

中正國際機場低層亂流之初步研究

曾 憲 瑗

李 金 萬

摘 要

中正機場濱臨台灣海峽北部，冬半年受制於來自中國大陸高氣壓，東北季風強勁，且不時有冷鋒通過；夏半年大部份時間因來自太平洋高壓之影響，一般盛行西南季風，多電、陣雨；間亦會受來自西太平洋之颱風侵襲，使中正機場低層因強的風切而形成亂流，影響航機起降，帶來不便。依據 1979～1984 年六年間氣象資料及離到場飛機報告之亂流情形分析，吾人約略可將發生此種低層亂流分成四種類型，即：雷、陣雨型；低層東風強風型；鋒面通過型及低層西南強風型四類。經由統計、分析、顯示中正機場低層亂流，若以天氣狀況分則以鋒面、颱風及寒潮等三類出現最多，佔亂流總數之 76%。倘就年中分月言：以每年三月與八月份所佔比率較高，各約佔 17.9% 及 16.7%，四月份最少祇佔 1.3%。亦即出現於中正機場之低層亂流，春夏多於秋、冬；而在西南季風下又較東北季風為多。

一、前言

發生於機場附近的低空風切與亂流對飛航安全常會造成嚴重威脅，輕則影響離、到場區航機操作，重則導致失事或不幸事件。根據美國聯邦航空總署之調查報告（FAA, 1978），在 1964 至 1975 年間，美國曾有 25 次與低空風切亂流有關之飛機失事紀錄。例如 1971 年 1 月 4 日，美國甘迺迪機場在嚴重低空風切亂流情況下，於兩小時內，九架次民航客機相繼發生降落困難的驚險情形；1975 年 6 月 24 日，一架美國東方航空公司波音 727 第 066 次班機，墜毀於美國甘迺迪機場，即係由於雷雨下爆氣流所造成的低空風切亂流所引起死亡 113 人；同年 7 月 31 日我國遠東航空公司 EF 134 班機亦因適在雷雨前失事於松山機場。

，死亡 28 人，傷 47 人，經調查後雖非直接由天氣因子所導致，但失事於雷雨前則屬實情。因之近年來對偵測低空風切亂流警報系統的研究發展乃大受重視。

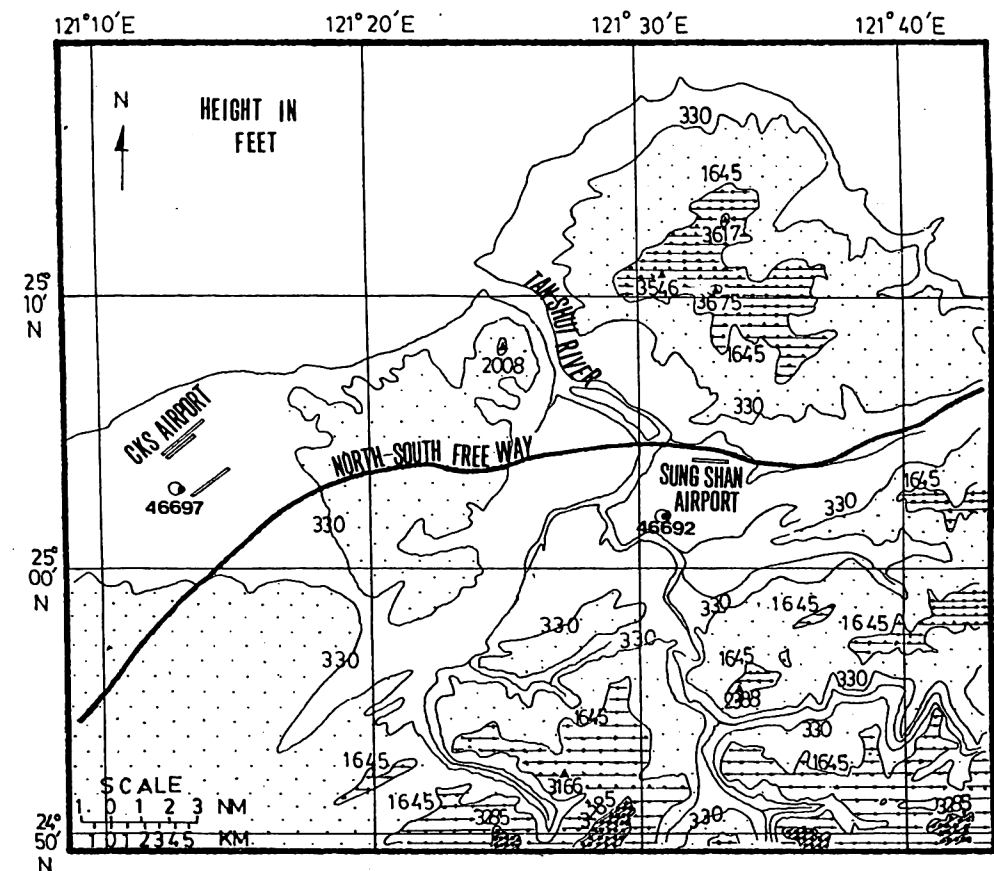
中正國際機場自 1979 年 2 月 26 日啓航後起降飛機頻繁，且隨著我國經濟的進步，外交的推展、機場跑道的擴建、以及每日航機起降數目的增加，對低空風切亂流偵測系統的建立，已深為主管當局所重視，且已着手於本年度採購建立一都卜勒雷達系統，以便偵測中正機場及其附近之低空風切與亂流觀測，從而確保飛行安全。由於都卜勒雷達的即將設置，我們對中正國際機場過去低空風切亂流發生的天氣狀況亦宜先作調查，以作將來研判雷達觀測資料時能更易掌握，和增進低空風切亂流的預報。

