

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

機場跑道抗滑特性檢測與分析

Survey and Analysis of Airport Runway Skid Performance

計畫編號：NSC90-2211-E-002-078

執行期限：90/8/1~91/7/31

主持人：周家蓓 國立台灣大學土木工程學研究所

一、中文摘要

在機場鋪面管理系統（APMS）中，抗滑值為跑道安全性能的主要指標，然而目前國內尚未具備跑道抗滑值相關技術及規範，故本研究之目標為建立本土化抗滑檢測標準作業規範。在研究進行過程中，因實地觀測到剛性鋪面之抗滑值遞減率明顯較柔性鋪面為快，故本研究僅以國內剛性鋪面三大主機場（中正、台南及小洪）為主。研究中首先經由文獻蒐集回顧，整理跑道抗滑相關技術及國際規範，再透過實驗設計，分析跑道抗滑特性，最後藉由定期檢測，觀察國內主要機場跑道抗滑現況及抗滑值下降趨勢，以作為發展國內抗滑規範之基礎。本研究之成果可為國內機場管理單位執行抗滑檢測作業之參考。

關鍵詞：跑道、抗滑

Abstract

Skid performance of runway pavement is one of the major safety indexes used in Airport Pavement Management System (APMS), but related operating procedures for measuring runway skid-resistance have not been developed in Taiwan. The objective of this study is to analyze the skid performance characteristics of runway pavement in major airports in Taiwan. Reviews on technologies

well-designed experiment scenarios. The runway skid performance of major airports in Taiwan can be observed. And it will be the foundation for establishing the localized operating procedures of runway skid-resistance.

Keywords: runway, skid-resistance

二、緣由與目的

鋪面抗滑值於維護飛航安全方面為一相當重要的指標，因為適當之鋪面抗滑表現，可縮短飛機落地後的滑行時間，使其能在適當距離內煞停，並在側風大或飛機引擎故障時，協助飛機維持良好方向控制。有鑑於此，機場管理單位應隨時監控跑道抗滑狀況，並在抗滑值下降至門檻標準時，採取有效養護措施。有鑑於此，美國太空總署自 1970 年起即對跑道抗滑領域，包括：提升鋪面抗滑材料特性、加強鋪面抗滑施工方法等等，展開一連串之實驗計畫；而國際民航組織（ICAO）及美國航空總署（FAA）亦擬定跑道抗滑養護之相關技術標準，期望藉由定期監控及胎屑清除作業，維持跑道之抗滑值於一門檻值以上，進而避免航空器於潮濕鋪面上降落時產生水滑現象導致意外事故的發生。此兩抗滑養護技術標準為國際各大機場採用並據以擬定其抗滑檢測及胎屑清除頻率。

and specifications for measuring skid-resistance are carried at first. Routine surveys are then proceeded with

國內現況方面，機場抗滑技術領域仍在起步階段，因此機場管理單位十分缺乏抗滑相關之儀器及技術，目前僅有中正國際機場購置有抗滑檢測儀進行每月一次之檢測工作，其餘機場付之闕如。而胎屑清除作業方面，亦僅有部分機場編列預算進行清除作業，清除頻率缺乏依據，清除效果在沒有儀器檢測下也無從得知。因此，本研究希望針對國內幾個主要機場進行定期之抗滑檢測，以了解國內機場跑道之抗滑現況，並希望參酌國外相關文獻，結合本研究實驗結果心得，擬定本土化之抗滑檢測規範，提供國內機場管理單位參考使用。

本研究主要研究目的如下：

1. 透過實驗設計，分析機場跑道抗滑特性，及檢測相關應注意事項，包括：跑道縱橫斷面之抗滑值分佈狀況、跑道左右側距中心線相同距離處抗滑值是否有差異存在、檢測水膜厚度對於檢測抗滑值之影響，檢測方向與飛機落地方向同向或反向對檢測抗滑值之影響。
2. 定期對中正機場 05L/23R 跑道、06/24 跑道、台南機場 18/36 跑道、小港機場 09L/27R 跑道進行定期檢測，分析國內跑道抗滑現況及變化情形。
3. 蒐集國內抗滑養護現況資料及國外抗滑養護策略，進行分析比較，並針對國內機場跑道，擬定建議之養護管理策略。
4. 建立本土化之抗滑檢測規範，供國內機場管理單位參考使用。

