



# 飛航事故調查報告

ASC-AOR-11-12-001

中華民國99年9月2日

長榮航空公司BR 701班機

B747-400型機

國籍標誌及登記號碼B-16410

桃園機場落地時短暫偏出跑道事故



# 飛航事故調查報告

ASC-AOR-11-12-001

中華民國 99 年 9 月 2 日

長榮航空公司 BR 701 班機

B747-400 型機

國籍標誌及登記號碼 B-16410

桃園機場落地時短暫偏出跑道事故

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五條：

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.*

本頁空白

## 摘要報告

民國 99 年 9 月 2 日，長榮航空公司（以下簡稱長榮）定期載客班機 BR701，機型 B747-400 客機，國籍標誌及登記號碼 B-16410，台北時間 2027 時<sup>1</sup>由上海浦東國際機場起飛，2137 時於桃園國際機場（以下簡稱桃園機場）24 跑道落地。機上載有駕駛員 2 人、客艙組員 14 人及乘客 281 人，由正駕駛員坐於左座擔任監控駕駛員（Pilot Monitoring, PM），副駕駛員坐於右座擔任操控駕駛員（Pilot Flying, PF）。

依據天氣資料及駕駛員訪談紀錄，該機進場落地時，桃園機場有陣雨發生，道面可能為濕滑情形；主輪著陸前 10 秒至著陸後 16 秒期間，地面自動氣象觀測系統紀錄之風向介於 290 至 360 度，即右側風，風速介於 3 至 13 浬/時。

依據飛航資料紀錄器及現場量測資料，副駕駛員於下降通過無線電高度 1,000 呎時，解除自動駕駛及自動油門以手飛方式操控落地。主輪著陸時，機身左傾 4.4 度，航機前進軌跡與跑道中心線成向左約 2.6 度之夾角。左主輪著陸後曾向左偏出跑道鋪面，進入道肩及草地後重回跑道鋪面內，最終由 S2 滑行道脫離跑道並停止於該滑行道上請求地面協助，當時機尾仍有部分位於跑道等待位置標線內側，未完全脫離跑道。

BR701 班機落地後，桃園機場塔臺機場管制席許可緊隨進場之立榮 188 班機（747-400 型機）於 24 跑道落地，地面管制席曾詢問 BR701 駕駛員是否脫離跑道，駕駛員答覆「affirm」（肯定的、是的），故立榮 188 班機於 2140 時落地。由於 BR701 班機機尾未完全脫離跑道，因而發生 C 類意外事件之跑道入侵。

現場檢視發現，該機左翼起落架及輪艙留有青草，第 1、第 3 及第 4 號輪胎

---

<sup>1</sup> 本報告時間均採用台北時間，採 24 小時制，與上海同一時區。

破損，左機身起落架、左翼內側襟翼、副翼、襟翼滑軌整流罩、機身蒙皮及水平安定面翼前緣皆有損傷痕跡。06/24 跑道上 5 盞跑道邊燈損毀及一個千呎牌牌面掉落。機上人員經由扶梯車下機，無人員受傷。

## 調查發現

### 與可能肇因有關之調查發現

1. 該機於右側風、跑道鋪面濕滑情況下於桃園機場 24 跑道落地，著陸前軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢，主輪著陸時係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之姿態著陸。(1.7.2、1.11.2、1.18.3、2.2.1、2.2.2.3、2.2.4)
2. 該機著陸後，受增強之右側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，輪胎與鋪面間之摩擦力可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上及跑道潮濕之緣故而不足，致輪胎轉向與循跡能力降低。駕駛員雖持續以右方向舵進行修正，惟該機左偏之情況未即時獲得改正，在方向舵及方向舵鼻輪轉向器產生足夠效用前，即因失去方向控制而偏出道面。(1.7.2、1.10.6、1.18.4.4、2.2.2.3、2.2.3、2.2.3.2、2.2.4)

### 與風險有關之調查發現

1. 事故前 10 分鐘塔臺 2 套文數字告警顯示器(AAD)曾顯示低空風切訊息 20 秒，當時其揚聲器可能未發出警告聲響，但也無法排除可能因音量過小或管制員專注於其他業務，以致未注意到該警示之可能性。惟事故後數天亦曾發生其中一套 AAD 設備無警告聲響的現象，桃園裝修區臺無法判定問題發生的原因。(1.7.3、1.18.3.3、1.18.3.5、2.4.1.1)
2. 近場臺管制員與該機駕駛員構聯時，未依「飛航管理程序」提供最新天氣資料；以及該管制員後續廣播最新之 ATIS 天氣資訊不完整，未包含新增之低空風切警示，致該機駕駛員未獲悉包含「24 跑道低空風切警示」之最新天氣資訊。如

