



飛航安全調查委員會

航空器飛航事故調查報告

中華民國 101 年 8 月 17 日

華信航空公司 AE369 航班

Embraer ERJ-190 型機

國籍標誌及登記號碼 B-16825

於馬公機場降落時偏出跑道鼻輪起落架折損

報告編號：ASC-AOR-13-09-001

報告日期：民國 102 年 9 月

本頁空白

依據中華民國飛航事故調查法及國際民航公約第 13 號附約，
本調查報告僅供改善飛航安全之用。

中華民國飛航事故調查法第 5 條：

飛安會對飛航事故之調查，旨在避免類似飛航事故之再發生，不以處分或追究責任為目的。

國際民航公約第 13 號附約第 3 章第 3.1 節規定：

The sole objective of the investigation of an accident or incident shall be the prevention of accidents and incidents. It is not the purpose of this activity to apportion blame or liability.

摘要報告

民國 101 年 8 月 17 日，華信航空公司 ERJ-190 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16825，於 2051 時執行 AE369 班機載客任務，自松山機場起飛，目的地為馬公機場。

該機起飛後於巡航時抄收到馬公機場終端資料自動廣播服務所提供代碼為 ATIS O 的機場天氣資訊，因該天氣狀況不符合馬公機場特高頻多向導航臺 20 跑道進場標準，於是開始減速，並預計在 TOMMY 航點待命。高雄近場臺通知新發布的 ATIS P 天氣資訊，該天氣狀況符合進場標準，飛航組員完成進場提示後，決定以 Flaps 5 之飛機構型及自動煞車系統設為中等煞車強度執行落地操作。於執行「進場前提示」之「減少進場及落地失事檢查表」時，其已警示為中度至高度風險狀況，然原廠並無提供相關濕跑道落地距離之計算表，且依照原廠飛機操作手冊之計算方法，馬公機場之乾、濕跑道落地距離已符合要求，無需計算落地距離，故下降前未計算落地距離。

該機於 2124 時著陸於馬公機場 20 跑道，落地滾行過程中偏離跑道至左側草地，撞擊 4 座手孔，最後壓過 K1 滑行道旁之滑行道邊燈手孔，鼻輪起落架折斷並停止滾行。該機載有駕駛員 2 人、隨機機械員 1 人、客艙組員 3 人與乘客 104 人，共計 110 人，全員均安。

本會於事故發生後，依法展開調查作業，邀請參與本次調查作業之機關（構）包括交通部民用航空局、國防部空軍司令部、華信航空公司、巴西 Embraer 飛機製造公司、巴西航空事故調查及預防中心（CENIPA）等。本調查報告於民國 102 年 7 月 30 日本會第 13 次委員會議審核通過後發布。

調查發現

與可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定為與本次事故發生有關之重要因素。其中包括：不安全作為、不安全狀況或造成本次事故之安全缺失等。

1. 飛航組員於落地過程操縱該機仰轉過早，未適時將油門收至慢車，於平飄時持續帶桿，致航機觸地時超出跑道著陸區，於前述狀況時未執行重飛或中止落地，於著陸後未使用最佳減速程序，誤認遭遇水飄於跑道末端操控航機偏出至跑道外側草地，致使航機鼻輪撞擊滑行道邊燈手孔造成鼻輪等部位之損壞。(1.1, 1.3, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5, 2.4.1)

與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及飛航安全之風險因素，包括未直接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件及組織與整體性之安全缺失等，以及雖與本次事故無直接關連但對促進飛安有益之事項。

1. ERJ-190 型機於濕滑及大重量/短跑道落地，手冊建議使用 Flap Full 落地構型，該事故機落地時使用 Flap 5，未選擇手冊建議之落地構型。(1.1, 1.18.2, 2.1.1)
2. 華信 ERJ 飛機操作手冊未包含跑道面特性、落地跑道長度計算、落地操作技巧和跑道著陸區判定規範等事項及濕/滑跑道之落地性能與操作說明。(1.18.2, 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7, 2.1.8)
3. 華信相關手冊未制定與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容，造成飛航組員未能有效提升其狀況警覺。(1.18.2, 2.1.5, 2.1.6)

4. 華信 ERJ 飛機操作手冊有關落地時之收油門時機有不同程序，可能造成駕駛員落地操作之混淆。(1.18.2, 2.1.7)
5. 快速參考手冊之降落性能資料中，未包含濕跑道降落距離資料，亦無 15%安全裕度。(1.18.3, 2.1.8.2)
6. 馬公機場跑道地帶內部分水泥結構物設置未依「民用機場設計暨運作規範」所述，應採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面之建議。(1.10.3, 2.4.1)
7. 馬公機場 02 跑道距跑道中心線約 85 公尺處，設置平行跑道之溝渠，未依「民用機場設計暨運作規範」所述，精確進場之跑道地帶平整區內地面，須予以整平之建議。(1.10.3, 2.4.1)

其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部份調查結果為大眾所關切，且見於國際調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全之用。

1. 飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。(1.5, 2.1)
2. 無證據顯示飛航組員於該次飛航中曾受任何酒精藥物之影響。(1.5, 2.1)
3. 該機落地滾行時，未遭遇水飄。(1.18.1, 1.18.3, 1.18.4, 2.1.9, 2.4.3.2)
4. 該機受影響之適航指令、維修困難報告、延遲改正缺點紀錄及其缺點改正均依規定時限執行管制；該機於事故發生前一個月內之過境檢查有 1 次執行者未於檢查者欄位簽署，過境檢查卡之後推前檢查紀錄欄位有 3 次無檢查者簽署，不符檢查工作卡簽署規定。(1.6.2, 2.2.1)

5. 事故後該機監控電腦紀錄資料顯示，自動煞車系統及反推力系統皆無故障紀錄。(1.6.2, 2.2.2)
6. 馬公機場 20 跑道橫坡度降坡平均低於 1%，不符合橫坡度不應大於 1.5%，亦不應小於 1%之規範要求。(1.10.1, 2.4.3.1)
7. 馬公機場跑道抗滑檢測值、精確進場滑降指示燈系統位置、跑道著陸區標線設置、千呎牌設置等均符合規範要求。(1.10.2, 1.10.3, 1.10.4, 2.4.2, 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6)

改善建議

飛安改善建議

致華信航空公司

1. 加強飛航組員於落地階段於不同情況下依據手冊建議於進場落地時之操作、判斷及處置之訓練。(ASC-ASR-13-09-001)
2. 研擬於相關手冊中加入與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容。(ASC-ASR-13-09-002)
3. 建議要求飛航組員應於濕滑及大重量/短跑道落地時，按手冊建議選擇 Flaps Full 之落地構型。(ASC-ASR-13-09-003)
4. 華信應取得充分的降落性能資料，如濕跑道降落距離資料或其他影響降落距離條件的性能圖表，並考量日常運作時之空中距離，製作增加 15%安全裕度之降落距離資料供飛航組員於進場時參考。(ASC-ASR-13-09-004)

致交通部民用航空局

1. 督導華信增加 15%安全裕度之降落距離資料供飛航組員於進場時參考，及於相關手冊中加入與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容，並加強飛航組員相關訓練如下：於落地階段之平飄操作、判斷及處置；於濕滑及大重量/短跑道落地時，按手冊選擇 Flaps Full 之落地構型。(ASC-ASR-13-09-005)
2. 檢視國內所屬機場，依「國際民航公約第 14 號附約」及「民用機場設計暨運作規範」，採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面，另應對精確進場跑道地帶平整區內之溝渠整平或加蓋，避免航機偏出跑道後遭遇損傷。(ASC-ASR-13-09-006)

致國防部空軍司令部

1. 檢視國內所屬軍民航合（借）用機場，依「國際民航公約第 14 號附約」及依「民用機場設計暨運作規範」，採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面。
(ASC-ASR-13-09-007)

已完成或進行中之改善措施

華信航空公司

1. 針對簽署不完整之部分已完成宣導華信航空停機線『場站作業手冊』要求線上主管需確實檢視各修護文件簽署是否完整。
2. 每日、隔日或部分場站返回飛返當日於修護文件攜返歸檔及輸入電腦系統前，華信航空機務部後勤技管科須執行檢查，並將發現之簽署缺失提報主管知悉並改正；本項作為已納入華信航空器維護能力冊章節執行。
3. 華信航空機務品保室針對修護文件執行檢視，至遲於每隔月不定期稽核時檢查以確保修護文件之填寫與簽署的完整；本項作為亦已納入華信航空器維護能力冊章節執行。

本頁空白

目 錄

摘要報告	i
目 錄	i
表 目 錄	vi
圖 目 錄	viii
英文縮寫對照簡表	xi
第1章 事實資料	1
1.1 飛航經過	1
1.2 人員傷害	5
1.3 航空器損害情況	5
1.4 其他損害情況	5
1.5 人員資料	5
1.5.1 駕駛員	5
1.5.1.1 正駕駛員	6
1.5.1.2 副駕駛員	7
1.5.2 飛航組員事故前 72 小時活動	8
1.5.2.1 正駕駛員	8
1.5.2.2 副駕駛員	9
1.6 航空器資料	9
1.6.1 航空器基本資料	9
1.6.2 維修資訊	11
1.6.3 載重與平衡	12
1.6.4 主輪胎壓及胎紋溝槽深度量測	13

1.7	天氣資訊.....	14
1.7.1	天氣概述	14
1.7.2	地面天氣觀測	15
1.7.3	馬公機場自動氣象觀測系統紀錄	16
1.8	助、導航設施.....	17
1.9	通信	17
1.10	場站資料.....	17
1.10.1	機場空側基本資料	17
1.10.2	跑道目視助航設施	19
1.10.3	跑道地帶整平區	21
1.10.4	跑道摩擦係數檢測	25
1.10.5	跑道粗質紋理檢測	27
1.10.6	機場施工計畫	27
	1.10.6.1 跑道長度縮減	28
1.11	飛航紀錄器	29
1.11.1	座艙語音資料	29
1.11.2	飛航資料	31
1.11.3	時間同步	40
1.12	現場量測與航空器撞擊資料	41
1.12.1	現場量測	41
1.12.2	航空器撞擊資料.....	43
1.13	醫學與病理	45
1.14	火災	45
1.15	生還因素	46
1.16	測試與研究	46
1.17	組織與管理	46
1.18	其他資料.....	46

1.18.1	訪談資料	46
1.18.1.1	正駕駛員訪談摘要	46
1.18.1.2	副駕駛員訪談摘要	48
1.18.1.3	航務協理訪談摘要	49
1.18.1.4	航空站值班航務員訪談摘要	50
1.18.2	航務相關文件資料	51
1.18.3	落地距離相關文件及資訊	61
第2章	分析	64
2.1	飛航操作	64
2.1.1	落地構型	64
2.1.2	穩定進場	64
2.1.3	進場落地前操作	65
2.1.4	落地後操作	67
2.1.5	狀況警覺與決心下達	70
2.1.6	標準呼叫	71
2.1.7	華信 ERJ 飛機操作手冊	72
2.1.8	落地距離分析	73
2.1.9	水飄	76
2.2	維修分析	77
2.2.1	停機線檢查卡維護紀錄	77
2.2.2	飛機監控電腦紀錄資料	77
2.3	天氣	78
2.4	機場	79
2.4.1	跑道地帶整平	79
2.4.2	跑道抗滑檢測	80

2.4.3	跑道積水推估	81
2.4.3.1	鋪面橫坡度	81
2.4.3.2	降雨量與鋪面水深	82
2.4.4	PAPI 系統位置	82
2.4.5	著陸區標線.....	85
2.4.6	千呎牌設置.....	86
第3章	結論.....	88
3.1	與可能肇因有關之調查發現.....	88
3.2	與風險有關之調查發現	88
3.3	其他發現.....	89
第4章	飛安改善建議.....	90
4.1	改善建議.....	90
4.2	已完成或進行中之改善措施	91
附錄1	馬公機場管制臺機場管制席無線電通訊錄音抄件	93
附錄2	摩擦係數檢測報告_每100公尺平均值	98
附錄3	CVR抄件	105
附錄4	航機落地階段相關參數變化表	109
附錄5	民用航空法07-02A航空器飛航作業管理規則附件六.....	115
附錄6	Embraer 性能分析.....	117

本頁空白

表 目 錄

表 1.5-1 駕駛員基本資料表	6
表 1.6-1 航空器基本資料	10
表 1.6-2 發動機基本資料	11
表 1.6-3 載重平衡表	13
表 1.6-4 胎壓及胎紋溝槽深度資料	14
表 1.7-1 AWOS 每分鐘之 1 小時累積雨量資料	16
表 1.7-2 2125:00 時 AWOS 紀錄	17
表 1.10-1 20 跑道粗質紋理深度	27
表 1.11-1 座艙語音抄件內容摘錄	29
表 1.18-1 Unfactored Landing Distance	62
表 2.1-1 無濕/受汙染跑道性能資料時之加成係數表	74

本頁空白

圖 目 錄

圖 1.6-1 ERJ-190 型機重心限制範圍圖.....	12
圖 1.7-1 2130 時之紅外線衛星雲圖.....	15
圖 1.10-1 階段施工及跑道距離公布圖.....	19
圖 1.10-2 20 位移跑道頭目視助航設施位置圖.....	20
圖 1.10-3 20 跑道末段 600 公尺之邊燈及千呎牌圖.....	20
圖 1.10-4 千呎牌位置圖.....	20
圖 1.10-5 跑道地帶整平區之人、手孔及事故機胎痕位置圖.....	21
圖 1.10-6 事故機停止於 K1 滑行道圖.....	22
圖 1.10-7 編號 D 孔座水泥結構圖.....	23
圖 1.10-8 編號 C 孔座水泥結構圖.....	23
圖 1.10-9 編號 B 孔座水泥結構圖.....	24
圖 1.10-10 編號 A 孔座水泥結構與滑行道邊燈圖.....	25
圖 1.10-11 跑道地帶整平區內未加蓋排水溝渠圖.....	25
圖 1.10-12 65 公里/小時 3 分區段摩擦係數檢測結果圖.....	26
圖 1.10-13 95 公里/小時 3 分區段摩擦係數檢測結果圖.....	27
圖 1.10-14 階段施工內容及範圍圖.....	28
圖 1.11-1 最後進場及落地階段飛航資料曲線圖.....	36
圖 1.11-2 高度 10 呎至落地階段飛航資料曲線圖.....	37
圖 1.11-3 高度 50 呎至落地階段飛航軌跡與衛星地圖套疊圖.....	38
圖 1.11-4 航機進場剖面曲線圖.....	39
圖 1.11-5 MSTs 雷達軌跡、DVDR 2 飛航軌跡與衛星地圖套疊圖.....	39
圖 1.11-6 起飛階段垂直加速度參數比較曲線圖.....	40
圖 1.11-7 落地階段垂直加速度參數比較曲線圖.....	41
圖 1.12-1 航機落地滾行偏出跑道遺留胎痕圖.....	42
圖 1.12-2 DVDR 飛航軌跡與遠距衛星影像套疊圖.....	42
圖 1.12-3 DVDR 飛航軌跡與近距衛星影像套疊圖.....	43

圖 1.12-4 鼻輪起落架斷折圖	44
圖 1.12-5 右發動機整流罩損傷圖	44
圖 1.12-6 前機腹蒙皮損傷部位示意圖	45
圖 1.18-1 AOM Landing Flap Setting 摘錄圖	52
圖 1.18-2 FOM Stable Approach Criteria 摘錄圖.....	53
圖 1.18-3 AOM Flare and Touchdown 摘錄圖	54
圖 1.18-4 AOM Touchdown point 摘錄圖	55
圖 1.18-5 SOPM Landing on wet runway 摘錄圖.....	56
圖 1.18-6 QRH Vref 摘錄圖.....	57
圖 1.18-7 Reverse Usage SOP 摘錄圖.....	58
圖 1.18-8 Standard Call-outs SOP 摘錄圖	59
圖 1.18-9 AOM Standard Call-outs 摘錄圖.....	60
圖 1.18-10 AOM Normal Procedure – Thrust Reduction 摘錄圖 ...	61
圖 2.1-1 航機位於 20 跑道外約 550 呎時的視覺示意圖	67
圖 2.1-2 航機位於 20 跑道頭時的視覺示意圖.....	67
圖 2.1-3 油門桿位置圖	68
圖 2.1-4 FAA AC25-7C 煞車時間摘錄圖.....	69
圖 2.3-1 馬公機場氣象雷達 2124 時雷達回波圖.....	78
圖 2.4-1 平均鋪面水深計算公式圖.....	82
圖 2.4-2 PAPI 設置位置圖	84
圖 2.4-3 跑道縱坡度與 PAPI 設置位置圖.....	84
圖 2.4-4 20 跑道頭至 PAPI 距離圖	85

本頁空白

英文縮寫對照簡表

AFM	Airplane Flight Manual	航空器飛航手冊
AIP	Aeronautical Information Publication	飛航指南
ALAR	Approach and Landing Accident Reduction	減少進場及落地失事
AMM	Aircraft Maintenance Manual	飛機維修手冊
AOM	Airplane Operating Manual	飛機操作手冊
APU	Auxiliary Power Unit	輔助動力裝置
AT	Auto Throttle	自動油門
ATIS	Automatic Terminal Information Service	終端資料自動廣播服務
AWOS	Automated Weather Observation Systems	自動氣象觀測系統
CAPPI	Constant Altitude Plan Position Indicator	等高面位置指示器
CENIPA	Aeronautical Accident Investigation and Prevention Center	巴西航空事故調查及預防中心
CRM	Crew Resource Management	組員資源管理
CVR	Cockpit Voice Recorder	座艙語音紀錄器
DBS	Direct Broadcast Satellite	直播衛星
DD	Deferred Defect	延遲改正缺點
DVDR	Digital Voice and Data Recorder	數位語音及資料紀錄器
FAA	Federal Aviation Administration	美國聯邦航空總署
FMS	Flight Management System	飛航管理系統
FO	First Officer	副駕駛員
FOM	Flight Operations Manual	航務手冊
FOQA	Flight Operation Quality Assurance	飛航操作品質保證系統
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
ILS	Instrument Landing System	儀器降落系統
IP	Instructor Pilot	教師機師

MAC	Mean Aerodynamic Chord	平均氣動力弦
Max Rev	Maxmum Reverse	最大反推力
Max Brake	Maximum Brake	最大煞車
MEHT	Minimum Eye Height over Threshold	通過跑道頭可見兩紅兩白 PAPI 燈之最低高度
Min Rev	Minimum Reverse	最小反推力
MSTS	Multi Surveillance Tracking System	多重監視源資料處理系統
NOTAM	Notice to Airmen	飛航公告
PAPI	Precision Approach Path Indicator	精確性進場滑降指示燈
PF	Pilot Flight	操控駕駛員
PM	Pilot Monitoring	監控駕駛員
QRH	Quick Reference Handbook	快速參考手冊
RWY	Runway	跑道
SAFO	Safety Alert for Operators	操作人安全警報
SIGME	Significant Meteorological Information	顯著危害天氣資訊
SOP	Standard Operation Procedure	標準操作程序
SOPM	Standard Operation Procedure Manual	標準操作程序手冊
TCH	Threshold Crossing Height	通過跑道頭高度
TDZ	Touch Down Zone	著陸區
TSRA	Thunder Storm Rain	雷雨
UTC	Coordinated Universal Time	世界標準時間
VOR	VHF Omni-directional Radio Range	特高頻多向導航臺
WOW	Weight On Wheel	輪承重

本頁空白

第1章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 101 年 8 月 17 日，華信航空公司（以下簡稱華信）所屬，巴西 Embraer 公司製造之 ERJ-190 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16825，執行於 2051 時¹自松山機場起飛之 AE369 定期載客班機，目的地為馬公機場。該機於 2124 時著陸於馬公機場 20 跑道，落地滾行過程中偏離跑道至左側草地，撞擊 4 座手孔，最後壓過 K1 滑行道旁之滑行道邊燈手孔，鼻輪起落架折斷並停止滾行。該機載有駕駛員 2 人、隨機機械員 1 人、客艙組員 3 人與乘客 104 人，共計 110 人，全員均安。

訪談及數位語音及資料紀錄器 (Digital Voice and Data Recorder, DVDR) 資料顯示，飛航組員於事故當日下午二點十分松山機場報到，執行六個航班任務，第一趟馬公機場來回為正常飛行，接下來更換副駕駛員兼施航路訓練飛行，頭一趟訓練飛行為臺東機場來回，副駕駛員坐於駕駛艙右座，擔任操控駕駛員 (Pilot Flying, PF)，正駕駛員具教師駕駛員資格坐於駕駛艙左座，擔任監控駕駛員 (Pilot Monitoring, PM)。執行第二趟訓練飛行為馬公機場來回之 AE369 航班時，由於馬公天氣不佳，且航務部通告規定，馬公機場起降皆由正駕駛員坐於駕駛艙左座，擔任 PF，副駕駛員坐於駕駛艙右座，擔任 PM，巡航時抄收到馬公機場終端資料自動廣播服務 (Automatic Terminal Information Service, ATIS) 所提供代碼為 ATIS O 的機場天氣資訊，能見度 2,400 公尺，雷雨，因該天氣狀況不符合馬公機場特

¹ 除非特別註記，本報告所列之時間皆為當地時間(UTC+8 小時)。

高頻多向導航臺 20 跑道 (VHF Omni-directional Radio Range-1 Runway 20, VOR-1 RWY 20) 進場標準，於是開始減速，並預計在 TOMMY 航點待命。高雄近場臺通知新發布的 ATIS P 天氣資訊，能見度 3,200 公尺，小雨，該天氣狀況符合進場標準，飛航組員完成進場提示後，決定以 Flaps 5 之飛機構型及自動煞車系統 (Auto Brake System) 設為中等 (Medium) 煞車強度執行落地操作。於執行「進場前提示」之「減少進場及落地失事 (Approach-and-landing Accident Reduction, ALAR) 檢查表」時，其已警示為中度至高度風險狀況，然原廠並無提供相關濕跑道落地距離之計算表，且依照原廠飛機操作手冊 (Airplane Operating manual, AOM) 之計算方法，馬公機場之乾、濕跑道落地距離已符合要求，無需計算落地距離，故下降前未計算落地距離。

DVDR 資料顯示，2123:29 時，正駕駛員高度表指示為 651 呎，自動駕駛解除，自動油門仍為致動；2123:52 時，正駕駛員高度表指示為 446 呎，副駕駛員呼叫「three red」，2123:54 時，正駕駛員回應「correcting continue 左邊來的風」，飛機仰角由 4.4 度增至 5.4 度。訪談資料顯示駕駛員於航機距馬公 VOR 10 至 12 哩左右，即可看見跑道。航機飛越清除區時，雨勢較大，駕駛員表示因使用雨刷，視線反而較不清楚，故未使用雨刷，使用自動油門持續下降進場 (Continuous Descent Approach)，跑道精確性進場滑降指示燈 (Precision Approach Path Indicator, PAPI) 指示為三紅一白。

2124:21 時，無線電高度表指示約 50 呎，飛機開始仰轉，仰角由 4.6 度開始增加，坡度約右 1.5 度；2124:23 時，無線電高度表指示約 30 呎，仰角增加至 7.7 度，坡度 0 度，左/右油門角度分別為 40.6/

41.9 度，自動油門 (Auto Throttle, AT) 模式顯示由「SPD MD CAS」² 更改為「RETARD」³；2124:24 時，無線電高度表指示約 20 呎，仰角增加至 8.4 度，坡度 0 度，左/右油門角度分別為 40.5/39 度；2124:27 時，無線電高度表指示約 13 呎，自動油門人工強制操控顯示「AT Manual Override Annunciation」致動；2124:28 時，無線電高度表指示約 10 呎。該機無線電高度表指示 20 呎至 10 呎期間，仰角變化為 8.4 度漸減至 6.3 度，再漸增至 8.1 度，坡度約右 0.5 度，左/右油門角度變化為由 40.5/39 度收回至 32.1/ 31.2 度再增加至 34.9/35.6 度。

無線電高度表指示 10 呎至第一次著陸期間，仰角、坡度及左右油門角度變化如下：

仰角	8.1 度	8.4 度	9.1 度	7.9 度	8.6 度	6.9 度
坡度	約右 1.0 度					
左/右油門角度	由 34.9/34.4 度	收回至 29.8/31.2 度	再增加至 36.1/36.2 度	再收回至 29.4/24.1 度		

2124:36.15 時，「AIR/GROUND」參數由「AIR」轉為「GROUND」，為主輪第一次著陸，距 20 跑道頭 2,830 呎；

歷時 1 秒後，於 2124:37.15 時，「AIR/GROUND」參數由「GROUND」轉為「AIR」；

² Speed Mode CAS 定速油門模式

³ 收油門模式

歷時 0.5 秒後，於 2124:37.65 時，「AIR/GROUND」參數再度由「AIR」轉為「GROUND」，主輪第二次著陸於距 20 跑道頭 3,150 呎，仰角約為 4.2 度，坡度約為右 0.5 度，左/右油門收回至 22.1/22.2 度慢車 (Idle) 位置，自動油門解除，地面擾流板展開； 2124:39 至 2124:43 期間，鼻輪著陸，左、右反推力器展開，左/右油門角度分別為 11.1/11.8 度最小反推力 (Minimum Reverse, Min Rev) 位置； 2124:40 時，地速顯示約 118 哩/時，正駕駛員呼叫「manual brake」； 2124:41 時，地速顯示約 114 哩/時，駕駛艙發出「autobrake」警告聲響，約 11 秒後，左/右煞車踏板行程到達最大位置； 2124:48 時，地速顯示為 90 哩/時，左/右油門角度分別為-0.6/0.1 度最大反推力 (Maximum Reverse, Max Rev) 位置，左/右發動機的 N1 讀數由原先約 30% 逐漸增大，於 4 秒後到達最大值 (約 70%)； 2124:53 時至 2124:56 時，地速顯示 70 哩/時減至 56 哩/時，PF 方向舵踏板約向左 1.5 度，方向舵約向左 5.1 度，飛機航向由 201 度轉至 198 度； 2124:57 時至 2124:59 時，PF 方向舵踏板約向右 0.8 度，方向舵約向右 2.1 度，航向仍繼續由 198 度左轉為 194 度； 2124:59 時，左/右油門角度分別為 10.8/11.7 度 Min Rev 位置，並保持至飛機停止； 2124:59 時至 2125:03 時航機航向自 194 度減至 175 度，地速減至 31 哩/時； 2125:01 時，地速 35 哩/時，副駕駛員呼叫「not on track」，正駕駛員鼻輪轉向手柄左轉 11.6 度； 2125:04 時，地速 23 哩/時，駕駛艙發出疑似撞擊聲響； 2125:05 時，地速 14 哩/時，駕駛艙開始持續出現「landing gear」警告聲響至飛航紀錄器紀錄中止。

飛機停止後，飛航組員按照華信緊急逃生程序處置，檢查所有儀表，未發現有起火或漏油現象，使用廣播通知客艙組員保持警戒，啟動輔助動力裝置 (Auxiliary Power Unit, APU) 後，關斷左、右發動機，隨機機務將 DVDR 斷電，由駐站空軍及航站協助，乘客由 1R 門下機。

1.2 人員傷害

無人員傷亡。

1.3 航空器損害情況

機腹蒙皮穿孔凹陷變形，鼻輪起落架折斷，航空器遭受實質損害。

1.4 其他損害情況

該機向左偏出跑道後，撞擊並碾壓跑道地帶整平區內不同功能之人孔及手孔座共 4 座，壓毀滑行道邊燈一具。

1.5 人員資料

1.5.1 駕駛員

駕駛員基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 駕駛員基本資料表

項 目	正駕駛員	副駕駛員
性 別	男	男
事 故 時 年 齡	42	26
進 入 公 司 日 期	民國 97 年	民國 101 年
檢 定 項 目 發 證 日 期 終 止 日 期	ERJ-190,B747-400 CAPT 民國 97 年 09 月 22 日 民國 102 年 09 月 21 日	ERJ-190 F/O 民國 101 年 06 月 22 日 民國 106 年 06 月 21 日
體 格 檢 查 種 類 終 止 日 期	甲類駕駛員 101 年 12 月 31 日	甲類駕駛員 101 年 10 月 31 日
總 飛 航 時 間	9,473 小時 13 分	403 小時 18 分
最近 12 個月飛航時間	659 小時 51 分	109 小時 58 分
最近 90 日內飛航時間	189 小時 45 分	68 小時 18 分
最近 30 日內飛航時間	47 小時 29 分	54 小時 26 分
最近 7 日內飛航時間	17 小時 7 分	13 小時 37 分
事故型機飛航時間	2,469 小時 56 分	109 小時 58 分
事故日已飛時間	4 小時 16 分	2 小時 36 分
事故前休息時間	17 小時 30 分	47 小時 55 分

1.5.1.1 正駕駛員

正駕駛員為中華民國籍，為中華航空公司（以下簡稱華航）培訓駕駛員，民國 97 年 07 月進入華信。持有中華民國飛機民航運輸業駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「B747-400 F/O、ERJ-190，陸上，多發動機 Multi-Engine, Land 具有於航空器上無線電通信技

能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力等級五 (Y/M/D) *English Proficiency: ICAO Level-5 Expiry Date 2013/09/20*」。

正駕駛員曾於華航擔任 B747-400 型機副駕駛員，民國 97 年 10 月完成升等訓練擔任 ERJ-190 型機正駕駛員。總飛航時間 9,473 小時 13 分。正駕駛員於民國 101 年 04 月 25 日模擬機年度考驗，考驗結果為：滿意 (Satisfactory)。於馬公機場整修跑道期間，曾有一次夜間 VOR 20 落地經驗。

正駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 101 年 06 月 12 日，體檢及格證限制欄內註記為：「NONE」。正駕駛員事故後於馬公機場航務處，由航務人員執行酒精測試，測試結果：酒精值為零。

1.5.1.2 副駕駛員

副駕駛員為中華民國籍，為華航培訓駕駛員，民國 101 年 04 月進入華信。持有之中華民國飛機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「ERJ-190 F/O、陸上，多發動機 *Multi-Engine, Land*，具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力等級五 (Y/M/D) *English Proficiency: ICAO Level-5 Expiry Date 2017/05/17*」。

副駕駛員進入華信後，於民國 101 年 6 月通過 ERJ-190 FO 給證考試，總飛航時間 403 小時 18 分。於馬公機場整修跑道期間，曾有二次夜間 VOR 20 落地經驗。

副駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 100 年 10 月 19 日，體檢及格證限制欄內註記為：「視力需戴眼鏡矯正」。副駕駛員於事故後於馬公機場航務處，由航務人員執行酒精測試，測試結果：酒精值為零。

1.5.2 飛航組員事故前 72 小時活動

1.5.2.1 正駕駛員

8 月 14 日： 0000 時於組員旅館就寢，0530 時起床，0745 時執行臺中—仁川—臺中飛航任務，1340 時於臺中落地，下午外出運動，2140 時於組員旅館就寢。

8 月 15 日： 0630 時起床， 0900 時執行臺中—胡志明—臺中飛航任務，1610 時於臺中落地，2030 時返家，2340 時於家中就寢。

8 月 16 日： 0715 時起床，0815 時抵達公司處理行政業務及開會，1730 時離開，2240 時於家中就寢。

8 月 17 日： 0830 時起床，1400 時於松山機場報到，開始執行當日飛航任務。

事故後，正駕駛員圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「精神狀況不錯，還算正常，足以應付任務」。

1.5.2.2 副駕駛員

8 月 14 日： 當日無飛航任務，0900 時起床，2300 時於家中就寢。

8 月 15 日： 0700 時起床，0740 時於松山機場報到執行松山—臺東—松山—馬公—松山飛航任務，於 1330 時報離，2330 時於家中就寢。

8 月 16 日： 當日無飛航任務，1000 時起床，2330 時於家中就寢。

8 月 17 日： 0900 時起床，1650 時於松山機場報到執行松山—臺東—松山—馬公飛航任務。

事故後，副駕駛員圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「精神狀況雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應」。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器基本資料

航空器基本資料如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表（統計至民國 101 年 8 月 17 日）	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-16825
機型	ERJ190-100IGW
製造廠商	Embraer-Empresa Brasileira de Aeronautica SA
出廠序號	19000167
出廠日期	民國 97 年 4 月 22 日
接收日期	民國 97 年 5 月 6 日
所有人	Celestial Aviation Trading 7 Limited
使用人	華信航空股份有限公司
國籍登記證書編號	99-1136
適航證書編號	101-05-071
適航證書生效日期	民國 101 年 5 月 1 日
適航證書有效期限	民國 102 年 4 月 30 日
航空器總使用時數	8,865 小時 04 分
航空器總落地次數	9,006 次
上次定檢種類	I3
上次定檢日期	民國 101 年 8 月 9 日
上次定檢後使用時數	63 小時 35 分
上次定檢後落地次數	53 次

該機裝有 2 具奇異公司（General Electric）生產之

CF34-10E5A1G05 型發動機，相關基本資料詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發動機基本資料表（統計至民國 101 年 8 月 17 日）		
製造廠商	General Electric	
編號/位置	No. 1/左	No. 2/ 右
型別	CF34-10E5A1G05	CF34-10E5A1G05
序號	994500	994330
製造日期	民國 97 年 3 月 7 日	民國 96 年 5 月 2 日
總使用時數	6,139 小時 28 分	8,984 小時 31 分
總使用週期數	6,367 週期	9,059 週期