三、結果與討論

歸式進行說明。

因抗滑檢測標準作業需有跑道實際之抗滑值輔助才得以執行，但目前僅有中正機場擁有抗滑檢測儀器得以進行每月一次之檢測，因此本研究利用民國 89 年 11 月至民國 90 年 4 月於中正機場 05L/23R 跑道、06/24 跑道、台南機場 18/36 跑道以及小港機場 09L/27R 四條跑道進行之實驗數據，進行抗滑值預測模式構建。期望本研究建構之回歸式，得以提供台灣機場管理單位實務上之應用，並能再是當時機，採取適當之養護策略。

本研究將跑道落地區抗滑值最低落之 450 公尺切分為三區段，各區段之抗滑值預測模式如下所示：

1. 第一區(靠近跑道頭)抗滑預測模式

$$Y = -0.01314 + 1.047X_1 - 0.02604X_2 - 0.01841X_3 \quad R^2 = 0.938$$

2. 第二區(中間段)抗滑預測模式

$$Y = -0.146 + 1.149X_1 + 0.005073X_2^2 - 0.07224X_2 - 0.0154X_3 \quad R^2 = 0.913$$

3. 第三區(靠近跑道中央)抗滑預測模式

$$Y = -0.225 + 1.323X_1 - 0.0283X_2 - 0.008948X_3 \quad R^2 = 0.873$$

式中：Y=抗滑值，

X_1 = 初始抗滑值，

X_2 = 廣體機降落班次，

X_3 = 窄體機累積降落班次。

由於中正機場 06/24 跑道於 90 年 4 月至 7 月間進行大型翻修及刮槽，因此針對刮槽後之 06/24 跑道於民國 90 年 10 月至民國 91 年 1 月之資料進行抗滑值模式構建，並同樣將飛機著陸區依據跑道距離分為三區，三區模式如下：

1. 第一區(靠近跑道頭)抗滑預測模式

$$Y = 0.754 - 0.00868X_2 \quad R^2 = 0.959$$

前三項之研究目的已於第一期之報告中加以敘述，因此本期之報告將針對本研究建議之抗滑檢測規範以及抗滑值預測回

2.第二區(中間段)抗滑預測模式

$$Y=0.711-0.000717X_2 \quad R^2=0.927$$

3.第三區(靠近跑道中央)抗滑預測模式

$$Y=0.766-0.00935X_2 \quad R^2=0.947$$

經由比較得知刮槽後之模式僅選用累積降落廣體客機作為解釋變數。並藉由機場刮槽後之實際抗滑檢測，發現初始抗滑值較原跑道抗滑值預測模式推估為高，且抗滑值隨時間之遞減趨勢亦較原預測值為緩。此一現象顯示跑道刮槽確對抗滑值的提昇與維持據明顯的助益。

為考慮機場管理單位規劃胎屑清除及抗滑檢測作業時程之便利，將頻率分為24、18、12、9、6、4、3、2、1個月以及2、1週共11個等級。將本研究建議之抗滑檢測頻率、胎屑清除頻率以及胎屑清除頻率及抗滑檢測頻率對照表如整理如表1.1、表1.2及表1.3所示。

本研究建議之機場跑道道面目視調查檢測作業程序如下所述：

1. 預先將跑道全長以 150 為單位進行切分，每區段取跑道左右各 10 公尺為檢測寬度。若為剛性鋪面可取版塊長度之整數倍作為檢測單元長度。
2. 檢測人員持紀錄表(如表 1.4 所示)，將每單位區段中估計被胎屑覆蓋區域之長度、寬度及胎屑覆蓋情形進行描述，並轉換為胎屑覆蓋之比例。
3. 評估準則如表 1.5 所示。