二、資料採用及研究方法

在飛航術語上，所謂低空風切亂流，一般採美國聯邦航空總署（FAA）和國家海洋大氣總署（NOAA）所規定，指近地面 1500 呎高度內所發生之風切現象。因在此高度下，飛機如遭遇風切亂流，容易造成撞地墜毀；本區航機在截奪到左右定位台電波（Localizer）後一般按照儀降台（glide path）滑降時高度概在 2000 呎作進場落地。為配合實際作業，本文所引用之低空風切亂流資料乃來自機場周圍 2000 呎以下高度之飛機報告，以及中正國際機場自 1979 年啓航至 1984 年之每日觀測紀錄 801c 表；地面天氣圖係取自民航局氣象中心的分析資料；探空報告包括中央氣象局所屬之台北（46692 即板橋探空站）以及空軍桃園探空站

（46697），資料時間亦自 1979 至 1984 年共六年。中正國際機場地理位置，附近地形，以及台灣地區探空站分佈見圖一。

低空風切亂流的發生，通常與較大規模天氣系統的變化有密切關係，因為中、小尺度的風切亂流經常皆伴隨較大尺度天氣系統，而中、小尺度之水平風切與垂直風切亦隨之相伴而生。因此，分析台灣北部地區綜觀尺度低空風切亂流發生的氣象因素，對於瞭解中正國際機場可能發生低空風切亂流的條件極有幫助。本文即利用中正國際機場附近台北與板橋測站的探空資料加以整理，選擇 5000 呎高度以下風之垂直剖面型式，配合地面天氣圖及中正機場與鄰近測站觀測報告歸類並就其可能影響的天氣狀況加以分類和討論。