1.6.2 維修資訊

查閱該機事故發生前一個月內之每日檢查、飛行前檢查及維修資料，無異常登錄，事故發生前一個月內之過境檢查紀錄，其中民國 101 年 7 月 26 日檢查卡項目之檢查者欄位無執行者簽署，簽證者簽名欄亦無人員簽署；7 月 26 日飛航及維護記錄表（Aircraft Flight and Maintenance Log）顯示，執行 4 次過境檢查，檢查結果均正常；7 月 26 至 28 日過境檢查卡之後推前檢查紀錄欄位亦無檢查者簽署。

依據華信提供該機事故後之監控電腦紀錄資料顯示，該機自動煞車系統及反推力系統皆無故障紀錄。

該機受影響之適航指令、維修困難報告、延遲改正缺點紀錄及其缺點改正均依規定時限執行管制。

1.6.3 載重與平衡

本型機認證之最大起飛重量為 114,199 磅，第二最大起飛重量為 101,412 磅，事故航班採用第二最大起飛重量，最大落地重量為 97,003 磅，最大零油重量為 90,169 磅，其重心限制範圍如圖 1.6-1。該事故班機之載重平衡表詳表 1.6-3。

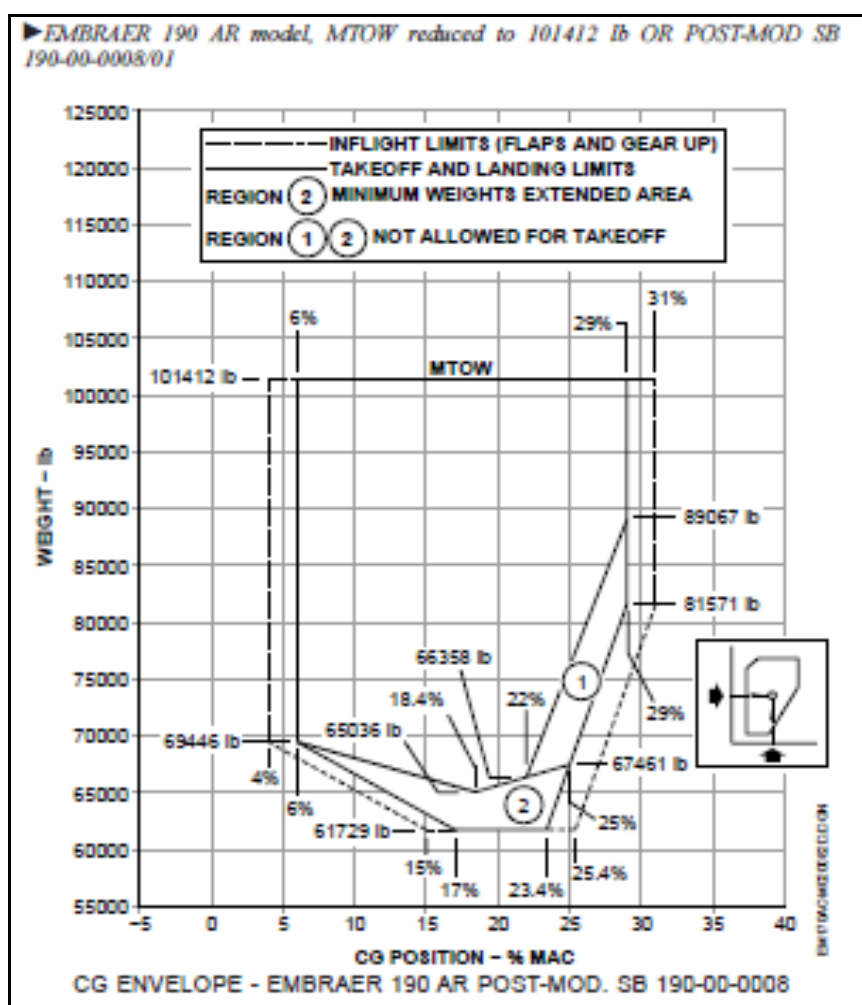


圖 1.6-1 ERJ-190 型機重心限制範圍圖

表 1.6-3 載重平衡表

最大零油重量	90,168 磅
實際零油重量	81,370 磅
最大起飛總重	101,412 磅
實際起飛總重	94,890 磅
起飛油量	13,521 磅
航行耗油量	2,701 磅
最大落地總重	97,002 磅
預估落地總重	92,190 磅
起飛重心位置	18.5% MAC ⁴

1.6.4 主輪胎壓及胎紋溝槽深度量測

依據華信該型機飛行前檢查卡 (Document No.: ERJ-190-P, Rev 2) 所列胎壓範圍，主輪輪胎之正常操作胎壓需介於 157 磅/吋至 167 磅/吋之間；依據華信該型機飛機維修手冊 (Aircraft Maintenance Manual, AMM) Part II-2516 Chapter 32-49-07-06，當任一輪胎胎紋磨損至胎紋溝槽底部，且沿輪胎面之磨損範圍超過 1/8 輪胎圓周長度時，該輪胎必須予以更換。

專案調查小組於該機落馬公機場後，量測 4 具主輪輪胎胎壓及胎紋溝槽深度結果詳表 1.6-4。

⁴ Mean Aerodynamic Chord 平均空氣動力弦。

表 1.6-4 胎壓及胎紋溝槽深度資料

主輪編號	1	2	3	4
胎壓 (磅/平方吋)	167	167	162	160
胎紋溝槽深度 (釐米)	8	3	8	9

1.7 天氣資訊

1.7.1 天氣概述

當日受對流雲系發展旺盛影響，臺北航空氣象中心持續發布顯著危害天氣資訊 (Significant Meteorological Information, SIGMET)，事故時有效之 SIGMET 如下：

SIGMET 4；有效時間 17 日 2100 時至 18 日 0100 時；臺北飛航情報區，預測有隱藏的雷暴位於北緯 25.5 度以南，雲頂高度 FL450，滯留，強度不變。

馬公機場天氣中心於 1835 時發布危險天氣預報：1915 時至 2030 時有雷雨，間有能見度 1,200 公尺、雨及靄、裂雲 200 呎。

2130 時紅外線衛星雲圖如圖 1.7-1 所示。

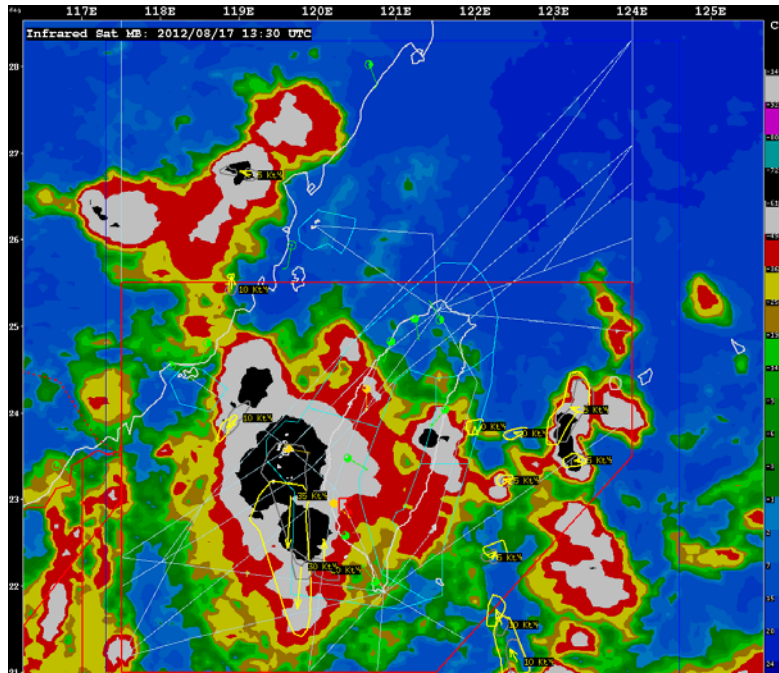


圖 1.7-1 2130 時之紅外線衛星雲圖

1.7.2 地面天氣觀測

馬公機場之地面天氣觀測紀錄如下：

2024 時：風向 190 度，風速 12 浬/時；能見度 2,400 公尺；雨，霪；稀雲 800 呎、積雨雲稀雲 1,200 呎、裂雲 1,400 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 24°C，露點 24°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—過去有雷暴，積雨雲位於南方。(ATIS O)

2108 時：風向 200 度，風速 6 浬/時；能見度 3,200 公尺；小雨，霪；稀雲 600 呎、積雨雲稀雲 1,200 呎、裂雲 1,400 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 25°C，露點 24°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—過去有雨，積雨雲位於南方。(ATIS P)

2130 時：風向 100 度，風速 3 浬/時；能見度 3,200 公尺；小雨，霪；稀雲 600 呎、積雨雲稀雲 1,200 呎、裂雲 1,400 呎、裂雲 2,500

呎；溫度 25°C，露點 24°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—過去有雨，積雨雲位於南方。(ATIS Q)

2200 時：風向 150 度，風速 6 浬/時；能見度 3,200 公尺；小雨，靄；稀雲 600 呎、裂雲 1,400 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 25°C，露點 24°C；高度表撥定值 1011 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—降雨量 4 公釐。(ATIS R)

1.7.3 馬公機場自動氣象觀測系統紀錄

馬公機場自動氣象觀測系統 (Automated Weather Observation Systems, AWOS) 之 20 跑道雨量紀錄如表 1.7-1 所示：

表 1.7-1 AWOS 每分鐘之 1 小時累積雨量資料

雨量單位：公釐

時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量
2101	0.6	2107	1	2113	1.4	2119	2	2125	2.4
2102	0.6	2108	1.2	2114	1.4	2120	2	2126	2.4
2103	0.6	2109	1.2	2115	1.6	2121	2	2127	2.4
2104	0.8	2110	1.2	2116	1.6	2122	2.2	2128	2.4
2105	0.8	2111	1.2	2117	1.8	2123	2.2	2129	2.6
2106	1	2112	1.2	2118	1.8	2124	2.2	2130	2.6

關於 AWOS 紀錄之風向風速，2125:00 時之兩分鐘平均、最小及最大值如表 1.7-2 所示。

表 1.7-2 2125:00 時 AWOS 紀錄

風向單位：度；風速單位：浬/時

位置	平均風向	最小風向	最大風向	平均風速	最小風速	最大風速
跑道頭	85	73	97	4	2	6
跑道中段	84	73	96	3	2	5
跑道末端	119	106	127	2	1	4

1.8 助、導航設施

無相關議題。

1.9 通信

馬公機場管制臺機場管制席以無線電頻率 118.3 兆赫與該機進行通訊，無通訊不良紀錄，其錄音抄件詳附錄 1。

1.10 場站資料

1.10.1 機場空側基本資料

依據臺北飛航情報區飛航指南顯示，馬公機場位於澎湖馬公市東北方 10.2 公里處，機場標高 103 呎，機場消防第 7 級，3 輛消防車，具最大型航空器空中巴士 A321 型機故障移離能力。

該機場具一 02/20 水泥板塊鋪面跑道，強度值介於 28 R/C/X/T 至 66 R/B/X/T 間；20 跑道頭至 02 跑道頭⁵之跑道縱坡度為 0.53%；20 跑道橫坡度⁶西側平均值約 0.97%，20 跑道橫坡度東側平均值約 0.996%。

跑道橫坡度相關規範，參閱我國民航局頒定「民用機場設計暨運作規範」第 3.1.19 節⁷之建議。

該跑道原長 3,000 公尺，寬 45 公尺，事故當時之飛航公告(Notice To Air Man, NOTAM) A1443/12 及相關飛航指南 (Aeronautical Information Publication, AIP) 補充通知書 SUP 16/2011 說明：該跑道因馬公機場「跑道暨滑行道道面設施整建暨改善工程案」施工中，故縮減可用落地距離至 2,100 公尺，該階段施工及跑道距離公布，詳圖 1.10-1。

⁵ 標高 31.6 公尺(02 跑道頭); 20.5 公尺(20 臨時跑道頭)。

⁶ 02 跑道頭起 200-2,250 公尺間，約每 200 公尺取樣 1 點，共 11 點。

⁷ 3.1.19 橫坡度 建議— 為加速排水，跑道道面原則上採用雙向坡，除非坡度由高到低之方向與降雨時最常發生之風向相符，且能保證迅速排水時，方採用單向坡，其橫坡度應為：
—1.5%：飛機大小分類為 C、D、E 或 F 之跑道。...
跑道橫坡度不應大於以上數值，亦不應小於 1%；惟當跑道與滑行道交叉處需要較平緩之坡度時，其橫坡度可小於 1%。...

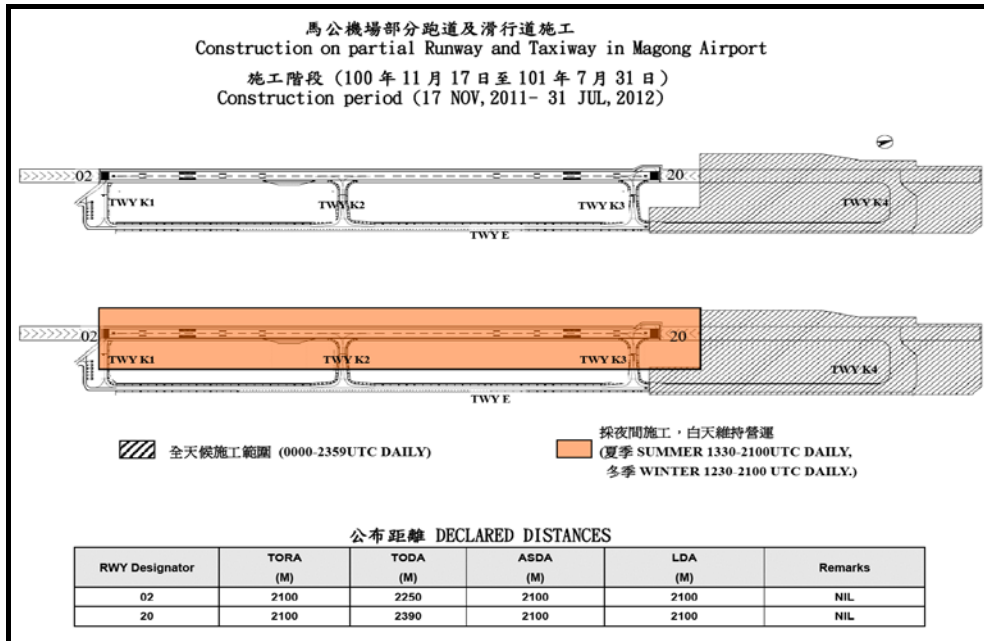


圖 1.10-1 階段施工及跑道距離公布圖

1.10.2 跑道目視助航設施

20 跑道著陸點標線前端及PAPI⁸距 20 跑道頭 260 公尺，如圖 1.10-2 所示，20 跑道左右兩側有白色跑道邊燈，間距 60 公尺，20 跑道末端 600 公尺之跑道邊燈顯示為黃色，如圖 1.10-3 所示。20 跑道兩側因應跑道施工配置千呎牌各 5 具，位置如圖 1.10-4 所示。

⁸ PAPI 因施工移動至現有位置，民國 100 年 6 月 22 日飛測報告表顯示測試結果正常。另於民國 100 年 9 月 26 日飛測報告表亦顯示測試結果正常。

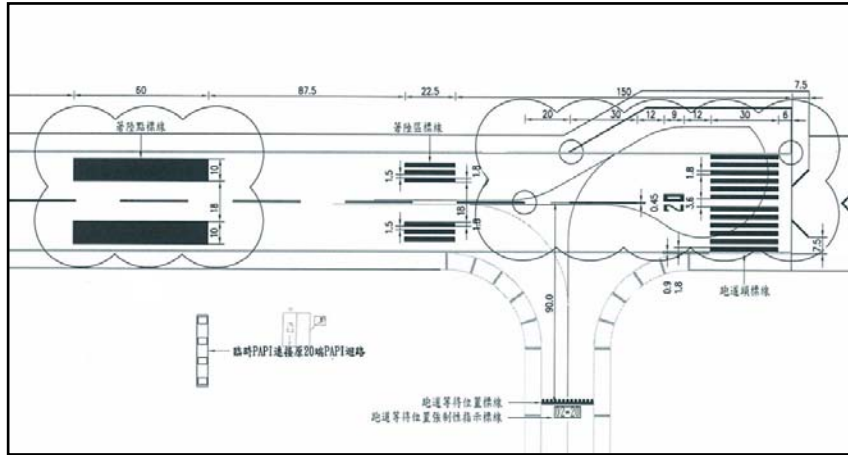


圖 1.10-2 20 位移跑道頭目視助航設施位置圖



圖 1.10-3 20 跑道末段 600 公尺之邊燈及千呎牌圖

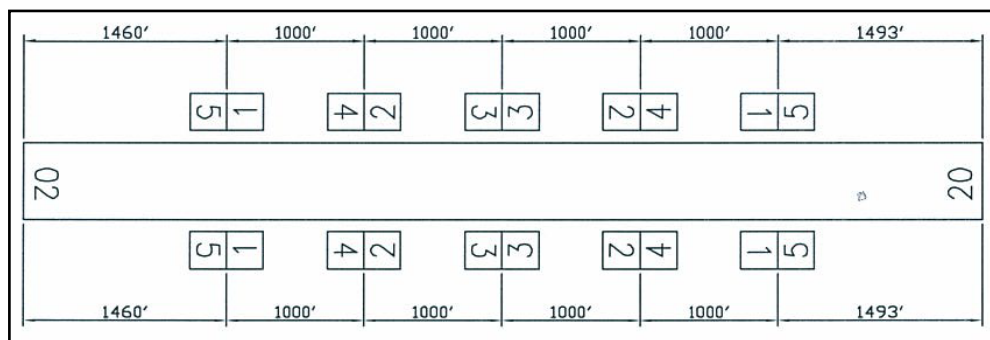


圖 1.10-4 千呎牌位置圖

1.10.3 跑道地帶整平區

該機向左偏出跑道後，撞擊並碾壓跑道地帶整平區內不同功能之人孔及手孔座共 4 座（編號：A, B, C, D），依機場工程人員量測資料，該機輪胎軌跡編號共 6 條（鼻輪 NR, NL；左主輪 LR, LL；右主輪 RR, RL），如圖 1.10-5 所示；該機機首停止於 K1 滑行道上，斷裂彎折鼻輪起落架位於鋪面及草地交界處，如圖 1.10-6 所示。另編號 B 孔座至 K1 滑行道鋪面間之軌跡，因航機拖離作業時已填平，未能量測。

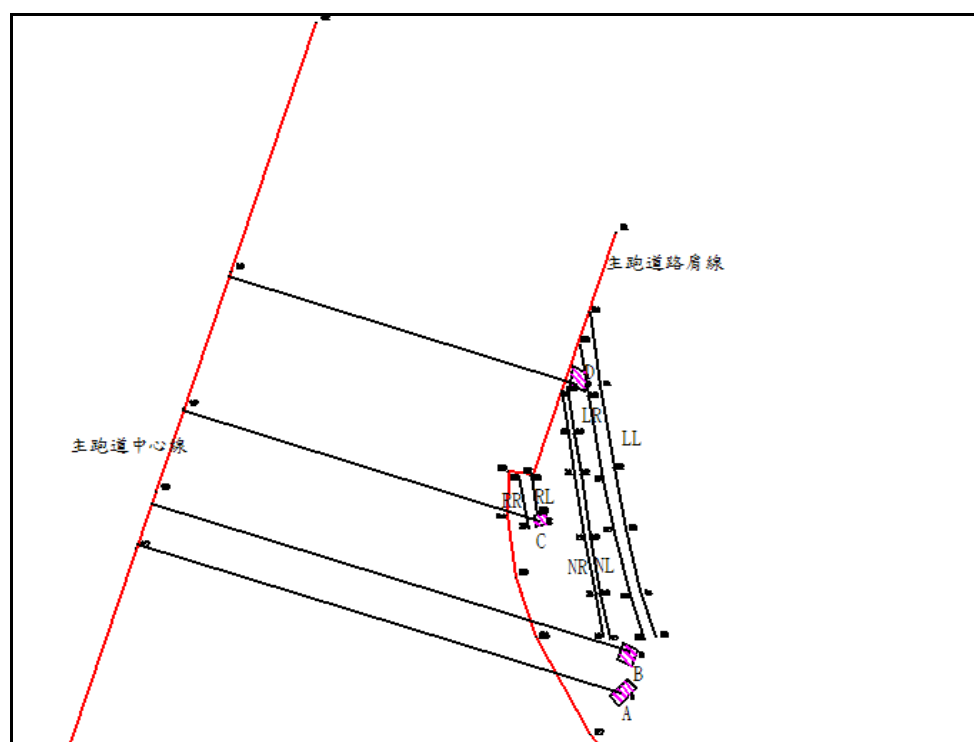


圖 1.10-5 跑道地帶整平區之人、手孔及事故機胎痕位置圖



圖 1.10-6 事故機停止於 K1 滑行道圖

依據實地量測及訪查機場工程人員，編號A,C孔座屬民航局，編號B,D孔座屬空軍所有。跑道地帶內物體建置相關規範，參閱ICAO「第14號附約」⁹及我國民航局頒定「民用機場設計暨運作規範」附篇A第8.2節¹⁰之建議。

編號 D 孔座水泥結構體，為管道手孔，該機左主輪右側輪胎壓

9 Within the general area of the strip adjacent to the runway, measures should be taken to prevent an aeroplane's wheel, when sinking into the ground, from striking a hard vertical face. Special problems may arise for runway light fittings or other objects mounted in the strip or at the intersection with a taxiway or another runway. In the case of construction, such as runways or taxiways, where the surface must also be flush with the strip surface, a vertical face can be eliminated by chamfering from the top of the construction to not less than 30 cm below the strip surface level. Other objects, the functions of which do not require them to be at surface level, should be buried to a depth of not less than 30 cm.

¹⁰ 在與跑道相鄰之全部跑道地帶內，應採取措施防止飛機輪子在陷入地面時撞上堅硬之垂直面。(跑道或滑行道)地帶內、或跑道與滑行道或另一跑道交叉處設置嵌入式跑道燈或其他物體，可能會引起一些特殊問題。以結構而言，諸如跑道或滑行道道面應與(跑道或滑行道)地帶道面齊平，藉由斜切之方式排除垂直面到至少比(跑道或滑行道)地帶之水平面低 30cm。其他物體，凡其功能不需在道面水平上者，應埋到不小於 30cm 之深處。

過該孔座，孔座有 23×30 公分破損，如圖 1.10-7 所示。

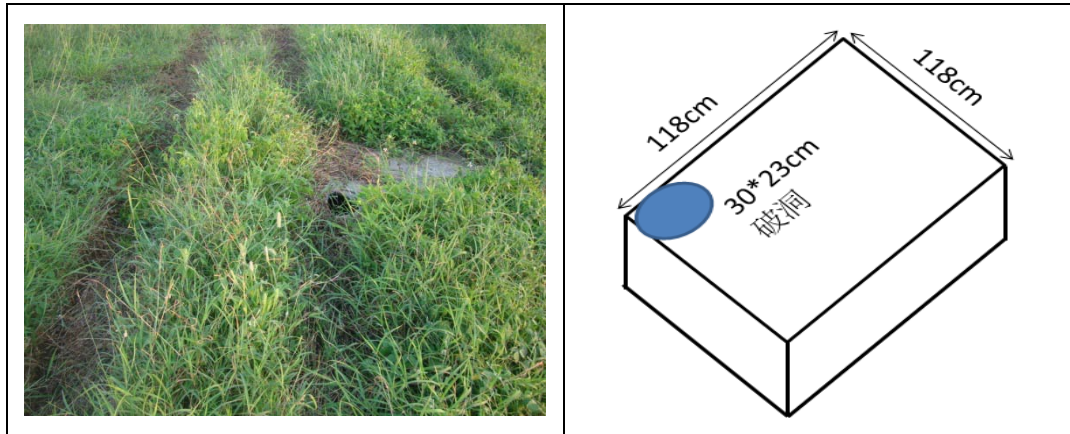


圖 1.10-7 編號 D 孔座水泥結構圖

編號 C 孔座水泥結構體，為跑道邊燈手孔，該機右主輪左側輪胎壓過該孔座，水泥蓋板約長寬 80 公分，厚 10 公分壓毀，右主輪陷入泥地約 3/4 半徑高度，如圖 1.10-8 所示。



圖 1.10-8 編號 C 孔座水泥結構圖

編號 B 孔座為電路匯集箱，水泥結構體約長寬 100 公分，深 110 公分，鐵板上蓋約 0.8 公分厚，其中有 46×100 公分鐵板壓毀，惟檢查水泥結構體內外均無航機撞擊損害痕跡，如圖 1.10-9 所示。

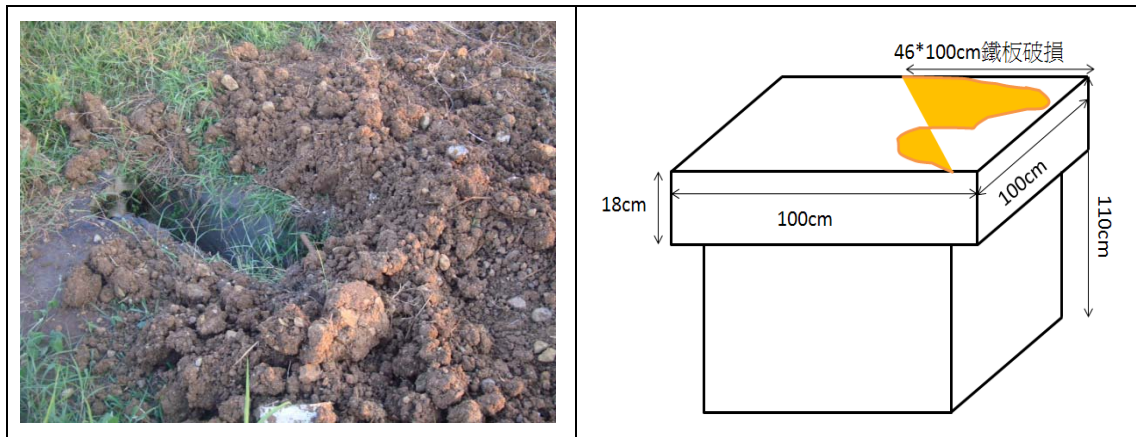


圖 1.10-9 編號 B 孔座水泥結構圖

編號 A 孔座為滑行道邊燈手孔水泥結構體，水泥結構體約長 183 公分、寬 95 公分，厚 15 公分，依檢視土方回填深度，該機鼻輪底部壓過 A 孔座前，低於水泥結構體頂部 20 公分以上，如圖 1.10-10 所示，A 孔座滑行道邊燈損害，該滑行道邊燈距相應之滑行道邊線 3 公尺。

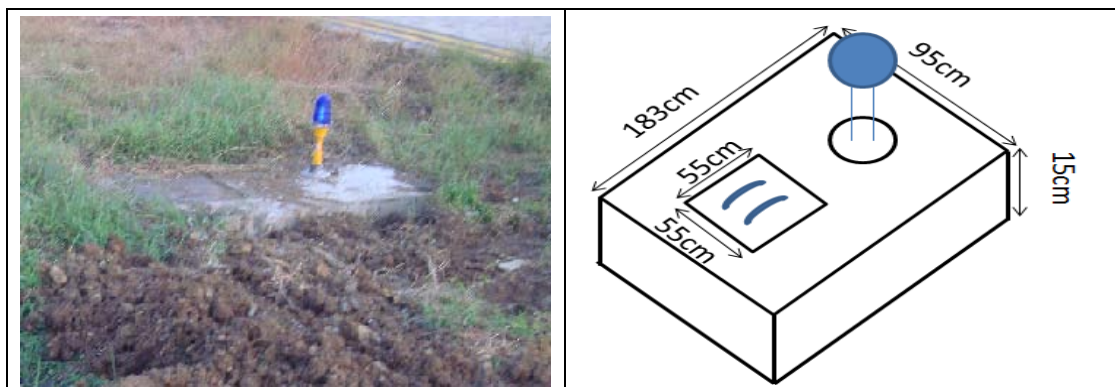




圖 1.10-10 編號 A 孔座水泥結構與滑行道邊燈圖

依據現場勘查發現，該機場跑道地帶整平區內，具與跑道平行約 85 公尺之未加蓋排水溝渠，如圖 1.10-11 所示。

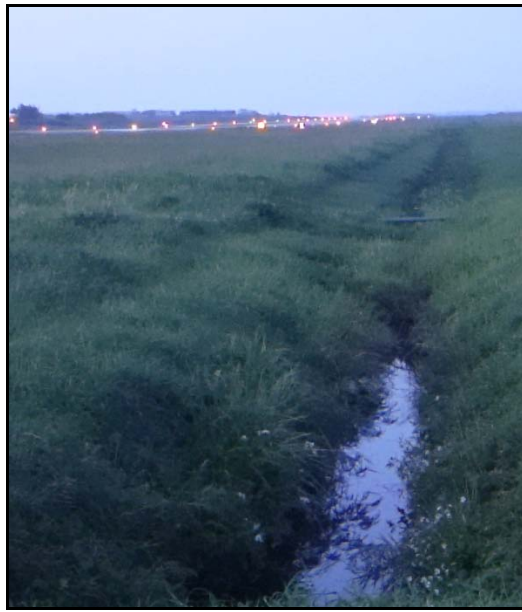


圖 1.10-11 跑道地帶整平區內未加蓋排水溝渠圖

1.10.4 跑道摩擦係數檢測

依飛航情報指南顯示，馬公機場定期摩擦係數檢測係委外工程顧問公司執行，採用 ICAO 規範之連續式摩擦係數檢測儀器「Grip

Tester」，以距離跑道中心線兩側 3 公尺，乾跑道噴灑 1 公釐水膜進行檢測，任一 3 分區段之摩擦係數平均值較最低標準¹¹為低者，則航空站應立即採取養護改善措施，並發布飛航公告以提供「跑道於濕滑時可能滑溜」之警訊，且應持續發布直至改善完成為止；另以 100 公尺為單位長度，分別計算各單位長度之摩擦係數平均值，每百公尺單位長度檢測平均值則可提供養護單位作為養護作業執行之參考。

馬公機場平均每日降落航次 46-49 架次，該機場每 3 個月定期檢測，每半年清除胎屑。民國 101 年 9 月 3 日馬公機場進行摩擦係數檢測，檢測前「Grip Tester」儀器經垂直荷重力、水平荷重力及胎壓等校準檢查符合原廠規範，3 分區段 65 公里/小時檢測報告顯示：第 1 分區段為 0.58 及 0.60，第 2 分區段為 0.64 及 0.66，第 3 分區段為 0.65 及 0.65，詳圖 1.10-12；3 分區段 95 公里/小時檢測報告顯示：第 1 分區段為 0.46 及 0.46，第 2 分區段為 0.51 及 0.51，第 3 分區段為 0.51 及 0.47，詳圖 1.10-13；2 種檢測速度每 10 公尺及 100 公尺平均值，如附錄 2。事故發生後至此次抗滑檢測間無胎屑清除作業，另至 9 月 3 日抗滑檢測前，由 20 跑道頭至 425 公尺處有新鋪瀝青混凝土。

三分區段	跑道端	第一分段	第二段	*第三分段	跑道端
檢測成果	02	0.58	0.64	0.65	20
		0.60	0.66	0.65	

* 1K+675~2K+100 已使用瀝青混凝土加鋪

圖 1.10-12 65 公里/小時 3 分區段摩擦係數檢測結果圖

11

檢測儀器	測試輪		檢測速度 (km/h)	檢測水膜厚度 (mm)	設計標準	養護標準	最低標準
	型式	胎壓 (kPa)					
GRIPTESTER Trailer	C	140	65	1.0	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1.0	0.64	0.36	0.24

三分區段	跑道端	第一分段	第二段	*第三分段	跑道端
檢測成果	02	0.46	0.51	0.51	20
		0.46	0.51	0.47	
*1K+675~2K+100 已使用瀝青混凝土加鋪					

圖 1.10-13 95 公里/小時 3 分區段摩擦係數檢測結果圖

1.10.5 跑道粗質紋理檢測

本會另於 8 月 21 日依 ICAO 提供之鋪砂法量測跑道粗質紋理深度，量測結果如表 1.10-1 所示。

表 1.10-1 20 跑道粗質紋理深度

標點	距 20 跑道頭	東西側	粗質紋理深度 (公釐)
1	1,565 公尺	東側 5 公尺	0.24
2	1,338 公尺	東側 5 公尺	0.18
3	1,007 公尺	西側 5 公尺	0.18
4	580 公尺	西側 5 公尺	0.26
5	420 公尺	西側 5 公尺	0.21

1.10.6 機場施工計畫

民國 95 年 1 月民航局委託工程顧問公司，針對馬公機場跑道整建需求提出「馬公機場跑、滑道道面整建策略及調查評估計畫整建策略計畫書」，其後民航局委託國道新建工程局（以下簡稱國工局）代辦工程發包及執行作業，民國 99 年 5 月國工局委託之工程顧問公司