本研究建議之跑道道面抗滑儀器檢測標準作業規範如下：

1. 使用連續適抗滑檢測儀，檢測速度範圍應介於 40~130km/hr 間。應配置釋水系統以模擬鋪面潮濕狀態，儀器紀錄隻摩擦值

2. 每次抗滑檢測前需對儀器進行校估，並先行於跑道進行目視調查其是否有機水區域或是刮槽處理設施。同時決定跑道兩端加速及減速距離。

3. 檢測速度建議採取 65km/hr，檢測水模厚度建議採用 1.00mm，檢測之橫向位置需依照航機組成決定，本研究建議之橫向檢測距離如表 1.6 所示，並須於跑道全程皆加以檢測。

4. 由連續式抗滑檢測儀所測得之抗滑值，應採用 150 公尺為單位求取平均抗滑值，並依表 1.7 各儀器之機場跑道抗滑值門檻標準進行評估。並依抗滑直線況將其分為監控區、養護區以及立即養護區，定義如圖 1.1、圖 1.2 及圖 1.3 所示。若為監控區(150 公尺)，本區尚無維修需求，但應定期監控其摩擦力下降之情形。若為養護區(300 公尺)，機場單位應評估抗滑值下降之原因，並於近期進行養護作業之安排。若為立即養護區(450 公尺)，應對整條跑道進行全面性檢視，確定跑道上抗滑值滴落之區域，並立即進行養護作業。

本研究建議整理如下：

1. 因目視檢測作業檢測結果的可信度不高，其檢測時間更數倍於使用連續式抗滑檢測儀器，因此，使用目視檢測僅能作為因應現階段之暫時性措施，國內機場管理單位仍應儘早購置連續性抗滑檢測儀。
2. 本模式僅蒐集中正機場、小港機場、及台南機場三機場 4 跑道之抗滑資料以構建預測模式，未來可針對全台灣的機場進行長期性跑道抗滑值之監測工作，以更新或構建更適用之預測模式。並可依據相同程序構建柔性跑道鋪面之抗滑預測模式。

範圍應介於 1~1.0 之間。

3. 由於機場相關單位對於各跑道頭之起降班次並無紀錄，本研究對於各跑道頭之降落班次數進能以推估方式求得，故建議後續研究尋求方式得知各跑道頭之降落班次，以確實掌握交通量因素對於鋪面抗滑值下降的影響程度。
4. 本預測模式可納入機場鋪面養護管理系統，作為跑道安全性能之指標之一，使機場鋪面養護管理系統更形完善。
5. 由本研究檢測結果可知跑道刮槽對於抗滑值的提升與維持具明顯助益，因此建議各機場管理單位，除了清洗胎屑以提升跑道抗滑值之外，還應檢視場內跑道刮槽是否因長時間使用而磨損，若跑道刮槽磨損嚴重而造成清洗胎屑無法明顯提升跑道抗滑能力，則建議機場管理單位應著手對於跑道重新翻修刮槽。
6. 各機場管理單位可將其每日廣體機及窄體機之降落班次數帶入本研究之預測模式，以預測其跑道抗滑值下降情形，藉以規劃其抗滑養護時程。

四、計劃成果自評

本計畫經由兩年之國內三大機場實地抗滑檢測，完成了機場剛性鋪面跑道抗滑值預測模式、檢測規範草案，及目視與儀器檢測程序；並建立明確胎屑清除頻率，研究成果相當豐碩。

五、參考文獻

1. 潘格平，『以鋪面家族理念構建鋪面績效預測模式』，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
2. 劉昭正，『高速公路路面紋理調查與路面抗滑速度梯度模式之建立』，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 73 年 6 月。