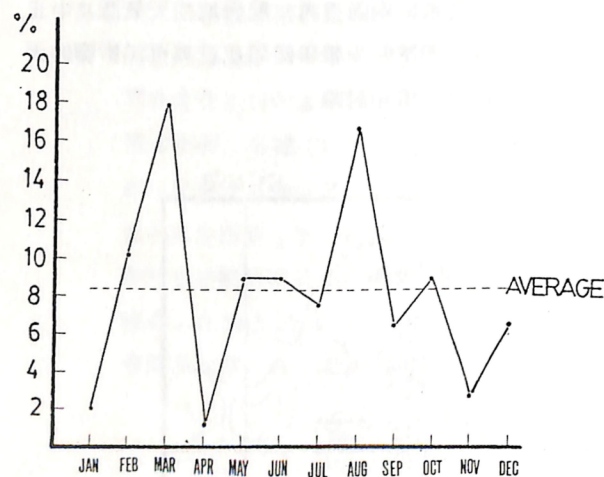


圖一 中正國際機場之地理位置、附近地形以及板橋（46692）與桃園（46697）探空站之分佈。

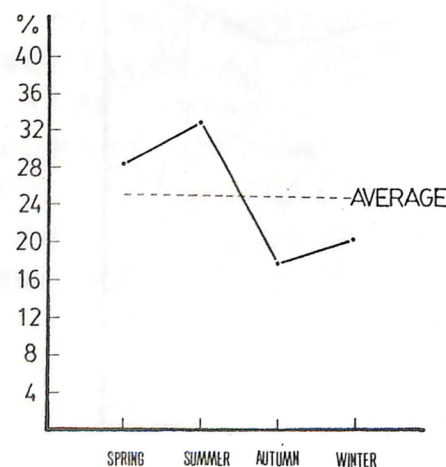
三、分析結果

(一)飛機報告

中正國際機場各月低空亂流飛機報告架次平均及百分比如圖二。由圖中曲線顯示，三月及八月份發生的比率較高，分別佔 17.9% 及 16.7%；四月份最低，僅佔 1.3%；一月及十一月份亦偏低；其餘各月份則接近平均值。三月份本區東北季風已減弱，西南季風尚未盛行，一般風場均較弱，但發生低空風切亂流次數最高，實係一有趣問題，容後再行討論。



圖二 中正國際機場各月之低空風切亂流飛機報告架次百分比與平均之分佈。



圖三 中正國際機場各季之低空風切亂流飛機報告架次百分比與平均之分佈。

季節分佈及平均如圖三所示，顯示春、夏高於秋冬，平均約差 10%。亦即，中正國際機場低空風切亂流的發生，西南季風期內較東北季風期內為高。

(二)低空風切亂流類型

根據飛機報告、地面天氣報告、地面天氣圖、以及台北、桃園探空報告分析，中正國際機場發生低空風切亂流的環流，除極少數外，大致可以歸納為雷、陣雨型，低層東風強風速型，鋒面通過型，及低層西南風強風速型等四類（表一）。茲分述如下：