提出「馬公機場跑道暨滑行道道面設施整建暨改善工程委託規劃、設計及監造技術服務工程規劃報告」確立該工程整體規劃計畫。各施工階段內容及範圍如圖 1.10-14。

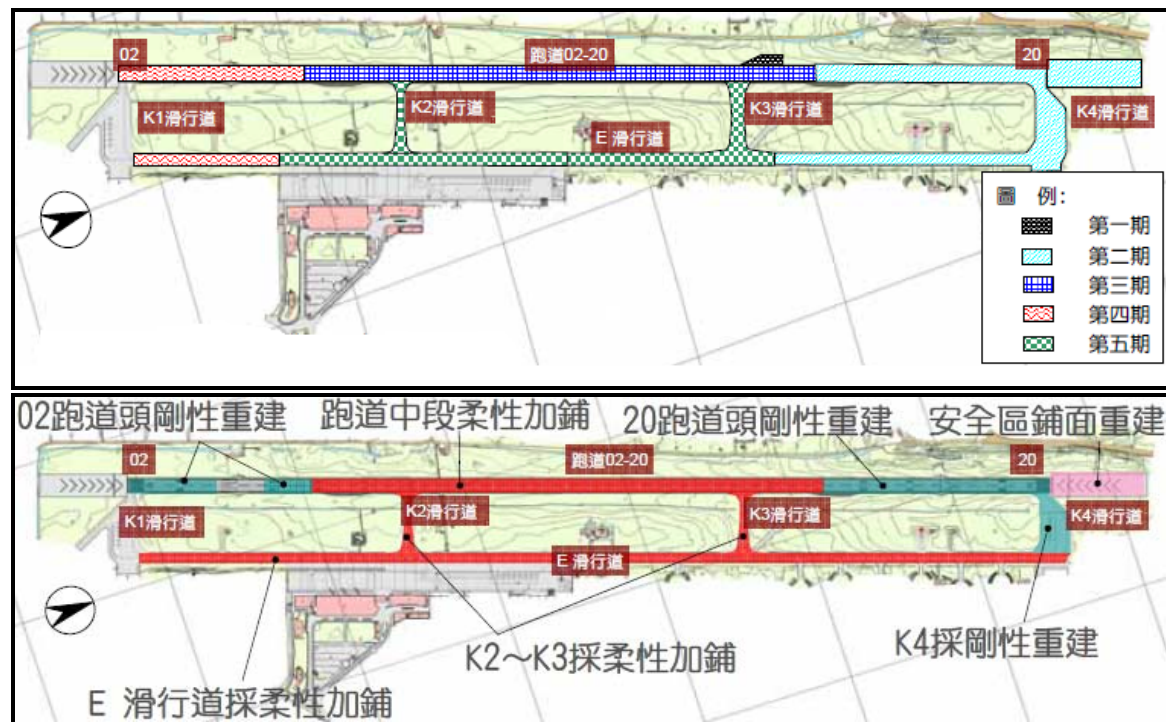


圖 1.10-14 階段施工內容及範圍圖

1.10.6.1 跑道長度縮減

依據工程顧問公司說明，跑道長度縮減為 2,100 公尺係因工程需要，並依當時飛航馬公機場之 3 家民航運輸業者使用機型（包含事故機型）之飛航手冊，以最大載重、外型、濕跑道、風向速及裕度等因素計算而得。

其後應民航局要求，國工局於民國 99 年 8 月 12 日邀請¹²民航局及業者，共同確認縮減後之跑道長度符合所需，並於同年 9 月 20

¹² 國工局計字第 0990013120 號函。

日再次發函¹³確認。

1.11 飛航紀錄器

該機裝置兩具 DVDR 分別於飛機之前後電子艙，分別代號為 DVDR 1 及 DVDR 2，製造商為 Honeywell 公司，件號為 980-6025-001，序號分別為 DVDR-01085 及 DVDR-01047。

1.11.1 座艙語音資料

該機兩具 DVDR 均具備 2 小時座艙語音記錄能力，4 軌均為高品質錄音，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、座艙區域麥克風及廣播系統麥克風。

座艙語音紀錄下載情形正常，麥克風記錄品質良好。DVDR 所記錄之語音資料為 122 分 58 秒（1946:29.9 時至 2146:42.2 時），包括該班機起飛、巡航、進場、及落地發生事故等過程，調查小組製作與事故相關約 7 分鐘之座艙語音抄件，詳附錄 3。抄件內容摘錄詳表 1.11-1。ATC（馬公塔臺）時間與 DVDR 時間同步詳 1.11.3。

$$\text{DVDR 2 UTC}^{14} \text{ 時間} = \text{ATC 時間} - 7 \text{ 秒}$$

表 1.11-1 座艙語音抄件內容摘錄¹⁵

¹³ 國工局計字第 0990014608 號函。

¹⁴ Coordinated Universal Time 世界標準時間

¹⁵ 代號說明：CAM 為座艙區域麥克風錄音；CAM-1 為正駕駛員自 CAM 之發話；CAM-2 為副駕駛員自 CAM 之發話。

ATC Time	DVDR 2 Time	發話源	發話內容
2124:08.5	2124:01.5	CAM	two hundred
2124:15.1	2124:08.1	CAM-1	風變大了啊
2124:21.3	2124:14.3	CAM	fifty
2124:22.5	2124:15.5	CAM	forty
2124:23.5	2124:16.5	CAM	thirty
2124:24.7	2124:17.7	CAM	twenty
2124:28.0	2124:21.0	CAM	ten
2124:35.7	2124:28.7	CAM	(不明聲響)
2124:37.2	2124:30.2	CAM	(不明聲響)
2124:40.7	2124:33.7	CAM-1	manual brake
2124:41.7	2124:34.7	CAM	autobrake
2124:49.3	2124:42.3	CAM-2	eighty
2124:50.0	2124:43.0	CAM-1	check
2124:57.1	2124:50.1	CAM-2	sixty
2124:57.8	2124:50.8	CAM-1	sixty check
2125:01.8	2124:54.8	CAM-2	not on track
2125:02.8	2124:55.8	CAM	(不明聲響)
2125:04.7	2124:57.7	CAM	(疑似撞擊聲響)
2125:05.8	2124:58.8	CAM	landing gear (auto callout 週期 1.4 秒，持續至 CVR 記錄終止)

1.11.2 飛航資料

該機兩具DVDR之飛航資料記錄長度分別為 27 小時 15 分鐘 22 秒及 27 小時 13 分鐘 59 秒。依據「07-02A 航空器飛航作業管理規則」之「附件十二飛航紀錄器」，該機應裝置I型FDR，須記錄 32 項必要參數。該飛航紀錄器共記錄 832 項參數，符合 07-02A相關規定。事故發生後，本會依據華信提供之解讀文件¹⁶解讀後將UTC參數轉換為ATC時間，兩具DVDR之飛航資料時間同步詳 1.11.3，DVDR 2 飛航資料摘錄如下：

- 2051:33 時，磁航向 95 度，「AIR/GROUND」參數由 Ground 轉為 Air；1252:57 時，接通自動駕駛「AP Engaged」。
- 2122:48 時，無線電高度 (Radio Height) 為 1,012 呎，空速 135 浬/時，地速 131 浬/時，磁航向 209 度。下降率為 592 呎/分，風速 9 浬/時，風向為 210 度。接通自動油門「AT Engaged」，左右油門桿角度均為 39.5 度。
- 2123:29 時，無線電高度為 606 呎，空速 136 浬/時，地速 132 浬/時，磁航向 207 度，解除自動駕駛。此時，下降率為 516 呎/分，風速 8 浬/時，風向為 178 度。接通自動油門「AT Engaged」，左右油門桿角度為 38.8 度及 39.3 度。
- 2123:42 時，無線電高度為 503 呎，空速 136 浬/時，地速 132 浬/時，磁航向 200 度，下降率為 600 呎/分，風速 9 浬/時，風向約為 170 度。接通自動油門「AT Engaged」，左右油門桿角度為 37.6 度及 38.1 度。

¹⁶ 解讀文件【PROGRAM: EMBRAER 190, TITLE: Digital Flight Data Recorder Stream Format and Correlation Specification Document, REPORT No.:190EBD018, Revision: H】

- 2124:08 時，無線電高度為 204 呎，空速 135 浬/時，地速 134 浬/時，磁航向 200 度，下降率為 576 呎/分，風速 6.5 浬/時，風向約為 139 度。接通自動油門「AT Engaged」，左右油門桿角度為 40.6 度及 41.3 度。
- 2124:21 至 2124:30 時，無線電高度分別為 53 呎、41 呎、31 呎、22 呎、18 呎、17 呎、13 呎、10 呎、7.4 呎及 4.9 呎；仰角由 4.6 度漸增，最大至 9.1 度。左右油門桿角度及自動油門狀態如下：

時間	無線電高度	左油門桿角度	右油門桿角度	自動油門接通狀態
分：秒	(呎)	(度)	(度)	(Not Engaged/Engaged)
24:21	53.1	39.0	39.7	Engaged
24:22	41.0	39.5	40.6	Engaged
24:23	30.6	40.6	41.9	Engaged
24:24	21.9	40.5	39.0	Engaged
24:25	18.0	36.0	34.4	Engaged
24:26	17.0	32.1	31.2	Engaged
24:27	13.0	31.2	34.2	Engaged
24:28	10.4	34.9	35.6	Engaged
24:29	7.4	34.9	34.4	Engaged
24:30	4.9	33.6	31.7	Engaged

- 2124:34 至 2124:41 時，「AIR/GROUND」參數、垂直加速度 (Vertical Acceleration) 參數、仰角、「Control Column Position」

參數、主輪與鼻輪起落架WOW¹⁷參數及飛航軌跡FMS¹⁸經緯度坐標之變化詳附錄 4。

1. 2124:36.152 時，「AIR/GROUND」參數由 Air 轉為 Ground，FMS 經緯度坐標約為北緯 23.566386 度/東經 119.627356 度，為主輪第一次著陸，此時，距 20 跑道頭約 2,830 呎。2124:35.879 時，垂直加速度為 1.277g。
 2. 2124:37.152 時，「AIR/GROUND」參數由 Ground 轉為 Air。
 3. 2124:37.652 時，「AIR/GROUND」參數由 Air 轉為 Ground，FMS 經緯度坐標約為北緯 23.565550 度/東經 119.627034 度，為主輪第二次著陸，此時，距 20 跑道頭約 3,150 呎。2124:37.379 時，垂直加速度為 1.379g。
 4. 2124:39 時，「Nose Landing Gear AIR/GROUND」參數為 Air，FMS 經緯度坐標約為北緯 23.564687 度/東經 119.626694 度，2124:43 轉為 Ground，FMS 經緯度坐標約為北緯 23.562584 度/東經 119.626050 度，分別距 20 跑道頭約 3,490 呎與 4,280 呎，為鼻輪落地區域。期間垂直加速度之極大值發生於 2124:40.379 時，垂直加速度為 1.094g，此時，FMS 經緯度坐標約為北緯 23.564129 度/東經 119.626522 度，距 20 跑道頭約 3,700 呎。
- 主輪觸地後航機減速裝置：
 1. 2124:37.0 至 2124:57 期間，航機地速由 128 浬/時減少至 52

¹⁷ Weight On Wheel 輪承重

¹⁸ Flight Management System 飛航管理系統

- 哩/時，磁航向變化介於 196 度至 202 度之間。
2. 2124:37.0 時及 2124:37.5 時，左右擾流板及地面擾流板均對稱展開，其值介於 39.0 度至 39.7 度。
 3. 2124:37 至 2124:42 時，左右油門桿位置由 22.1 度及 22.2 減少至 11.1 度及 11.8 度。
 4. 2124:48 時，左右油門桿位置再減少至-0.6 度及 0.1 度；2124:59 時，左右油門桿位置增加至 10.8 度及 11.7 度。
 5. 2124:39.0 時及 2124:39.5 時，左右兩具發動機反推力器由收回 (Stowed) 轉為移動 (Transit) 狀態；約 1 秒後，左右兩具發動機反推力器由移動轉為展開 (Deployed) 狀態。
 6. 2124:42 時，左右煞車踏板位置開始增加，於 2124:53 時達到最高 94% 。
 7. 2124:57 時，左煞車壓力達到最高 873psi 。
 8. 此期間，縱向加速度平均約為-0.19g，最大達-0.284g 。
- 2124:58 至 2125:06 期間，地速由 48 哩/時減少至 7 哩/時，磁航向由 196 度減少至 175 度。鼻輪起落架轉向手柄¹⁹ (NLG²⁰ Steering Handwheel) 位置由-0.4 度減少至-11.6 度，再增加至-1 度，「NLG Wheel Deflection 1」參數由 0 度減少至-11.3 度，再增加至 9 度，「NLG Wheel Deflection 2」參數由 0.1 度減少至-11.1 度，再增加至 3.1 度。
 - 2125:05.250 時，垂直加速度為 1.238g，縱向加速度為-0.82g，鼻輪起落架撞擊手孔。
 - 2125:06 時，「Master Caution」陸續作動至 2127:10 時。

¹⁹ 負值為鼻輪向左。

²⁰ Nose Landing Gear

- 2125:25 至 2125:26 時，「Master Warning」作動 2 秒。
- 2125:27 時，「Master Warning Landing Gear Lever Disagree」作動直至紀錄器停止。
- 2133:30 時，該機 DVDR 停止記錄。

圖 1.11-1 為該機最後進場及落地階段之飛航資料曲線圖；圖 1.11-2 為該機高度 10 呎至落地階段之飛航資料曲線圖。圖 1.11-3 為該機高度 50 呎至落地階段飛航軌跡與衛星地圖套疊圖。航機進場剖面曲線圖如圖 1.11-4，多重監視源資料處理系統（Multi Surveillance Tracking System, MSTTS）雷達軌跡、DVDR 飛航軌跡與衛星地圖套疊圖如圖 1.11-5。

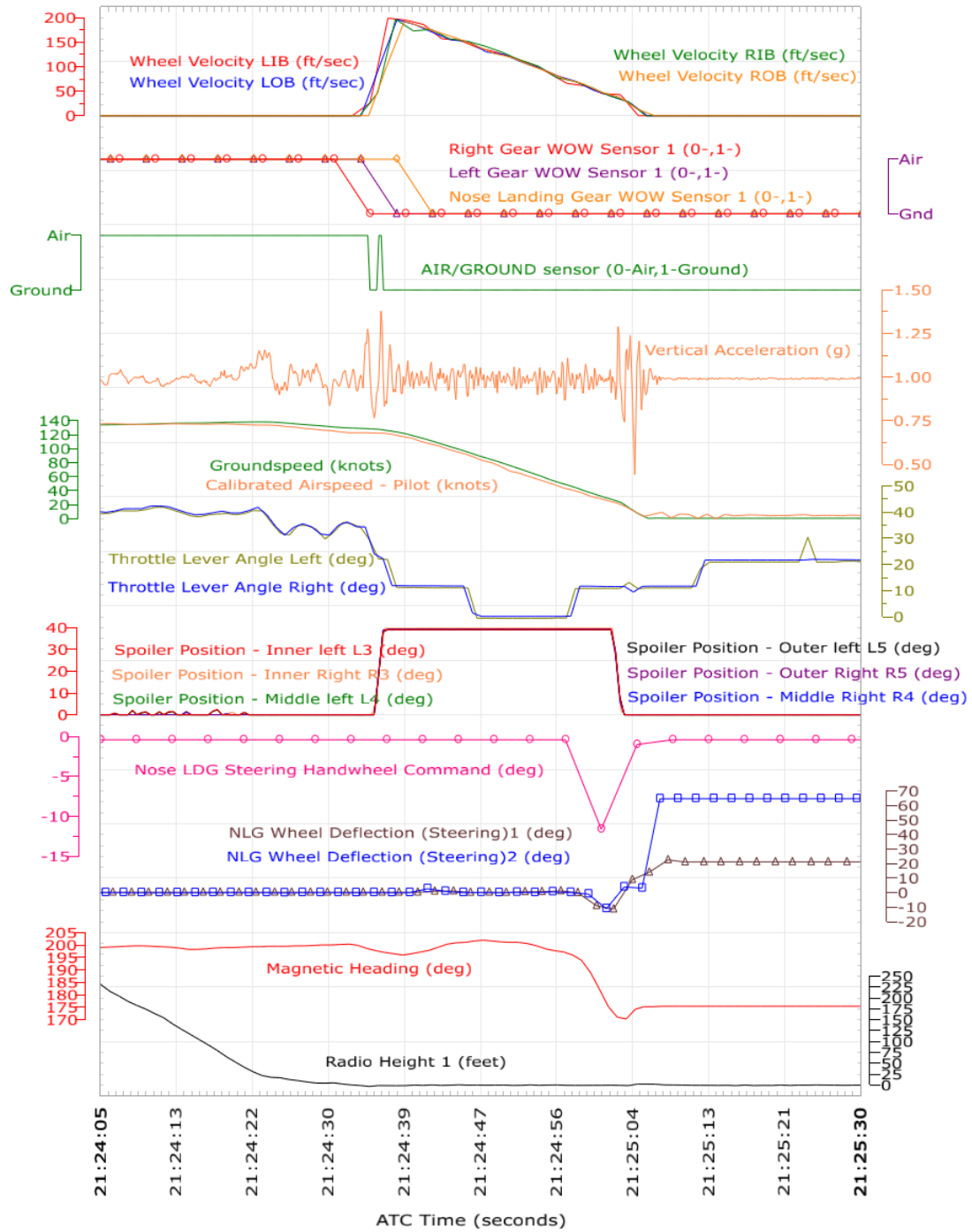


圖 1.11-1 最後進場及落地階段飛航資料曲線圖

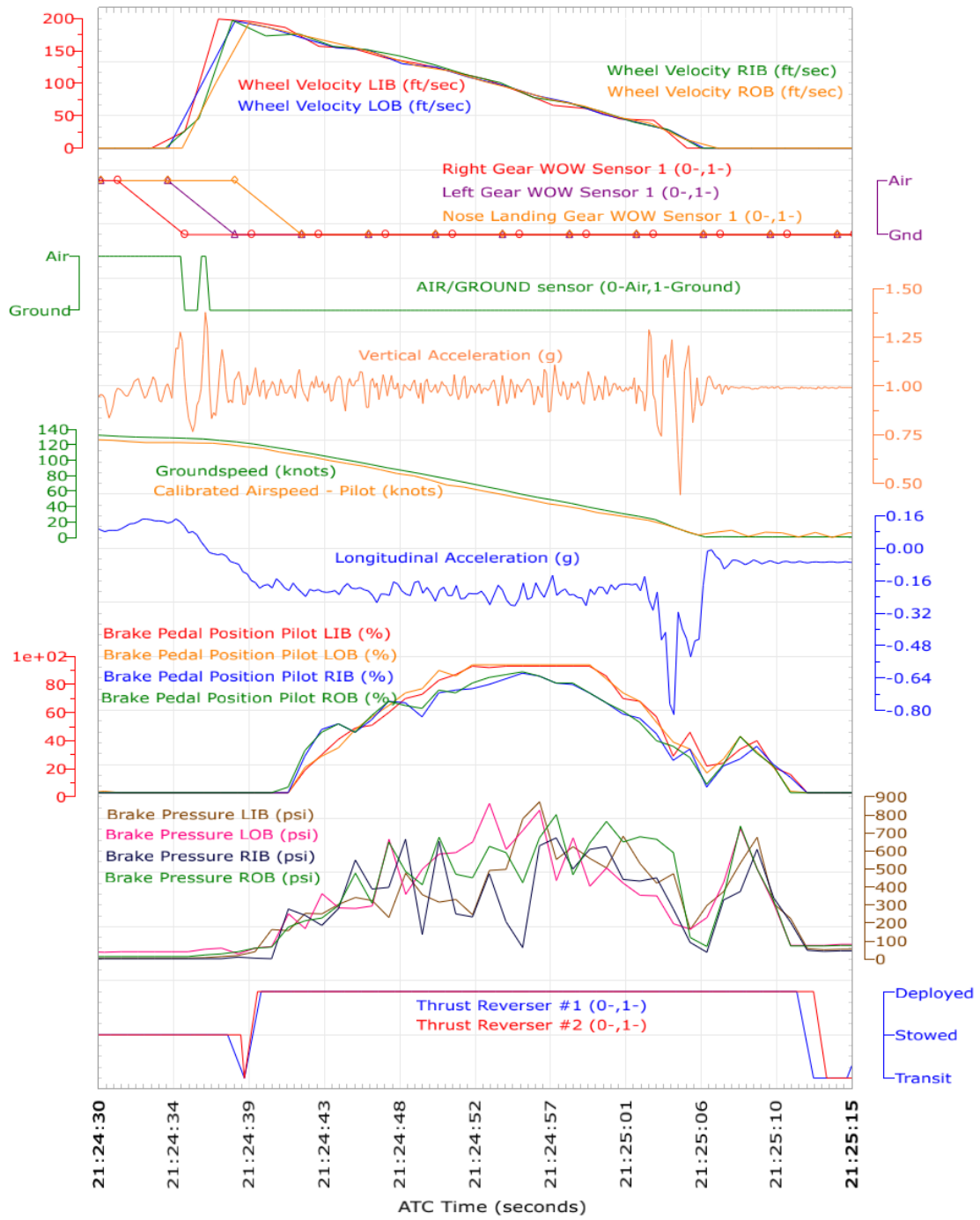


圖 1.11-2 高度 10 呎至落地階段飛航資料曲線圖

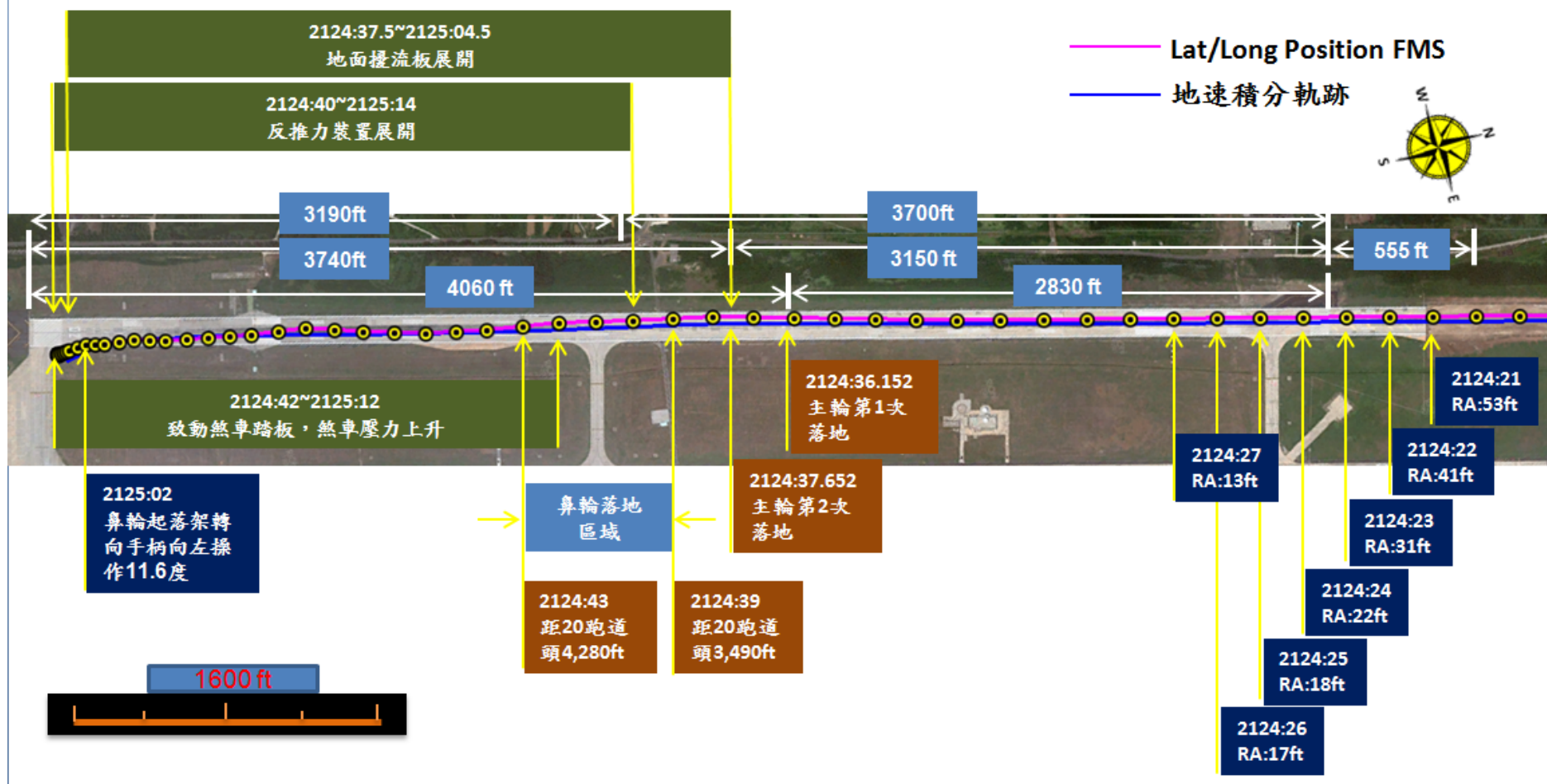


圖 1.11-3 高度 50 呎至落地階段飛航軌跡與衛星地圖套疊圖

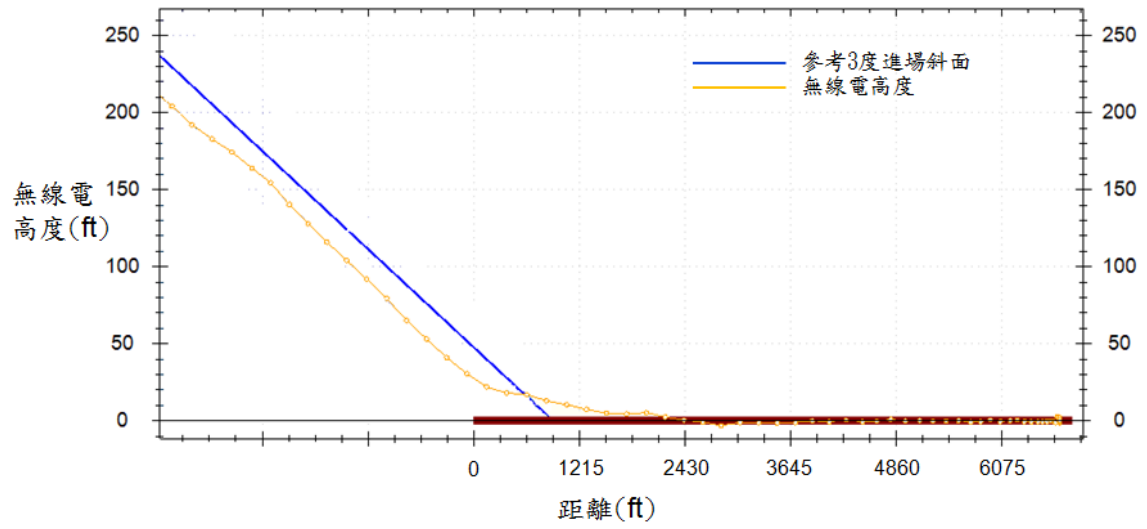


圖 1.11-4 航機進場剖面曲線圖

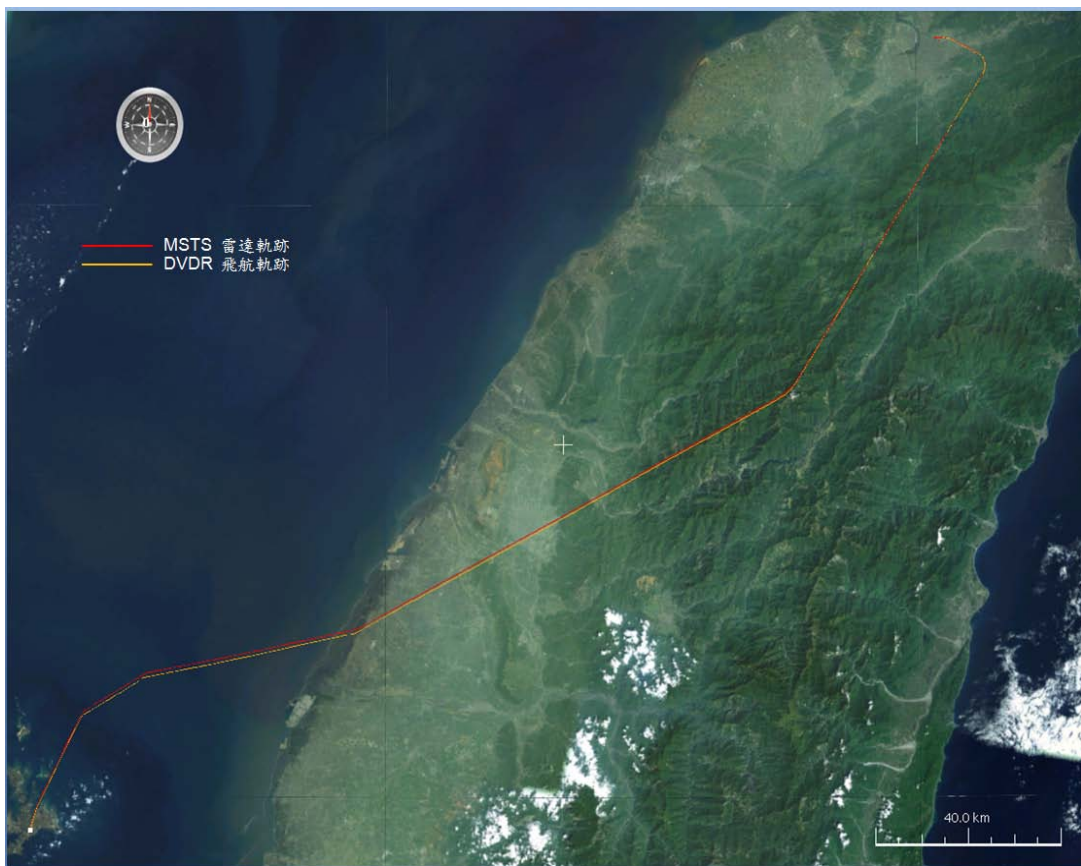


圖 1.11-5 MSTR 雷達軌跡、DVDR 2 飛航軌跡與衛星地圖套疊圖

1.11.3 時間同步

該機之時間系統係以 DVDR 時間為基準，經比對座艙語音紀錄中航機自動呼叫 (Auto callout) 時間與其它飛航參數紀錄後，將座艙語音及 DVDR 時間同步；另比對 ATC 錄音抄件及座艙語音抄件，發現 DVDR 時間較 ATC 時間慢 7 秒，本報告所用 DVDR 之飛航資料均以 ATC 時間為主。

$$\text{DVDR2 UTC 時間} = \text{ATC 時間} - 7 \text{ 秒}$$

兩具 DVDR 的時間及垂直加速度參數，事故航班起飛前後之垂直加速度參數比較如圖 1.11-6，落地前後之垂直加速度參數比較如圖 1.11-7，圖中藍色及紅色線段分別為裝置於航機前電子艙及後電子艙之 DVDR，簡稱為 DVDR 1 及 DVDR 2。經過比對後，DVDR 1 較 DVDR 2 快約 0.125 秒。

$$\text{DVDR 2 時間} = \text{DVDR 1 時間} - 0.125 \text{ 秒}$$

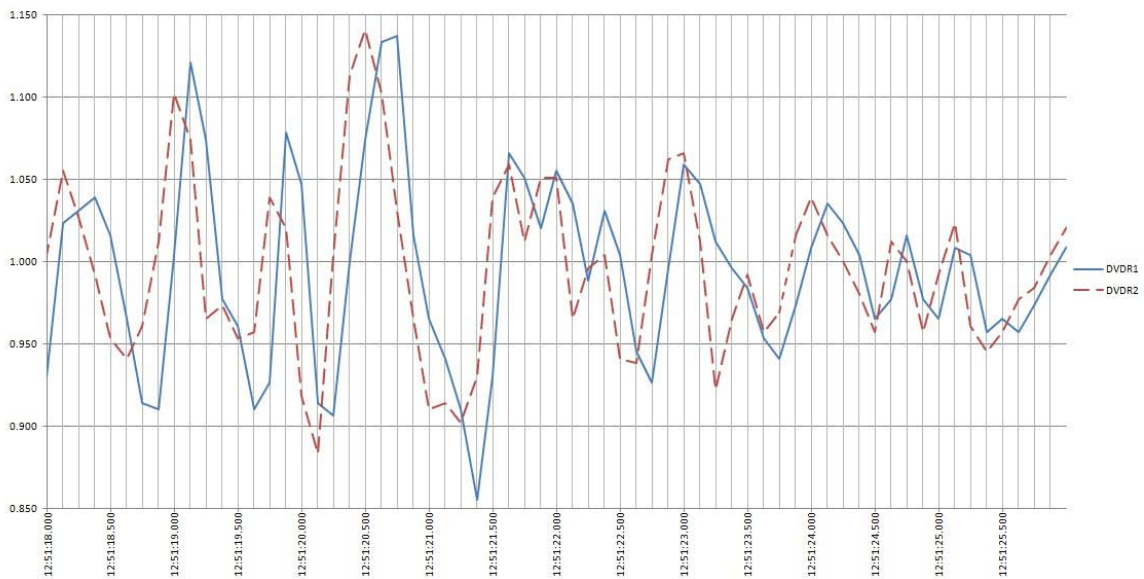


圖 1.11-6 起飛階段垂直加速度參數比較曲線圖

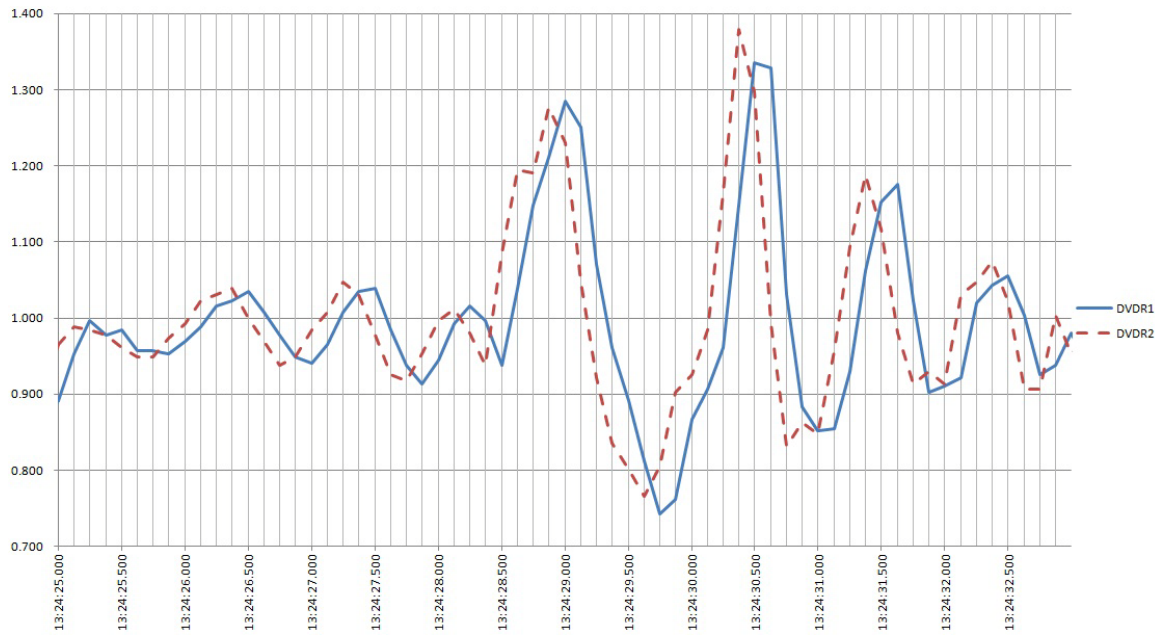


圖 1.11-7 落地階段垂直加速度參數比較曲線圖

1.12 現場量測與航空器撞擊資料

1.12.1 現場量測

專案調查人員於 8 月 18 日 1300 時赴馬公機場進行現場量測作業，該機偏出跑道遺留之軌跡如圖 1.12-1。使用 Trimble PRO XR GPS 接收儀進行量測，量測之參考基準為 02 跑道頭標線、02 跑道著陸區 (Touch Down Zone, TDZ) 標線、K1 滑行道邊線、K1 滑行道上跑道等待位置標線，量測左右主輪遺留於 20 跑道末端之胎痕軌跡及航機鼻輪、左右主輪最後停止位置，結果與 DVDR 中所記錄之飛航軌跡與衛星影像套疊如圖 1.12-2 與 1.12-3。