4. U.S. Department of Transportation, Publication Federal Highway Administration, "Highway Pavement", National Highway Institute, Publication No. FHWA A-HI-90-026, May 1990, pp.113-125.
5. Kazuo Saito, Takashi Horiguchi, Atsushi Kasahara, Hironari Abe, and John Jewett Henry, "Development of Portable Tester for Measuring Skid Resistance and Its Speed Dependency on Pavement Surfaces", Transportation Research Record 1536, 1996, pp.45-51.
6. R. Prasanna, B. Nageswaran, and P.W. Jayawickrama, "Use of Relational Database Management Systems Principles in Reliable Prediction of Pavement Skid Resistance", Transportation Research Record 1655, 1999, pp.192-199.
7. Samuel Owusu-Ababio, "Modeling Skid Resistance for Flexible Pavements: A comparison Between Regression and Neural Network Models", Transportation Research Record 1084, Aug. 1986, pp.40-47.
8. B. J. Hill and J. J. Henry, "Surface Materials and Properties Related to Seasonal Variations in Skid Resistance", Pavement Surface Characteristics and Materials, ASTM STP 763, Dec. 1980, pp.45-60.
9. Galal A. Ali, Rashid Al-Mahrooqi, Mohammed Al-Mammari, Nasser Al-Hinai, and Ramzi Taha, "Measurement, Analysis, Evaluation, and Restoration of Skid Resistance on Streets of Muscat", Transportation Research Record 1655, Aug. 1999, pp.200-210.

3.ASTM, “Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface”, ASTM E1960-98,1998.

表 1.1 抗滑檢測頻率表

每日累積降落班次數	寬體機型比例			
	0	0~20%	20%~50%	50%~100%
<15 架次	12 個月	6 個月	4 個月	3 個月
16~30 架次	4 個月	3 個月	2 個月	1 個月
31~60 架次	2 個月	1 個月	2 週	1 週
61~90 架次	1 個月	2 週	1 週	1 週
91~120 架次	2 週	2 週	1 週	1 週
121~180 架次	1 週	1 週	1 週	1 週
>180 架次	1 週	1 週	1 週	1 週

表 1.2 胎屑清除頻率表

每日累積降落班次數	寬體機型比例			
	0	0~20%	20%~50%	50%~100%
<15 架次	24 個月	18 個月	12 個月	9 個月
16~30 架次	12 個月	9 個月	6 個月	4 個月
31~60 架次	6 個月	4 個月	3 個月	2 個月
61~90 架次	4 個月	3 個月	2 個月	2 個月
91~120 架次	3 個月	2 個月	2 個月	2 個月
121~180 架次	2 個月	2 個月	1 個月	1 個月
>180 架次	1 個月	1 個月	1 個月	1 個月

表 1.3 胎屑清除頻率與抗滑檢測頻率對照表

胎屑清除頻率	24 個月	18 個月	12 個月	9 個月	6 個月	4 個月	3 個月	2 個月	1 個月
抗滑檢測頻率	12 個月	6 個月	4 個月	3 個月	2 個月	1 個月	2 週	1 週	1 週

表 1.4 目視調查檢測紀錄表

[illegible]

表 1.5 目視抗滑檢測評估準則

胎屑累積程度等級劃分	等級代碼	胎屑覆蓋比例	狀況描述	建議養護策略
非常輕微	7	小於 5%	鋪面上出現間歇性輪跡，95%之紋理露出	無須養護
輕微	6	6~20%	間歇性輪跡互相重疊，80~94%之紋理露出	無須養護
輕微~中等	5	21~40%	跑道中心線左右 3 公尺內之區域已被胎屑覆蓋；60~79%之紋理露出	密集監測
中等	4	41~60%	跑道中心線左右 6 公尺內之區域已被胎屑覆蓋；40~59%之紋理露出	4 個月內需進行胎屑清除作業
中等~嚴重	3	61~80%	跑道中心線左右 7.5 公尺內之區域已被胎屑覆蓋，30~69%之胎屑有硬化現象並黏附跑道表面，20~39%之紋理露出	3 個月內需進行胎屑清除作業
嚴重	2	81~95%	70~95%之胎屑有硬化現象並黏附於跑道表面，清除不易；胎屑沈積處表面光滑且有光澤；5~19%之紋理露出	2 個月內需進行胎屑清除作業
非常嚴重	1	96~100%	胎屑完全硬化並黏附於跑道表面，清除不易；胎屑沈積處表面光滑且有光澤；0~4%之紋理露出	立即進行胎屑清除作業或至少於 1 個月內進行胎屑清除