表一 中正國際機場各類型低空風切亂流之各月發生架次與總數及所佔百分比。

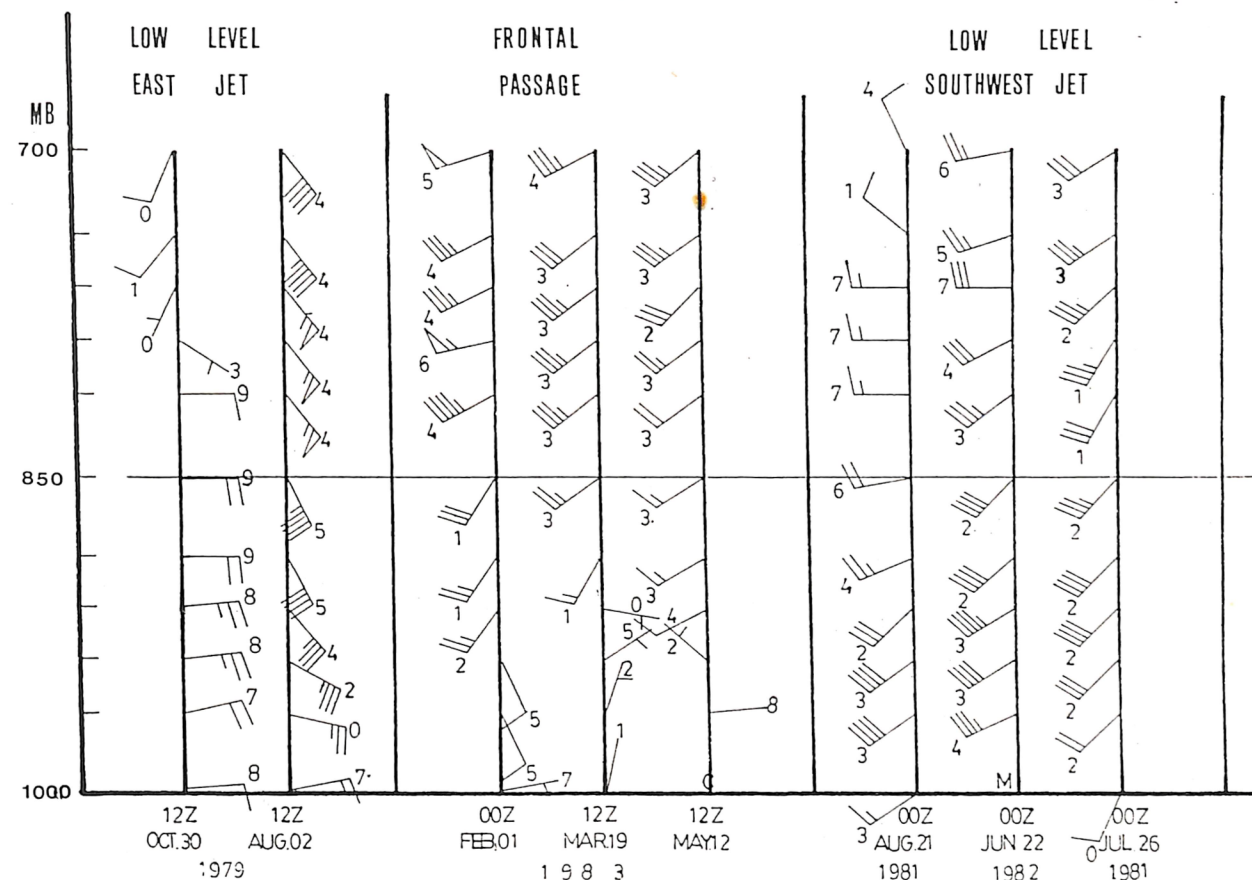
MONTH	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL	%
T.S. OR HVY RASH	0	1	10	0	1	3	2	6	4	0	0	0	27	34.6
LOW LEVEL E JET	1	3	2	0	2	0	2	5	0	6	1	2	24	30.8
F.P.	1	4	2	1	3	2	0	0	0	1	0	1	15	19.2
LOW LEVEL SW JET	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	7	9.0
OTHERS	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	5	6.4

1 雷、陣雨型

當機場或鄰近區域觀測到雷雨、閃電、積雨雲或中度以上陣雨而飛機報告遭遇到低空風切亂流時，皆列入此類。發生的次數最多共 27 架次，約 $\frac{1}{3}$ 強佔總數之 34.6%。造成雷、陣雨型天氣類型包括鋒面過境及梅雨 15 次，颱風型 6 次，氣團型 4 次，以及高空噴流條與低空西南強風速帶偶合型 2 次（表二）。

表二 伴隨雷、陣雨型低空風切亂流各天氣型之飛機報告架次。

WEATHER TYPE	FRONT	TYPHOON	AIRMASS	JETSTREAK COUPLING L.L.J.
AIREP	15	6	4	2



圖四 低層東風強風速型、鋒面通過型以及低層西南風強風速型之垂直風場剖面圖個案。

2 低層東風強風速型

分析台北及桃園探空報告，若 5000 呎及以下盛行東北到東南風向，且最大風速達 25 KT 或以上，歸之於低層東風強風速型（參見圖四）。發生的次數次之，約佔 30.8% 共 24 次。影響的天氣類型包括冬季極地高壓南下時其南側環流或迴流以及夏季颱風移近時東風環流加強所致，分別各為 15 與 9 次（表三）。垂直風場剖面實例如圖四個案所示。

3 鋒面通過型

未伴隨雷、陣雨型天氣之氣旋鋒面、台灣低壓或海陸風鋒面，經過中正國際機場上空，若台北或桃園探空報告 5000 呎高度以下出現東、西風轉變時（參見圖四），劃分為此型。發生比率為 19.2% 約佔總次數之 $\frac{1}{5}$ ；其中尤以氣旋鋒面通過時發生次數最多共有 12 次，台灣低壓及海陸風鋒面較少，