圖 1.12-1 航機落地滾行偏出跑道遺留胎痕圖

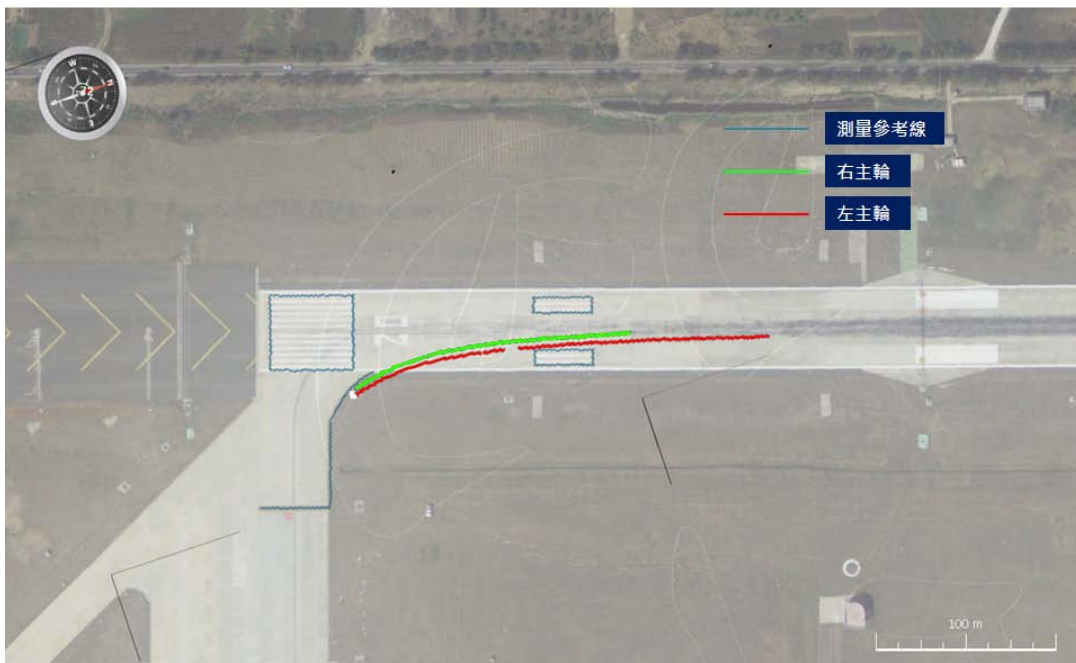


圖 1.12-2 DVDR 飛航軌跡與遠距衛星影像套疊圖

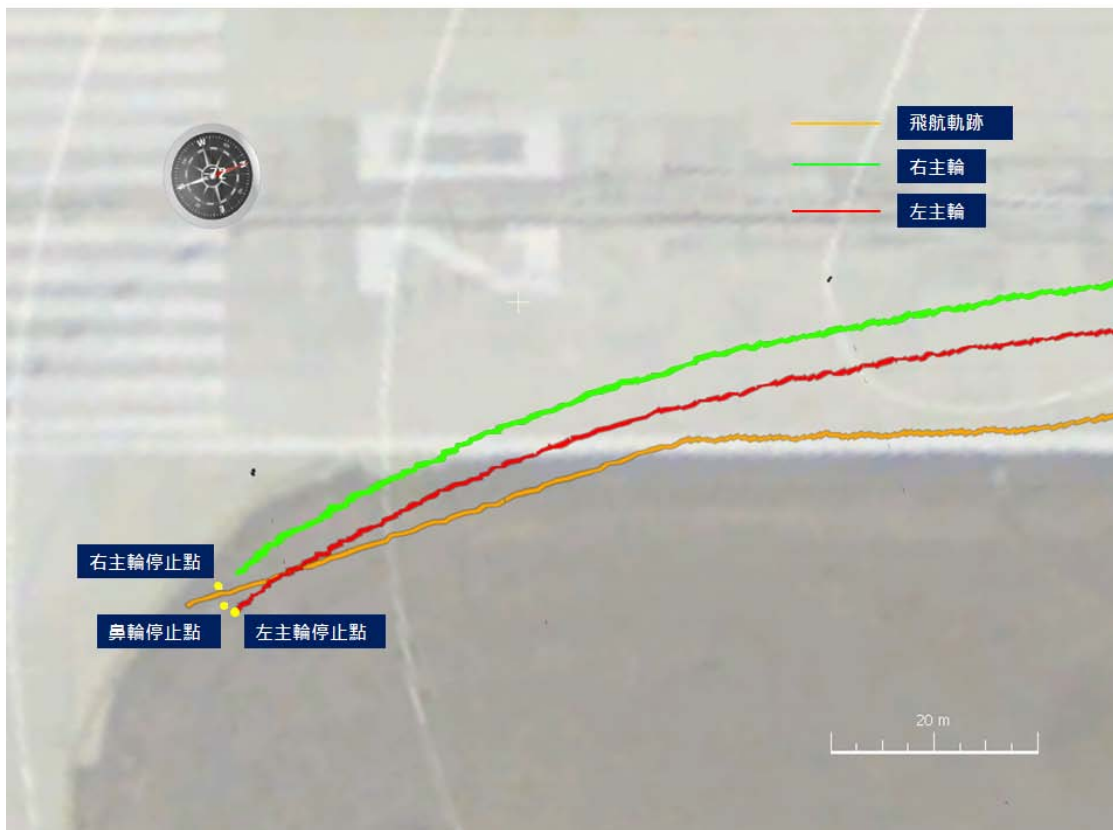


圖 1.12-3 DVDR 飛航軌跡與近距衛星影像套疊圖

所量測之胎痕位於 20 跑道中心線左側，鼻輪停止位置距 20 跑道中心線垂直距離約為 112 呎，距 20 跑道末端約為 174 呎，磁航向 171 度。

1.12.2 航空器撞擊資料

該機偏出跑道後鼻輪撞擊人孔孔座，造成鼻輪起落架斷折（詳圖 1.12-4）；右發動機損傷包含發動機整流罩底部及進氣道（詳圖 1.12-5），前下機身因鼻輪起落架斷折，潰縮之起落架支柱擠壓蒙皮造成 frame 17 至 frame 20 以及 stringer 26L 至 stringer 28R 之間區域 2 處穿孔及凹陷變形（詳圖 1.12-6）。



圖 1.12-4 鼻輪起落架斷折圖

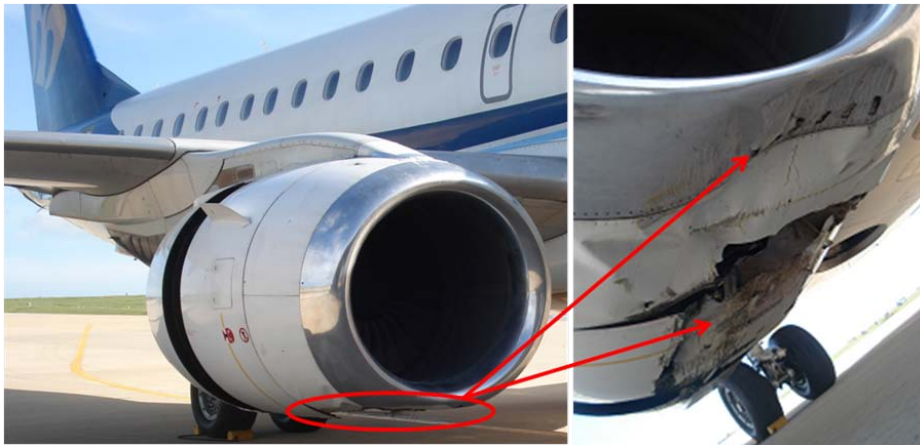


圖 1.12-5 右發動機整流罩損傷圖

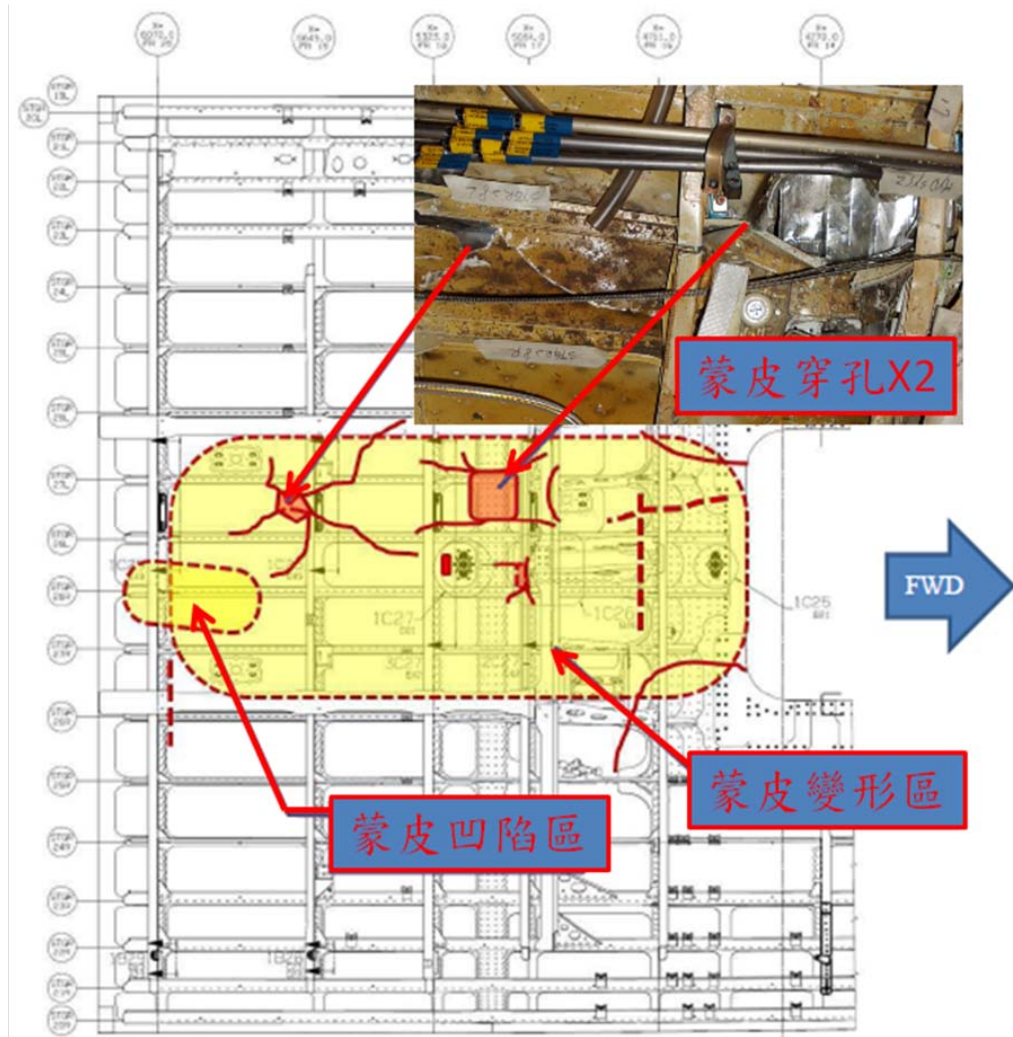


圖 1.12-6 前機腹蒙皮損傷部位示意圖

1.13 醫學與病理

無相關議題。

1.14 火災

無相關議題。

1.15 生還因素

無相關議題。

1.16 測試與研究

無相關議題。

1.17 組織與管理

無相關議題。

1.18 其他資料

1.18.1 訪談資料

1.18.1.1 正駕駛員訪談摘要

正駕駛員為華航培訓機師，曾於華航擔任 B744 副駕駛員，民國 97 年派往華信升任正駕駛員，目前擔任華信標考組組長；事故當日下午 2:10 松山報到，執行 E3 班，共 6 個航班，於報到櫃檯取得所有天氣資料、NOTAM、機務狀況、當日派遣表及相關表單。第一趟馬公來回為正常飛行，去馬公由正駕駛員擔任 PF，回程由副駕駛員擔任 PF，接下來更換副駕駛員改為訓練飛行，頭一趟為臺東來回，由受訓副駕駛員擔任 PF，回松山得知馬公機場能見度為 2,400 公尺，AE369 除來回油量外，聯管中心要求另多加 1,800 磅應變油量。

此航班為AE369，由正駕駛員擔任PF，乘客 104 人，組員加隨機機務 6 員，油量為 13,820 磅，巡航時抄收到馬公機場ATIS Information O，能見度 2,400 公尺，TSRA²¹，因不符合馬公機場VOR-1 進場標準，於是開始減速，並預計在TOMMY待命，高雄近場臺通知新的ATIS P，能見度 3,200 公尺，小雨，已符合進場標準，完成進場提示，決定以Flap 5 及Auto Brake Medium落地，於ALAR 檢查表部分，特別提醒為Medium to High risk，因原廠並無提供相關濕跑道落地距離之計算表，且依照原廠AOM之計算方法，馬公機場之乾、濕跑道落地距離已符合要求無需計算落地距離，距VOR 10 至 12 哩左右，即可看見跑道，進清除區後，雨勢變為較大，並沒有使用雨刷，因使用雨刷，視線反而較不清楚，使用自動油門及Continuous Descent進場，PAPI指示三紅一白，大約於距跑道頭 2,000 呎左右著陸，Spoilers伸展正常，並感覺Auto Brake Medium作用不正常，改用Full Manual Brake，並同時使用Reverse，覺得反推力油門手柄不易拉起，且飛機有 偏側現象，即將Reverse放回minimum，同時使用Manual Brake 及舵板控制飛機，在獲得directional control後，繼續使用Reverse，距離K1 大約三、四百呎時，速度約為六、七十哩，飛機稍為左偏，此時覺得無法於跑道尾端停住飛機，且跑道尾端 Stop Way之後為斜坡，遂決定將飛機駛入左側草地。飛機停妥後，即按照公司緊急逃生程序處置，檢查所有儀表，未發現有起火或漏油現象，即使用機上廣播通知客艙組員保持警戒，啓動APU後，關斷左、右發動機，並通知隨機機務將DVDR斷電，由空軍及航站協助，乘客由 1R 門下機。副駕駛員已完成 90 航段之訓練，進場提示有特別提醒按照SOP²²呼叫。

²¹ Thunder Storm Rain 雷雨

²² Standard Operation Procedure

任務前三天作息為第一天飛臺中至仁川來回任務，第二天飛臺中至胡志明來回任務，返回臺中後，再乘坐高鐵回臺北，昨日於公司開會。次日訪談表示事故當時已感覺相當疲勞。

1.18.1.2 副駕駛員訪談摘要

副駕駛員為華航培訓機師，於 2012 年 4 月轉交華信協訓，於 6 月底完成 ERJ Type Training 及 Local Check 後，開始航路訓練，於事故當日下午 4:55 臺北松山機場報到，先完成一趟臺北-臺東來回，並接著執行臺北-馬公 369 班機，擔任 PM，於松山起飛前已得知馬公機場低於進場標準，於是除來回燃油外，另多帶燃油，總共約 13,000 磅。

航機起飛後，與高雄近場臺 128.1 聯繫，得知馬公機場天氣低於進場標準，預計前往 TOMMY 待命，等天氣轉好，經抄收更新過後 ATIS P，能見度為 3,200 公尺，天氣符合進場標準；完成進場相關設定，航機預計落地重量為 93,000 磅，正駕駛員也於進場提示中再一次強調天候狀況及副駕駛員尚為訓練學員，對進場過程中有任何不符規定，要馬上指正，準備完成後，選擇以 Flap 5, Autobrake Medium 執行此次 RWY 20 VOR-1 進場。約 12, 13 哩已能看清楚跑道，按規定放完外型並完成 Final Checklist，於 1,000 呎下，正駕駛員解掉 Autopilot，接近地面時，雨勢慢慢變大，待飛機觸地後，副駕駛員監視減速率並呼叫「80」，同時正駕駛員也馬上以 Manual Brake 增加減速率，待副駕駛員呼叫「60」，飛機開始向左側滑，滑離跑道後才完全停止。這時正駕駛員也照程序呼叫「Attention crew on station, Attention crew on station」，接著判斷無立即需要疏散旅客，請組員繼續保持警戒，並開 APU，關閉兩具發動機，待乘客經由 1R 門離開飛機後，正副駕駛員才離開飛機，步行上車時，注意到跑道上積水狀況與原先塔臺告知「Wet Runway」有所差距。

1.18.1.3 航務協理訪談摘要

受訪者為華信航務處協理，進入航空界將滿 25 年，原於華航服務，參加自訓機師計畫開始擔任飛行員，至華信航務處任現職約 3 年。目前於華信有 Rating 機種為 ERJ，總飛行時間約 10,000 小時，曾飛過 AB4、747、A320 任 FO，飛 AB4 時升機長，離開華航時是 B738 總機師。

受訪者說有關飛安之資訊分享，於收到相關資訊後由標考組負責傳給所有組員，並有下游機制瞭解組員是否有閱讀。另於航安會議中作專題報告，著重在如何改進操作，像本次事故，航務處立刻安排於航務安全會議提報及討論，由當事人親自提報。其他事故均有專題報告，例如濕滑跑道、落錯跑道等，像上週長榮發生之事故，航務處已發一通告，告知組員應變之考量，所以相關事故分享之因應措施，第一時間點都有做到。

問及針對 GE515 飛安會發布之期中飛安通告是否收到，受訪者說沒印象。但對於安管室傳來之飛安資訊，是有相關處理程序。重點是會 Review，視資訊之情節，如需讓組員知道，一定會宣達，但也許因人力關係，處理不夠完善。對飛安月會宣導內容會公告周知，未參加之飛行員都會知道。有關是否有相關規定告知組員網站上有飛安資訊，受訪者回答印象中 FOM²³ 或組員手冊中有，如沒有會加上去。同意「寫你所做，做你所寫」之概念。

有關風險管理 (Risk Management)，針對澎湖馬公跑道縮短，受訪者認為確實是一風險，操作上之做法為規定由機長起落，建議使用 Flaps Full 落地等。有關每日風險評估，執行約 3 個月，其中有一項對

²³ Flight Operations Manual 航務手冊

跑道之熟悉度，受訪者認為本事故之飛航組員不可能知道跑道外之情況，其落地前將煞車置於 Medium，已考慮到跑道短之問題，但跑道 6,800 呎對 ERJ 型機來說並不短，道面差是重要因素，機長報告也有提到積水情形。針對本次事故，公司以後之改進方式是落地前使用 Flaps Full, Brake Max。另對遠東上次馬公出跑道事故，有做過 Risk Management 但對本事故，航機可能已落地但 Air/Ground mode 未顯示，可能有誤差。

問及 ERJ 落地前是否需計算落地距離，受訪者說針對 ERJ 原廠資料不必計算乾、濕跑道落地距離。針對乾、濕跑道目前 Policy 未律定要算，根據現有資料設計需要之落地距離絕對夠，只要跑道沒有 Standing Water，目前 ERJ 飛的跑道距離均無問題，但查相關數據是可增加飛行員之狀況警覺，曾問原廠要求下一版本之快速參考手冊（Quick Reference Handbook, QRH）中加入相關數據，但原廠認為現行資料符合法規而不提供，經討論後原廠同意給，但沒時程表。

受訪者說對訓練政策有關 Reject Landing，所有需要訓練之課目，3 年 Rotate 一次，有包含 Reject Landing 課目。另跑道落地（Touch Down）之要求，原則為跑道長度之 1/3 或距跑道頭 3,000 呎內落地，以少的為準。有關 Reject Landing 之判斷，白天較易判斷是否重飛，於夜間或能見度不良不好判斷。但機場相關設施應加強，例如跑道燈及道面摩擦力，如本事故後馬公機場已塗上一層塗層，落地後感覺減速效果很好。

1.18.1.4 航空站值班航務員訪談摘要

值班航務員守聽無線電時，得知 AE369 請求拖車支援後，立即開巡察車載華信馬公站主任及機務領班到達現場拍照。當時下著小雨，跑道鋪面有點亮度及顏色稍有變，沒有積水，目視觀測判定為「Wet」至「Water Patch」間，道肩有積水，因忙著聯絡相關單位支援疏運旅客

及行李運送等緊急處置，無法詳細觀測道肩積水深度。

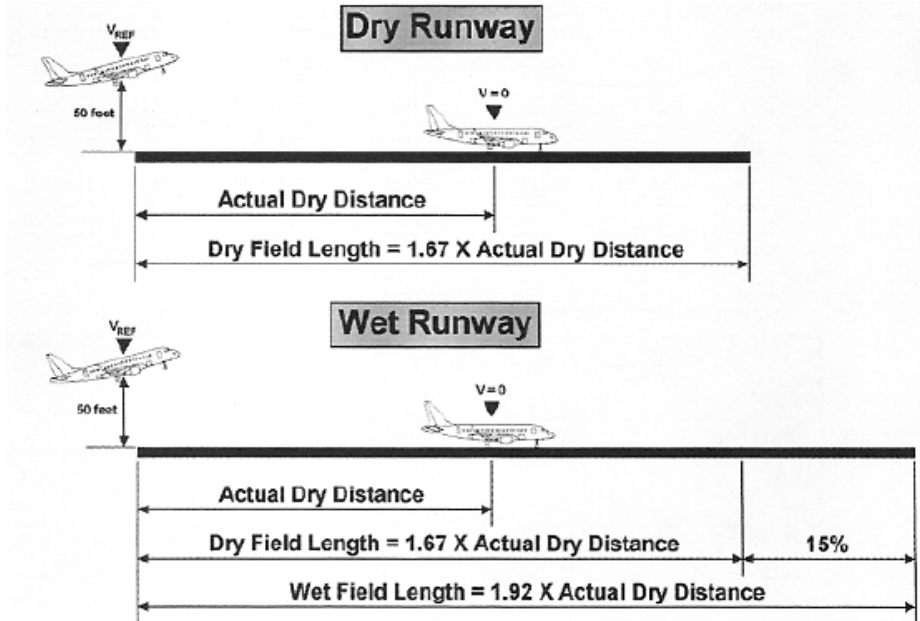
1.18.2 航務相關文件資料

華信 ERJ 飛機操作手冊第 3 章程序及技巧 (Procedures and Techniques) 3-11 節落地 (Landing) 敘述，Flaps Full 落地距離較 Flaps 5 落地距離為短，大重量和/或短跑道及濕跑道情況下，Flaps Full 為較適當之落地構型 (詳圖 1.18-1)。

CHAPTER 3-11: LANDING

LANDING PERFORMANCE:

Aircraft landing performance is based on the following criteria:



LANDING FLAP SETTING / STABILIZATION ON FINAL:

Whenever planning an approach and landing, the pilot flying should consider all relevant circumstances, when determining the flap setting for this particular landing. For normal operation, two different flap settings are available for landing: FLAPS 5 and FLAPS FULL. Comparing the two flap settings, the correlation of lift and drag results in certain advantages or disadvantages of either setting. If FLAPS 5 is selected for landing flap setting, its lower drag requires less power, thus producing less noise and using less fuel. In addition, the performance thrust available for acceleration is better than using FLAPS FULL. However, pitch attitude and approach speed are higher than with FLAPS FULL, in order to produce the required lift. This leads to a disadvantage in increased landing distance. So, whenever landing distance is a limiting factor (e. g. high weight and/or short runway, intersection turnoff, runway wet or contaminated, downhill slope, tailwind), FLAPS FULL is the preferable setting.

In other situations the higher drag of FLAPS FULL can be of advantage. The additional drag results in better power/speed stability. This is especially true on steep approaches (glide path $\geq 4.5^\circ$), in tailwind or with a very light landing weight. For a normal approach, the landing configuration (gear down and landing flaps) shall be established on final approach not below 1000 feet AAL.

圖 1.18-1 AOM Landing Flap Setting 摘錄圖

華信航務手冊第 6 章程序及技巧 (Procedures and Techniques)
6.9 節進場 (Approach) 6.9.8 小節穩定進場 (Stable Approach Criteria),

記載航機須安全著陸於欲降落跑道著陸區，跑道著陸區為欲降落跑道長度之前 3,000 呎或前 1/3 跑道長，取其小者（詳圖 1.18-2）。



 華信航空 <small>MANDARIN AIRLINES</small> FOM	CHAPTER 6 Procedures and Techniques	6-19 Rev 16
<p>Visual approach should be planned to be in the landing configuration, on proper glide path (VASI, PAPI), and at proper speed by 1000 feet AAL. All visual approaches must be stabilized no lower than 500 feet AAL. However, if maneuvering is required by the published procedures in order to be established on the center line of the landing runway (circling approach), the aircraft must be stabilized no lower than 300 feet AAL.</p> <p>A stable approach is defined as:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aircraft in landing configuration (as per respective AOM); and ▪ For airspeed, refer to respective AOM chapter 6; and ▪ Maximum sink rate of 1200 FPM; and ▪ Engines "spooled up"; and ▪ For a precision instrument approach, less than 1 dot deflection on localizer and glide slope until visual glide path reference can be maintained (VASI, PAPI, etc.); ▪ For non-precision approach, less than 5 degrees deviation from inbound course; ▪ For a visual approach / segment, less than full high or full low indication on visual approach guidance (VASI, PAPI, etc.) unless the descent to a landing on the intended runway can be made at a normal rate of descent using normal maneuvers and where such a descent rate will allow touchdown to occur within TDZ of the runway of intended landing. <p>If the aircraft is not stabilized by 1,000ft / 500ft / 300ft AAL, as applicable, a missed approach is mandatory. A missed approach shall also be executed if, after passing 1,000 ft AAL on approach, it becomes obvious that a safe landing cannot be made within the TDZ (the first 3,000 ft or first 1/3 of the runway, whichever is less).</p> <p>If, for any reason, approach conditions require any deviation from stable approach criteria, such deviations shall be briefed prior start of the approach.</p>		

圖 1.18-2 FOM Stable Approach Criteria 摘錄圖

華信 ERJ 飛機操作手冊第 3 章 3-11 節說明 ERJ 落地操作技巧，飛機距地高度 30 呎時，將油門收向 Idle，並確定於著陸時，油門已收到 Idle 位置（詳圖 1.18-3）；當主輪距地約 10 呎時，開始平飄，增加飛機仰角約 3 度，減低下降率，飛機著陸速度大約為 $V_{ref} + Gust\ correction$ 。不可讓飛機飄浮（Floating），應將飛機飛到跑道上並完成

落地滾行程序，不可為達到完美的輕落地而延長平飄（詳圖 1.18-3）。



華信航空
MANDARIN AIRLINES

ERJ-190
AIRCRAFT OPERATING MANUAL

FLARE AND TOUCHDOWN:

These techniques discussed are applicable to all landings including crosswind landings and slippery runway conditions. Unless an unexpected or sudden event occurs, such as wind shear or collision avoidance situation, it is not appropriate to use sudden, violent or abrupt control inputs during landing. Begin with a stabilized approach on speed, in trim and on glide path.

When the threshold passes under the airplane nose and out of sight, shift the visual sighting point to approximately 3/4 the length. Maintain a constant airspeed and descent rate. Initiate the flare when the main gear is approximately 10 feet above the runway by increasing pitch attitude approximately 3 degrees. This will slow the rate of descent. At 30 feet, smoothly override the thrust levers to IDLE to ensure that the thrust levers are at IDLE when the airplane touches down, and make small pitch attitude adjustments to maintain the desired descent rate to the runway. Touchdown with an airspeed of approximately VREF plus gust correction. Do not trim the stabilizer during flare or after touchdown.

Shifting the visual sighting point down the runway assists in controlling the pitch attitude during the flare. A smooth power reduction to idle also assists in controlling the natural nose down pitch change associated with thrust reduction. Hold sufficient back pressure on the control column to keep the pitch attitude constant. Avoid rapid control column movements or trimming during the flare to avoid increasing the pitch attitude after touchdown. Such actions are likely to cause pitch to increase at touchdown. Do not allow the airplane to float. Fly the airplane onto the runway and accomplish the landing roll procedure. Do not attempt to extend the flare by increasing pitch attitude in an attempt to achieve a perfectly smooth touchdown. Do not attempt to hold the nose wheel off the runway. If the airplane should bounce, hold or re-establish a normal landing attitude and add thrust as necessary to control the rate of descent. Thrust need not be added for a shallow bounce or skip. When a high, hard bounce occurs, initiate a go-around. Press the go-around button, place the thrust levers in the TO/GA detent and use normal go-around procedures. A second touchdown may occur during the go-around. Do not retract the landing gear until a positive rate of climb is established.

RUDDER CONTROL AND NOSE WHEEL STEERING AFTER TOUCHDOWN:

Rudder control is effective down to approximately 50 knots. Rudder pedal steering is sufficient for maintaining directional control during the rollout. In a crosswind, displace aileron into the wind. Any delay in performance of the after touchdown procedures will markedly increase the stopping distance. Perform these procedures rapidly at touchdown. A hesitation in application of brakes after touchdown will increase landing distances approximately 230 feet for each second of delay. Stopping distance will also vary with wind conditions and any deviation from recommended approach speeds. Actual stopping distance will increase or decrease approximately 50 feet for each knot of tailwind or headwind respectively. Similarly, actual stopping distances will increase approximately 50 feet for each knot above VREF at touchdown. The above values are representative for ERJ-190 airplanes in any normal landing configuration. During rolling, PF shall avoid rolling the nose wheel on the centerline light, while the nose wheel shall be kept as close as possible to the centerline.

Revision 11 Page 3-11-2

圖 1.18-3 AOM Flare and Touchdown 摘錄圖

- Approach speed (VAP) = VREF + 1/2 steady headwind component + gust factor.
- Gust factor = gust minus steady wind.
- A correction of 5 knots is added to the uncorrected VREF to determine the VAP.
- When landing with Flaps 5 or Flaps FULL, the maximum wind correction is 20 knots.
- Allow speed to drop to VREF + gust factor just prior to touchdown.

