燥後沉陷，持久性。
- Epoxy Resin 為兩劑組成，要求低黏性，適當工作時間，良好黏結性，潮濕環境亦可黏結，低乾燥沉陷，強化混凝土，無色。
- Grouting 修理鋪面裂痕流程表：

d) REPAIR/SEALING OF SURFACE CRACKS BY EPOXY GROUTING



avn(Lecture notes_chart)

3. Spalled Joint 及 Concrete Edge :

- 因不適當建造方法或維護產生
- 流程表 :

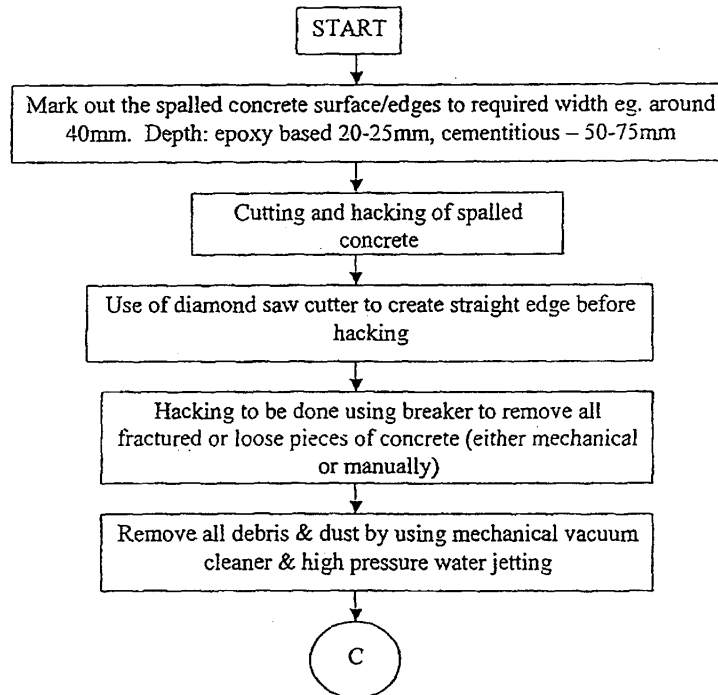
(3) REPAIR OF SPALLED JOINTS/CONCRETE EDGE

a) General

Spalling adjacent to joints in concrete pavement is often caused by poor construction practices or it may be caused by inadequate maintenance.

Regardless of cause, this type of defect creates a maintenance problem requiring the attention of maintenance personnel.

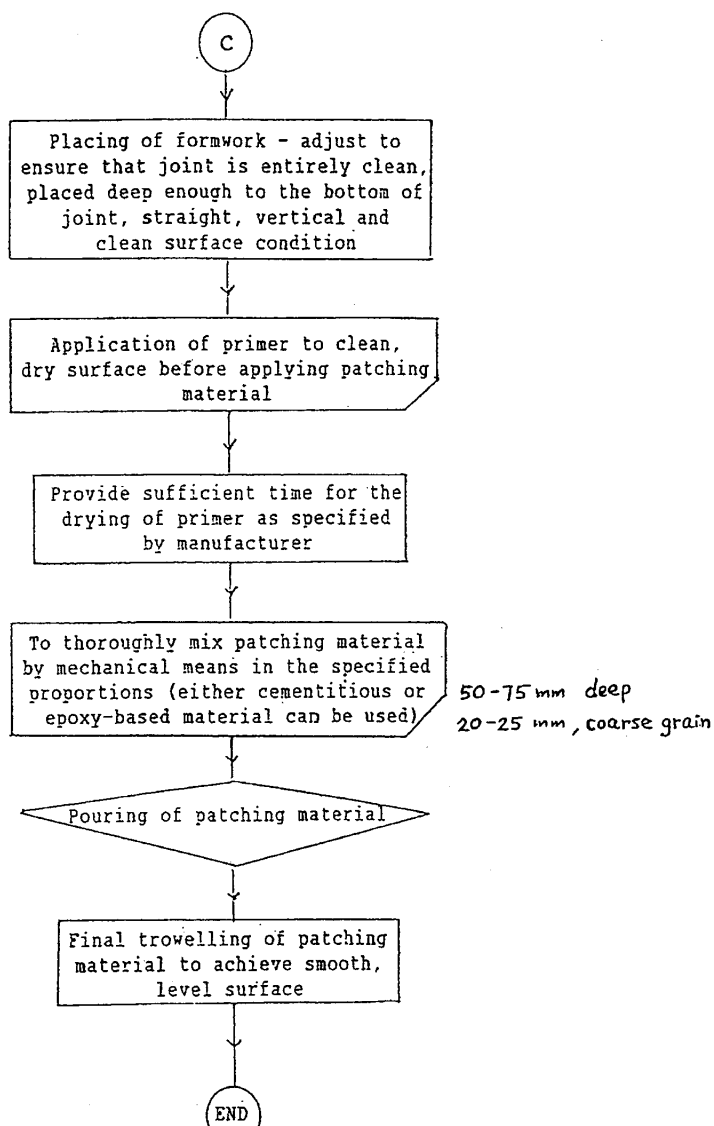
b) Surface Preparation Works



4. Surface patching : as following description

- Scaling; Heat damage; Surface defects
- 修護法同三只是面積較大

APPLICATION OF PATCHING MATERIAL



□ Patching 材料及規格：

- ◆ Compressive strength not less than 40N/mm² at 7days
- ◆ Jet Fuel resistance
- ◆ Greater adhesion than concrete
- ◆ Ultra-violet and infra red rays
- ◆ Resistant to abrasion

- ◆ Non shrinkage properties
- ◆ Water and waterproof properties
- ◆ Ready to use quick and easy to apply

5. Full depth patching : Jointing Situation 圖

- 修復結構性損害 : diagonal cracks; differential settlement
- 和槽縫相鄰打成不小於 2 公尺相同深度之長方形或正方形
- 和槽縫需遠離 1.3 公尺以上
- 在 longitudinal centre joint 旁 : 保留 Tie Bar
- 在 longitudinal centre joint 上 : 置放 Tie Bar
- 在 transverse contraction Joint 旁 : 置放或保留 Dowel Bar
- Patching Method :
 - ◆ Saw cut the repair area, including rebar if necessary
 - ◆ Break up the defective concrete with care not to damage the rebar
 - ◆ The edge below the saw cut should be fairly rough interlock with patch
 - ◆ Re compact the subgrade
 - ◆ Drilling install dowels or tiebars firmly set in hole with fast-setting non-shrink compound
 - ◆ Realign steel bars
 - ◆ Concreting

6. Repair of popouts : Saw cut; remove; clean patch up with epoxy or cementations repair material.

7. Temporary repairs : Input AC for fast setting repair material.

3.4.2 柔性鋪面維修

一、鋪面表面檢查：同剛性鋪面除了破損型態及無 Joint

二鋪面破損型態：

- Reflection Crack : Overlay reflect crack underneath; *3mm use bitumen emulsion; asphalt emulsion slurry of liquid asphalt mixed with fine sand.*
- Widening (Longitudinal cracks): lack of internal friction in the base; *clean and use bitumen emulsion; asphalt emulsion slurry of liquid asphalt mixed with fine sand.*
- Alligator crack (Map Cracking): excessive deflection of then surface over unstable subgrade or saturated granular bases; overloaded; small area or entire section; *removed into pavement and base from 30cm patching with premix; cut rectangular with faces straight and vertical.*
- Edge Cracks : longitudinal crack from edge branching toward shoulder; lack of lateral support and settlement; *same as widen crack cure.*
- Edge Joint Cracks : separate joint between shoulder and pavement; settlement; shrinkage; poor drainage due to the shoulder higher than the pavement; *same as widen crack cure.*
- Shrinkage Cracks : interconnected crack forming a large blocks; for

having low penetration asphalt volume change from fine aggregate asphalt mixes; or volume change in base and subbase; *remove pour asphalt slurry mixture into the cracks and level with squeegee.*

- Slippage Cracks : horizontal force from wheels; lack of bond; *remove to good bond point; clean; tack coat and patch with compaction.*

- Distortion : change from his original shape
 1. Rutting (Channelised depressions): wheel track; *roughen or mill off surface; apply tact coat; spread premix and compact.*
 2. Corrugation : plastic movement; *mill off to smooth resurface with premix and cover with asphalt emulsion slurry sea.*
 3. Shoving : Bulging; too rich in asphalt aggregate; *deep patching; same as widen crack cure.*
 4. Upheaval : swelling upward.