表三 同表二，但為伴隨低層東風強風速型。

WEATHER TYPE	HIGH CIRCULATION	TYPHOON
AIREP	15	9

表四 同表二，但為伴隨鋒面通過型。

WEATHER TYPE	POLAR FRONT	TAIWAN LOW	LAND-SEA BREEZE FRONT
AIREP	12	2	1

各為 2 與 1 次（表四）。

4 低層西南風強風速型

歸類標準同低層東風強風速型，但為西南風且

未發生雷、陣雨型天氣現象（參見圖四）。主要影響天氣類型包括颱風北上引進強勁西南氣流、鋒面前暖區，以及太平洋高壓迴流等，如表五，各為 4、2，及 1 次，比率較少共佔總次數之 9 %。

表五 同表二，但為伴隨低層西南風強風速型。

WEATHER TYPE	TYPHOON	WARM SECTOR	NW CIR. OF HIGH
AIREP	4	2	1

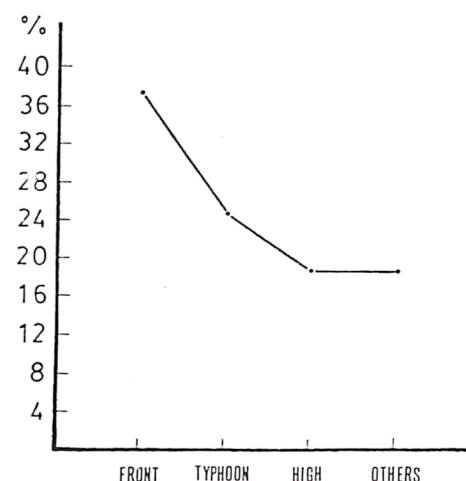
(三) 亂流強度及天氣狀況

各類型之飛機報告強度統計如表六所示，顯示雷、陣雨強烈風切亂流報告次數最高，佔總次數之 15.4 %，次為低層東風強風速型佔 9.0 %，其餘皆低於平均值。

表六 中正國際機場各類型低空風切亂流之各種強度飛機報告架次與強烈風切亂流所佔百分比。

STRENGTH TYPE	TS OR HVY RASH	LOW LEVEL E JET	F. P.	LOW LEVEL SW JET	OTHERS	TOTAL
TS OR HVY RASH	1	0	13	1	12	15.4
LOW LEVEL E JET	2	1	10	4	7	9.0
F. P.	0	0	7	3	5	6.4
LOW LEVEL SW JET	0	0	2	0	5	6.4
OTHERS	0	0	1	1	3	3.8
TOTAL	3	1	33	9	32	41.0

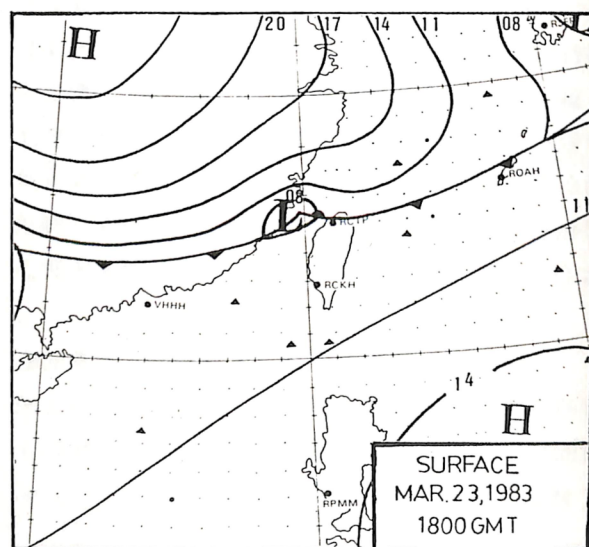
再以發生低空風切亂流各類型之天氣狀況來區分又可分為四類型：計鋒面型（包括有雷、陣雨天