Example #1:

Headwind component = 18 knots, gust to 25 knots
Add 9 knots for wind component and 7 knots for gust factor.
Approach speed = VREF + 16 knots
If the total exceeds 20 knots, add a maximum of 20 knots to the VREF.
Touchdown speed = VREF + 7 knots.

Example #2:

Landing runway 09, reported winds 180/20G30:
No headwind component because 90 degrees crosswind
Add 10 knots for the gust factor
Approach speed = VREF + 10 knots

EFFECT OF FLOATING:

Floating just above the runway surface before touchdown must be avoided, as this procedure uses a large portion of the available runway. The airplane should be landed as near the 1000 feet touchdown target as possible rather than allowed to float in the air to bleed off speed. If the airplane should be over the recommended speed at the point of intended touchdown, deceleration on the runway is about three times higher than in the air. Consider an airplane that would normally approach at 130 knots and require landing distance of 4000 feet. With other conditions constant, flying over the threshold at 140 knots and touching down with 10 knots excess speed would increase total landing distance only 500 feet. If this 10 knots excess speed is bled off in the air before touchdown, landing distance will be increased by about 1150-1500 feet.


EFFECT OF GLIDE PATH AND HEIGHT OVER THRESHOLD:

Height of the airplane over the end of the runway also has very significant effect on total landing distance. For example, flying over the end of the runway at 100 feet altitude rather than 50 feet could increase the total landing distance by 1000 feet on a 3° glide path. This change in total landing distance results primarily because of the length of runway used up before the airplane actually touches down. Glide path angle also affects total landing distance. Even while maintaining the 50 feet height over the end of the runway, total landing distance is increased as the approach path becomes flatter. A combination of excess height over the end of the runway and a flat approach uses up runway in a hurry. Glide path angle is a function of pilot technique and best results will be obtained at a normal ILS glide slope angle.

圖 1.18-4 AOM Touchdown point 摘錄圖

Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊 (Standard Operation Manual, SOPM) 第 3 章程序及技巧 (Procedures and

Techniques) 3-40 節落地 (Landing) 敘述有關濕/滑跑道之落地操作，降落於濕/滑跑道時，須執行「Positive」及「Firm」著陸 (詳圖 1.18-5)。

 170 175 190 195	STANDARD OPERATING PROCEDURES	PROCEDURES AND TECHNIQUES LANDING
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	-----------------------------------------

- Antiskid Protection; and
- Touchdown Protection.

At high speeds, apply the Emergency/Parking Brake handle to stop the airplane monitoring the Emergency/Parking Brake light and maintain steady pressure. The brake system provides sufficient pressure to start braking. As speed decreases the required handle deflection increases to maintain continuous braking.

If a tire burst occurs applying the Emergency/Parking Brake, do not release the Emergency/Parking Brake handle until the airplane stops.

LANDING ON WET, SLIPPERY OR CONTAMINATED RUNWAYS

Wet or contaminated runways have much lower friction levels than a dry runway; Friction depends on the runway surface, materials and conditions. Runway contamination may reduce friction to very low levels. The FAA defines that a runway is contaminated whenever standing water, ice, snow, slush, frost in any form, heavy rubber, or other substances are present. If such conditions exist at the time of arrival and were not taken into account during dispatch, a landing distance re-assessment must be conducted. The QRH presents tables to aid this analysis.

Conduct a positive landing to ensure initial wheel spin-up and initiate firm ground contact upon touchdown. Such technique avoids hydroplaning on wet runways and reduces the strength of any ice bond that might have been eventually formed on brake and wheel assemblies during flight.

Stopping the aircraft with the least landing run must be emphasized when landing on wet or slippery runways.

- Anticipate the approach procedures and speeds: a well-planned and executed approach, flare and touchdown minimize the landing distance;
- Immediately after touchdown, check the ground spoiler automatic deployment when thrust levers are reduced to IDLE;
- Lower nose wheel immediately to the runway. It will decrease lift and increase main landing gear loading;
- Do not use asymmetric reverse thrust on slippery and icy runways;

3-40

Page 5 |

REVISION 14

SOPM-1755

圖 1.18-5 SOPM Landing on wet runway 摘錄圖

Embraer 190 QRH PD-35 Landing 落地距離評估及落地速度表(詳圖 1.18-6)。

PERFORMANCE DATA

EMBRAER 190

Approach

APPROACH AND LANDING REFERENCE SPEEDS

EMBRAER 190
CF34-10E5/10E5A1/10E6/10E6A1 ENGINES

WITHOUT ICE ACCRETION

WEIGHT (lb)	V _{REF} FLAP 5 (KIAS)	V _{AG} FLAP 2 (KIAS)	V _{REF} FLAP FULL (KIAS)	V _{AG} FLAP 4 (KIAS)	V _{FE} (KIAS)
62000	106	130	104	115	156
64000	108	132	104	117	159
66000	109	134	104	119	161
68000	111	136	104	121	164
70000	113	138	106	122	166
72000	114	140	107	124	168
74000	116	142	109	126	171
76000	118	144	110	128	173
78000	119	146	112	129	175
80000	121	148	113	131	178
82000	122	150	115	132	180
84000	124	151	116	134	182
86000	125	153	117	136	184
88000	126	155	119	137	186
90000	128	157	120	139	189
92000	129	159	121	140	191
94000	131	160	123	142	193
96000	132	162	124	143	195
98000	134	164	125	145	197
100000	135	165	127	146	199
102000	136	167	128	148	201
104000	138	169	129	149	203
106000	139	170	130	151	205
108000	140	172	132	152	207
110000	142	173	133	154	209
112000	143	175	134	155	211
114000	144	177	135	156	212

GHS3705-011

REVISION 7

PD30-3

圖 1.18-6 QRH Vref 摘錄圖

Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技巧 (Procedures and Techniques) 3-40 節落地 (Landing) 敘述有關濕

/滑跑道之落地操作，於濕/滑跑道降落時，著陸後應使用全反推力至空速約 80 浬/時，然後減低反推力，60 浬/時至 Min Rev（油門桿位置 12 度），30 浬/時至 Idle 位置，航機在高速時使用反推力器之減速效果最佳，如有必要可使用反推力至飛機全停（詳圖 1.18-7）。


PROCEDURES AND TECHNIQUES LANDING	STANDARD OPERATING PROCEDURES		170 175 190 195
<p>Make sure that the airplane is properly trimmed during the approach. This maximizes elevator authority for the flare or in the event of a missed approach.</p>			
<p>Target approach speed is V_{AP}, which is V_{REF} plus wind correction. As the airplane approaches the touch down point, initiate the flare approximately 20 ft to 10 ft by reducing the rate of descent and slowly reducing thrust levers to idle so that they are at idle when the airplane touches down. Normally a 2° to 3° pitch change will be enough for the flare.</p>			
<p>Plan to touchdown at the runway touchdown zone, which is typically located 1000 feet ahead from the runway threshold. Monitor the final approach path using all reference available. Do not allow the airplane to float in ground effect, which unnecessarily increases the landing distance and risk of a tail strike.</p>			
<p>After main wheel touches down, use autobrake or apply manual braking as required for the runway condition and length available while easing the nosewheel onto the runway. Pull thrust levers to reverse and verify spoilers actuation. Autobrake will be disarmed by gradually pressing brake pedals.</p>			
<p>Reverse thrust should be selected consistent with runway conditions and modulated as required. Apply thrust reversers cautiously and observe how the airplane responds before full reverse is used.</p>			
<p>Full reverse thrust should be used when landing over wet, slippery and contaminated runways. Maintain maximum reverse thrust until the airspeed is approximately 80 kt. Then smoothly reduce thrust reverse to MIN REV at 60 kt and idle thrust at 30 kt. Thrust reverser is more effective at high speeds; the use of reverse below 60 kt increases the chances of foreign object ingestion by the engine. If necessary the thrust reversers can be used until the airplane come to a complete stop.</p>			
<p>Rudder control is effective to approximately 60 kt. Rudder pedal steering is sufficient for maintaining directional control during the rollout. Do not use the nosewheel steering tiller until reaching taxi speed.</p>			
3-40		SOPM-1755	
Page 2	REVISION 15		

圖 1.18-7 Reverse Usage SOP 摘錄圖

Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技巧 (Procedures and Techniques) 中，航機低於標準 3 度下滑道應呼叫「Glide」(詳圖 1.18-8)。


PROCEDURES AND TECHNIQUES APPROACH	STANDARD OPERATING PROCEDURES	 170 175 190 195
<p>Airplane status and operational restrictions must be discussed during the briefing. If any failure that affects the required landing distance occurs in the final approach, consider a missed approach in order to better evaluate the situation and an appropriate runway length. Failures that affect the landing distance are commonly associated to brakes, ground spoilers and/or thrust reversers.</p> <p>It's recommended to perform an instrument crosscheck as soon as cleared by ATC to intercept the final approach course. At this time pilots crosscheck radios and minimums for that specific approach. For far ILS captures, verify if intercepted course is in accordance with the MARKERS indications and the PFD MAP display. If any discrepancy is found disengage the AP and take the appropriate corrective action.</p> <p>The altimeter setting must be done when passing Transition Level, or according to ATC.</p>		
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>BASIC APPROACH MODES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pilot is responsible for monitoring all phases of the approach and calls out any observed discrepancies: <ul style="list-style-type: none"> - Any deviation from the flight director guidance – “GUIDANCE”. - Rate of descent in excess of 900 ft/min – “SINK RATE”. - Airspeed above Target Speed + 10 kt – “SPEED”. - Airspeed below Target Speed - 5 kt or below V_{RF}, whichever is higher – “SPEED”. - Localizer deviation in absence of flight director - “LOC”. - Glide Slope or FMS vertical deviation in absence of the flight director “GLIDE”. - Any Autopilot malfunction – calls the failure. - Flight director failure to arm or to engage the next expected mode – calls the failure. - Perform the callouts in case the EGPWS fails to do so automatically – calls the crossing altitude. </div>		
3-35-01		
Page 4	REVISION 10	SOPM-1755

圖 1.18-8 Standard Call-outs SOP 摘錄圖

華信相關飛航手冊內容，並無明確律定當偏離正確航跡所應執行的相關標準呼叫術語（詳圖 1.18-9）

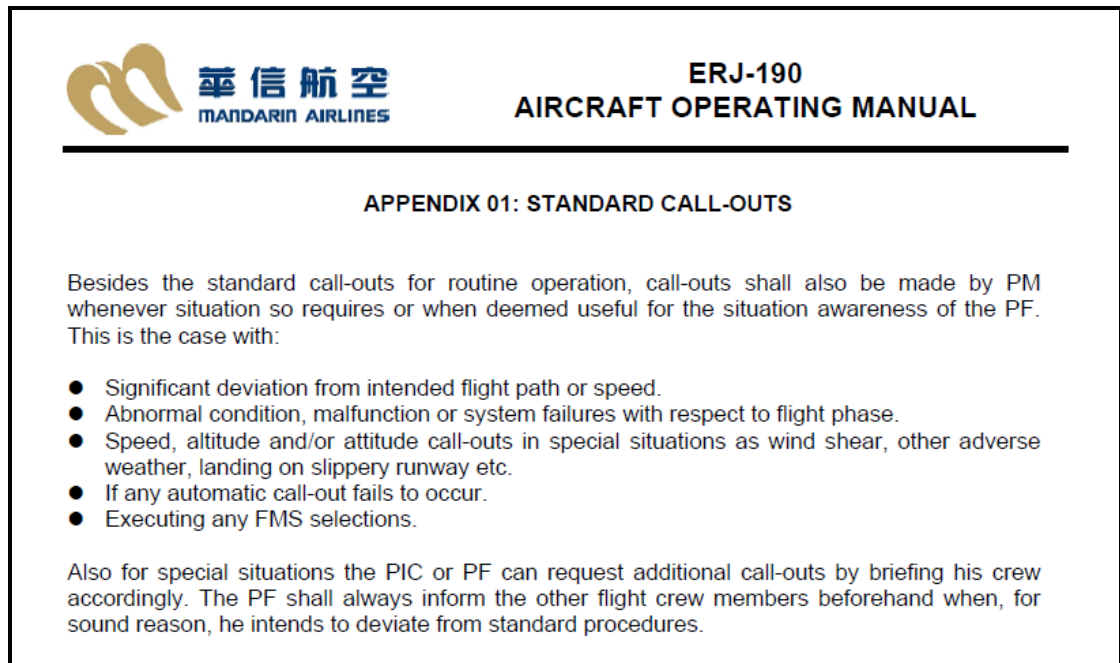


圖 1.18-9 AOM Standard Call-outs 摘錄圖

華信 ERJ 飛機操作手冊有關落地油門之操作，於第 6 章正常操作程序文中，飛航組員須確定自動油門自動收回至 Idle 位置（詳圖 1.18-10）。

CREW COORDINATION DURING LANDING

PF	PM
- At 30 feet AAL, verify ATS retards (*) to IDLE and commence flare.	
- After main wheel touch down, lift the thrust reverser triggers and select MIN REV or MAX REV as required.	- Monitor two green REV indications on EICAS. - Call-out: any deviation from normal.
- Select ABS OFF by pressing brake pedals. - Call-out: <i>"manual brake"</i> .	- Call-out: <i>"eighty"</i> . - Monitor aircraft deceleration.
- Check / select thrust levers MIN REV. - Disconnect A/T.	- Call-out: <i>"sixty"</i> .
- Select thrust levers (forward) IDLE.	- Call-out: <i>"thirty"</i> .
When reaching taxi speed and CM2 is PF, CM1 calls out: <i>"my controls"</i> .	

(*) The automatic retard mode (RETD) function is dependent on RA signal. The PF should always keep one hand on the thrust levers to monitor its movements, especially when operating with a single RA. When both RA have failed (RALT 1/2 FAIL), disengage ATS prior to the approach.

圖 1.18-10 AOM Normal Procedure—Thrust Reduction 摘錄圖

1.18.3 落地距離相關文件及資訊

民航局民用航空法 07-02A航空器飛航作業管理規則附件六（詳附錄 5）飛機性能及操作限制規定，航機降落於乾跑道時須在 60%可用落地距離之內全停降落；若跑道狀況為濕滑，則可用落地距離至少須等於降落乾跑道時落地距離之 115%，另所需落地距離²⁴為落地距離再乘 1/0.7 倍之距離。

²⁴ 所需落地距離：Landing Distance Required

Embraer 190 AOM VOL1 CH5 05-35–Landing，簽派計算所需跑道距離時，在乾跑道之情況下為「Unfactored Landing Distance」²⁵乘 1.667 倍，在濕跑道之情況下為「Unfactored Landing Distance」乘 1.917 倍。

於最大手動煞車、襟翼 5 及未積冰之條件下，配合不同之落地重量、降落機場氣壓高度及風速等因素，航機降落之「Unfactored Landing Distance」如表 1.18-1。

表 1.18-1 Unfactored Landing Distance

UNFACTORED LANDING DISTANCE (ft)
EMBRAER 190 – CF34-10E5/10E5A1/10E6/10E6A1
MAXIMUM MANUAL BRAKING
FLAP 5 – NO ICE ACCRETION

WEIGHT (lb)	PRESSURE ALTITUDE (ft)							
	0				1000			
	WIND (kt)							
	-10	0	10	20	-10	0	10	20
66000	2496	2085	1955	1829	2543	2128	1998	1871
72000	2637	2217	2084	1955	2688	2263	2129	1999
78000	2777	2347	2211	2079	2831	2397	2260	2126
84000	2914	2474	2335	2200	2971	2528	2387	2251
90000	3050	2602	2460	2321	3110	2658	2515	2375
96000	3186	2729	2584	2443	3250	2789	2642	2500
102000	3320	2855	2707	2563	3387	2917	2768	2623
108000	3454	2980	2830	2683	3524	3046	2894	2746
114000	3584	3102	2949	2799	3662	3171	3016	2865
Per 5 kt above Vref (and no failure) add 206 ft.								

²⁵ Unfactored landing distance is the actual distance to land the airplane on a zero slope, ISA temperature, dry runway, from a point 50 ft above runway threshold at Vref, using only the brakes and spoilers as deceleration devices (i.e., no engine reverse thrust is used).

本頁空白

第2章 分析

2.1 飛航操作

該班機飛航組員的飛航資格符合民航法規之規定；事故前 72 小時之休息及活動正常；無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響；該班機之載重平衡在限制範圍內。

有關該機偏出跑道與飛航操作相關之因素含落地構型、穩定進場、進場落地前操作、落地後操作、狀況警覺與決心下達、標準呼叫、華信 ERJ 飛機操作手冊、落地距離、水飄分析等分述於後：

2.1.1 落地構型

飛航組員於下降前進場提示，已提及馬公機場跑道為濕跑道，飛機載客為滿載 104 人，攜帶來回油量，另多加 1,800 磅應變油量，載重平衡表預估落地重量為 92,190 磅，約最大落地重量 95%，較一般正常航班落地重量為重。華信 ERJ 飛機操作手冊第 3 章程序及技巧（Procedures and Techniques）3-11 節落地（Landing）敘述（詳圖 1.18-1），Flaps Full 落地距離較 Flaps 5 落地距離為短，大重量和/或短跑道及濕跑道情況下，Flaps Full 為較適當之落地構型，飛航組員未考慮上述因素，採用 Flaps 5 落地構型，可能因此增加落地距離。

2.1.2 穩定進場

華信航務手冊第 6 章程序及技巧（Procedures and Techniques）6.9 節進場（Approach）6.9.8 小節穩定進場（Stable Approach Criteria）

規範之一（詳圖 1.18-7）：航機須安全著陸於欲降落跑道著陸區，跑道著陸區為欲降落跑道長度之前 3,000 呎或前 1/3 跑道長，取其小者。事故當時，馬公機場 20 跑道長度為 6,890 呎（2,100 公尺），以 1/3 長計，事故航機之跑道著陸區終點應為距 20 跑道頭 2,297 呎。而該機第一次著陸於距 20 跑道頭 2,830 呎，第二次著陸於距 20 跑道頭 3,150 呎，皆超過跑道 1/3 長之 2,297 呎之跑道著陸區距離，依據華信航務手冊穩定進場之規範，遭遇該情況時必須重飛或中止落地，當時該機並未執行重飛或中止落地，進入不穩定進場狀況。

2.1.3 進場落地前操作

華信 ERJ 飛機操作手冊第 3 章 3-11 節說明 ERJ 落地操作技巧（詳圖 1.18-3），飛機距地高度 30 呎時，將油門收回到 Idle，並確定於著陸時，油門已收到 Idle 位置；當主輪距地約 10 呎時，開始平飄，增加飛機仰角約 3 度，減低下降率，飛機著陸速度大約為 $V_{ref} + Gust\ correction$ 。不可讓飛機飄浮（Floating），應將飛機飛到跑道上並完成落地滾行程序。不可為達到完美的輕落地而延長平飄（詳圖 1.18-4）。Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技巧（Procedures and Techniques）3-40 節落地（Landing）敘述有關濕/滑跑道之落地操作，降落於濕/滑跑道時，須執行「Positive」及「Firm」著陸（詳圖 1.18-5）。

依據 DVDR 資料，事故航機於無線電高度約 50 呎，開始平飄，自動油門於無線電高度約 30 呎，開始回收，無線電高度 13 呎，飛航組員手動制止油門回收，此時左右油門桿位置分別為 31.2 度及 34.2 度（Idle 位置為 22 度），其後油門略有增減，於無線電高度 2.5 呎，飛航組員

手動增加油門，同時帶桿²⁶，使航機從高度 13 呎至著陸費時約 10 秒。依據落地時之風速，著陸速度應為 130 浬/時（詳圖 1.18-6），而飛機實際著陸速度卻為 122 浬/時，雖油門未收，但著陸速度降低，可能是過長平飄使然。

以上分析顯示該機落地前過高平飄、平飄時未收油門及持續帶桿使飛機飄浮，造成過長平飄，以致未能於跑道著陸區內著陸。

馬公機場一般以 02 跑道儀器降落系統（Instrument Landing System, ILS）操作為主，使用 VOR 20 跑道的機會多半在於夏季盛行西南風的時節。事故當時馬公機場部分跑道正處整修期間，為此 20 跑道頭和其 PAPI 暫時性的內縮。檢視事故飛航組員的飛行紀錄，於事故前正副駕駛員各別有一次及二次之夜間降落於內縮 20 跑道的經驗。正駕駛員於進場前提示亦指出為中至高風險的進場狀況。訪談資料顯示航機雖於 10 至 12 浬時已目視跑道，但進入清除區時雨勢變大，此時正駕駛員依經驗決定不使用雨刷以能得到較為清楚的視線，航機雖仍對正跑道中心線，但正駕駛員卻於離地 50 呎高時開始帶起航機仰角的操作。其可能原因為航機此時的位置仍於 20 跑道外約 550 呎（詳圖 2.1-1），相較精確性進場於通過跑道頭高度（Threshold Crossing Height, TCH）離地約 50 呎時，航機已進入跑道頭正上方的視覺不同（詳圖 2.1-2），發現航機位置偏低遂操作航機帶起仰角避免落在跑道頭前。

²⁶維持或增加飛機仰角之操控動作



圖 2.1-1 航機位於 20 跑道外約 550 呎時的視覺示意圖



圖 2.1-2 航機位於 20 跑道頭時的視覺示意圖

2.1.4 落地後操作

Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技

巧 (Procedures and Techniques) 3-40 節落地 (Landing) 敘述有關濕/滑跑道之落地操作 (詳圖 1.18-7)，於濕/滑跑道降落時，著陸後應使用 Max Rev 至空速約 80 浬/時，然後減低反推力，60 浬/時至 Min Rev (油門桿位置 12 度)，30 浬/時至 Idle 位置 (圖 2.1-3)，航機在高速時使用反推力器之減速效果最佳，如有必要，可使用反推力至飛機全停。

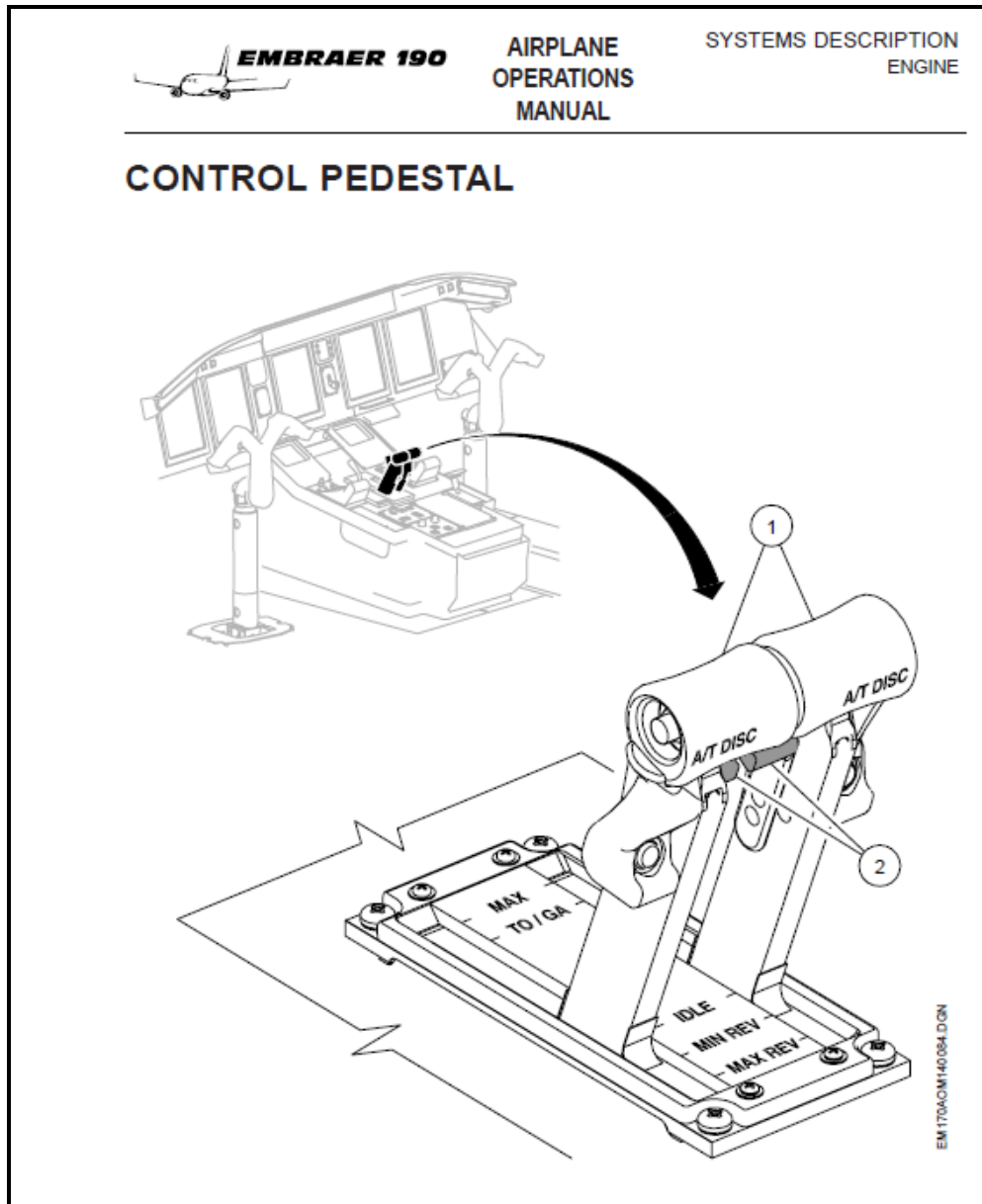


圖 2.1-3 油門桿位置圖

依據 DVDR 資料，該機第二次著陸後，飛航組員立即將油門桿置於 Min Rev 位置，約 10 秒後，指示空速 83 浬/時，將油門桿置於 Max Rev 位置，再 10 秒後，指示空速 37 浬/時，將油門桿置於 Min Rev 位置，保持此位置至飛機全停，然後將油門桿放回 Idle 位置。飛航組員於指示空速 83 浬/時才使用 Max Rev，不符最佳減速效果操作之時機。

美國聯邦航空總署（Federal Aviation Administration, FAA）AC25-7C The flight Test Guide for the Certification of Transport Category Airplanes（詳圖 2.1-4）文中說明，航空器飛航手冊（Airplane Flight Manual, AFM）計算落地距離時，飛航組員煞車使用，以 2 秒鐘到達最大煞車（Maximum Brake, Max Brake）狀態為依據，該機飛航組員於著陸後 4 秒，將自動煞車解除，使用人工煞車，約於 10 秒後，才將煞車踏板踩到底，又於地速 35 浬/時，將煞車踏板鬆開。

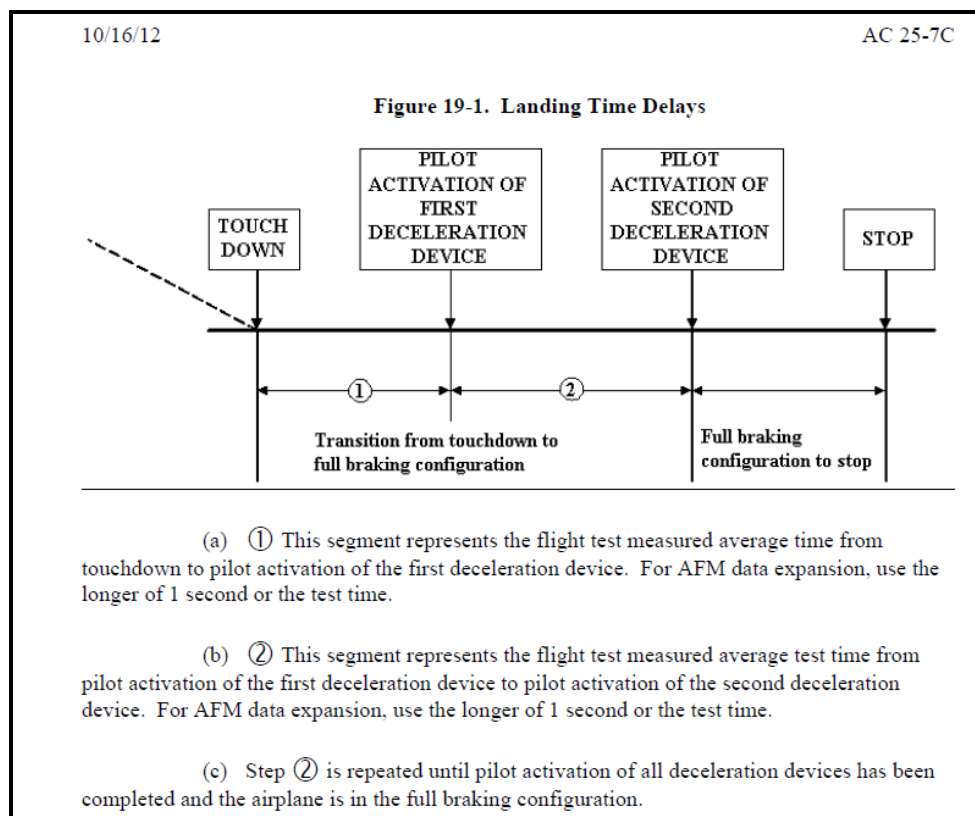


圖 2.1-4 FAA AC25-7C 煞車時間摘錄圖

依據原廠落地性能分析資料（詳附錄 6）顯示，如飛航組員著陸後立即使用 Max Rev 及 Max Brake，應能將飛機停於跑道內。

依據上述分析，該機組員於指示空速 83 浬/時才使用 Max Rev，使用人工煞車約於 10 秒後，才將煞車踏板踏滿，該未適時使用 Max Rev 及 Max Brake 之操作，延誤最大減速效果作用之時機，又於地速 35 浬/時，將煞車踏板鬆開，將方建立之較佳減速效果解除，以致總減速效果不佳。

2.1.5 狀況警覺與決心下達

承前 2.1.3 節所述，當事故機自離地 13 呎至觸地持續平飄了約 10 秒後始著陸，可能係正駕駛員將油門保持大於 Idle 位置，致使航機下沉率減少而延長平飄時間，造成超出跑道著陸區範圍落地。倘若飛航組員當時懷疑航機能否順利於跑道著陸區內著陸，最適切的處置應是執行重飛，而該機繼續執行落地操作，顯示飛航組員可能並未懷疑航機會超出跑道著陸區著陸，抑或認為雖會超出跑道著陸區，但剩餘跑道仍能使航機安全落地。檢視華信航務相關手冊內容發現，其雖定義跑道著陸區範圍，但並未明確訂定於飛航操作時如何判定航機是否已超出最大容許的著陸位置的規範。因此，航機於跑道著陸區內著陸必須仰賴飛航組員的飛行經驗來判斷。於此事故航班中，副駕駛為才完成基礎飛行訓練，當時正進行航機航路訓練，飛行經驗相較資淺，在華信手冊中並未提供跑道著陸區判定參考的情形下，恐無法在當時的狀況下認知航機已超出跑道著陸區，因此未能有效發揮組員資源管理的功能，呼叫「重飛」，避免繼續落地偏出跑道的風險。

航機於距跑道頭約 3,150 呎觸地，此時剩餘跑道約 3,650 呎，根據訪談資料，正駕駛員因懷疑自動煞車系統不正常而改以人工煞車，然過

程中仍以柔和施作方式於 10 秒後才將煞車踏板用到最大，顯示正駕駛員當時尚未認知航機無法停於跑道上，直到航機地速約 80 哩/時，正駕駛員懷疑航機遭遇水飄，認為在此跑道狀況下航機恐無法安全停止於跑道上，因而於地速約 30 哩/時，以鼻輪轉向操縱航機偏出至跑道邊平整區的處置以安全停止航機。對此，倘若航機真的遭遇水飄現象，則由煞車系統部份所產生的減速效能會瞬間驟減、甚或完全消失，則航機確可能無法停止於跑道上，然本報告 2.1.9 節分析當時跑道條件應不會發生水飄行為；另依 DVDR 中飛航組員煞車操作行為和航機煞車系統反應及減速性能比對後發現：當時正駕駛員雖逐步增加煞車的運用至最大，但航機的減速率大致仍恆定保持約 2.1 公尺/秒平方，並不因踩下更大的煞車板角度而增加。按 ERJ 原廠所提供的落地性能分析資料顯示，此時的減速性能符合該機型在濕跑道上的落地特性(事故當時 ERJ 原廠並未提供此段資料給華信)，飛航組員雖增加煞車使用，但防滑煞車控制系統 (Anti-skid Brake Control System) 為確保輪胎在航機滾行時能持續轉動，反而會自動減少煞車壓力的輸出以避免輪胎鎖死。由此顯示，正駕駛員所懷疑的航機遭遇水飄，可能是因為防滑煞車控制系統制動所造成。

綜合前述分析，航機於超出跑道著陸區卻仍繼續著陸操作的行為而未執行重飛；華信未明確訂定跑道著陸區參考規範以協助飛航組員判斷；正駕駛員不熟悉該機型溼跑道減速特性等因素，造成飛航組員未能警覺航機超越跑道著陸區，及誤認航機遭遇水飄，造成此次事故發生。

2.1.6 標準呼叫

依據 ALAR Tool Kit 1.4 節「標準呼叫」中闡明其目的為面對現今源自不同背景的飛航組員，於需要雙人共同操作的航機中，能依照各機型的特性，有效運用的明確溝通術語，以提升組員的狀況警覺及組員資源