- Disintegration :
 1. Potholes : too thin asphalt; *remove; clean patch with instant mix.*
 2. Raveling : fine aggregate com out first; progressive separation from the surface downward; *apply asphalt slurry seal.*

- Bleeding (Flushing) : upward; hot weather; *remove; apply sand or seal coat and compaction.*

- Polished aggregate : slipper; *cover surface with anti skin coat with hard, angular and no polished aggregate.*

- Overloading failure : depression; overload; settlement; *remove; fill premix; compact.*
- For heavily used taxiways and Runways, it is advisable to mill off the defective surface and resurface with hot mix instead of patching with slurry seal.
- 鋪面狀況評估系統：

1. 鋪面狀況評估系統：

- ◆ 目視檢查
- ◆ 評估維修需要及優先順序
- ◆ 標準化報告及評估
- ◆ 達成有效報告監視及排序修理

2. 評估後依緊急程度給分：

- ◆ Immediate repair on the same day Rate1
- ◆ Urgent Repair with 3 days Rate3
- ◆ Requires repair within 2 weeks Rate5
- ◆ Monitoring Rate7

3.4.3 機場道路維修

- Surface friction of road is anti-skid coating
- The warn motorist road bent ahead is sharp deviation sign
- One of the mandatory sign is Stop sign and giving way to aircraft

- 機場道路主要包含：
 1. Main access road to the airport
 2. Terminal approach roads
 3. Terminal frontage roads
 4. Service roads between buildings
 5. Apron Service roads
 6. Airside perimeter roads
 7. Roads inside the buildings and car parks

- 維修機場道路工作包含計畫、排程、完成、監控及性能評估。

- 分類維修工作：
 1. Preventive maintenance： Surface Sealing (retard the oxidation of the surface; restore skid resistance of the surface; retard the raveling of AGG) and Crack Sealing (Routine Cleaning; Filling).
 2. Corrective Maintenance： Patch (crack; disintegrations; remove and replaced) and HMA overlay (the traffic loads exceed the design loads).

- 維護時效：Routine repair; Urgent repairs; Periodical renewal; Special repair.

- 維修管理：
 1. Defects, their symptoms, causes and treatment
 2. Maintenance Inspection
 3. Work planning
 4. Evaluation and reporting

- 維修檢查

S/No	Item
1	Safety
2	Pavement
3	Shoulder
4	Drainage
5	Road furniture
6	Road Geometrics

- 排序：Routine repair; Urgent repairs; Periodical renewal; Special repair.

- 道路系統維修：

1. 瀝青鋪面：

- Crack (Fatigue/Alligator cracking/Slippage crack);
- Distortion (Wheel path rutting);
- Disintegration (Loss of individual pieces; Raveling and Pothole);
- HMA 的永久性修補程序為：
 - A. Setup traffic control
 - B. Mark rectangular area
 - C. Saw cut
 - D. Remove down to soil base
 - E. Apply a tack coat
 - F. Place and Compact
 - G. Check the level
 - H. Seal the edge
 - I. Sweep

2. 水泥鋪面：

- 一般維修作業模式為：
 - A. Filling and sealing Joint

- B. Repair the spalled joint edge
- C. Cracks in pavement Surface
- D. Patching area where failure has occurred
- E. Repairing area due to settlement
- F. Repairing scaling and other surface defects

3. 抗滑加鋪：

- 環氧樹脂加上 AGG 應用於彎道及停車場
- Light spreading of fine aggregate or hard abrasive chippings
- 道路排水系統維修：Subsurface drainage ditches and Subsurface drainage; Catch basins; manhole; culverts; storm sewers; subsurface drains; de-silting.
- 橋樑維修：Qualified staff; at least once per year; regular record; the register provides a convenient method of noting the defects and showing the condition of the bridge, and giving proper identification and location of the bridge.
 1. Super structure: the floor; wearing surface; cracking and disintegration of concrete structure; drainage performance; signs of failure; sign of corrosion; expansion joints; movement.
 2. Substructure: sign of corrosion; Rivet and Bolts; sign of decay of timber; wear.
- 隧道維修：support; tunnel wall and ceiling lighting; ventilation(monthly/airflow meters).
- 道肩維修：Clean; Weed control; control erosion by planting of vegetation; care of tree and shrubs.
- 指示牌維修：specific message

1. Mandatory/Regulatory signs: Certain laws; Safety; Free Flow/Obligation; Prohibition; Restriction; Such as Stop sign and Give way to aircraft sign.
 2. Cautionary/Warning signs: hazard condition/approach to a place; such as merger sign and Hump ahead sign.
 3. Information Signs: guide and give information.
- 標線維修：每半年維修或重噴一次
- 道路維修系統之維修裝備：
1. The amount and type of equipment depend on the length and type of road and ability to purchase.
 2. Trucks; Rollers; Pavers; Power shovels loaders; and air compressors.
 3. Care; Lubrication and servicing.

3.4.4 評估鋪面強度

- 評估考量：
1. 和設計程序相反

	Design	Evaluation
Known	<ol style="list-style-type: none"> 1. CBR or K value in subgrade and sub base 2. Annual A/C departure 3. Weight of aircraft 4. Critical aircraft 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pavement thickness 2. CBR or K value 3. Annual A/C departure 4. Critical aircraft
Pursue	Pavement thick length	Weight and Load

2. 假設現存交通量和設計評估時一樣
3. 經過一段時間跑道強度衰敗
4. 假設無大的撞擊

□ FAA 的評估鋪面強度程序：

1. 柔性鋪面(破壞測試法)：需要已知鋪面每一層的厚度(取樣)及 Subgrade 之 CBR 值
 - A. 執行 Subgrade CBR 測試
 - B. 飽和含水量土壤執行 Soaked Subgrade CBR test
 - C. 該標準測試法要求依 Asphalt Institute Manual Series 10 規範
 - D. 小於三年的土壤不具代表性
 - E. 若 CBR test 未執行亦可轉換原 F 值至 CBR 值
 - F. 取得厚度
 - G. 依 FAA AC 150/5320-6D(Fig3-2 to Fig 3-15)取得 Load carry capacity 值
 - H. 藉由 FAA150/5335-5(Fig 2-1 to Fig 2-6)轉換成 PCN 值
2. 剛性鋪面(破壞測試法)：需要已知鋪面每一層的厚度(取樣)，Concrete Flexural Strength(psi)及 Subgrade 之 k 值。
 - I. 由測試 sawed beam or compressive strength of cored cylinder(f_c') 可依公式轉換成 Concrete Flexural Strength 值(R)

$R=9$ 根號 fc' 。

II. Subgrade 之 k 值可藉由取樣經過 Plate Bearing

Test(AASHTO 1222)取得。

□ ICAO 的評估鋪面強度程序：(ACN/PCN 法)

1. 定義：ACN relative structure effect of an aircraft 在特定標準的 subgrade 強度換言之為 standard single wheel load。
2. PCN the relative load carrying capacity 換言之為 standard single wheel load。
3. $ACN < \text{lowest PCN}$
4. PCN: PCN numerical value/pavement type/subgrade strength/tire pressure/evaluation method

	PCN numerical value	Pavement type	Subgrade strength	Tire pressure	Evaluation method
High to Low		R F	A B C D	W X Y Z	T U

5. 過重負荷的鋪面許可
 - A. 柔性鋪面 $ACN \leq 1.1 \text{ reported PCN}$
 - B. 剛性鋪面 $ACN \leq 1.05 \text{ reported PCN}$
 - C. Annual overload departure number of $A/C \leq 1.05$ Annual Departure number of A/C

□ 鋪面的非破壞性檢測法

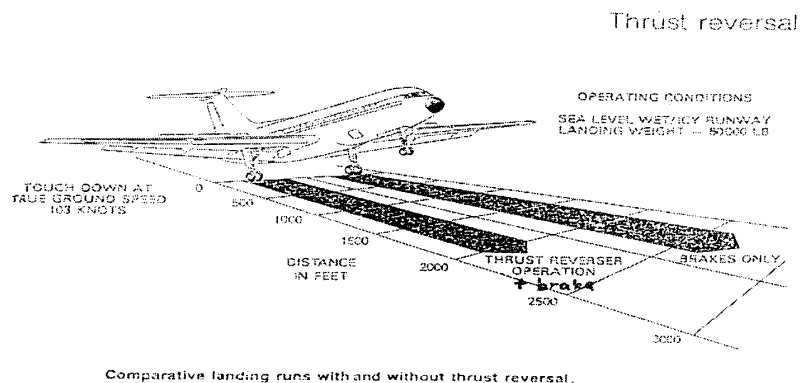
A. 優點：較接近實際狀況；對運作影響最小；容易及快速；減少確認實際強度需要；不需再修復。

B. 簡述非破壞性檢測法：

- Vibration loading device: Dynamic load; measure the deflection parameter
- Generate sinusoidal wave form
- Static weight of the vibration device larger than alternate dynamic force
- Load plate and wheel
- Velocity and accelerometer transducers; pavement strength and stiffness from magnitude of deflection
- Nonlinear
- Producing at least 0.0005 in deflection
- Minimum dynamic loads (AC150/5370-11)
- Different S/G strength and damping coefficients
- Maximum deflect occur at frequency less than 25Hz