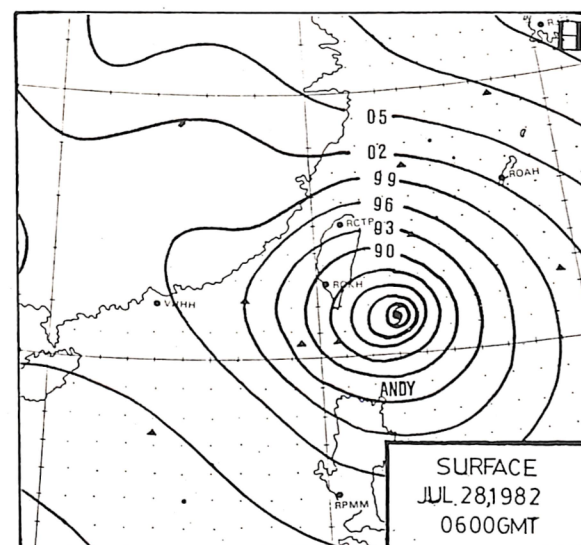
圖五 伴隨中正國際機場低空風切亂流各天氣型態之百分比分佈。

氣或無雷、陣雨天氣而鋒面通過）為 29 次，颱風型（包括雷、陣雨型、低層東風或西南強風速型）19 次，以及寒潮爆發強勁東北季風環流型 15 次；共佔總報告次數之 81 %（圖五）。其餘太平洋高壓氣團、海陸風鋒面、以及其他少數例外所佔比率皆小。

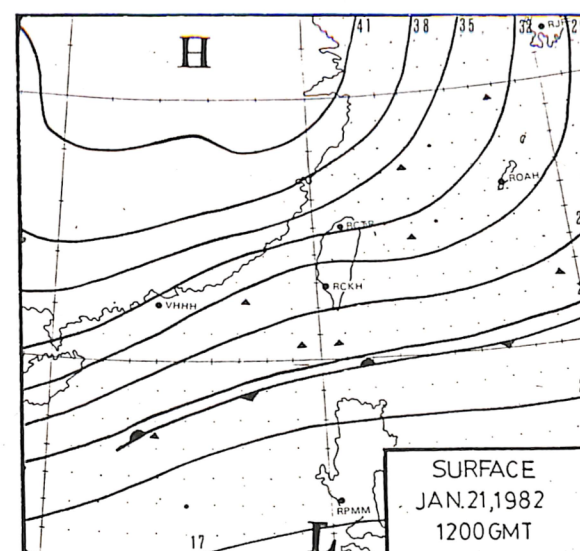
有關導致中正機場發生低層風切亂流之天氣型態實例如附圖六、七及八所示。



圖六 鋒面天氣型。



圖七 颱風天氣型。



圖八 寒潮爆發型。

四、討論

從上述統計分析顯示，中正國際機場低空風切亂流的發生次數，雷、陣雨型最高，是為預料中事。溯自 1981 年 Fujita 定義小型下爆氣流（microburst）一詞後，雷、陣雨所產生的低空風切亂流對航機的危害性，與乎重大飛機失事造成人員、財貨損毀多為此種原因所致，且早已為航空界所熟知與重視，蓋以下爆氣流（downburst），陣

風鋒面（gust front）皆可於短距離內產生顯著的風向、風速變化，導致強烈風切亂流。

以中正機場言，當東風層達 5000 呎厚度，最大風速亦達 25 KT 時，受到台灣北部複雜地形影響，且風向與中央山脈走向交角甚大（參見圖一），位於背風區的中正國際機場由於山脈引起的副低壓，或由於山岳波，或因綜觀系統的輻合氣流，都會造成低空風切亂流的現象。

鋒面通過型大多數為冷鋒，由於上下層不同性質的氣團，在 5000 呎高度以下風向、風速的變化，亦常造成低空風切亂流。

至於低層西南風強風速帶移入台灣北部地區，由於水平及垂直風切顯著，加上由南方輸送之暖濕空氣，使此一地區之大氣更不穩定，常使李查遜數（Richardson number Ri）值變小，造成較強烈低空風切亂流。

除上述分析外，其他尚有 5 架次低空風切亂流報告，無法併入上述各型中，且都是較弱的垂直風切環境，是否可能係由水平風切變化造成，尚待進一步資料分析，在此無法討論。

由亂流強度分析顯示雷、陣雨型強烈風切亂流比例最高，而且發生次數亦最多，是為中正機場危害飛航安全最嚴重的氣象因素。低層東風強風速型造成強烈低空風切亂流次數也不少，亦值特別注意。此外發生低空風切亂流的天氣狀況，緣於特殊的地理位置，鋒面、颱風及寒潮等皆常會引起強烈的低空風切亂流，對本區而言亦不容忽視。經查閱中正國際機場每年三月份天氣觀測紀錄知，本月份內鋒面仍經常通過中正機場，偶而亦有較強寒潮南下，而且由於季風期已有轉換交替現象，雷、陣雨型天氣出現頻率亦高，可能為影響中正國際機場低空風切亂流發生次數偏高之原因。