管理（Crew Resource Management, CRM）。標準呼叫可減少飛航組員決策錯誤，標準呼叫制定應實際、精簡及清晰。舉例來說，於執行 ILS 進場時當正駕駛員將航機偏離左右定位臺或標準下滑角時，副駕駛員應呼叫「localizer」、「glideslope」以明確的提醒正駕駛員修正的目標。然而在航機轉換手控飛行目視落地前，當航機略低於標準下滑道時，擔任 PM 的副駕駛員曾呼叫「three red」，另於落地滾行偏離中心線時，亦曾呼叫「not on track」，並不符合前述呼叫標準的精神。參考 Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技巧（Procedures and Techniques）中，有針對不同的飛航階段組員間的標準呼叫作出規範。參酌手冊 3-35-01 節中對儀器進場時的標準呼叫，航機低於標準 3 度下滑道應呼叫「glide」（詳圖 1.18-8）。然檢視華信相關飛航手冊內容，發現該公司僅針對正常飛航程序的組員協調合作以及有關的呼叫和確認加以規範，並無明確律定當偏離正確航跡所應執行的相關標準呼叫術語（詳圖 1.18-9），可能會造成飛航組員於溝通時產生不明確的認知而無法有效消弭航機偏離正常狀態時所產生的風險。

2.1.7 華信 ERJ 飛機操作手冊

Embrare 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊第 3 章程序及技巧（Procedures and Techniques）3-40 節落地（Landing），有一章節敘述有關濕/滑跑道之落地操作，特別強調於濕/滑跑道降落時，飛機應在最短距離內停住，預先詳細計劃精確執行進場、平飄及著陸之相關程序與速度，包括跑道面特性、落地跑道長度計算、落地操作技巧及其他應特別注意事項（詳圖 1.18-5）。然該手冊並未發給飛航組員，飛航組員執行航機操作的準則主要是依據華信 FOM 和華信 ERJ AOM，但上述內容未見於華信 ERJ 飛機操作手冊內。此相關資料，對飛航組員於濕/滑跑道之落地操作，有很大助益，可降低衝出跑道之風險。

華信 ERJ 飛機操作手冊之規範有關落地平飄高度為 10 呎亦與 Embrae 原廠 170/175/190/195 標準操作程序手冊規範之 10 至 20 呎不同。

華信 ERJ 飛機操作手冊有關落地油門之操作，於第 3 章程序及技巧文中規範飛航組員於離地高度 30 呎，須手動將油門收回至 Idle 位置（詳圖 1.18-3），但於第 6 章正常操作程序文中，飛航組員須確定自動油門自動收回至 Idle 位置（詳圖 1.18-10），落地時，2 種不同之操作程序，易造成組員混淆。

2.1.8 落地距離分析

2.1.8.1 簽派作業

根據 1.18.3 節 DVDR 資料，事故航班於落地期間（無線電高度 53 呎至主輪落地）之載重及風速，分別為 92,250 磅及尾風平均約 2.7 浬/時，對照表 1.18-1 使用線性內插計算後，可得在上述條件下之「Unfactored Landing Distance」約為 2,772 呎，即乾跑道情況下，簽派所需落地距離為 4,621 呎，濕跑道情況下，簽派所需落地距離為 5,314 呎，小於馬公機場可用跑道距離 6,890 呎，符合 07-02A 航空器飛航作業管理規則附件六飛機性能及操作限制規定。

為了解大落地重量及大尾風狀況下，簽派作業是否仍符合規定，選用最大落地重量 97,002 磅及尾風 10 浬/時等條件²⁷，由表 1.18-1 查得 Unfactored Landing Distance 為 3,208 呎，考量乾跑道及濕跑道的安全裕度（Safety Margin）後，所需落地距離分別為 5,348 呎及 6,150 呎，

²⁷ 假設選擇航機最大落地重量 97,002 磅、氣壓高度 0 呎、尾風 10 浬/時以及進場速度為 Vref+0 浬/時。

小於馬公機場可用跑道距離 6,890 呎，上述最大落地重量及最大尾風之情況下，簽派作業仍可符合規定。

2.1.8.2 到達目的地時之落地距離評估

FAA 曾於 2006 年 8 月 30 日發布操作人安全警報 (Safety Alert for Operators, SAFO) 06012，建議渦輪噴射機業者應該考量天氣、跑道條件、航機重量、煞車減速裝置等條件後，對於真實落地距離製作增加 15% 安全裕度之落地距離資料供飛航組員於進場時參考，該真實落地距離中的空中距離²⁸ (Air Distance) 亦須反應出航空公司的操作政策、程序、訓練與經驗等；另於該文件中亦建議若無濕跑道性能資料時，可使用表 2.1-1 資料計算濕跑道落地距離，表中之係數已包含 15% 安全裕度。

表 2.1-1 無濕/受汙染跑道性能資料時之加成係數表²⁹

Runway Condition	Reported Braking Action	Factor to apply to (factored) dry runway landing distance
Wet Runway, Dry Snow	Good	0.9
Packed or Compacted Snow	Fair/Medium	1.2
Wet Snow, slush, standing water, ice	Poor	0.6
Wet ice	Nil	Landing is prohibited

民航局於民國 101 年 10 月 18 日 (本事故發生後) 發文國籍航空公

²⁸ 指航機高度 50 呎通過跑道頭至落地之距離，標準為 1,000 呎。

²⁹ 表中係數為假設使用最大手動煞車、自動擾流板以及反推力裝置。

司，內容提及「(四)任務簽派：…3、渦輪噴射飛機應製作以 115% 安全裕度 (Safety Factor) 之實際落地距離及落地重量限制表，提供簽派員及駕駛員執行。(五)標準作業程序及技術部分：…2、進場提示 (Approach Briefing) 應包含氣象因素考量、落地距離之確認 (乾、濕跑道落地距離計算方式含 115% Safety Margin) 與燈光系統辨識及重飛程序。」

華信AOM中的Unfactored Landing Distance為乾跑道、50呎通過跑道頭、使用最大人工煞車、未使用反推力裝置等條件下，空中距離約於距跑道頭 1,000 呎，經過試飛認證 (certificated) 的落地距離，與飛航組員例行的操作不同；QRH PD-35 Landing資料中之落地距離資料與華信AOM相同，飛航組員無法由QRH中計算真實落地距離。然參考SAFO資料，並依據 1.18.3 節資料，Unfactored Landing Distance為 2,772 呎，若進場速度為 136 浬/時³⁰，可計算出濕跑道落地距離為 4,599 呎³¹。另華信FOM Rev 16, Chapter 6 中提及落地區為跑道長度之前 1/3 或 3,000 呎之較短者，參考SAFO資料建議，實際落地距離中的空中距離亦須反應之。以事故當時馬公機場跑道長度為例，依據華信FOM落地區域為過 20 跑道頭之後 2,297 呎內，若與一般約 1,000 呎之空中距離比較，則多消耗 1,297 呎之跑道長度，計算實際落地距離時應考量上述情形，將其包含在內，否則有衝出跑道之風險。

若飛航組員遭遇惡劣的天氣條件或遇突發狀況須轉降其他非預劃機場時，則須重新計算落地距離，航空公司應提供較為詳細的降落性能資料給飛航組員參考，例如濕跑道性能資料。如有可能應尋求飛機製造

³⁰ 參照華信航空 QRH-3078-011 Rev.7，可查得 Flap 5 且落地重量 92,000 磅的進場參考速度(Vref) 為 129 浬/時，DVDR 中記錄之 selected airspeed 為 136 浬/時，參考表 1.16-1，進場速度每增加 5 浬/時落地距離將增加 206 呎，即進場速度增加 7 浬/時落地距離將增加 288 呎。

³¹ $(2,772+288) \times 1.67 \times 0.9 = 4,599$

商協助，取得其他影響落地距離條件的性能圖表，例如自動煞車裝置、跑道坡度、溫度、反推力裝置、煞車效果報告（reported braking action）等，使飛航組員能夠於進場前掌握更接近實際之落地距離。

查閱華信 QRH 資料，飛航組員所使用的落地距離資料與華信 AOM 相同，內容包含乾跑道、污染跑道及各系統失效時落地距離之計算方式等資料，未包含濕跑道落地距離計算資料，亦無 15%安全裕度之規範資料。

2.1.9 水飄

航空器於溼滑跑道起降，鋪面上之積水於機輪排水時受到胎面擠壓，產生之水壓可能將部分機輪舉離鋪面，導致機輪與鋪面間之摩擦力降低，此種現象稱為水飄（Hydroplaning）。水飄發生時，航空器之減速及方向操控效能受其影響而降低。水飄種類可區分為三種：黏滯水飄（viscous hydroplaning）、動力水飄（dynamic hydroplaning）及膠融水飄（reverted rubber hydroplaning）等。

水飄發生條件及本事故發生之重要數項條件比較如下：

- 一、主輪溝槽磨耗：溝槽過淺會造成跑道鋪面與輪胎間排水不良，因水具不可壓縮性會舉升航機，形成水飄現象，該機 1 至 4 號主輪溝槽深度分別為 8、3、8 及 9 公釐，符合規範要求。
- 二、跑道積水深度：達動力水飄之最低條件為跑道積水 3 公釐，黏滯水飄為 1 公釐，依事故當時降雨量推估，跑道積水深度僅約 0.2 公釐，遠低於上述值。
- 三、跑道污染：胎屑、油污可能造成跑道污染形成黏滯水飄，現場勘驗

結果未發現油污，摩擦係數檢測結果良好亦排除胎屑沉積因素。

上述條件顯示本事故無水飄發生之條件。另依「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」，若發生全水飄現象時，輪胎滑動百分比達 100%，發生最大摩擦係數時輪胎滑動百分比約 15~20%間，該機主輪落地後輪胎滑動百分比均低於 20%，顯示落地滾行過程，無水飄現象發生。

2.2 維修分析

該機事故前一個月之飛航及維護工作記錄表無異常登錄，無與本次事故相關之異常維修紀錄；該機之適航指令執行紀錄顯示，適航指令之管制及執行無異常。

2.2.1 停機線檢查卡維護紀錄

參照華信 Embrae 190 型飛機停機線各項檢查工作卡規定，完成檢查後維修員應於檢查卡簽名欄內簽署員工號碼，表示已執行且檢查結果正常，若發現缺點則須登錄於飛機維護記錄表之缺點說明欄內，待缺點改正後再於檢查卡填寫員工號碼，最後由具有民航局證照之地面機械員逐頁填姓名及檢查日期，表示完成缺改或檢查結果正常，依據 1.6.2，該機事故前一個月內之維護紀錄顯示，過境檢查紀錄及後推前檢查紀錄有未依規定簽署狀況，華信應依其檢查卡規定執行維護紀錄登載與保存。

2.2.2 飛機監控電腦紀錄資料

訪談資料顯示正駕駛員因懷疑自動煞車系統不正常而改以人工煞

車，操作反推力器時亦感覺有提拉油門桿不滑順現象，然依據 1.6.2 華信提供該機事故後之監控電腦紀錄資料顯示，該機自動煞車系統及反推力系統皆無故障紀錄。

2.3 天氣

馬公機場氣象雷達 2124 時高度 0.5 公里之等高面位置指示器 (Constant Altitude Plan Position Indicator, CAPPI) 雷達回波圖 (圖 2.3-1) 顯示對流較強的區域位於機場南方，與地面天氣觀測紀錄相符。

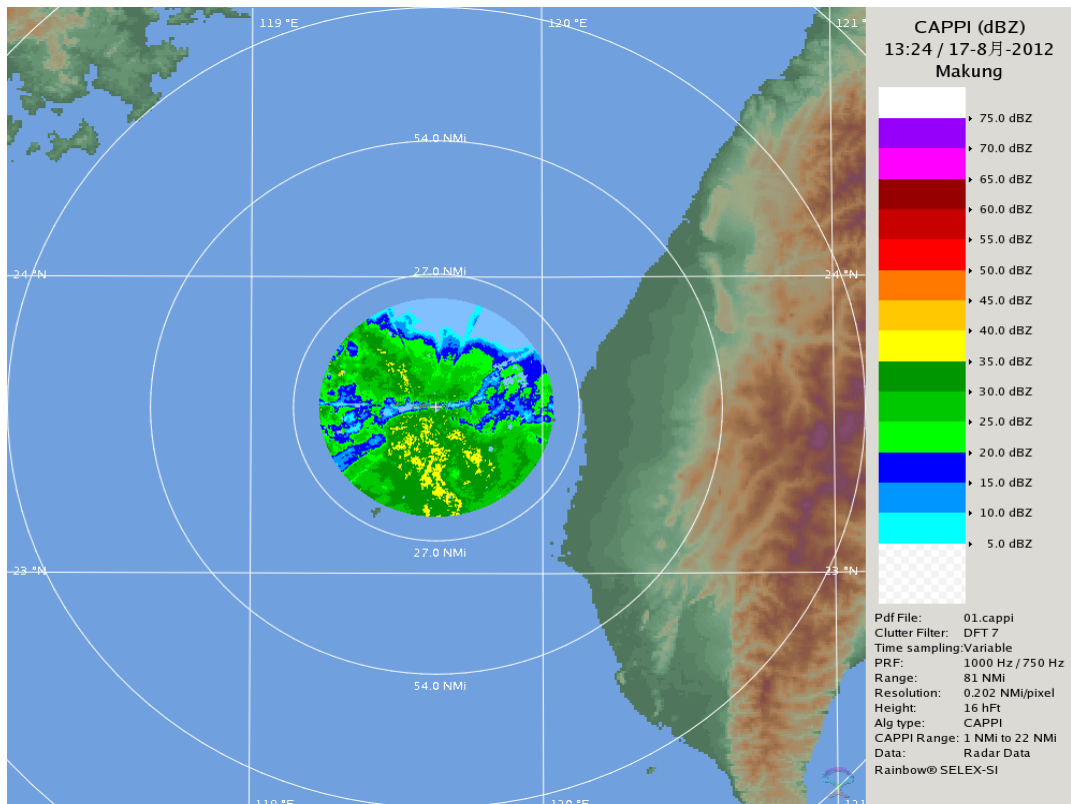


圖 2.3-1 馬公機場氣象雷達 2124 時雷達回波圖

依據 ICAO 對於自動天氣觀測系統之降雨強度定義，每小時累積雨量不超過 2.5 公釐為小雨，大於 10 公釐為大雨；對於更小時間尺度之

降雨強度定義，美國 FAA 稱 6 分鐘累積雨量不超過 0.01 吋為小雨，大於 0.03 吋為大雨。空軍 AWOS 雨量計為傾斗式雨量計 (Tipping-Bucket Rain gauge)，當雨量累積達到 0.2 公釐時記錄一次，由表 1.7-1，事故前後約每 3 至 4 分鐘雨量累積達到 0.2 公釐，2100 時至 2200 時一小時累積雨量為 4.0 公釐，綜上所述，事故時之降雨強度稍大於定義之小雨。

2.4 機場

2.4.1 跑道地帶整平

該機偏出跑道後，鼻輪陷入跑道地帶 (Runway Strip) 草地滾行，碰撞一滑行道邊燈手孔之長方型水泥結構物 (本文 1.10 節編號 A 孔座)，鼻輪底距水泥結構物面至少 20 公分。該滑行道邊燈手孔之水泥結構物距跑道中心線約 36 公尺，位於「民用機場設計暨運作規範」第 3.4.4 節³² 規範之跑道地帶內，依第 3.4.6 節建議該物體應儘可能移除或依附篇 A 補充指導資料第 8.2 節³³ 建議，應採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內結構物體之堅硬垂直面。

該滑行道邊燈手孔之水泥結構物未依「民用機場設計暨運作規範」附篇 A 補充指導資料第 8.2 節採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面

³² 3.4.3 精確進場跑道之跑道地帶，其寬度為自跑道中心線及其延長部分中心線每側橫向延伸至少下述距離：一兩側各 150 公尺；跑道參考長度分類為 3 或 4 之跑道。3.4.6 建議位於跑道地帶上可能對飛機構成危險之物體，應被視為障礙物，並應儘可能移除。

³³ 民用機場設計暨運作規範附篇 A 補充指導資料 8.2 (跑道或滑行道) 地帶上之物體，敘述如下：在與跑道相鄰之全部跑道地帶內，應採取措施防止飛機輪子在陷入地面時撞上堅硬之垂直面。國際民航公約第 14 號附約 Attachment A 8.2 Objects on strips, 敘述如下：Within the general area of the strip adjacent to the runway, measures should be taken to prevent an aeroplane's wheel, when sinking into the ground, from striking a hard vertical face.

時，撞上跑道地帶內物體堅硬垂直面之建議，導致該機鼻輪折斷，航機軌跡停止處至少另有 3 處水泥結構物（分屬民航局及空軍），無上述防止措施。

另該機場 02 跑道距跑道中心線約 85 公尺處，設置平行跑道之溝渠，不符合「民用機場設計暨運作規範」第 3.4.8 節³⁴及附篇 A 補充指導資料第 8.3 節所述，精確進場之跑道地帶平整區內地面，須予以整平之建議。

2.4.2 跑道抗滑檢測

馬公機場平均每日降落航次 46 至 49 架次，調查發現，該機場符合「機場鋪砌道面狀況應注意事項」³⁵所述，每 3 個月執行跑道抗滑檢測，6 個月執行清除胎屑之建議。

該機場依「民用機場設計暨運作規範」及「機場鋪砌道面狀況應注意事項」所要求標準儀器（Grip Tester）及程序進行鋪面抗滑檢測，民

³⁴ 3.4.8 建議— 儀器跑道之跑道地帶，自跑道中心線及其延長部分中心線每側橫向延伸至少下列距離之範圍內，應提供平整區，以備飛機滑出跑道時使用：一兩側各 75 公尺；跑道參考長度分類為 3 或 4。…註— 有關跑道參考長度分類為 3 或 4 之精確進場跑道之跑道地帶需要較大之平整區之指導原則，詳見附篇 A 第 8 節。附篇 A 第 8.3 節…附篇圖 A-4 顯示對精確進場跑道可以考慮之較寬跑道地帶之形狀及尺寸。它是根據飛機衝出跑道之資料所設計。需要整平之部分擴大到距跑道中心線 105 公尺處，除了從跑道端 300 公尺處開始可逐漸減少到距中心線 75 公尺（該處距跑道頭 150 公尺）。然後保持距中心線 75 公尺直至跑道地帶端。

每跑道端每日 渦輪噴射機 降落架次 [H]	每跑道端年航機重 量（千公斤） [K]	最小抗滑 調查頻率 [M]	最小胎屑 清除頻率 [N]
小於 15。	小於 447。	每年一次。	每二年一次。
16 到 30。	448 到 838。	每六個月一次。	每年一次。
31 到 90。	839 到 2404。	每三個月一次。	每六個月一次。
91 到 150。	2405 到 3969。	每個月一次。	每四個月一次。
151 到 210。	3970 到 5535。	每二週一次。	每三個月一次。
210 以上。	大於 5535。	每週一次。	每二個月一次。

³⁵

國 101 年 9 月 3 日該機場執行事故後一次之跑道抗滑檢測，因第 3 區分段有部分新鋪築瀝青混凝土且航機僅滾行於第 1 及 2 段間，因此不採用第 3 段檢測數值，結果顯示：於 65 公里/小時檢測速度，平均摩擦係數值 0.62，高於該儀器養護標準 0.53 及最低標準 0.43；於 95 公里/小時檢測速度，平均摩擦係數值 0.49，高於該儀器養護標準 0.36 及最低標準 0.24。此次事故至檢測間無清除胎屑作業，因胎屑會累積造成抗滑值較低，故 9 月 3 日檢測結果應較事故發生時差，意即若 9 月 3 日檢測結果符合規範要求，推測事故發生時之抗滑值亦符合規範要求。

該機場距事故最近一次跑道鋪面抗滑檢測結果，符合「民用機場設計暨運作規範」對機場跑道摩擦係數之要求。

2.4.3 跑道積水推估

2.4.3.1 鋪面橫坡度

影響鋪面排水性能的關鍵因素為跑道鋪面橫坡度之設計，若跑道鋪面橫坡度降坡過小，易肇致跑道產生停滯性積水；若橫坡度降坡過大，可能產生航機朝下坡持續滾行之風險，因此需權衡兩者影響，保持跑道鋪面坡度均勻下降。

民航局「民用機場設計暨運作規範」（譯自國際民航公約第 14 號附約）第 3.1.18 節建議：飛機大小為 E 分類的之跑道其橫坡度不應大於 1.5%，亦不應小於 1%。

20 跑道橫坡度降坡平均低於 1%，不符合橫坡度不應大於 1.5%，亦不應小於 1%之規範要求。

2.4.3.2 降雨量與鋪面水深

依本報告 1.18.1.6 節航空站值班航務員訪談紀錄：事故時下著小雨，跑道鋪面有點亮度及顏色稍有變，沒有積水，目視觀測判定為「Wet」至「Water Patch」間。意即鋪面無超過 3 公釐之積水。

另依本報告表 1.7-1 馬公機場 AWOS 20 跑道雨量計每分鐘之 1 小時累積雨量資料，該機落地前 6 分鐘（2118 時至 2124 時）20 跑道降雨量可能最大值僅共 0.4 公釐，推算每小時降雨量為 4 公釐（0.15748 吋/小時）。

依據 Texas Transportation Institute 公式（詳 2.4-1 圖），代入 20 跑道兩側 5 公尺（16.4042 呎）之平均鋪面粗質紋理深度為 0.21 公釐（0.00827 吋）及橫坡度 0.98% 估算，求得平均鋪面水深為 0.185 公釐，與值班航務員目視判定相符。

$$d = \left[3.38 \times 10^{-3} (I/T)^{-1.11} (L)^{.43} (I)^{.59} (1/S)^{.42} \right]^{-T}$$

where

- d = average water depth above the texture (in);
- T = average texture depth (in);
- L = drainage path length (ft);
- I = rainfall intensity (in/hr); and
- S = cross slope (ft/ft).

圖 2.4-1 平均鋪面水深計算公式圖

2.4.4 PAPI 系統位置

20 跑道 PAPI 提供目視引導航機進場之功能，於跑道長度縮減後，

PAPI 及著陸點標線 (Aiming Point Marking) 亦隨之移動設置位置至距跑道頭 260 公尺處。

PAPI位於跑道左側，由 4 盞燈具並排組成，於設計位置水平面上 $2^{\circ}50'$ 至 $3^{\circ}10'$ 形成下滑區，若航機位於該區，駕駛員將目視 2 盞紅燈及 2 盞白燈；若航機低於該區最低角 $2^{\circ}50'$ ，則駕駛員將目視 3 盞紅燈及 1 盞白燈，甚至 4 盞全部紅燈；反之若航機高於該區最高角 $3^{\circ}10'$ ，駕駛員則目視 1 盞紅燈及 3 盞白燈，甚至 4 盞全部白燈，詳 2.4-2 圖³⁶。

依據圖 2.4-2，當跑道縱坡度為 0 且水平面一致時，該跑道最大使用 A320 型機進場姿態時駕駛員眼睛至機輪高度 7.25 公尺 (23.8 呎)，依此對應「民用機場設計暨運作規範」表 5-2 可獲得航機機輪於跑道頭之要求機輪淨距 9 公尺，兩數值相加後為 16.25 公尺，除以 $\tan 3^{\circ}$ 可得理想的 PAPI 設置位置距跑道頭 310 公尺處，此時通過跑道頭可見兩紅兩白 PAPI 燈之最低高度 (Minimum Eye Height over Threshold, MEHT)³⁷ 為 14.71 公尺。但當跑道有縱坡度時，如圖 2.4-3 所示，則需依據高程差重新迭代計算 PAPI 位置，最後求出 PAPI 設置位置應距跑道頭 258.65 公尺處，取整數後為 260 公尺處，此時 MEHT 為 15.21 公尺 (56 呎)，另為使 PAPI 與可能設置之 ILS 一致，調大兩紅兩白區域角度至 $30'$ ，因此 4 紅為 $2^{\circ}25'$ 以下，3 紅為 $2^{\circ}25'$ 至 $2^{\circ}45'$ 間，2 紅為 $2^{\circ}45'$ 至 $3^{\circ}15'$ 間，1 紅為 $3^{\circ}15'$ 至 $3^{\circ}35'$ 間，設計圖詳 2.4-4 圖。

³⁶ 摘自國際民航組織文件 9157 機場設計手冊第 4 部目視助航設施第 8 章目視進場滑降指示系統。

³⁷ 「It's the lowest height at which the pilot will perceive an on-slop indication over the threshold.」
摘自國際民航組織文件 9157 機場設計手冊第 4 部目視助航設施第 8 章目視進場滑降指示系統。

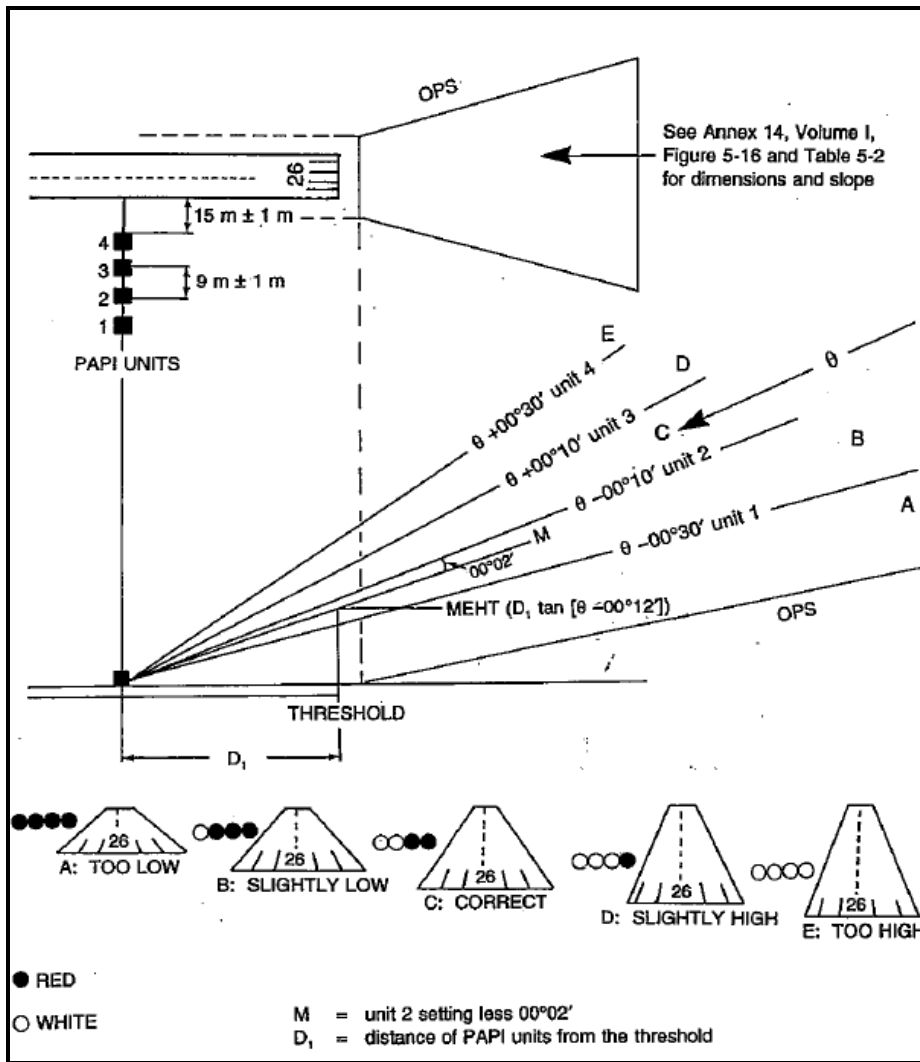


圖 2.4-2 PAPI 設置位置圖

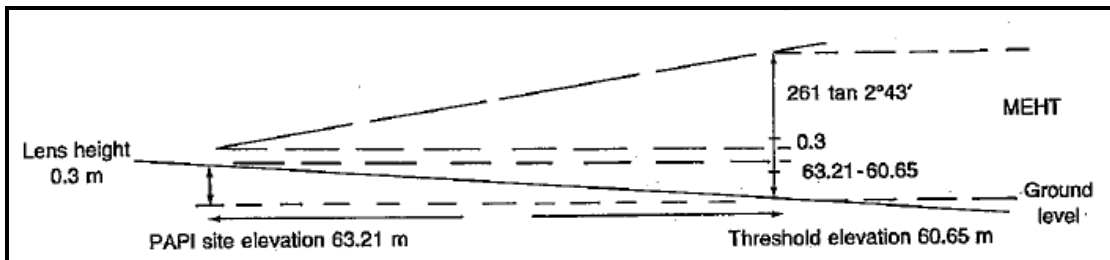


圖 2.4-3 跑道縱坡度與 PAPI 設置位置圖

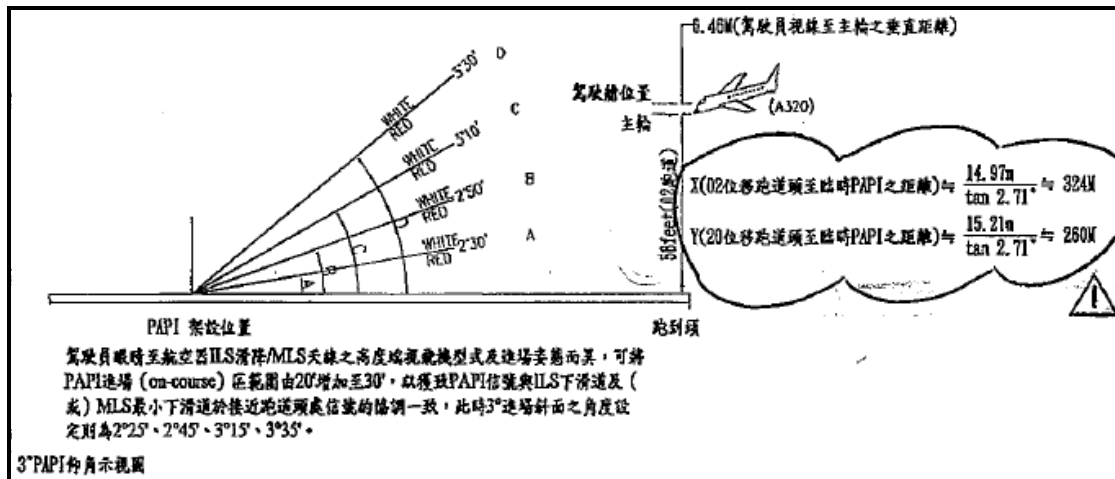


圖 2.4-4 20 跑道頭至 PAPI 距離圖

PAPI 位移後，民航局飛測機於民國 100 年 6 月 22 日進行飛測，測試結果合格，民國 100 年 6 月 30 日啟用，民國 100 年 9 月 26 日再進行飛測，測試結果亦合格。

另依據「民用機場設計暨運作規範」第 5.2.5.1 節³⁸該跑道應設著陸點標線，第 5.2.5.2 節³⁹應與 PAPI 設置位置一致。

20 跑道 PAPI 位移位置及航機通過跑道頭之設計高度符合「民用機場設計暨運作規範」及國際民航組織相關規範之建議。

2.4.5 著陸區標線

20 跑道著陸區標線共 4 對 (每對標線條數 6,6,4,4) 距跑道頭分別為 150、260、450 及 600 公尺，其中第 2 對由著陸點標線取代。

³⁸ 第 5.2.5.2 節 於跑道參考長度分類為 2、3 或 4 鋪面儀器跑道之各進場端，應繪設著陸點標線。

³⁹ 第 5.2.5.4 節 著陸點標線之起點位置，其相對於跑道頭之距離，應不小於表 5-1 中相應欄所述之距離；惟若跑道裝有目視進場滑降指示燈系統，則標線之起始點應與目視進場滑降點一致。

依據「民用機場設計暨運作規範」第 5.2.6.3 節：著陸區標線應於跑道中心線兩側以對稱成對之長方形標線繪設，其對數與可用之降落距離有關；當一條跑道兩端之進場方向都要繪設該標線時，則與跑道頭間之距離有關。規定如下：

可用之降落距離或 跑道頭間之距離	標線對數 (每對標線條數)
小於 900m	1 (6)
900m (含) 以上，小於 1200m	2 (6,6)
1200m (含) 以上，小於 1500m	3 (6,6,4)
1500m (含) 以上，小於 2400m	4 (6,6,4,4)
2400m (含) 以上	6 (6,6,4,4,2,2)

20 跑道著陸區標線設置，符合「民用機場設計暨運作規範」之規定。

2.4.6 千呎牌設置

跑道千呎牌係沿跑道裝設，提供飛行員於起飛與降落時，指示跑道剩餘長度資訊，該機場 20 跑道裝設有跑道千呎牌，如圖 2.4-5，其照明與跑道邊燈同時開啟。

另依據「民用機場設計暨運作規範」第 5.4.8.3 節（此節譯自美國聯邦航空總署規範）：…a) 建議方式：於跑道起降使用率較高方向之左側，安裝雙面之跑道千呎牌[詳圖 5-33 之 (a)]…；c) 替代方式二：沿跑道兩側，安裝雙面之跑道千呎牌[詳圖 5-33 之 (c)]。另第 5.4.8.3 節：當使用建議方式或替代方式二，而跑道長度不能被 1000 ft 整除時，其餘數可分別配置於跑道兩端，各一半[詳圖 5-33 之 (a) 及 (c)]。