3.4.5 跑道煞車作用

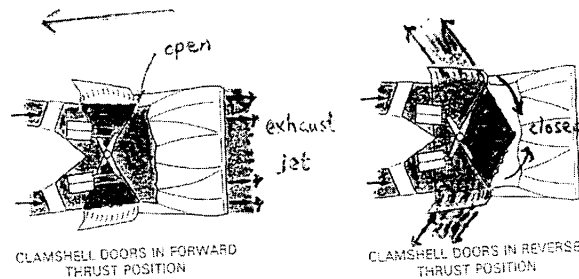
- 航機停止：30-40%-air resistance and reverse trust;60-70% brake stopping energy



Additional lecture notes for the top of
Emergency Braking Action of A/E (Lecture 2008)

Thrust reversal

a/c moving in this dir"



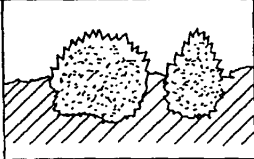
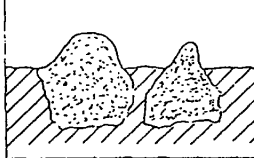
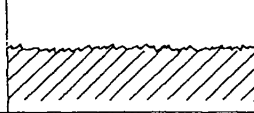

- 輪胎及跑道介面：良好摩擦力及橫向穩定摩擦力

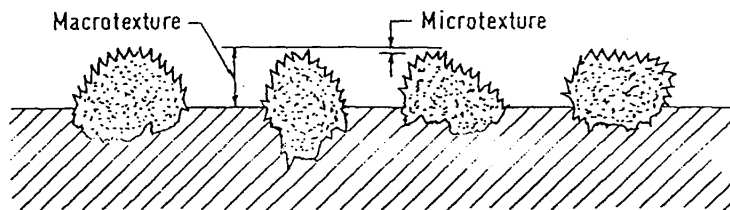
- 影響摩擦力因素為：

甲、 跑道表面紋理：

1. Microtexture: aggregate particulate, protuberance not visible but touch
 - Inherent friction (holding grip); grittiness to touch
 - Reduced by polished
 - Aspirates <0.5mm
 - Generated by texture of individual aggregate particle
 - Provide skid resistance at low speed
 - For adequate wet friction without excessive tyre wear, microtexture should lie between 0.012 to 0.12mm for road wheels
2. Macrottexture: roughness of surface as a whole
 - Reduced by attrition, wear and wheel compaction
 - Aspirates >0.5mm
 - Generated by gradation and maximum size of coarse aggregates
 - Determine Pavement drainage

- Optimum size for drainage is 6-12mm; practical 9.5-20mm
- Provide skid resistance at higher speed

SURFACE		Scale of texture	
		Macro (large)	Micro (fine)
A		Rough	Harsh
B		Rough	Polished
C		Smooth	Harsh
D		Smooth	Polished

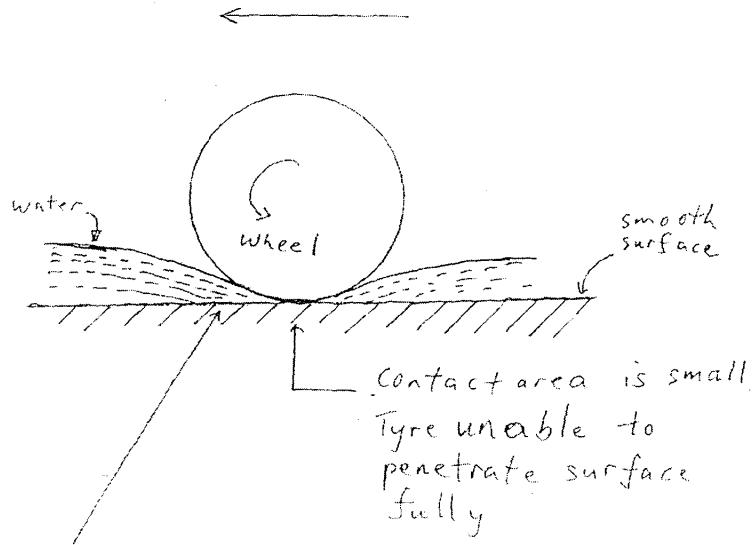


3. Macrotexture: in Smooth Surface

- A. Water pressure built up; water cant escape; no drainage channels for water
- B. Lubricant; lower coefficient
- C. High speed then contact time become shorter; coefficient of friction reduce to zero
- D. Contact area small; Tyre can not penetrate surface

fully

Tyre travelling at high speed

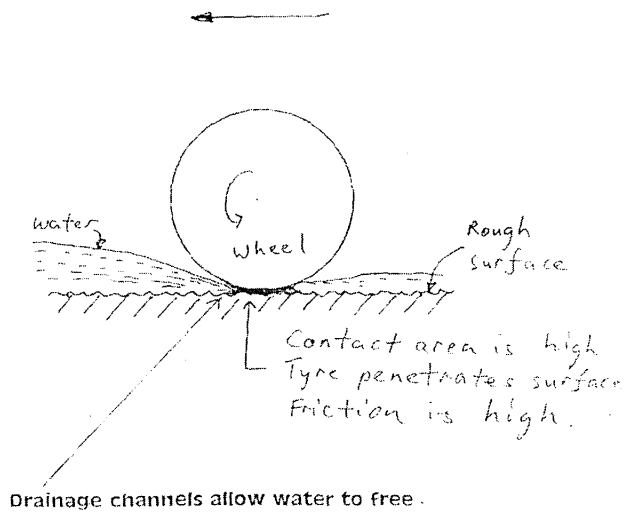


No drainage channels for water

4. Macrotexture: in Rough Surface

- Drainage Channel
- Contact with aggregate
- With protuberance

Tyre travelling at high speed



乙、 跑道污染：Sand, silt, mud; Oil; Rubber(viscous)

hydroplaning); Water.

Test equipment	Test tire		Test speed (km/h)	Test water depth (mm)	Design objective, for new surface	Maintenance planning level	Minimum friction level
	Type	Pressure (kPa)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Mu-meter Trailer	A	70	65	1.0	0.72	0.52	0.42
	A	70	95	1.0	0.66	0.54	0.26
Skidometer Trailer	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
Runway Friction Tester Vehicle	B	210	65			0.57	
	B	210	95			0.51	
Runway Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.54	0.41
TATRA Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.76	0.57	0.48
	B	210	95	1.0	0.67	0.52	0.42
GRIPTESTER Trailer	C	140	65	1.0	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1.0	0.64	0.36	0.24

\geq this,
braking action
is good

\leq this,
braking action
is poor

A. Dynamic Hydroplaning :

- 航機速度及水深增加時形成楔形水層
- 舉升輪胎減少接觸面積直到完全不接觸
- 水深大約 2mm
- $V_{min}=8.6$ 根號(tyre pressure psi)
- 水飄型成後速度亦可能降低

B. Viscous hydroplaning :

- 完全光滑深度小於 0.001 in 薄膜使輪胎完全無法
穿透薄膜包含油膜及胎屑
- 低速亦可產生

C. Reverted Rubber Hydroplaning :

- 較長時期輪胎鎖死; reverted 胎屑污染及濕滑跑道
- 胎屑為一種 sealant 延遲排水
- 高熱使得水蒸氣舉升輪胎

二、影響水飄的因素:

- A. 速度：mini speed 如上述公式。
- B. 輪胎狀況：Good contact area and providing a drainage path。
- C. 水深：2mm; adequate cross fall and drainage。
- D. Macrotexture 深度：transverse groove; porous friction courses or open grade course。

- 改善鋪面紋理的方法：參考 AC150/5320-12

- 瀝青鋪面：

- Sawed grooves
- Porous friction Course
- Aggregate slurry seals

- 波特蘭水泥鋪面：

- Sawed grooves
- Plastic texture: brush or broom finish; burlap drag finish
- Plastic grooving
- Wire combing

- 特別注意事項

- Groove increase drainage
- Groove increase Macro texture roughness
- Groove runway have uniform friction value
- 缺點：Cost; FOD; tyre wear

- 計算摩擦力

A. 計量設施包含：Mu-meter trailer; Skiddo meter; Grip tester trailer; Surface friction tester vehicle; Runway friction tester vehicle; TATRA friction tester vehicle.