表 1.6 台灣各機場抗滑檢測橫向距離統計表

機 場 別	主要起降機型	建議檢測橫向距離 (與跑道中心線距)
中正 國際機場	B747-400,B747-100, A300-600,A320,A330	3~5m
高雄 國際機場	MD90,MD82,A321, B738,B757	3~5m
台北 松山機場	DH3,MD90,MD82, ATR72,B757	2.5~4m
花蓮 機場	ATR72,B757,MD82, FK100,FK50	2~3.5m
馬公 機場	DH3,ATR72,FK50, MD90,MD82	2~4m
台東 豐年機場	DO-228,B757 MD90,ATR72,FK50	1.5~3.5m
台南 機場	MD90,A321,A320, B757,DH3,MD82	2.5~4m
台中 水湳機場	FK50,DH3	3.5m
嘉義 機場	DH3,ATR72,MD82	4m
蘭嶼 機場	DO-228	1.5m
綠島 機場	DO-228	1.5m
望安 機場	DO-228	1.5m
七美 機場	DO-228	1.5m
金門 機場	DH3	4m
馬祖 北竿機場	DH2	4m
屏東 機場	ATR72,DH2,DH3	2m

表 1.7 機場跑道抗滑值門檻標準

儀器	65 公里/小時			95 公里/小時		
	最低	養護	新建	最低	養護	新建
Mu Meter	0.42	0.52	0.72	0.26	0.38	0.66
K. J. Law Runway Friction Tester	0.50	0.60	0.82	0.41	0.54	0.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Airport Surface Friction Tester	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Findlay Irvine Ltd. Grip Friction Meter	0.43	0.53	0.74	0.24	0.36	0.64
Tatra Friction Tester	0.48	0.57	0.76	0.42	0.52	0.67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	0.45	0.52	0.69	0.32	0.42	0.63

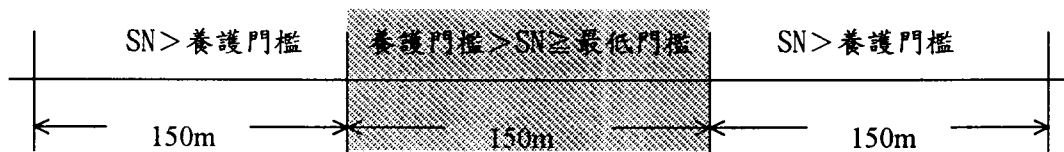


圖 1.1 監控區示意圖

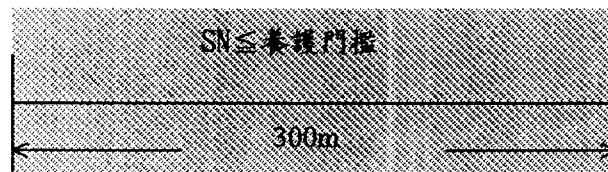


圖 1.2 養護區示意圖

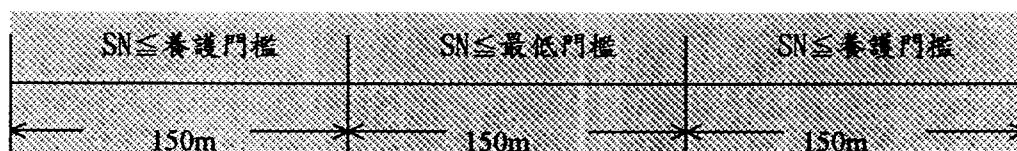


圖 1.3 立即養護區示意圖