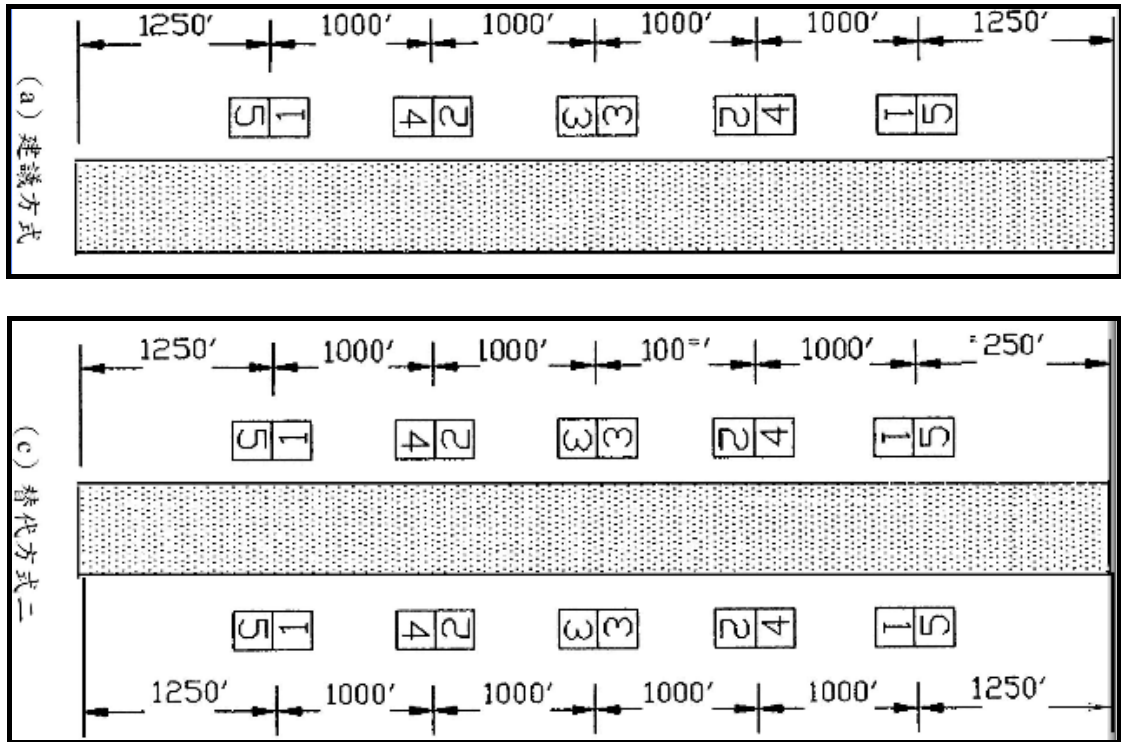


圖 2.4-5 設置千呎牌之建議方式及替代方式摘錄圖

該機場 20 跑道之跑道千呎牌裝設方式，符合「民用機場設計暨運作規範」之規定。

第3章 結論

3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 飛航組員於落地過程操縱該機仰轉過早，未適時將油門收至慢車，於平飄時持續帶桿，致航機觸地時超出跑道著陸區，於前述狀況時未執行重飛或中止落地，於著陸後未使用最佳減速程序，誤認遭遇水飄於跑道末端操控航機偏出至跑道外側草地，致使航機鼻輪撞擊滑行道邊燈手孔造成鼻輪等部位之損壞。(1.1, 1.3, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5, 2.4.1)

3.2 與風險有關之調查發現

1. ERJ-190 型機於濕滑及大重量/短跑道落地，手冊建議使用 Flap Full 落地構型，該事故機落地時使用 Flap 5，未選擇手冊建議之落地構型。(1.1, 1.18.2, 2.1.1)
2. 華信 ERJ 飛機操作手冊未包含跑道面特性、落地跑道長度計算、落地操作技巧和跑道著陸區判定規範等事項及濕/滑跑道之落地性能與操作說明。(1.18.2, 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7, 2.1.8)
3. 華信相關手冊未制定與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容，造成飛航組員未能有效提升其狀況警覺。(1.18.2, 2.1.5, 2.1.6)
4. 華信 ERJ 飛機操作手冊有關落地時之收油門時機有不同程序，可能造成駕駛員落地操作之混淆。(1.18.2, 2.1.7)
5. 快速參考手冊之降落性能資料中，未包含濕跑道降落距離資料，亦無 15%安全裕度。(1.18.3, 2.1.8.2)

6. 馬公機場跑道地帶內部分水泥結構物設置未依「民用機場設計暨運作規範」所述，應採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面之建議。(1.10.3, 2.4.1)
7. 馬公機場 02 跑道距跑道中心線約 85 公尺處，設置平行跑道之溝渠，未依「民用機場設計暨運作規範」所述，精確進場之跑道地帶平整區內地地面，須予以整平之建議。(1.10.3, 2.4.1)

3.3 其他發現

1. 飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。(1.5, 2.1)
2. 無證據顯示飛航組員於該次飛航中曾受任何酒精藥物之影響。(1.5, 2.1)
3. 該機落地滾行時，未遭遇水飄。(1.18.1, 1.18.3, 1.18.4, 2.1.9, 2.4.3.2)
4. 該機受影響之適航指令、維修困難報告、延遲改正缺點紀錄及其缺點改正均依規定時限執行管制；該機於事故發生前一個月內之過境檢查有 1 次執行者未於檢查者欄位簽署，過境檢查卡之後推前檢查紀錄欄位有 3 次無檢查者簽署，不符檢查工作卡簽署規定。(1.6.2, 2.2.1)
5. 事故後該機監控電腦紀錄資料顯示，自動煞車系統及反推力系統皆無故障紀錄。(1.6.2, 2.2.2)
6. 馬公機場 20 跑道橫坡度降坡平均低於 1%，不符合橫坡度不應大於 1.5%，亦不應小於 1%之規範要求。(1.10.1, 2.4.3.1)
7. 馬公機場跑道抗滑檢測值、精確進場滑降指示燈系統位置、跑道著陸區標線設置、千呎牌設置等均符合規範要求。(1.10.2, 1.10.3, 1.10.4, 2.4.2, 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6)

第4章 飛安改善建議

4.1 改善建議

致華信航空公司

1. 加強飛航組員於落地階段於不同情況下依據手冊建議於進場落地時之操作、判斷及處置之訓練。(ASC-ASR-13-09-001)
2. 研擬於相關手冊中加入與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容。(ASC-ASR-13-09-002)
3. 建議要求飛航組員應於濕滑及大重量/短跑道落地時，按手冊建議選擇 Flaps Full 之落地構型。(ASC-ASR-13-09-003)
4. 華信應取得充分的降落性能資料，如濕跑道降落距離資料或其他影響降落距離條件的性能圖表，並考量日常運作時之空中距離，製作增加 15% 安全裕度之降落距離資料供飛航組員於進場時參考。(ASC-ASR-13-09-004)

致交通部民用航空局

1. 督導華信增加 15%安全裕度之降落距離資料供飛航組員於進場時參考，及於相關手冊中加入與航機偏離正常操作範圍有關之標準呼叫內容，並加強飛航組員相關訓練如下：於落地階段之平飄操作、判斷及處置；於濕滑及大重量/短跑道落地時，按手冊選擇 Flaps Full 之落地構型。(ASC-ASR-13-09-005)
2. 檢視國內所屬機場，依「國際民航公約第 14 號附約」及「民用機場設計暨運作規範」，採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面，另應對精確進場跑道地帶平整區內之

溝渠整平或加蓋，避免航機偏出跑道後遭遇損傷。
(ASC-ASR-13-09-006)

致國防部空軍司令部

1. 檢視國內所屬軍民航合（借）用機場，依「國際民航公約第 14 號附約」及依「民用機場設計暨運作規範」，採取措施防止飛機輪子在陷入草地地面時，撞上跑道地帶內物體之堅硬垂直面。
(ASC-ASR-13-09-007)

4.2 已完成或進行之改善措施

華信航空公司

1. 針對簽署不完整之部分已完成宣導華信航空停機線『場站作業手冊』要求線上主管需確實檢視各修護文件簽署是否完整。
2. 每日、隔日或部分場站返回飛返當日於修護文件攜返歸檔及輸入電腦系統前，華信航空機務部後勤技管科須執行檢查，並將發現之簽署缺失提報主管知悉並改正；本項作為已納入華信航空器維護能力冊章節中執行。
3. 華信航空機務品保室針對修護文件執行檢視，至遲於每隔月不定期稽核時檢查，以確保修護文件之填寫與簽署的完整；本項作為亦已納入華信航空器維護能力冊章節中執行。

本頁空白

附錄 1 馬公機場管制臺機場管制席無線電通訊錄音抄件

TWR1：馬公塔臺機場席管制員 A

TWR2：馬公塔臺機場席管制員 B

AE369：華信 AE369 駕駛員

TIME	COM.	CONTENTS
2119:43	AE369	good evening magong tower mandarin three six nine with you and on nine miles final
2119:49	TWR1	mandarin three six nine good evening magong tower runway two zero two thousand one hundred meters available q n h one zero one zero visibility tree thousand two hundred meters wind one four zero degrees one knot maximum three knots cleared to land caution runway wet
2120:05	AE369	q n h one zero one zero wind copy and runway two zero cleared to land mandarin three six nine
2120:35	TWR1	mandarin three six nine revise now wind zero nine zero degrees four knots maximum five knots caution cross wind cleared to land
2120:43	AE369	wind copy and runway two zero cleared to land mandarin three six nine
2125:06	TWR1	mandarin three six nine vacate via kilo one
2125:16	TWR1	華信參六九教官塔臺
2125:22	AE369	um

2125:30	AE369	教官請講
2125:31	TWR1	呃教官請問您能夠呃左轉加入 kilo one 嗎
2125:36	AE369	教官沒有辦法
2125:41	TWR1	教官好的那請問您是否需要拖車或其它地面的支援
2125:46	AE369	教官需要
2125:48	TWR1	教官好的那請您先稍待一下我們請求航務組呃有拖車
2125:55	AE369	麻煩謝謝
2125:56	TWR1	好的
2125:58	TWR1	教官請問您除了呃拖車之外需要其他地面支援嗎
2126:03	AE369	教官需要我需要我現在飛機這邊 ok 可是我等一下需要呃接乘客
2126:09	TWR1	教官請問您是想要呃在目前這個位置讓乘客下飛機嗎
2126:14	AE369	是教官我已經沒辦法滑行了

2126:18	TWR1	教官好的那呃有需要其他呃好的那我們通知航務組派車輛那請問呃有需要呃其它任何的地面支援例如救護車之類的嗎
2126:29	AE369	教官目前為止不需要謝謝
2126:32	TWR1	好的謝謝
2127:00	TWR1	華信參六九教官呃請問您目前的狀況是可以稍微描述一下嗎
2127:07	AE369	教官那個剛剛落地以後跑道的溼滑程度 more than wet 然後沒有辦法然後飛機有點偏滑我現在應該是鼻輪有 collapse 的現象
2127:21	TWR1	呃 confirm 是鼻輪有陷下的現象嗎
2127:26	AE369	呃應該是吧
2127:28	TWR1	教官好的那請您先原地稍待
2132:32	TWR1	華信參六九教官塔臺
2132:34	AE369	教官請講
2132:36	TWR1	呃教官目前有航有航消的車輛以及那個呃航務組的車輛正前往那至於疏散旅客的車輛目前航務組仍在商借中請您先稍待一下

2132:48	AE369	好教官呢我們現在這個狀況飛機除了 collapse 之外呢我們並沒有需要逃生只需要安排客人從這邊下去
2132:58	TWR1	了解好的我們會通知航務組
2133:00	AE369	謝謝
2135:06	TWR2	華信拐八拐教官塔臺華信參六九塔臺
2135:10	AE369	教官請講
2135:12	TWR2	教官請問一下現在機上的乘客加上組員總共有多少人
2135:19	AE369	stand by
2135:40	AE369	教官我們飛機上總共有客人一百零四位組員總共六員
2135:47	TWR2	華信參六九抄收請問一下機上有沒有危險物品或者是需要注意的事項
2135:52	AE369	報告沒有
2135:54	TWR2	華信參六九教官抄收請問一下現在有沒有需要其它的緊急支援比如說救護車以及消防車
2136:03	AE369	呃目前為止不需要

2136:05	TWR2	教官抄收
2154:02	TWR2	華信參六九塔臺
2154:04	AE369	教官請講
2154:07	TWR2	華信參六九教官請問一下你們有沒有偏離或者是衝出跑道的現象
2154:15	AE369	呃教官呃應該是跑道道面啦應該不只是 wet 啦
2154:22	TWR2	教官那請問一下有疑似衝出或者是偏離跑道的現象嗎現在
2154:28	AE369	呃我們就是偏離往左
2154:33	TWR2	教官抄收

附錄 2 摩擦係數檢測報告_每 100 公尺平均值

1. 檢測速度 65km/hr

跑道位置	東側		西側		跑道位置		東側		西側		跑道位置		東側		西側																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	GN	速度	GN	速度			GN	速度	GN	速度			GN	速度	GN	速度																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
02跑道頭起算																	0000m--0010m	0.60	34	0.82	34	0280m--0290m		0.54	65	0.54	66	0540m--0550m		0.61	63	0.60	66	0010m--0020m	0.50	40	0.77	40	0290m--0300m		0.52	66	0.53	66	0550m--0560m		0.60	66	0.58	66	0020m--0030m	0.52	45	0.53	44	0200m~0300m		0.54	66	0.54	66	0560m--0570m		0.64	66	0.64	66	0030m--0040m	0.77	48	0.69	48	0300m--0310m		0.53	66	0.53	66	0570m--0580m		0.62	65	0.58	66	0040m--0050m	0.61	51	0.50	49	0310m--0320m		0.52	67	0.53	67	0580m--0590m		0.59	66	0.61	66	0050m--0060m	0.65	53	0.45	53	0320m--0330m		0.56	67	0.51	67	0590m--0600m		0.68	66	0.58	67	0060m--0070m	0.67	56	0.66	57	0330m--0340m		0.54	67	0.54	67	0500m~0600m		0.62	67	0.59	66	0070m--0080m	0.56	58	0.64	58	0340m--0350m		0.51	67	0.52	66	0600m--0610m		0.65	66	0.60	67	0080m--0090m	0.55	60	0.69	60	0350m--0360m		0.53	66	0.50	66	0610m--0620m		0.62	67	0.63	66	0090m--0100m	0.67	63	0.63	62	0360m--0370m		0.53	66	0.50	65	0620m--0630m		0.72	67	0.60	65	0100m--0110m	0.61	66	0.58	64	0370m--0380m		0.59	66	0.49	65	0630m--0640m		0.69	66	0.60	65	0110m--0120m	0.67	67	0.64	66	0380m--0390m		0.59	66	0.50	65	0640m--0650m		0.61	66	0.64	64	0120m--0130m	0.58	68	0.53	66	0390m--0400m		0.59	65	0.49	65	0650m--0660m		0.71	65	0.67	65	0130m--0140m	0.51	68	0.52	66	0300m~0400m		0.55	66	0.51	66	0660m--0670m		0.75	65	0.70	64	0140m--0150m	0.56	67	0.61	66	0400m--0410m		0.55	65	0.51	65	0670m--0680m		0.69	65	0.66	65	0150m--0160m	0.61	66	0.66	67	0410m--0420m		0.58	65	0.54	66	0680m--0690m		0.67	65	0.67	65	0160m--0170m	0.57	66	0.52	66	0420m--0430m		0.57	65	0.52	66	0690m--0700m		0.73	65	0.66	65	0170m--0180m	0.57	65	0.66	66	0430m--0440m		0.61	65	0.54	65	0600m~0700m		0.68	66	0.64	65	0180m--0190m	0.54	66	0.59	67	0440m--0450m		0.62	65	0.51	65	0700m--0710m		0.69	65	0.55	65	0190m--0200m	0.55	66	0.63	66	0450m--0460m		0.58	65	0.56	65	0710m--0720m		0.71	65	0.64	65	0150m~0200m	0.57	66	0.61	66	0460m--0470m		0.62	66	0.51	65	0720m--0730m		0.70	65	0.57	66	0200m--0210m	0.53	67	0.58	66	0470m--0480m		0.62	66	0.59	65	0730m--0740m		0.74	66	0.66	66	0210m--0220m	0.54	67	0.51	66	0480m--0490m		0.62	67	0.51	65	0740m--0750m		0.69	65	0.66	66	0220m--0230m	0.53	67	0.55	66	0490m--0500m		0.57	67	0.57	65	0750m--0760m		0.72	66	0.68	65	0230m--0240m	0.55	66	0.54	66	0400m~0500m		0.59	66	0.56	65	0760m--0770m		0.70	66	0.61	66	0240m--0250m	0.55	66	0.56	66	0500m--0510m		0.59	67	0.50	65	0770m--0780m		0.73	66	0.71	65	0250m--0260m	0.55	65	0.48	65	0510m--0520m		0.62	67	0.58	65	0780m--0790m		0.75	66	0.67	66	0260m--0270m	0.54	65	0.56	66	0520m--0530m		0.65	68	0.59	65							0270m--0280m	0.52	65	0.58	66	0530m--0540m		0.61	68	0.54	65						
0000m--0010m	0.60	34	0.82	34	0280m--0290m		0.54	65	0.54	66	0540m--0550m		0.61	63	0.60	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0010m--0020m	0.50	40	0.77	40	0290m--0300m		0.52	66	0.53	66	0550m--0560m		0.60	66	0.58	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0020m--0030m	0.52	45	0.53	44	0200m~0300m		0.54	66	0.54	66	0560m--0570m		0.64	66	0.64	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0030m--0040m	0.77	48	0.69	48	0300m--0310m		0.53	66	0.53	66	0570m--0580m		0.62	65	0.58	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0040m--0050m	0.61	51	0.50	49	0310m--0320m		0.52	67	0.53	67	0580m--0590m		0.59	66	0.61	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0050m--0060m	0.65	53	0.45	53	0320m--0330m		0.56	67	0.51	67	0590m--0600m		0.68	66	0.58	67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0060m--0070m	0.67	56	0.66	57	0330m--0340m		0.54	67	0.54	67	0500m~0600m		0.62	67	0.59	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0070m--0080m	0.56	58	0.64	58	0340m--0350m		0.51	67	0.52	66	0600m--0610m		0.65	66	0.60	67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0080m--0090m	0.55	60	0.69	60	0350m--0360m		0.53	66	0.50	66	0610m--0620m		0.62	67	0.63	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0090m--0100m	0.67	63	0.63	62	0360m--0370m		0.53	66	0.50	65	0620m--0630m		0.72	67	0.60	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0100m--0110m	0.61	66	0.58	64	0370m--0380m		0.59	66	0.49	65	0630m--0640m		0.69	66	0.60	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0110m--0120m	0.67	67	0.64	66	0380m--0390m		0.59	66	0.50	65	0640m--0650m		0.61	66	0.64	64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0120m--0130m	0.58	68	0.53	66	0390m--0400m		0.59	65	0.49	65	0650m--0660m		0.71	65	0.67	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0130m--0140m	0.51	68	0.52	66	0300m~0400m		0.55	66	0.51	66	0660m--0670m		0.75	65	0.70	64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0140m--0150m	0.56	67	0.61	66	0400m--0410m		0.55	65	0.51	65	0670m--0680m		0.69	65	0.66	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0150m--0160m	0.61	66	0.66	67	0410m--0420m		0.58	65	0.54	66	0680m--0690m		0.67	65	0.67	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0160m--0170m	0.57	66	0.52	66	0420m--0430m		0.57	65	0.52	66	0690m--0700m		0.73	65	0.66	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0170m--0180m	0.57	65	0.66	66	0430m--0440m		0.61	65	0.54	65	0600m~0700m		0.68	66	0.64	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0180m--0190m	0.54	66	0.59	67	0440m--0450m		0.62	65	0.51	65	0700m--0710m		0.69	65	0.55	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0190m--0200m	0.55	66	0.63	66	0450m--0460m		0.58	65	0.56	65	0710m--0720m		0.71	65	0.64	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0150m~0200m	0.57	66	0.61	66	0460m--0470m		0.62	66	0.51	65	0720m--0730m		0.70	65	0.57	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0200m--0210m	0.53	67	0.58	66	0470m--0480m		0.62	66	0.59	65	0730m--0740m		0.74	66	0.66	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0210m--0220m	0.54	67	0.51	66	0480m--0490m		0.62	67	0.51	65	0740m--0750m		0.69	65	0.66	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0220m--0230m	0.53	67	0.55	66	0490m--0500m		0.57	67	0.57	65	0750m--0760m		0.72	66	0.68	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0230m--0240m	0.55	66	0.54	66	0400m~0500m		0.59	66	0.56	65	0760m--0770m		0.70	66	0.61	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0240m--0250m	0.55	66	0.56	66	0500m--0510m		0.59	67	0.50	65	0770m--0780m		0.73	66	0.71	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0250m--0260m	0.55	65	0.48	65	0510m--0520m		0.62	67	0.58	65	0780m--0790m		0.75	66	0.67	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0260m--0270m	0.54	65	0.56	66	0520m--0530m		0.65	68	0.59	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
0270m--0280m	0.52	65	0.58	66	0530m--0540m		0.61	68	0.54	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

每100m平均值

加減速度區

跑道位置	東側		西側		跑道位置		東側		西側		跑道位置		東側		西側		
	GN	速度	GN	速度			GN	速度	GN	速度			GN	速度	GN	速度	
02跑道頭起算																	
0790m~0800m	0.75	66	0.60	66	1050m~1060m	0.67	65	0.58	67	1310m~1320m	0.60	66	0.62	65			
0700m~0800m	0.72	66	0.64	66	1060m~1070m	0.78	65	0.71	67	1320m~1330m	0.56	65	0.60	65			
0800m~0810m	0.76	66	0.62	66	1070m~1080m	0.69	65	0.56	67	1330m~1340m	0.43	67	0.61	65			
0810m~0820m	0.73	66	0.71	66	1080m~1090m	0.62	67	0.52	67	1340m~1350m	0.65	65	0.67	64			
0820m~0830m	0.71	67	0.62	65	1090m~1100m	0.64	68	0.57	67	1350m~1360m	0.60	65	0.66	64			
0830m~0840m	0.71	66	0.63	65	1000m~1100m	0.66	66	0.54	67	1360m~1370m	0.63	65	0.66	65			
0840m~0850m	0.64	67	0.63	65	1100m~1110m	0.64	67	0.58	67	1370m~1380m	0.51	65	0.68	65			
0850m~0860m	0.59	66	0.67	66	1110m~1120m	0.76	65	0.52	66	1380m~1390m	0.46	67	0.53	65			
0860m~0870m	0.62	66	0.70	66	1120m~1130m	0.74	65	0.53	65	1390m~1400m	0.71	67	0.57	66			
0870m~0880m	0.63	65	0.63	66	1130m~1140m	0.60	66	0.56	66	1300m~1400m	0.58	66	0.61	65			
0880m~0890m	0.55	65	0.63	66	1140m~1150m	0.69	67	0.56	66	1400m~1410m	0.61	68	0.61	66			
0890m~0900m	0.68	65	0.55	67	1150m~1160m	0.72	66	0.52	66	1410m~1420m	0.66	67	0.58	65			
0800m~0900m	0.66	66	0.64	66	1160m~1170m	0.67	66	0.59	65	1420m~1430m	0.59	66	0.59	65			
0900m~0910m	0.71	65	0.66	66	1170m~1180m	0.69	66	0.70	65	1430m~1440m	0.61	67	0.52	65			
0910m~0920m	0.69	66	0.59	65	1180m~1190m	0.64	67	0.74	65	1440m~1450m	0.63	66	0.58	65			
0920m~0930m	0.57	66	0.62	65	1190m~1200m	0.62	68	0.59	65	1450m~1460m	0.63	67	0.67	65			
0930m~0940m	0.69	66	0.62	65	1100m~1200m	0.68	66	0.54	66	1460m~1470m	0.56	66	0.60	65			
0940m~0950m	0.72	66	0.67	65	1200m~1210m	0.61	68	0.59	65	1470m~1480m	0.65	66	0.61	65			
0950m~0960m	0.67	67	0.62	64	1210m~1220m	0.70	68	0.64	66	1480m~1490m	0.71	66	0.66	65			
0960m~0970m	0.56	67	0.54	64	1220m~1230m	0.61	68	0.56	66	1490m~1500m	0.57	68	0.55	65			
0970m~0980m	0.52	67	0.62	64	1230m~1240m	0.69	68	0.59	65	1400m~1500m	0.62	67	0.60	65			
0980m~0990m	0.76	67	0.67	65	1240m~1250m	0.75	68	0.53	65	1500m~1510m	0.68	66	0.63	66			
0990m~1000m	0.71	67	0.63	66	1250m~1260m	0.55	68	0.54	66	1510m~1520m	0.63	66	0.75	66			
0900m~1000m	0.66	66	0.62	65	1260m~1270m	0.62	67	0.56	66	1520m~1530m	0.62	66	0.65	66			
1000m~1010m	0.64	66	0.69	66	1270m~1280m	0.59	67	0.72	66	1530m~1540m	0.68	66	0.54	66			
1010m~1020m	0.60	66	0.54	67	1280m~1290m	0.53	65	0.55	66	1540m~1550m	0.60	67	0.66	67			
1020m~1030m	0.68	66	0.61	66	1290m~1300m	0.56	65	0.53	68	1550m~1560m	0.59	66	0.68	67			
1030m~1040m	0.66	66	0.67	66	1200m~1300m	0.62	67	0.64	66	1560m~1570m	0.69	68	0.59	68			
1040m~1050m	0.63	66	0.64	66	1300m~1310m	0.60	65	0.51	67								

每100m平均值

加減速度區

跑道位置	東側		西側		跑道位置	東側		西側	
	GN	速度	GN	速度		GN	速度	GN	速度
02跑道頭起算									
1570m--1580m	0.72	67	0.62	68	1830m--1840m	0.67	67	0.66	66
1580m--1590m	0.65	66	0.60	68	1840m--1850m	0.64	67	0.64	65
1590m--1600m	0.60	67	0.60	68	1850m--1860m	0.70	68	0.69	65
1500m~1600m	0.65	67	0.63	67	1860m--1870m	0.70	67	0.71	65
1600m--1610m	0.62	67	0.75	68	1870m--1880m	0.71	68	0.69	65
1610m--1620m	0.65	66	0.62	68	1880m--1890m	0.70	67	0.69	65
1620m--1630m	0.48	66	0.59	67	1890m--1900m	0.75	66	0.67	65
1630m--1640m	0.48	66	0.64	66	1800m~1900m	0.70	67	0.67	66
1640m--1650m	0.47	66	0.63	65	1900m--1910m	0.75	65	0.68	64
1650m--1660m	0.54	65	0.45	65	1910m--1920m	0.68	65	0.63	65
1660m--1670m	0.43	65	0.52	65	1920m--1930m	0.67	65	0.65	65
1670m--1680m	0.52	66	0.50	66	1930m--1940m	0.67	65	0.67	65
1680m--1690m	0.67	65	0.49	67	1940m--1950m	0.68	65	0.65	65
1690m--1700m	0.73	65	0.64	65	1900m~1950m	0.69	65	0.66	65
1600m~1700m	0.56	66	0.58	66	1950m--1960m	0.64	66	0.63	65
1700m--1710m	0.63	67	0.76	65	1960m--1970m	0.65	66	0.60	65
1710m--1720m	0.78	66	0.78	65	1970m--1980m	0.65	67	0.60	65
1720m--1730m	0.78	66	0.86	65	1980m--1990m	0.64	65	0.58	65
1730m--1740m	0.70	67	0.86	65	1990m--2000m	0.59	64	0.60	66
1740m--1750m	0.67	67	0.77	65	2000m--2010m	0.68	62	0.60	64
1750m--1760m	0.74	68	0.79	65	2010m--2020m	0.66	60	0.61	62
1760m--1770m	0.74	67	0.72	65	2020m--2030m	0.62	58	0.67	60
1770m--1780m	0.68	66	0.67	66	2030m--2040m	0.67	56	0.68	58
1780m--1790m	0.75	67	0.73	67	2040m--2050m	0.71	55	0.66	56
1790m--1800m	0.76	66	0.71	66	2050m--2060m	0.66	53	0.70	53
1700m~1800m	0.72	67	0.77	65	2060m--2070m	0.70	51	0.71	51
1800m--1810m	0.74	66	0.68	67	2070m--2080m	0.77	49	0.70	47
1810m--1820m	0.71	67	0.68	66	2080m--2090m	0.74	46	0.73	43
1820m--1830m	0.70	67	0.61	66	2090m--2100m	0.70	41	0.70	39

每100m平均值

加減速區

2. 檢測速度 95km/hr

跑道位置	東側		西側		跑道位置		東側		西側		跑道位置		東側		西側	
	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度
0000m--0010m	0.78	25	0.73	22	0.300m--0.310m	0.39	95	0.38	93	0590m--0600m	0.46	95	0.41	95		
0010m--0020m	0.64	33	0.60	33	0.310m--0.320m	0.42	95	0.45	93	0500m~0600m	0.44	94	0.46	95		
0020m--0030m	0.52	39	0.50	39	0.320m--0.330m	0.36	95	0.37	93	0600m--0610m	0.43	95	0.49	95		
0030m--0040m	0.45	43	0.50	44	0.330m--0.340m	0.42	95	0.36	94	0610m--0620m	0.47	95	0.41	95		
0040m--0050m	0.54	47	0.52	50	0.340m--0.350m	0.44	95	0.39	94	0620m--0630m	0.41	95	0.35	95		
0050m--0060m	0.75	51	0.70	54	0.350m--0.360m	0.44	95	0.40	95	0630m--0640m	0.44	95	0.44	95		
0060m--0070m	0.66	52	0.46	57	0.360m--0.370m	0.43	95	0.40	95	0640m--0650m	0.47	95	0.48	95		
0070m--0080m	0.66	55	0.40	60	0.370m--0.380m	0.45	95	0.46	95	0650m--0660m	0.41	95	0.49	95		
0080m--0090m	0.75	58	0.63	64	0.380m--0.390m	0.42	95	0.41	95	0660m--0670m	0.49	95	0.50	95		
0090m--0100m	0.72	61	0.59	66	0.390m--0.400m	0.39	95	0.38	94	0670m--0680m	0.48	95	0.50	95		
0100m--0110m	0.70	63	0.58	68	0.300m~0.400m	0.42	95	0.40	94	0680m--0690m	0.51	94	0.52	95		
0110m--0120m	0.71	66	0.72	71	0.400m--0.410m	0.42	95	0.38	94	0690m--0700m	0.47	95	0.48	94		
0120m--0130m	0.62	69	0.53	72	0.410m--0.420m	0.43	95	0.42	94	0600m~0700m	0.46	95	0.47	95		
0130m--0140m	0.73	72	0.54	74	0.420m--0.430m	0.45	95	0.40	94	0700m--0710m	0.52	95	0.51	95		
0140m--0150m	0.58	76	0.53	77	0.430m--0.440m	0.44	95	0.41	94	0710m--0720m	0.53	95	0.53	95		
0150m--0160m	0.49	78	0.65	77	0.440m--0.450m	0.41	95	0.43	95	0720m--0730m	0.53	95	0.51	94		
0160m--0170m	0.56	79	0.53	81	0.450m--0.460m	0.45	95	0.43	95	0730m--0740m	0.51	95	0.57	95		
0170m--0180m	0.55	83	0.49	82	0.460m--0.470m	0.43	95	0.41	94	0740m--0750m	0.56	95	0.57	94		
0180m--0190m	0.55	84	0.45	84	0.470m--0.480m	0.43	95	0.44	95	0750m--0760m	0.54	95	0.56	94		
0190m--0200m	0.57	86	0.55	86	0.480m--0.490m	0.39	95	0.40	95	0760m--0770m	0.53	95	0.55	94		
0150m--0200m	0.54	82	0.53	82	0.490m--0.500m	0.46	95	0.40	95	0770m--0780m	0.55	96	0.50	94		
0200m--0210m	0.44	87	0.56	87	0.400m~0.500m	0.43	95	0.41	95	0780m--0790m	0.53	95	0.55	94		
0210m--0220m	0.46	89	0.47	88	0.500m--0.510m	0.38	94	0.48	94	0790m--0800m	0.57	95	0.57	94		
0220m--0230m	0.43	90	0.48	89	0.510m--0.520m	0.45	94	0.48	95	0700m~0800m	0.54	95	0.54	94		
0230m--0240m	0.48	91	0.45	89	0.520m--0.530m	0.42	94	0.46	95	0800m--0810m	0.55	95	0.59	95		
0240m--0250m	0.46	91	0.45	90	0.530m--0.540m	0.53	94	0.43	96	0810m--0820m	0.55	95	0.48	93		
0250m--0260m	0.44	92	0.39	90	0.540m--0.550m	0.46	94	0.44	95	0820m--0830m	0.45	95	0.54	93		
0260m--0270m	0.35	93	0.43	91	0.550m--0.560m	0.46	94	0.51	95	0830m--0840m	0.57	95	0.52	93		
0270m--0280m	0.40	93	0.40	91	0.560m--0.570m	0.41	94	0.45	95	0840m--0850m	0.59	94	0.54	93		
0280m--0290m	0.41	94	0.42	92	0.570m--0.580m	0.46	94	0.46	95							
0290m--0300m	0.40	95	0.37	92	0.580m--0.590m	0.37	93	0.44	95							