B. 兩種摩擦力衡量：

- Maintenance planning level：若低於該值進行 Corrective MTM。
- Minimum friction level：若低於該值進行通知駕駛員濕滑跑道，並立即移除胎屑。

C. 濕滑鋪面評估表

- 摩擦力測試

1. 跑道中心線兩側 5-10m
2. 跑道縱線區分為三等份
3. 每兩年檢測一次

□ 當無摩差力測試設備時測試方法

1. 定速
2. 煞停車並測定距離及時間
3. $U_{dist} = \text{coefficient of friction} = V^2 / 2gs$
4. $U_{time} = V / (tg)$
5. U_{time} should be lower than $U_{distance}$
6. $U = (U_{time} + U_{distance}) / 2$

3.4.6 鋪面管理系統

一、鋪面管理系統：

(一)介紹：road network 考量設計、製造、及維護之 systematic approach。

(二)系統方法圖：將問題結構化，再將程式模式化，解決問題。

(三)鋪面管理系統基本組成：

- 計畫、設計、施工、維護、修復及研究之子系統
- 區分兩種不同層面之決策：Net work level (average data) and project level(detail information)。

(四)鋪面管理系統基本功能及觀念：

1. 鋪面管理程序：鋪面投資，維護投資，限制資金

2. 鋪面管理系統定義：

- 考量協調，最佳化，排序，評估，替代方案，量化分析，動態處理，應用。
- 協助決策者發現最佳化策略，提供及維持鋪面在一定時期可服務情況之工具。

3. 鋪面管理系統架構圖：

- Network Level; Project Level
- 回饋系統
- 資料庫
- 理性決策：獲取，分析，修訂，資訊，決策及完成
- 鋪面管理系統的次系統為 information； Analysis； Implementation； PMS，無法做決策包括政治考量，故需決策者或管理者依據鋪面管理系統報表進行決策

4. 鋪面管理系統為何重要：

- 巨額工程
- 資金減少
- 現存鋪面惡化
- 通貨膨脹

- 交通量增加

(五) 鋪面管理系統結論：

鋪面管理系統不能考慮非計量因素，提供預測資料協助最佳決策，但須提供每年更新資料輸入，模式也可能只適用每一國家。

二、鋪面管理系統之工程經濟：

(一) 定義：Investigation the allocation of scarce resource using analyses of the price and market mechanisms.

(二) 生命循環成本定義：由設計初至不堪使用過程之所有花費。

(三) 道路網生命循環成本所需考慮要素：

- 鋪面成本及獲益
- 金錢時間成本
- 通貨膨脹
- 設計生命

(四) 鋪面成本因素：

- Agency Cost: initial construction; maintenance; rehabilitation; salvage cost; maintenance...
- User Cost: discomfort; accident; increase travel time; time delay due to maintenance...
- Non User Cost: noise pollution.

(五) 鋪面獲益因素：

- 直接間接成本減少

(六) 工程經濟評估方法：

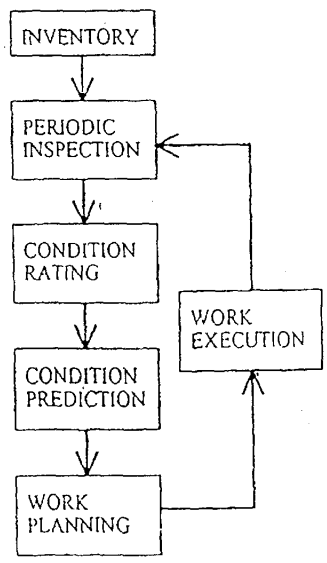
- Cost Benefit Ratio
- Present Worth: compare
- Internal rate of return
- Uniform Equivalent Annual Cost(UEAC)：最常用(範例)

(七) 分析基期：

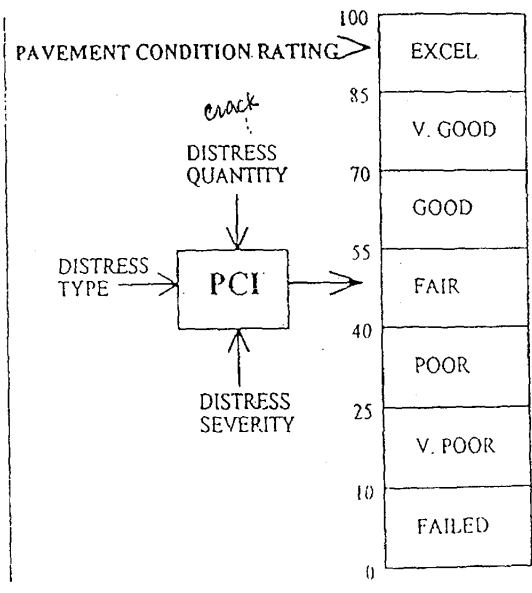
- Lowest Common Multiple
- Finite Horizon
- Discount Rate Method
- EUAC based on the full engineering life cycle of each alternative

三、MicroPaver 軟體：

- (一) Pavement Condition Index：目視觀察 distress 數量型態及嚴重程度。



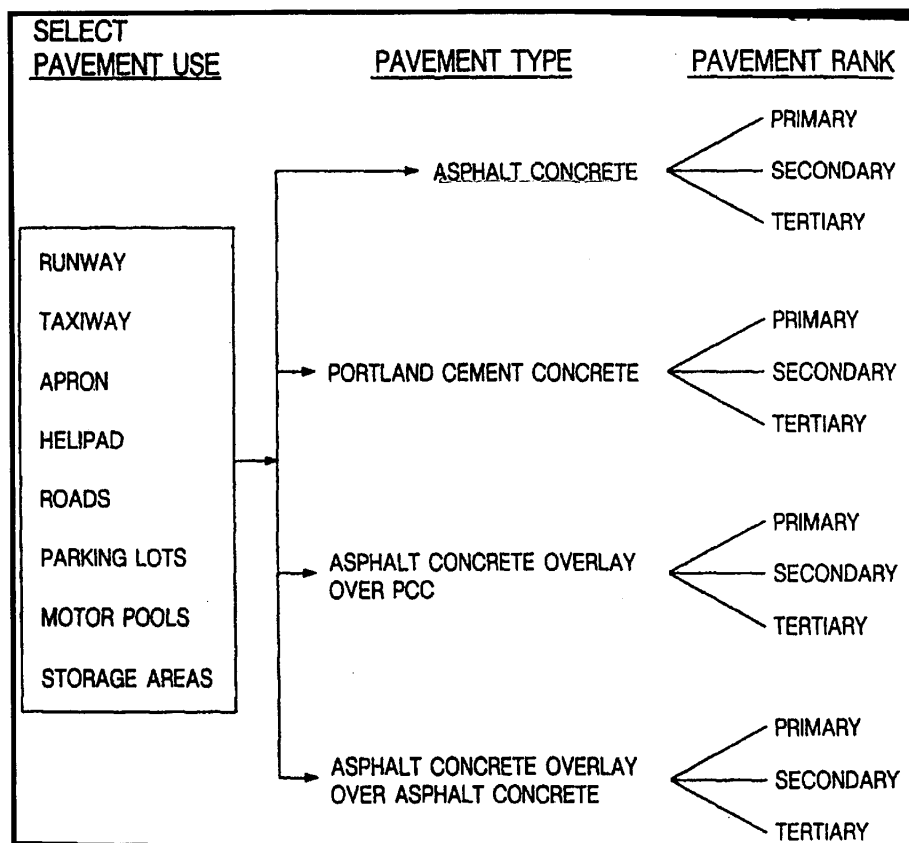
PAVER SYSTEM



PCI CONCEPT

(二)使用 USACERL 提供鋪面情況預測其基本考量包含：

- 歸納類似特性鋪面為一族群
- 每一族群適用不同情況之預測模型



3.5 其他機場表面物體維修

□ 暴雨排水系統

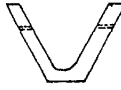




1. Remove the surface and subsurface water.
2. Hazard to aircraft and early deteriorating of pavement.
3. Flat longitudinal and transverse grades and wide pavement surfaces.
4. Inspect per month and unusual storm by trained technicians.
5. 常見排水系統問題原因及修正方式表。

Table – Maintenance Guide – Drainage System

PROBLEM	PROBABLE CAUSE	CURE
Ditch erosion	Excessive flow velocity; absence of ditch lining	Re-construct concrete lining;
Erosion around structure	Poor backfill compaction; improperly designed inlet	Refill and compact; install apron; redesign inlet entrance
Settlement over pipes	Poor backfill compaction	Fill and recompact (removal and replacement of fill material be required if condition is recurring).
Broken pipe	Overload in pipe; a) Insufficient cover b) Excessive fill load	Replace pipe (a) In concrete bedding and encasement. (b) Use 'Elastic' cover (imperfect trench) in backfill
Surface erosion	Flowing water concentrating in wrong areas; poor soil cover; poorly designed grades	Remove cause (obstruction to intended flow) fill ruts and gullies; re-establish soil cover; reshape surfaces.
Obstructed ditches or structures	Presence of foreign material; vegetation overgrowth	Remove obstructions and debris; trim vegetation growth; remove debris sources.
Run-off trapped on pavement edges	Soil or turf accumulation at pavement edge	Reshape pavement shoulder if sunken, or regrade turfed area.
Jet blast erosion	Unprotected erosion – susceptible soil (e.g. sandy soil)	Provide surface protection (turf, bituminous surfacing, etc.); consistent with operation requirements.
Broken or displaced gratings or manhole covers	Improper seating in frame; loose or broken fastening bolts or anchors	Clean cover recesses or grind cover to prevent rocking; replace broken units, anchor firmly.