五、結論

本文目的為配合中正國際機場都卜勒雷達觀測系統的建立，就已有飛機報告之統計與低空風切亂流類型以及天氣狀況之研究，這些資料將可提供機場低空風切亂流預報之重要參考。所得主要結論如下：

(一)中正國際機場發生低空風切亂流主要在春、夏兩季，特別以三月與八月份為最多。

(二)由台北與桃園兩探空站之資料與地面觀測資料顯示，中正國際機場發生低空風切亂流之主要類型可歸納為(1)雷、陣雨型，(2)低層東風強風速型，(3)鋒面通過型，(4)低層西南強風速型等。各型所佔之百分率及強烈風切亂流次數依序排列，以雷、陣雨型最高。

(三)造成上述各型低空風切亂流之天氣狀況，包括鋒面、颱風以及寒潮等三類，佔總數之 76 %，應特別注意。

(四)傳統的觀測方法無法從事機場附近連續觀測低空風切亂流，必需採用如低層風自動警告系統 (LLWSAS)，都卜勒聲波雷達，都卜勒氣象雷達，或雷射儀等配合使用，方克有濟。

(五)上述飛機亂流報告，僅屬氣象中心已獲得之報告，當然我們知道在這些報告之外，仍可能有許多風切或亂流情形發生於中正機場起降航路之上，其時並無飛機起降，而未有報告，此點唯有待於中正機場之都卜勒氣象雷達系統裝置之後，或將來進一步有 LLWSAS 設置之後才能得知確實情形。

參考文獻

1. FAA, Department of Transportation, U.S. A., 1978: Analysis of National transportation Safety Board Large Fixed-Wing Aircraft Accident/Incident Reports for the Potential Presence of Low-Level Wind Shear; Flight Safety Bulletin, NO. 67-10.
2. Fujita, T., 1981: Tornadoes and downbursts in the context of the generalized planetary scale. J. Atmos. Sci., 38, 1512-1534.
3. Kuo, C.H., 1970: The preliminary study of low-level wind shear at Taipei/Sungshan airport. Conference on atmospheric turbulence and flight safety, p 177-212.
4. Lee, Y. L., 1970: Effect of low-level wind shear on final approach. Conference on atmospheric turbulence and flight safety. p 81-107.
5. Hong, S.S., and L.N. Chang, etc. 1982: An experimental research of low-level wind shear at CKS airport. CAA.

A Primary Study on the CKS International Airport Low Level Wind Shear & Turbulence

Hsien-Yuan Tseng

Chin-wan Lee

ABSTRACT

The CKS International Airport is located nearby the Northern part of Taiwan strait. It is under the influence of the continental high pressure with the effect of strong NE monsoon and the frequently passing of cold front in the Airport area, during the winter time. It is mostly influence by the Pacific high pressure that SW monsoon prevails usually, associated with frequent shower and thunderstorm, and occasionally influenced by typhoon came from SW Pacific Ocean during the summer time. Under such a circumstance, low level turbulence in the Airport area, caused by strong wind shear, affects the operations of aircrafts and bring in inconvenient situations.

By ways of analyzing the six years' (from 1979 to 1984) weather data and the pilot reports which is made by the pilots encountered turbulence during taking off & landing CKS International Airport, four types of low level turbulence can be roughly classified as: thunderstorm or heavy shower, low level E jet, frontal passage and low level SW jet. It is evident that front, typhoon and cold wave are the most important three kinds of the CKS International Airport low level turbulence which figured 76% of the total. March (figured 17.9%) and August (figured 16.7%) are the two popular month that low level turbulence occurred while April is figured 1.3% only. In other words, the occurrence of CKS low level turbulence is more often in summer & autumn time than in winter & spring, as well as SW monsoon than NE monsoon.

*CKS International Airport: Chiang Kai-Shek International Airport.