每100m平均值 加減速區

跑道位置	東側		西側		跑道位置		東側		西側		跑道位置		東側		西側	
	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度	GN	速度
0850m~0860m	0.48	94	0.56	93	1130m~1140m	0.56	94	0.52	93	1410m~1420m	0.45	93	0.36	96		
0860m~0870m	0.45	94	0.52	93	1140m~1150m	0.44	95	0.50	95	1420m~1430m	0.38	93	0.35	95		
0870m~0880m	0.46	95	0.51	94	1150m~1160m	0.57	94	0.53	95	1430m~1440m	0.48	94	0.51	95		
0880m~0890m	0.52	95	0.66	94	1160m~1170m	0.66	94	0.42	95	1440m~1450m	0.53	95	0.52	95		
0890m~0900m	0.46	95	0.48	95	1170m~1180m	0.48	95	0.53	95	1450m~1460m	0.55	94	0.52	95		
0800m~0900m	0.51	95	0.54	94	1180m~1190m	0.54	95	0.53	95	1460m~1470m	0.42	94	0.48	95		
0900m~0910m	0.48	95	0.53	95	1190m~1200m	0.52	94	0.45	94	1470m~1480m	0.39	94	0.47	95		
0910m~0920m	0.56	96	0.43	93	1100m~1200m	0.55	94	0.50	95	1480m~1490m	0.45	94	0.50	94		
0920m~0930m	0.49	94	0.48	95	1200m~1210m	0.52	95	0.53	95	1490m~1500m	0.48	93	0.49	94		
0930m~0940m	0.41	95	0.54	95	1210m~1220m	0.44	94	0.52	95	1400m~1500m	0.46	94	0.47	95		
0940m~0950m	0.52	96	0.54	95	1220m~1230m	0.52	94	0.49	95	1500m~1510m	0.38	93	0.47	93		
0950m~0960m	0.59	95	0.49	96	1230m~1240m	0.57	94	0.52	95	1510m~1520m	0.41	95	0.42	93		
0960m~0970m	0.53	96	0.54	95	1240m~1250m	0.58	93	0.44	93	1520m~1530m	0.52	94	0.39	94		
0970m~0980m	0.42	95	0.43	95	1250m~1260m	0.54	94	0.56	94	1530m~1540m	0.52	94	0.47	93		
0980m~0990m	0.53	95	0.49	96	1260m~1270m	0.48	94	0.57	95	1540m~1550m	0.51	95	0.53	94		
0990m~1000m	0.49	93	0.49	94	1270m~1280m	0.37	95	0.51	95	1550m~1560m	0.45	95	0.62	93		
0900m~1000m	0.50	95	0.50	95	1280m~1290m	0.37	95	0.45	95	1560m~1570m	0.55	93	0.67	95		
1000m~1010m	0.52	95	0.37	95	1290m~1300m	0.50	95	0.51	95	1570m~1580m	0.51	94	0.42	94		
1010m~1020m	0.52	95	0.45	95	1200m~1300m	0.49	94	0.51	95	1580m~1590m	0.50	95	0.56	93		
1020m~1030m	0.40	95	0.50	95	1300m~1310m	0.38	96	0.54	95	1590m~1600m	0.41	95	0.50	98		
1030m~1040m	0.48	94	0.43	94	1310m~1320m	0.39	94	0.56	96	1500m~1600m	0.48	94	0.51	94		
1040m~1050m	0.54	94	0.51	93	1320m~1330m	0.34	95	0.44	95	1600m~1610m	0.50	95	0.59	95		
1050m~1060m	0.50	93	0.51	94	1330m~1340m	0.49	97	0.41	96	1610m~1620m	0.56	95	0.54	95		
1060m~1070m	0.44	94	0.55	94	1340m~1350m	0.55	93	0.43	96	1620m~1630m	0.33	95	0.38	95		
1070m~1080m	0.63	93	0.54	93	1350m~1360m	0.42	95	0.54	95	1630m~1640m	0.28	95	0.40	93		
1080m~1090m	0.48	93	0.49	93	1360m~1370m	0.44	95	0.45	95	1640m~1650m	0.34	93	0.41	95		
1090m~1100m	0.52	95	0.52	94	1370m~1380m	0.43	93	0.43	95	1650m~1660m	0.53	93	0.55	94		
1000m~1100m	0.50	94	0.49	94	1380m~1390m	0.48	95	0.52	94	1660m~1670m	0.39	93	0.52	94		
1100m~1110m	0.48	93	0.53	95	1390m~1400m	0.46	93	0.41	94	1670m~1680m	0.48	94	0.53	95		
1110m~1120m	0.65	92	0.51	95	1300m~1400m	0.44	95	0.47	95	1680m~1690m	0.50	94	0.50	94		
1120m~1130m	0.56	93	0.52	95	1400m~1410m	0.42	93	0.51	96	1690m~1700m	0.52	94	0.52	94		

加減速區

每100m平均值

跑道位置	東側		西側		跑道位置	東側		西側	
	GN	速度	GN	速度		GN	速度	GN	速度
1600m~1700m	0.44	94	0.49	94	1980m~1990m	0.62	69	0.54	72
1700m~1710m	0.51	94	0.54	93	1990m~2000m	0.60	67	0.56	70
1710m~1720m	0.58	94	0.65	95	1900m~2000m	0.60	76	0.57	79
1720m~1730m	0.55	93	0.64	94	2000m~2010m	0.63	65	0.59	68
1730m~1740m	0.46	94	0.61	94	2010m~2020m	0.65	62	0.62	65
1740m~1750m	0.54	94	0.67	95	2020m~2030m	0.65	60	0.67	63
1750m~1760m	0.58	95	0.68	94	2030m~2040m	0.64	58	0.68	60
1760m~1770m	0.55	95	0.69	95	2040m~2050m	0.73	56	0.68	57
1770m~1780m	0.58	95	0.57	95	2050m~2060m	0.61	53	0.63	53
1780m~1790m	0.52	95	0.57	95	2060m~2070m	0.66	49	0.69	48
1790m~1800m	0.54	94	0.53	95	2070m~2080m	0.77	44	0.75	43
1700m~1800m	0.54	94	0.62	95	2080m~2090m	0.77	39	0.75	36
1800m~1810m	0.52	94	0.52	93	2090m~2100m	0.70	29	0.79	25
1810m~1820m	0.55	93	0.60	93					
1820m~1830m	0.57	92	0.60	92					
1830m~1840m	0.57	92	0.57	92					
1840m~1850m	0.53	91	0.48	92					
1850m~1860m	0.61	90	0.55	91					
1860m~1870m	0.56	89	0.57	91					
1870m~1880m	0.58	88	0.56	89					
1880m~1890m	0.65	87	0.59	89					
1890m~1900m	0.64	86	0.61	87					
1800m~1900m	0.58	90	0.57	91					
1900m~1910m	0.58	85	0.60	87					
1910m~1920m	0.53	83	0.58	86					
1920m~1930m	0.57	81	0.58	84					
1930m~1940m	0.65	79	0.54	83					
1940m~1950m	0.61	77	0.58	80					
1950m~1960m	0.60	75	0.59	79					
1960m~1970m	0.59	73	0.56	77					
1970m~1980m	0.64	71	0.58	75					

每100m平均值

加減速區

附錄 3 CVR 抄件



AE369 B-16825 CVR Transcript

CVR Transcript

- RDO : Radio transmission from occurrence aircraft
- CAM : Cockpit area microphone voice or sound source
- INT : Interphone
 - 1 : Voice identified as captain
 - 2 : Voice identified as first officer
- TWR : Magong tower
- APP : Kaohsiung approach
 - ... : Unintelligible
 - () : Remarks or translation
 - * : Communication not related to operation / expletive words

hh ¹	mm	ss	Source	Context
11	46	29.9		(CVR 記錄開始)
—、1319:23.8 ~ 1325:18.7				
13	19	23.8	APP	mandarin tree six niner one one miles final contact tower one one eight decimal tree good day
13	19	29.7	RDO-2	one one eight tree for tower mandarin tree six niner good day
13	19	35.6	RDO-2	good evening magong tower mandarin tree six niner with you and on nine miles final
13	19	40.6	TWR	mandarin tree six niner good evening magong tower runway two zero two thousand one hundred meters available q-n-h one zero one zero visibility tree thousand two hundred meters wind one four zero degrees one knot maximum three knots cleared to land caution runway wet
13	19	57.3	RDO-2	q-n-h one zero one zero wind copy and runway two zero cleared to land mandarin tree six niner
13	20	02.4	CAM-1	好許可落地
13	20	03.2	CAM-2	許可落地 one four zero three knots
13	20	17.9	CAM-1	好就維持這個

¹ 此抄件使用 UTC，以 FDR 時間作為同步基準，與 ATC 時間相差約慢 7 秒

hh ¹	mm	ss	Source	Context
13	20	19.1	CAM-2	好
13	20	23.6	CAM-1	來 gear down
13	20	24.5	CAM-2	check speed gear down
13	20	26.9	CAM-1	check speed flap three
13	20	27.2	TWR	mandarin tree six niner revise now wind zero niner zero degrees four knots maximum five knots caution cross wind cleared to land
13	20	28.3	CAM-2	check
13	20	32.4	CAM-1	copy copy
13	20	35.2	CAM-1	altitude
13	20	36.1	RDO-2	wind copy and runway two zero cleared to land mandarin tree six niner
13	20	39.3	CAM-1	來了解 set miss approach three thousand feet set
13	20	41.8	CAM-2	three thousand check
13	20	42.6	CAM-1	來 without delay 喔對不對
13	20	44.1	CAM-2	yes
13	20	44.2	CAM-1	check speed flap five
13	20	45.7	CAM-2	speed check flap five
13	20	47.8	CAM-1	speed one four zero initially
13	20	49.4	CAM-2	one four zero check
13	20	55.4	CAM-1	final checklist
13	20	58.1	CAM-2	final landing gear
13	20	59.4	CAM-1	gears down three green
13	21	00.2	CAM-2	down three green flap
13	21	01.9	CAM-1	five set
13	21	02.8	CAM-2	five set final check complete
13	21	04.3	CAM-1	謝謝
13	21	08.4	CAM-1	七七三二十一
13	21	15.0	CAM-2	...六哩 五點五哩
13	21	18.8	CAM-1	flight path angle
13	21	27.1	CAM-1	set v approach
13	21	29.7	CAM-2	v approach check one three six check
13	21	32.0	CAM-1	check



hh ¹	mm	ss	Source	Context
13	21	56.3	CAM-1	三十五
13	21	57.3	CAM-2	check
13	22	25.8	CAM-2	one thousand runway ahead
13	22	27.0	CAM-1	continue
13	23	18.7	CAM	approach minimums
13	23	19.9	CAM-1	continue auto pilot disconnect
13	23	22.5	CAM	autopilot
13	23	23.4	CAM-1	flight director off
13	23	24.3	CAM-2	flight director off
13	23	25.2	CAM-1	f-p-r three degree down
13	23	27.1	CAM-2	f-p-r minus three
13	23	27.6	CAM	minimums
13	23	31.1	CAM-1	set runway heading
13	23	31.8	CAM-2	set
13	23	32.4	CAM-1	approach speed miss ... all check
13	23	45.8	CAM-2	three red
13	23	47.9	CAM-1	correcting continue 左邊來的風
13	23	50.4	CAM-2	check
13	24	01.5	CAM	two hundred
13	24	08.1	CAM-1	風變大了啊
13	24	14.3	CAM	fifty
13	24	15.5	CAM	forty
13	24	16.5	CAM	thirty
13	24	17.7	CAM	twenty
13	24	21.0	CAM	ten
13	24	28.7	CAM	(不明聲響)
13	24	30.2	CAM	(不明聲響)
13	24	33.7	CAM-1	manual brake
13	24	34.7	CAM	autobrake
13	24	42.3	CAM-2	eighty
13	24	43.0	CAM-1	check
13	24	50.1	CAM-2	sixty
13	24	50.8	CAM-1	sixty check

hh ¹	mm	ss	Source	Context
13	24	54.8	CAM-2	not on track
13	24	55.8	CAM	(不明聲響)
13	24	57.7	CAM	(疑似撞擊聲響)
13	24	58.8	CAM	landing gear (auto callout 週期 1.4 秒, 持續至 CVR 記錄終止)
13	24	58.8	TWR	mandarin three six nine vacate via kilo one
13	25	02.7	INT-1	attention ground station attention ground station
13	25	08.8	TWR	華信三六九教官塔台
13	25	14.4	CAM-1	...嗎
13	25	16.2	RDO-1	嗯
13	25	18.7	CAM	(master warning)
13	49	42.2		(CVR 記錄終止)

附錄 4 航機落地階段相關參數變化表

ATC Time	AIR/Gnd sensor	Vertical Acceleration	Pitch Angle	Control Column Position LIB	Control Column Position ROB	Left Gear WOW Sensor 1	Nose Landing Gear WOW Sensor 1	Right Gear WOW Sensor 1	Latitude FMS Present Position	Longitude FMS Present Position
mm:ss	(0-Air,1-Gnd)	(g)	(deg)	(deg)	(deg)	(0-Air,1-Gnd)	(0-Air,1-Gnd)	(0-Air,1-Gnd)	(deg)	(deg)
24:34.004		0.984								
24:34.129		1.008								
24:34.141			8.6							
24:34.152	Air									
24:34.254		1.047								
24:34.379		1.031								
24:34.391			8.4							
24:34.395				3.05						
24:34.398					2.64					
24:34.402	Air									
24:34.438										119.627724
24:34.504		0.977								
24:34.629		0.926								
24:34.641			8.1							
24:34.652	Air									
24:34.754		0.918								
24:34.879		0.953								
24:34.891			8.1							

24:34.895				2.98					
24:34.898					2.66				
24:34.902	Air								
24:35.004		0.996							
24:35.129		1.012							
24:35.133						Air	Air		
24:35.141			8.1						
24:35.152	Air								
24:35.254		0.98							
24:35.379		0.938							
24:35.391			7.6						
24:35.395				5.96					
24:35.398					5.45				
24:35.402	Air								
24:35.504		1.086							
24:35.629		1.195							
24:35.641			7.4						
24:35.652	Air								
24:35.754		1.191							
24:35.879		1.277							
24:35.891			7.2						
24:35.895				1.52					
24:35.898					1.26				
24:35.902	Air								
24:36.004		1.23							
24:36.129		1.047							
24:36.133								Gnd	

24:36.141			6.9						
24:36.152	Gnd								
24:36.199								23.56636	
24:36.254		0.922							
24:36.379		0.836							
24:36.391			6						
24:36.395				1.13					
24:36.398					0.83				
24:36.402	Gnd								
24:36.504		0.801							
24:36.629		0.766							
24:36.641			5.3						
24:36.652	Gnd								
24:36.754		0.805							
24:36.879		0.902							
24:36.891			4.6						
24:36.895				2.96					
24:36.898					2.57				
24:36.902	Gnd								
24:37.004		0.926							
24:37.129		0.984							
24:37.141			4.2						
24:37.152	Air								
24:37.254		1.164							
24:37.379		1.379							
24:37.391			3.7						
24:37.395				3.31					

24:37.398					2.92					
24:37.402	Air									
24:37.504		1.297								
24:37.629		0.992								
24:37.641			3.2							
24:37.652	Gnd									
24:37.754		0.832								
24:37.820										
24:37.879		0.863								
24:37.891			2.6							
24:37.895				2.91						
24:37.898					2.54					
24:37.902	Gnd									
24:38.004		0.848								
24:38.129		0.957								
24:38.141			2.1							
24:38.152	Gnd									
24:38.254		1.094								
24:38.379		1.188								
24:38.391			1.6							
24:38.395				4.38						
24:38.398					3.95					
24:38.402	Gnd									
24:38.438										119.626865
24:38.504		1.117								
24:38.629		0.98								
24:38.641			1.1							

24:38.652	Gnd									
24:38.754		0.914								
24:38.879		0.93								
24:38.891			0.7							
24:38.895				4.3						
24:38.898					3.86					
24:38.902	Gnd									
24:39.004		0.914								
24:39.129		1.031								
24:39.133						Gnd	Air			
24:39.141			0.5							
24:39.152	Gnd									
24:39.254		1.047								
24:39.379		1.074								
24:39.391			0.2							
24:39.395				4.02						
24:39.398					3.63					
24:39.402	Gnd									
24:39.504		1.023								
24:39.629		0.906								
24:39.641			0							
24:39.652	Gnd									
24:39.754		0.906								
24:39.879		1.004								
24:39.891			0							
24:39.895				1.85						
24:39.898					1.51					

24:39.902	Gnd								
24:40.004		0.953							
24:40.129		0.973							
24:40.133							Gnd		
24:40.141			-0.2						
24:40.152	Gnd								
24:40.199								23.564129	
24:40.254		1.027							
24:40.379		1.094							
24:40.391			-0.7						
24:40.395				-0.65					
24:40.398					-0.8				
24:40.402	Gnd								
24:40.504		1.004							
24:40.629		0.945							
24:40.641			-1.1						
24:40.652	Gnd								
24:40.754		1.016							
24:40.879		1.031							
24:40.891			-1.1						
24:40.895				-2.43					
24:40.898					-2.47				
24:40.902	Gnd								

附錄 5 民用航空法 07-02A 航空器飛航作業管理規則附件六

7. 降落限制 Landing limitation

7.1 目的地機場 - 乾跑道

7.1.1 任何飛機不得以此一總重起飛，以致無法在目的地機場跑道頭上方 15.2 米高度進場之距離內全停降落：

- a) 對渦輪噴射發動機之飛機，在 60% 可用落地距離之內。
- b) 對渦輪螺旋槳飛機，在 70% 可用落地距離之內。
- c) 飛機之總重為減去飛往預定目的地機場預期耗用之燃油及滑油後之重量。應符合 7.1.1.1 及 7.1.1.2 或 7.1.1.3。

7.1.1.1 若飛機是在無風、最有利方向及最有利之跑道上落地。

7.1.1.2 得假設當飛機降落時，風力為預測降落當時之最適合情況，確實考量可能之風速及風向，飛機地面操控特性及其他狀況之影響（如降落助航設施，地形等）。

7.1.1.3 如果無法完全符合 7.1.1.2 之規定，但若能指定一個符合 7.3 之目的地備用機場，飛機仍可起飛。

7.1.1.4 在計算 7.1 時，應至少考量下列因素：

- a) 機場之場面壓力高度。
- b) 降落方向之跑道坡度如果超過 $\pm 2.0\%$
- c) 不大於 50% 之逆風分量及不小於 150% 之順風分量。

7.2 目的地機場-濕滑或污染跑道

7.2.1 若相關氣象報告、預報或兩者之組合顯示跑道在預計進場時刻可能濕滑，可用落地距離應至少等於根據 7.1 確定之落地距離之 115%。

7.2.2 濕滑跑道之落地距離短於 7.2.1 之要求但不低於 7.1 之要求距離時，如果飛航手冊包含濕滑跑道落地距離之特殊補充資料時亦可使用。

7.2.3 若相關氣象報告、預報或兩者之組合顯示跑道在預計進場時刻可能受到污染，可用落地距離應該大於：

- a) 依 7.2.1 確定之落地距離，或
- b) 受污染落地距離數據確定並具備航空器使用人所在國可接受之安全裕度之落地距離。

7.2.4 若無法符合 7.2.2 及 7.2.3 時，但指定之目的地備用機場符合 7.2.2 及 7.2.3 時，則飛機仍可起飛。

7.2.5 在計算是否符合 7.2.2 及 7.2.3 時，應相應適用 7.1 之規定。但 7.1.1

a) 及 b) 無需用於上述 7.2.2 及 7.2.3 對濕滑及受污染跑道落地距離之規定。

7.3 目的地備用機場

任何機場不得被選為目的地備用機場，除非當預測飛機抵達該機場之總重，符合 7.1 及 7.2.1 或 7.2.2 對所需落地距離之規定，並符合適當之備用機場作業需求。

7.4 降落前性能之考量

航空器使用人應向飛航組員提供方法，以確保在當時情況下，使用之跑道具有民航局可以接受之安全裕度。即至少滿足型別檢定證持有人航空器飛航手冊 (AFM) 之最低或同等之要求，進行全停落地，以及可使用之減速方式。

3.2 所需落地距離 Landing distance required

落地距離係指飛機從距降落場面 15.2 公尺 (50 呎) 之高度至飛機完全停止，若為水上飛機則為減速至接近 6 km/hr (3 kt) 二點間之水平距離，在乘以 1/0.7 倍係數之距離。

註 1：有些國家認為必須使用 1/0.6 倍之係數，而非此處規範之 1/0.7。

附錄 6 Embraer 性能分析

The table below presents the required landing distances obtained from CAFM combining different scenarios of runway condition (dry or wet), braking mode (AB MIN, AB MED, AB MAX or manual braking) and thrust reverse (stowed or deployed). The following conditions were assumed for all cases:

- 8 knots of VREF overspeed at 50 ft height;
- Flap/Slat setting 5;
- Airport elevation 100 ft;
- OAT 25° C (ISA + 10° C);
- QNH 1010 hPa;
- Slope: 0.65% (based on Aerodrome Chart);
- Spoilers fully deployed upon touchdown.

NOTE: The accumulated rainfall record that you provided did not influence the calculations.

Regarding the runway condition, the wet runway scenario is calculated by means of applying a factor of 15% over the dry factored distance. The contaminated scenario is calculated by means of AMC 25.1591 (EASA). The worst case scenario for the contaminated runway occurs when the standing water content is of 3 mm, because the impingement effect is minimal in this condition. In this analysis, the contaminated condition assumed this 3 mm scenario.

Regarding the thrust reverse, landing distance requirements do not allow to take credit of them except if the runway is considered to be

contaminated. Therefore, the effect of thrust reverse was considered only for the cases in which the runway condition was contaminated. Furthermore, it is possible to notice that when autobrake is used, the usage of thrust reverse does not influence the results. This occurs because the autobrake tracks a constant deceleration rate, as explained in the previous question. When the reference deceleration is reached, the system releases brake pressure, regardless of the status of thrust reverse. Thrust reverse usage only has an influence in braking distance when manual braking technique is employed.

Regarding the wind and V_{REF} overspeed, based on the informed AWOS wind measurements, the worst case condition in terms of landing distance results from the measurement at 13:23 UTC at the runway threshold. This sample results in a tail wind component of approximately three knots for runway 20. Therefore, a tail wind of three knots was used in this analysis. This tail wind component was added on the V_{REF} overspeed input for the CAFM. Since the aircraft crossed 50 ft with approximately 135 knots of indicated airspeed, which is 5 knots above V_{REF} for that condition, the V_{REF} overspeed input for all cases was 8 knots (5 of actual V_{REF} overspeed and 3 knots of tail wind component).

Runway Condition	Braking Mode	Reverse	Factored Distance (m)	Unfactored Distance (m)
Dry	AB MIN	Stowed	3904	2342
Dry	AB MED	Stowed	2508	1505
Dry	AB MAX	Stowed	1930	1158

Dry	Manual	Stowed	1460	876
Wet	AB MIN	Stowed	4489	2342
Wet	AB MED	Stowed	2884	1505
Wet	AB MAX	Stowed	2220	1158
Wet	Manual	Stowed	1679	876
Contaminated	AB MIN	Stowed	4489	3904
Contaminated	AB MED	Stowed	2884	2508
Contaminated	AB MAX	Stowed	2220	1930
Contaminated	Manual	Stowed	2094	1821
Contaminated	AB MIN	Deployed	4489	3904
Contaminated	AB MED	Deployed	2884	2508
Contaminated	AB MAX	Deployed	2220	1930
Contaminated	Manual	Deployed	1935	1682

It is important to mention that CAFM calculations assume that the runway threshold is crossed at the 50 ft screen height (Landing Procedure – SOPM) following a given braking technique, such as autobrake or manual braking.

In this occurrence, the 50 ft screen height was crossed before the runway threshold (160 meters before) and the braking technique applied by the crew combined autobrake followed by manual gradual braking. A long flare was done and the touch down point occurred at 850 / 950 meters beyond runway threshold. Therefore, the analysis presented herein may not be representative of the actual landing

distance due to these differences in the landing procedure and should be used only as a reference.

Finally, we would like to clarify that the certified source of performance data is the CAFM. In general, performance data in the QRH follows the CAFM. However, there might be differences between these two sources. In such cases, the QRH information will always be more conservative than that from CAFM.

Objective of brake coefficient calculation:

Brake coefficient calculation allows to estimate the runway condition, using available engineering data and tools.

Calculation process:

The calculation of braking coefficient is based on Newton's second law ($F=m.a$). Aerodynamics forces, weight, ground reaction and thrust, altogether generate a resulting force which is directly proportional to longitudinal acceleration.

See below three equations used for the calculations:

$$(1) F=T-D-Fa-W\sin(\phi)=(W/g) \cdot a$$

$$(2) L+(R_n+R_m)-W=0$$

$$(3) Fa=R_n \cdot \mu_{ir}+R_m \cdot \mu_{ibr}$$

Where:

F – Resulting force

T – Thrust force

D – Drag force

Fa – Ground Resistance Force (frictional force)

W – Weight

fi – Runway Slope

g – Gravitational Acceleration

a – Longitudinal Acceleration

L – Lift force

Rn – Nose Landing Gear Normal Ground Reaction

Rm – Main Landing Gear Normal Ground Reaction

mi-r – Rolling Coefficient

mi-br – Brake Coefficient

The vertical acceleration is considered negligible (see equation 2).

From equation (1) the frictional force (Fa) contribution can be found and then by equation (3) the brake coefficient can be determined and so the plot can be generated.

Data Sources:

From aircraft DVDR it is possible to get mass, longitudinal acceleration, atmospheric conditions, engine fan speed (N1) and aircraft speed. Genuine aircraft characteristics like drag and lift coefficients when all wheels are on the ground, are also manufacturer available data.

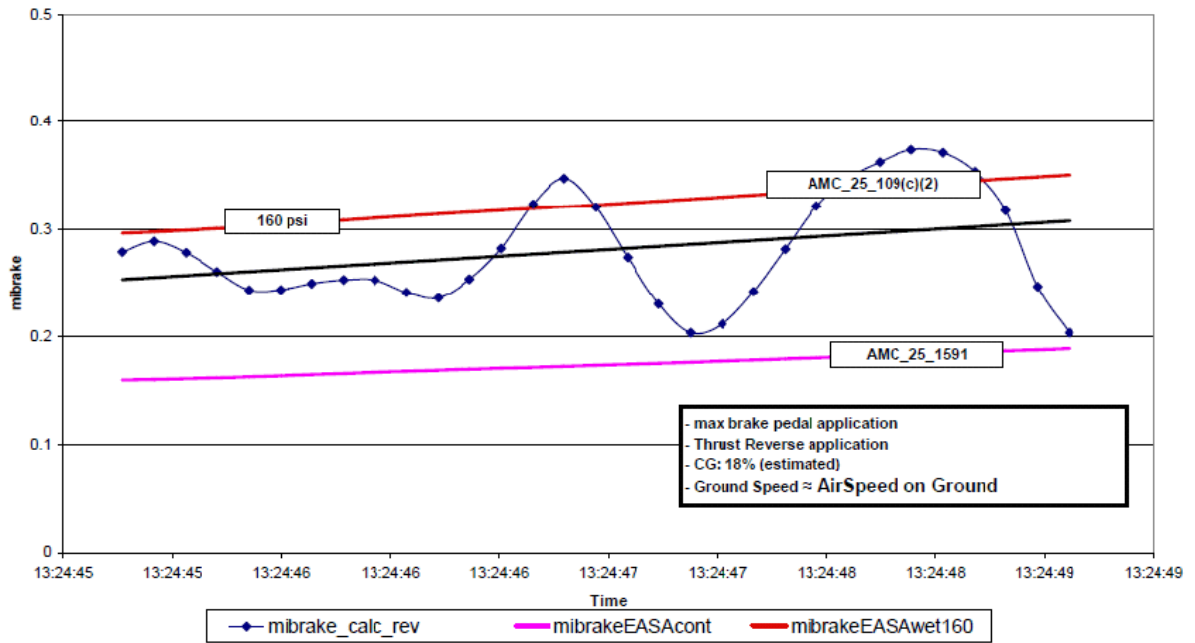
Resultant force (F) is obtained multiplying mass (W/g) by longitudinal acceleration (a).

Lift and drag forces are provided by their respective coefficients and dynamic pressure. Thrust force is obtained from Embraer database depending on atmospheric conditions and fan speed (N1). These forces are those expected for the flight conditions and do not represent any abnormal behavior.

By equation (1) the frictional force (F_a) can be found, while by equation (2) the normal ground reactions (R_n and R_m) can be determined. Normal ground reactions are composed by R_n and R_m due to equilibrium considerations. Only main landing gear contributes to brake coefficient. By equation (3) and typical rolling coefficient (μ_{i-r}) of 0.03, the brake coefficient ($\mu_{i-brake}$) is determined. For this event and for the considered interval the graph below shows the brake coefficient behavior:

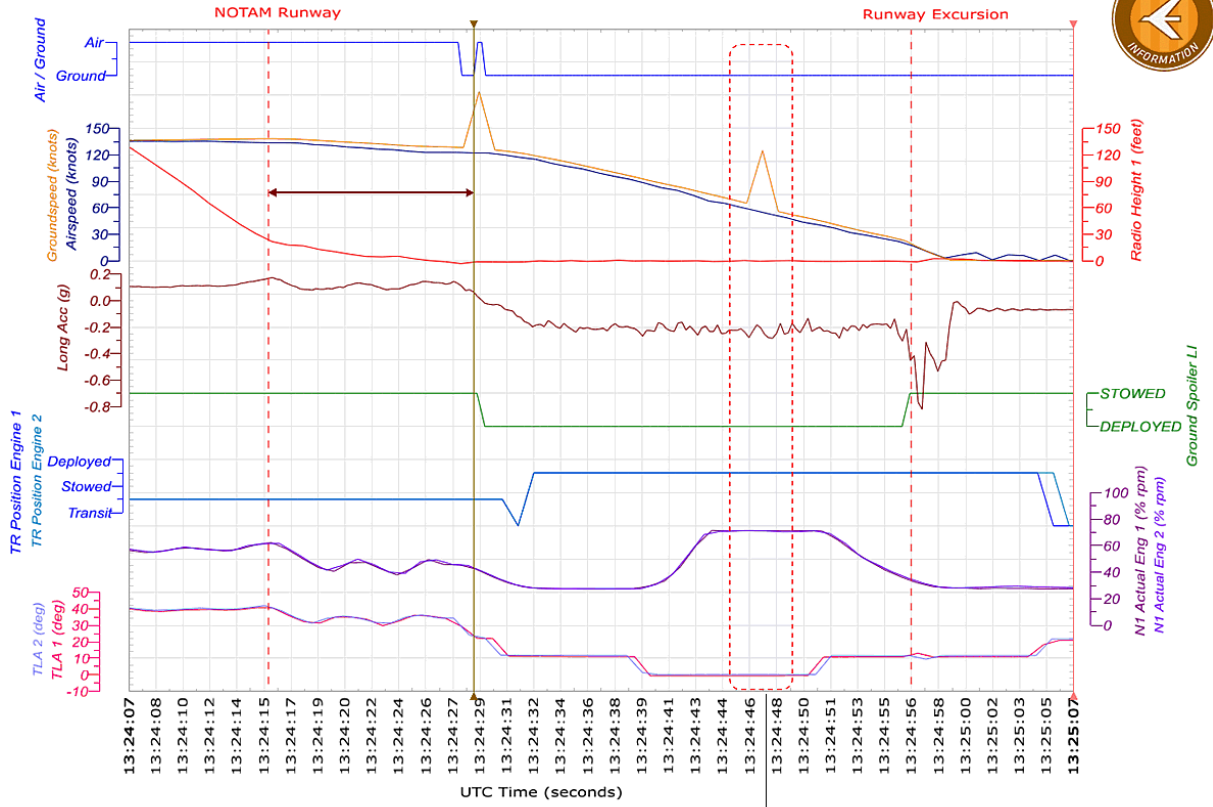
Note: Out of this interval the results would not be representative of the aircraft breaking capacity.

Runway Condition Study



Resulting Brake Coefficient:

The manufacturer data available is based on certified test flights, where the landing procedure is carefully followed by the test pilots. Usually during normal operation the procedure is not completely followed. Due to these operational differences during landing, the brake coefficient (and in consequence the runway condition) can be estimated only in a few intervals, where the braking system is providing its maximum braking capacity (break pedal is fully applied, anti-skip is operating, reverse is deployed, the Thrust Lever Angle (TLA) is positioned in 0 degrees, N1 is near 70%, among others).



Considered for performance analysis

本頁空白