6.

TABLE ON VARIOUS TYPES OF DRAINS AND PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULE

TYPES	TYPICAL SIZE	PM SCHEDULE TYPICAL	CROSS SECTION
1 Channel Drains	Composite Channel range from C7, C7A, C8, C8A, & B3 etc.	a) Desilting of drains - monthly	
2 Pipe Culverts	Range from φ300 to φ1650 mm		
3 R. C.U-drain	Width of drains range from 1.6m to 2.0 m Avg. depth : 2m	b) Scrubbing of drains - six monthly	
4 Box Culverts	Width of drains range from 0.6 m to 4 m Avg. depth : 2m		
5 Trapezoidal Drains	Top Width - range from 4m to 20m Bottom Width - range from 2.5m to 8m Depth - 2 m		

MS224-400 (CBI) 3

- 鋪面表面污染
 1. Rubber deposits, oil/ grease, dirt and other debris.
 2. Daily inspection.
 3. Test shown that the wet runway areas contaminated by heavy rubber deposits and oil provide approximately on half the braking effectiveness of the same contaminated area when dry.
 4. Removal of rubber deposits from the pavement surface
 - Chemical Solvents: toxic; damage to marking and surface; pollution; Vital Runway Cleaner by Vital Chemicals Co., Du-Bois B-5107.
 - Hot compressed air system: high velocity (400m/persecond); high temperature (1200C).
 - Ultra-High pressure water jetting method: 3500pasi at flow rate 6gpm; every two month and open tender in Changi Airport.
 5. Removal of Oil and Grease contaminations from the pavement System.
 - PC pavement: detergent sodium metasilicate and resin soap or direct flushing with water
 - AC pavement: an absorbent or blotting material such as saw cut combined with a powdered alkaline degree has been successfully used or direct flushing with water.

- 道肩 : have sufficient bearing strength; distinctive marking; prevent the grass growth; blast sign.

- 跑道地帶：a cleared and graded area; bearing capacity; cutting grass.
- 圍牆：FO; Galvanized fence; aluminum alloy chain link fence; PVC coated fence; Galvanized weld mesh fence.

3.6 建築物缺點及校正

- 一、 一般建築材料的特性及使用：隨時間變化及變化速率不同，
但如混凝土，聚合物及木材的漸變係受負載影響受時間環境
變化影響較小；建築物使用後如氯化物、清潔、酸及油的潑
灑，酸氣作用，很難量化。
 - 瓷磚及磚：Brick and Tilt
 1. 新鮮磚頭(individual brick)將造成不可回復的潮濕擴張現象(0.1-0.2%)對結構有負面影響，brickwork 擴張量較少。
 2. 正常可回復的乾燥及潮濕移動量約為 0.02%。
 3. 許多磚包含少量鹽及硫化物將造成白晶化(white deposits; efflorescence)尤其在乾燥期會造成牆壁的碎裂，特別發生在未完全燃燒的磚 under fired brick 上表現出較弱表面及出現大量有害的鹽。
 4. 建造前若含鐵鹽 iron salt 的磚曝露於雨水中將產生鐵銹

rust，但無害。

□ 水泥及混凝土：

1. 混凝土係由水泥、水、砂及骨材產生。
2. 不同混合率有不同特性及強度。
3. 耐久性強，但加入混凝土內鋼筋的腐蝕可能造成耐久性出現問題。
4. PCC 出現衰敗主要原因包含：
 - 大氣污染：硫酸及硝酸
 - Attack by buried structure：硫化、酸化地下水及有害的骨材
 - 矽鹼反應(ASR, Alkali-silica reaction)

□ 金屬：

1. Aluminum; Copper; Lead; Steel; Zinc 最常用在建造建築物。
2. 腐蝕金屬物最重要原因為潮濕及三相污染。
3. 兩不同金屬藉水接觸一個金屬粒子由水傳遞沉澱在另一金屬上產生電化反應形成腐蝕。
4. 腐蝕由大氣污染，灰塵及製造混合(如氯化鈣)，可反向反

應。

□ 鋁及其合金：

1. 鋁可藉覆蓋氧化薄膜而抗氧化，並自行進行損害修復。
2. 具高抗受嚴重工業污染大氣特性。
3. 鋁材上坑洞 pitting 顯示有 Deterioration。
4. 高強度鋁材可能有 Stress-Corrosion cracking。
5. 低電解性若兩金屬藉水接觸鋁材，通常是受腐蝕者。
6. 鋁合金(除了少用的軟化熱鍛鋁合金)因焊接受熱強度將減低。

□ 鐵合金：

1. 正常大氣條件下所有的鐵合金會 Deteriorate。
2. 鍛鐵及鑄鐵最不易腐蝕。
3. 海水最易造成鐵合金嚴重腐蝕隨後產生強度喪失。
4. 鐵銹會產生 4-8 倍原體積，但移出後所減小體積並不多，故在一些塗蓋附料物上檢視，需仔細以免遺漏。
5. 小的鐵銹隨時間會變大變寬。
6. Localized corrosion 較 Generalized corrosion 易發現。

□ 鋼：

1. 噴漆、瀝青、鋅、塗佈可減低腐蝕。
 2. 加入至少 10%鉻就是所謂的不銹鋼。
 3. 30 年大氣污染才能產生 Austenitic Steel 小凹陷；但鹵化物如漂白水材料、鹽化或骨材污染，亦可能造成嚴重影響。
 4. Stress Corrosion cracking: visualless; Duplex alloys 雙重合金=>molybdenum 鉬 and annealed 鍛造 material 受較少影響。
 5. Stainless steels 不銹鋼：high electrochemical serious; dissimilar metal joints。
- 玻璃：
1. 非常耐久。
 2. 鹼質塗佈無法去除。
 3. 熱效應造成碎裂，因熱效係數不同於一般常用材質，故需設計建造時預留允許空間。
- 塑料：PVC, polyester resins, acrylic resins, polypropylene, polycarbonate, polyurethane。
1. 紫外線造成塑料脆化及表面變質。
 2. 長期負載造成疲勞及漸變。

3. 不耐燃。
4. 潮濕可影響塑料和其他材料的結合性。
5. 高熱造成高延展性需提供允許空間。

□ 塗漆：

1. 兩種塗漆方式：一，自然蒸發；二，化學轉換。
2. 受日照、潮濕及氧化侵襲。
3. 耐久性受基質表面影響，受敷料影響及受製造過程影響。
4. 乾濕循環過程。

□ 木材：

1. 受模型，菌類，昆蟲及潮濕影響。
2. 木材受季節性潮濕影響伸縮巨大。
3. 潮濕伸縮量包含：平行年輪，Tangential；垂直年輪，Radial Movement；縱向年輪，Longitudinal Movement，同木材長度，影響較小；以產地及現地停放幾年達到溼度平衡。
4. 太陽照射會伸長。
5. 戶外會因日照及雨淋產生灰斑。

二、 造成衰敗及缺點的因素：

1. 氣候是影響耐久性及建物及材料性能最大宗：包括紫外線、

雨水、固態水、污染等。

2. 其他因素包含生物，鹽及地下水製程材料 Manufactured Products。

3. 複雜組合。

- 日照：受數量、頻率、方向、濃度、材料，受日照導致溫度上升；對有機材質引起衰敗；特別是塑料，塗料及瀝青材質。
- 溫度：影響反應速度，加速衰敗，高速揮發及蒸發，於某些物質瀝青、矽膠造成沉陷及脆化；製造混凝土時，蒸發造成弱化及裂縫，瀝青軟化及溶解，材料尺寸改變，造成應力；材料受溫度改變可能是空氣溫度改變的兩倍。
- 溼度：溼度為衰敗的主因，溼度為電化處理過程中的介質，造成尺寸改變，促成生物反應。
- 生物：木材含水小於 20%，即不具危險性，濕衰敗及乾衰敗；白蟻。
- 空氣組成及其污染源：SO₂=>corrosion of metal; CO₂; Ozone=>degradation of rubber, mastics; bituminous composition paints and plastics。

- 固態污染：Dirt and Grime with salt=>corrosion。
- 製程材料：氯化鈣(Calcium chloride)能加速水泥混凝土的製程(催化劑)；鹽能防火及保存木材，但某些情況下卻能加速金屬衰敗。
- 地基移動：地基補救係較花費成本及困難，泥土特性改變影響地基特性，如含水量，Effect of consolidation=>settlement, Trees。

三、 常見建築物缺點：

- 地板：乾燥後沉陷，產生裂痕並施加壓力於地板及水泥混凝土間，地板表面無法 bonding 導致分層 delaminate，腐蝕物質的散佈。
- 混凝土塗佈：使用不適當的混合比，Casting the base concrete and screed 時間間隔太長，不適當的 Curing，一次處理太大區域的 Screed，塗太厚。
- 瓷磚：選擇錯誤材料，不良施工人員，設計缺陷，清潔服務時，不了解磁磚特性，瓷磚 crazing 係為瓷磚釉面上產生如髮絲般裂痕，係由於釉面或本體不均衡的收縮或是本體因潮濕膨脹而產生，另如 efflorescence, dirt entrapment,

module/fungi growth, Chemical Reaction, discoloration due to weathering effect, inherent tonal variation 天生色調變化。

- 懸吊的 RC 地板：不適當設計，不良施工者，太早移動模板支柱，
施工中加上太多材料重量高於設計負荷。
- 地下室滲水：確定地下水高程，檢查 Subsoil 特性及地表水道，
找出是否裝設防水保護如何作用。
- 天花板滲水：平坦天花板可能成為水塘，某些地方持續積水造成
衰敗，不僅僅由於下雨也可能是上層水管或馬桶。
- 帷幕牆滲水：雨水因帷幕牆無完整封閉矽膠故滲入地板，可能遠
離雨水進入點，或建造時滲水入包被處，Fixing Hole。
- 牆面滲水：發泡狀剝落及漆面剝落，塗漿裂痕及剝落。

四、 NDT 非破壞性檢測：

1. 幾乎所有案件需要提供 Compressive Strength 估計。
2. 確定何資訊是應該要取得的。
3. 測試數量及正確性應需多於所需評估的。
4. 一般測試方法：Core Test, Rebound Hammer, Ultrasonic Pulse

Velocity, Windsor probe, Cover meter, Electrical potential test。

- Core Test：鑽孔，最直接，造成損害，需較小修復，需岩石分類學輔助；影響測試結果的因素包含：Core and Aggregate Size，長度直徑比 Slender Ratio，澆注方向和鑽孔方向相關，強化鋼樑位置，測試前潮濕狀況。
- Rebound Hammer：簡單技術，測試表面硬度，至少實施九次，結果可能受表面強化處理影響。
- Ultrasonic pulse velocity：藉由計算超音波速度，可能可以決定 Void 及 crack 位置，潮濕及現有強化鋼樑影響結果，20k-150kHz(50-60kHz); Opposite Facing; 正確率 95%及 $\pm 7\text{Mpa}$; Not above 60MPa。
- Windsor Probe：以相同能量撤出鋼棒撞擊，深度提供完整評估包含 Compressive strength, uniformity, quality of concrete, mortar, brick, block 資訊，三個洞一個盤量測中心深度，受骨材型式及硬度影響，遠離強化鋼樑至少 5cm，正確率 95%及不超過 20%Mean strength，適用於 40Mpa 或以下的 Concrete。

- Cover meter：簡單電磁裝備，可估計強化鋼樑位置，直徑及深度。
- Electric Potential Test：提供強化鋼樑腐蝕的可能。

五、 RC 結構缺點及改正：

I. Durability of Concrete Structure 目的及影響因素：承受原先設計重量

- 曝露環境因素：non aggressive water and soil, severe rain, condensation, sea water spray, corrosive fumes, abrasive action。
- 材料特性：concrete 滲透性及強度，W/C ratio, Cement Content(Degree of Hydration), Curing, Degree of Compact, Present and absence of crack。
- 設計：未考量材料漸變引起容許度，將造成負載傳送至非結構元素上，未詳述強化鋼樑規範及施工，不適當的膨脹縫位置及及數量。
- 施工：運送放置完成技術及養護，Subgrade 沉陷，Concrete 變硬期模板移動，過濕混合，放置過重材料，過早移動支撐

柱及模板。

- 強化鋼樑：Complete surrounded by concrete and with certain cover distance。

1. Cover distance：基於其曝露的環境，適當施工及適當設計規範。

2. 適當 Cover 的目的：希望 steel 和 concrete 結合，防止 steel 腐蝕，保護 steel 防火。

- RC Behavior: Tension & Compression, Shear, and Bending.
- RC：上的斜紋由 shear stress 及 development from flexural crack

產生。

II. 目視 RC 結構缺點：Cracking; Spalling; Disintegration。

III. 強化鋼樑的腐蝕：

- 為一電化過程將金屬鋼樑，氧化成高體積的氧化鐵銹。

□ 鐵分解成陽極(Fe^{2+})，水及氧化合成陰極(OH^-)，鐵水合作用 $\text{Fe}(\text{OH})_n$ ，鐵氧化物及水($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$)。

- 該化學反應：電解質傳導，不同陰陽極電位，多少氧製造陰極

反應。

□鹼性物質可使陽極電位升高接近至陰極電位，該陰極電位能形成保護膜防止進一步反應，鹼性 PH 值能被大氣中的二氧化碳降低。

□Carbonation：形成二氧化鈣及水(鹼性物質)，受結構中潮濕量及附近溼度所影響。

□減小 concrete 間孔洞並以不可溶解的二氧化鈣阻塞孔洞防止腐蝕反應。

□腐蝕的高體積產物產生應力，期張力應力造成裂痕。

□腐蝕的影響：

1. 沿強化鋼樑產生裂痕
2. 鐵鏽污染混凝土
3. 混凝土剝落造成鋼樑曝露進一步腐蝕

□Crack in concrete table/Characteristic and Cause of Crack table.

□Crack 分類：

1. Immediate structure distress.
2. A reduction of safety through corrosion of steel.
3. Lead to malfunction of structure evidenced by leakage, sound transfer, damage to finishes, and unsatisfactory operation of windows and doors.
4. Aesthetically 審美觀 unacceptable.

IV. 結構評估：

- 評估問題：現況安全是否有疑慮，什麼原因產生現況，若無維修結構會不會危險，現況是否對現在及未來設施操作產生影響。

- 經濟性評估：
 1. 允許繼續衰敗最後拆除
 2. 壽命終結前持續短期維修
 3. 大修並在壽命終結前持續經常性維護

V. 監控：

1. 小心考量監控目的及利益：定義目的，需取得何資料，資料如何輔助決策，考慮監控時的限制條件。

2. 監控資料：Crack 變化，Tilt 狀況。
3. 應變 Strain 量測方法：Mechanical demec gauge and stud, Electrical resistance gauge, Vibrating Wire gauge. Inductive displacement transducer。

VI. 修理及強化：

1. 依材料特性選擇：
 - 尺寸穩定及相容性
 - 熱膨脹係數
 - 彈性係數
 - 可滲透性
 - 化學反應
 - 導電性
 - 應用情況
2. 維修材料對熱的安全考量：
 - 火及其燃點
 - 爆炸
 - 產生毒性如環氧基產生發炎及過敏狀況

3. 表面修補：Surface Patching

- 應鋸切 Feather Edge。
- 材料使用日漸歡迎的 Latex-Modified Mortars 及較貴的環氧基材。
- 6-25mm => epoxy mortar. 25-50mm => latex modified mortar. 50mm => conventional mortar or concrete.
- Patching 程序為：塗灰泥漿，準備骨材混凝土，乾擠，大面積壓力噴漿。

4. Crack 形式及修復：

- 型式：Active cracks(moving all the time). Dormant Cracks(do not move). Leaking Crack(content water)。
- 修復：
 - i. 決定該 Crack 是否隔離區，亦或是一般及無序的形式。
 - ii. 決定混凝土裂紋區是否應重施張力強度。
 - iii. 若需重施張力強度，其原有隔離性裂痕可能在其他區

域出現。

- iv. 若無結構性考量，彈性材料封住原有裂痕即可。
- v. 使用測試法，測試修復有效性。

5. 結構強化：

- 不同方式：增加新無負載能力組件，加大增訂，寬度縮減，增加張力負載組件，延後張力。
- 考量：需考慮原有及增加組件間變形相容性及持續性，腐蝕及防火保護，考量如何將負載分配及傳送至新組件而簡單支柱是不夠的。
- 結構板塊翻新：Additional Steel Beams to reduced span length, Additional Steel Beams to increase load capacity, External prestress for Slab。
- 結構橫樑翻新：Adding steel section, Enlarge Section, Additional Reinforcement, Additional Steel plate at soffit, Additional Steel plate to improve shear resistance, Increasing shear capacity by Bolting.
- 結構垂直柱翻新：Enlargement, Additional Bracing.

- 複材結構翻新法：
 - 優點為：高強度，輕重量，彈性
 - 缺點為：不耐燃，破壞性高
 - 不同複材特性：碳 carbon，人造纖維 aramid，玻璃材 glass 表。
- 碳 carbon 及人造纖維 aramid 有高化學忍受力。
- 玻璃材 glass 可忍受強鹼。
- 玻璃及碳不受紫外線影響，人造纖維受紫外線影響改變顏色，減小強度。
- 直接日照將脆化所有結合複材及混凝土間的樹脂。
- 碳導電性。
- 熱忍受力：carbon200C, aramid600C, glass1000C。

3.7 資源分配法

- 當利用受限及資源稀少時需使用最佳化
- 問題定義法：

1. Objective 目標：

- Identify decision makers

- Provide optimal solution
- Long-run profit maximization
- Satisfactory profit
- Five Important Parties: Owners, Employees, Customers, Supplier, Government

2. Constraints 限制

3. Alternatives 方案

4. Time Limits 時間

- 資料蒐集最花費時間，蒐集包括存在資料及不存在資料，包括定性資料及定量資料。
- 數學模式：Idealized representations in terms of mathematical formula
- 數學模式由下列因素組成：
 1. Decision Variables: (d.v.) To represent all quantifiable decisions, could be number and yes or no.
 2. Objective Function: the measure of performance expressed as a mathematical function of decision variables, (Z) , (c_i) .
 3. Constrains: All restrictions on values that can be assigned to the d.v. (b_i) , (a_i) .
 4. Parameters: Constants used in the constraints and objective function, sensitivity analysis, (C_i) .
- LP model: Linear programming Model
 1. All constrains and objective functions are linear.

2. Three LP solutions: Feasible Solution (Solution that satisfies all constraints, all point in the feasible region) and Optimal Solution (The highest and lowest point in feasible region), Infeasible Solution (at least one constraint not satisfied).
 3. Objective function: linear.
 4. Constrain: Equality Constrains, Inequality Constrains, Sign Constraints.
 5. Integer value or binary form.
- Optimality Theory:
 1. Feasible region for an LP is a convex set with finite extreme points.
 2. Any LP that has an optimal solution has an extreme point that is optimal.
 - Several type of problems:
 1. When you have No feasible solution: it means you need *exam constrain and remove redundancy constrains*.
 2. When you have Multiple Optimum Solution: *One of your constrain functions should be same as the object functions*.
 3. When you have No Optimal Solution: infinite, we need *add more constrains*.
 - CPF solution: Corner point feasible solution
 1. Bounded feasible region=>Solutions and at least one optimal solution.
 2. The best CPF solution=>optimal solution.
 3. If there is exactly one optimal solution=>CPF solution.
 4. Multiple optimal solution=>at least two CPF solution.
 5. Optimality test: If a CPF solution has no adjacent CPF solution that are better then it must be an optimal.
 - The Solution Concept of the simplex method:
 1. CPF method first
 2. Iterative
 - Set up to start iterations, including finding an initial CPF solution.
 - Is the current CPF solution optimal?

- Perform an iteration to find a better CPF solution.
 - 3. Choose the origin as the initial point.
 - 4. Search adjacent solutions only.
 - 5. Search the adjacent solutions along edges radiated from the current CPF, choose the one of the highest rate of improvement.
 - 6. Optimal check: find any of the edge give a positive improvement in Z, if not optimality has reached.
- Setting up of Simplex Method:
 1. From Original form of the model to Augmented form of the Model.
 2. Convert inequality constraints to equality constrains.
 3. Add slack variables=>Augment solution.

3.8 機械及電力管理

一、供電系統：

- 由公共電力系統之 2*75MVA/66KV 藉由 transformer 轉成 22KV, Monitoring by BAS located on control and operation room。
- 最大需求量約為 58MW。
- 第一航廈將 8*1.6MVA/22KV 藉由 transformer 轉成 415KV。
- 第二航廈將 15*1.6MVA/22KV 藉由 transformer 轉成 415KV。
- 考慮電費 tariff rates for electricity。
- 樟宜機場現在供電消耗率 300billionWH。

- Open ring design for multiply powers resource.
- Essential Load and Non Critical Load.

二、空調系統：

- Air condition chillers motor utilize 6.6KV switchboard supplied from 2*7.5MVA 22KV.
- Chiller, Cooling tower, Air handling station, Fresh air handling station, Air handling unite and Fan coil unit.
- Chilled water from handling station and units pump from the common header.
- 由 Variable Air Volume box 以氣壓式控制空調系統，監視：
 1. Air duct 中的壓力
 2. Supply Air 中的溫度
 3. Chiller water 管中的靜壓力
 4. 使用 temperature and flow sensors to 監視 heat load
- 設置機械式通風系統的目的是為了將熱由設備中移出，包含 One supply fan and one exhaust fan。靠戶外空氣入口處設置一可丟棄濾網過濾空氣及減少室內污染。

三、電梯系統：

- 失火時若電梯朝向指定防火層會繼續朝向該層前進，若朝方向將在下一站停止並反向至防火層，除消防員專用電梯，其他所有電梯若非防火層將不會開門。

- 失火時自動轉成發電機供電模式，若發電機失效 15 秒後
 將由 automatic rescue device 接管同時所有電梯將歸位，
 All single lifts will home immediately, Priority is given to
 passenger lifts followed by good lifts for lifts that are in a
 group。

四、行李處理系統 Baggage Handling System：

- 三種形式的 BHS，手動、半自動、全自動
 1. 手動：*Check in counter then race track.*
 2. 半自動：*Check in counter, Manual encoding station according to flight number, Sorter, Discharge chutes, and race track or Spur.*
 3. 全自動：*Airline sent the Baggage Source Message for their bags, match the IATA tag number on the bag with BSM, Read code by automatic system, then place on the exact conveyor or tilt sorter, Check in counter, laser scanner, Tilt tray sorter, Race track.*
- BHS 由下列元件組成：
 1. Conveyors: transport baggage from one to another
 2. Plow divert: 分道性的 conveyor
 3. Vertical Sorters: conveyor, one level to another vertical level
 4. Power curve
 5. Tilt tray sorters: send bags to respective racetrack, manual encoding stations, early baggage storage
 6. Auto tag reader: laser scanner to read 10 digital IATA code of bag

7. Race tracks/Make up device: carousels; able to hold the bags

8. Claim belt

□ 維修 BHS 考量因素：

1. 選擇可靠元件
2. 成本效益
3. 若自動系統失效補救程序為何 recovery system
4. 適當維修機會
5. 更新備料盤點
6. 人員訓練
7. 系統失效之歷史紀錄及分析

□ 維修 BHS 安全考量：

1. 寬鬆衣物
2. 不碰觸 running conveyors belts and rollers, switch off the power
3. No walk or sit on conveyors

□ 一般 Conveyor 維修問題：

1. Belt running out of alignment: undue wear on the conveyor belt.
2. Noise from bearings of pulleys motors or gear boxes: worn out bearing.
3. Belt tension too low: slippage.
4. Belt torn due to baggage with sharp corners.

5. Failure of drive motors.

- 全自動系統維修問題：
 1. Bar Code Tag Printer
 2. Over size bags
 3. Regular cleaning: scanner, sensor, wooden trays
 4. Inspect of the sorter tray wheels
 5. Check conveyor speed
 6. Sorter netting

五、乘客空橋系統 PLB：

- Three methods for enplaning and deplaning PAX: Passenger stairs, Mobil lounge, Passenger loading bridge.
- PLB 組件：
 1. Gangway: One end fix and support by Terminal; the other end is supported by Rotunda.
 2. Apron Drive: PAXWAY, telescoping tunnel 套筒。
- PLB 操作：
 1. 與 Docking System 連結。
 2. Ground licensed operators and by a control console located in the cab.
- PLB 安全裝置：
 1. Electric Limit Switch Stops：第一步警告聲及蜂鳴器警告操作者並 停止移動，亦可執行反向動作修正回限制移動區域內，第二步啟動後將限制動力系統並要求手放在重

設按鈕允許反向移動。

2. Mechanical Stops：電子停止後可利用機械性停止。
3. Automatic Leveling：自動調整高度設備，若失效有備份系統。

□ PLB 安全：

1. 維修時知會地面人員。
2. 停機坪及操作台放置警告標誌。
3. 關閉電源。

3.9 機械及電力系統管理

3.9.1 建築物自動化系統 BAS

1. BAS 控制，監視，監管，建物，機械及電子系統，階級系統包含主控及備用電腦，微控及軟體。
2. 樟宜機場 BAS 管理系統為 Fault Management Center，包含監視，部分控制及監管系統之螢幕及儀表。
3. 由設備偵測並傳送失效資料，告知操作者，掌控設備，提出警告，並紀錄保存三個月。

4. BAS 目的為：

- 減少能源消耗：不需用到的可以關掉。
- 減少操作人力消耗。
- 減少維修成本；不需要的維修時期維修裝備使用期減少。
- 減少抵達維修地點時間。
- 增加安全性。
- 增加保安性。

5. BAS 優點為：

- Automatic and comfort control that satisfied individual building tenant and occupant's need.
- User-friendly man machine interface with on line help screen that cut down the operator training hours and effective multi-buildings network control results in lower cost of operation.
- Effective energy management that provide cost effective building facilities operation.
- Optimized control that prevents the torn and worn of the plant equipment that helps to bring down the building maintenance cost.

6. BAS 系統功能：

- 控制監視管理及監管
- 自動化及程式控制
- 警告

- 能源管理
- 友善介面
- 維修管理

7. 樟宜機場現有 BAS 所連接的系統有下列數種：

- High Tension & Low Tension: incoming and out coming; circuit; breaker; transformer
- Heat, Air-conditioning and Ventilation: Chiller cooling towers and pump, AHU, Fans
- Fire Alarm: Smoke detector
- Fire fighting: Sprinkler pump, Hose reel pump
- Plumbing & Drainage: pump tanks
- Elevator: lift and escalator
- Security: Motion detectors and CCTV

8. 未來 BAS 所會連接到的系統為：

- Lighting system and control
- Boiler
- DDT (direct digital Control)
- Power Monitoring
- HVAC equipment
- Gas detector
- Chiller plant
- Paging system
- Lift

9. 控制策略：

- Time Scheduling
- Event and demand control
- Alarm Management
- Trend and report

3.9.2 節能法

- Study has shown that the establishment of an energy management program at an airport can result in a reduction 15-35% energy.
- The energy conservation study should involve detail analysis of what equipment? Lighting, Power, HVAC.
- For the purpose of managing energy flows within buildings, it is useful to classify energy usage in terms of building, distribution, and conversion loads.
- What are the energy consumption depending on? The design of the building and its system, the mode of operation and the quality of maintenance.

1. 建築物外殼的能源消耗基於：加熱源，空調，燈光，裝備電源，煮水器等，不同建物及建物功能，系統設計，建造及操作，影響上述事項排序。

2. 為管理建物能源流的目的，需分類能源消耗所在如：在建物本身負載(Building energy load)，分佈負載(distribution Load)及轉換負載(Conversion load)。

3. 建物本身負載：環境控制及裝備操作消耗的能源 BTU or KW/hr，其值受建物位置及方位、氣候、環境控制程度及處理負載的程度，建物內人員數量及停留時間，及建物結構材料熱效應影響。

4. 分佈負載：又叫寄生負載(Parasitic Loads)能源在傳送過程的消耗，如液體洩出，變電器損失熱管路消耗。
5. 轉換負載：能量轉換設備所損失能量如，煮水器及冰箱效能。
6. 所有能量消耗不只基於建物及系統設計還牽涉到操作及維修。
7. 能源花費包含：life cycle cost and initial capital cost。
8. 能源管理方案(Energy management program)：
 - 建物系統操作及維護程序的評估
 - 藉正式組織力量建立及刺激認知節能重要及建立合作改善之精神
 - 能源管理的目標在於 15-35% 節能
9. 節能的機會：
 - 建物所在及設計(Building siting and physical design)：solar radiation, shading。
 - 建物形狀(Building Configuration): Geometry, Height,

Orientation。

- 建物計畫(Building Plan)： design period, including the equipment location of no close temperature requirement, Grouping the similar environment requirement room, natural illumination and adequate isolation, distribution consumption, heat infiltration at door entries and baggage area(可以玄關自動門防風結構解決節能)。
- 建物外殼：牆(material, insulation, color)，窗戶(Low U, few glass window, thermal barrier)，地板(reduce undersurface exposure, isolation layer)，天花板(proper color, glaze, double roof)。
- 照明：
 1. 區分每一房間每一件工作每一時段所需不同程度照明
 2. 相似工作群組
 3. 燈泡亮度評估或亮度調整裝置
 4. 不使用時關掉
 5. 方便控制的開關或遙控控制
 6. 改善表面情況：包括牆面反射，直射或間射燈

光，天花板高度等。

7. 改善燈泡及底座效：lumen/watt。

8. 高效能螢光燈管(advantage)可能具有較高頻電源(400-3000Hz;原 50/60Hz)。

9. 自然光需和人造燈相互權衡及調整。

10. 日光燈較亮但很難控制亮度。

11. 布幔及窗簾需因應光線調整。

□ 電力系統：

1. 使用於建物內的電力需求基於供電需求，分布傳送損失，電力服務及分佈特性。

2. 節能機會在於減少機械及燈光需求。

3. 減少電梯電扶梯及輸送帶消耗。

4. 減少變壓器及電纜損失。

5. 改善馬達效益。

□ HVAC 加熱通風及空調系統：

1. 改善能量轉換效益及分佈損失。

2. 有效及最適系統設計。

3. 需低溫室轉送熱源至需高溫室。

4. 增加導管尺寸以減少摩擦損失。
 5. 大部分裝備全載時效益最高但須注意不可超載。
 6. Dual Duct 及 Multizone system 冷熱空氣混合無法節能。
 7. 應用 VAV 調節冷/熱空氣量可有效節能。
 8. 高效濾網減少消耗。
 9. 熱交換器應注意壓力及溫度變化。
 10. 適當隔絕方法。
 11. 冷卻塔清潔。
 12. 冷熱控制中心系統。
- 應用其他能源如日光風及熱耗回收。

3.9.3 機場建物防火保護

- 設置：建築物設計階段應結合防火規劃，新加坡法律要求建築物前須由具執照人員設計防火安全標準並簽字送 Fire Safety Bureau 申請防火安全證書。
- 塔台特性在於：機場運作樞紐，電子裝備，機房多並上鎖，

高度很高。

- 航機棚廠特性：巨大封閉空間，高易燃性，不同工作特性，工人數多。
- 防火系統：
 1. 須具備在很早階段偵測火災功能，使處理較早並使人員受警告快速疏散或躲藏。
 2. 自動偵測設施： smoke detector; heat detector; flame(infra red/ultra violet)detector。
 3. 警告系統： fire alarm call point。
 4. 撲滅系統 Suppress system： water sprinkler, gas flooding, 先期滅火防止擴散。
 5. 偵測後發出警告需連結至消防服務組。
- 防火材料： Paints, Coatings, Penetrates。
- 航機棚廠防火：主要目的在保護飛機。
 1. 主要由裝設於天花板上之 Overhead Foam Water Deluge System 組成，其次為保護機翼下及機腹由裝設於牆上之 Automatic Foam producing oscillating nozzles 組成。

2. Heat Detector: The rate of rise in temperature device, usually sensitive or ineffective, Optical detector (infra red detector/ultra-violet detectors).
3. Foam Concentrate: Protein (Level A), Fluoroprotein (Level A), Aqueous film-forming foam (level B).
4. The piping system connect the water supply and foam concentrate system, the pipe on the water supply has include the automatic valve controlled by detection system, Valve open water and injected foam concentrate into then have the foam solution. Then sent the foam solution to discharge system where air mixed.
5. Air aspirate device with Overhead Foam Water Deluge System：泡沫多空氣多含量少。
6. Non-air aspirate device with Overhead Foam Water Deluge System：泡沫少空氣少含量多。
7. 任何形式的 Foam concentrate 儲存灌注及相關資料需清楚提供原設計目的。
8. 主要系統運作時次要系統應由偵測系統連動同時運作並可由手動控制。

3.10 景觀及維護

1. 機場為一國門面及第一印象，創造真實及舒適的第一印象，機場土地佔全國土地 5%。
2. 影響屋內植物的因素為：植物種類、燈光、空氣品質、溫度、溼度、土壤、容器、水、溫室、疾病控制、機場空間、人員評價。

3. 溫室：

- 提供屋內及屋外植物支援及服務
- 樟宜機場溫室約七公頃
- 自有水塘供應灌溉
- 自動洒水系統
- 孕育植物
- 使植物適應室內環境

四、建議

新加坡民航學院不僅在專業師資之提供、課程安排，具有完整規劃，對於學員學習成效利用多種形式之考試，了解其吸收能力，相對於其他訓練機構實謂嚴謹，所有學員勢必獲益良多，本次課程僅完成機場維護部份，另尚有機場運作及管理部份尚未完成，建議若有機會仍應參與完成該項訓練，或遴聘相關教師至本國授課。

另本課程授課期間與國外相關機場安全承辦人員多所研討，在此願提出對本國機場大方向之二項建議，供監理及法規制定者參考：

一、根據國際民航公約第十四號附約第三章規範，須於政府組織中建立機場安全監督單位及其監督機制，於 2003.11.27 前需依國際民航公約第十四號附約認證本國之國際機場並發與證書，建議監理及法規制

定者儘速完成以符合該規範；二、建議政府研議機場民營化方案及進程：機場民營化乃國際趨勢，該基礎在於政府完善之監理法規，其優勢為精簡政府組織人事，政府僅需專注於機場監理及法規制定之角色扮演。