- 駕駛員收到此項風切警示，按長榮航務手冊規定，後續操作應由正駕駛員擔任操控駕駛員。(1.7.2、1.9、2.2.1、2.4.1.2)
3. 該機駕駛員自初次與塔臺構聯至降落期間，塔臺管制員未依「飛航管制程序」規定提供駕駛員低空風切警示服務。(1.7.2、1.18.3.3、2.2.1、2.4.1.2)
  4. 該機落地前，發生航機於跑道上飄浮之情形，主輪著陸點超出桃園機場 24 跑道正常著陸區範圍。風向/風速轉變為可能影響因素之一，惟副駕駛員之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。(1.18.4.3、2.2.2.1、2.2.2.2)
  5. 當該機於副駕駛員之操控下無法於跑道著陸區著陸、部分操作未符合側風與濕滑跑道落地操作原則，以及著陸後向左偏側而無法即時有效改正時，機長應及時予以提醒、輔助或接手操控，以避免改正不及之情況發生。(1.18.4.2、1.18.4.4、1.18.4.5、2.2.5)
  6. 該機向左偏出道面期間，機長曾輔助副駕駛員並接手後續操控，惟未依長榮航務手冊規定以「I have control」、「You have control」或其他術語交接操控責任，可能導致操控責任不清之情況。(1.18.4.7、2.2.5)
  7. 進場落地為連續性之操作過程，該機著陸前於跑道上飄浮，主輪著陸點位於著陸區後方，不符合長榮航務手冊之穩定進場標準，除可用跑道長度縮短之風險外，著陸操作是否因儘速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除，故機長應考量重飛之必要性。(1.18.4.2、2.2.5)
  8. 緊隨該機落地之另一航機落地時，該機因機械問題仍停在 S2 滑行道，其尾段約 24 公尺未脫離跑道。當時管制員無法由目視或 ASDE 確認跑道是否淨空，依程序詢問該機是否脫離跑道，駕駛員回報管制員之訊息有誤，造成跑道入侵，依國際民航組織「跑道入侵嚴重等級計算程式」驗證，其為嚴重等級 C 之跑道

入侵意外事件。(1.12.2.2、2.4.2.1、2.4.2.2)

9. 該機未完全脫離跑道與後續班機降落前之時段內，ASDE 未發出警示信號，其原因為該系統以航跡位置做為跑道入侵警示的依據，但未考量機身、翼展長度相對於跑道等待位置之實際狀況，故無法提供正確之資訊及警示。(1.8、2.4.2.3)
10. 近年桃園國際機場發生多起跑道入侵事件，且有增加之趨勢，該機場未依國際民航組織建議成立「跑道安全小組」，因應跑道入侵事件之危害。(1.18.1、2.5.5)
11. 桃園機場塔臺夜間之作業複雜度高於日間，夜班班機之尖峰航行密度或航管業務負荷與日間相似，但夜班由資歷較淺、經驗不足、未曾擔任雷達在職訓練教官之管制員權理協調員職務，負責整體業務，不符人力配置或運用之原則。(1.5.4、2.4.3)
12. 桃園機場部分跑道邊燈水泥手孔蓋承載強度不足以支撐事故航機荷重。(1.10.3.2、2.5.1)
13. 桃園機場跑道地帶內約有 186 座與事故受損相同的地下式消防栓人孔結構體，不符合「民用機場設計暨運作規範」之建議。(1.10.3.1、2.5.1)
14. 桃園機場戰備聯絡道道面與跑道地帶平整區之草地高度落差可能為造成該機爆胎的因素之一，該機場跑道地帶各區域銜接高度落差之整平程度可能有安全之潛在風險。(1.10.2.2、2.5.1)
15. 桃園機場 06/24 跑道地帶平整區南北兩側部份區域橫坡度降坡超出規範值。(1.10.2.1、2.5.1)
16. 桃園機場之跑道鋪面抗滑檢測僅採用 65 公里/小時之一種檢測速度，未能充分反應跑道鋪面抗滑能力。另道面摩擦係數檢測之實際執行與相關作業規定不符，顯示該機場作業規定未依實際狀況更新。(1.10.5、2.5.2、2.5.4)
17. 桃園機場尚未建立健全之跑滑道維護機制。(1.10.4、1.17.1、2.5.1、2.5.4)

## 其它發現

1. 駕駛員持有之證照及任務派遣，符合民航法規要求；事故前 72 小時內之作息正常，無證據顯示事故發生時曾受生理、心理、藥物或酒精之影響。(1.5、2.2)
2. 駕駛員抄收及後續發布之天氣情況符合「台北飛航情報區飛航指南」臺灣桃園國際機場—ILS RWY 24 儀器進場之天氣限制，亦符合該公司波音 747 型機側風落地限制，以及副駕駛員之落地天氣限制。(1.18.4.1、2.2.1)
3. 該機落地滾行時，應未遭遇動力水飄及膠融水飄。(1.10.6、2.2.3.2)
4. 桃園機場 06/24 跑道與其道肩之高度落差容易堆積塵土，提供植物生長的可能或造成板塊之鋪面損害。(1.10.2.2、2.5.1)
5. 桃園機場依據跑道現況採取巡場時人工目視跑道狀況之宣告機制，符合規範要求，惟若能定期施以平坦度檢測，則能提供相關單位參考以進行養護。(1.10.4.1、2.5.3)
6. 設置跑道鋪面之刮槽或刮痕，可強化鋪面排水功能及紋理深度，對於航機抗滑力應較即時宣告鋪面水深更有幫助。(1.10.6、2.5.3)
7. 桃園機場未依據「台灣桃園國際航空站設施及裝備維護作業規定」將鋪面狀況記錄、PCI 值調查及鋪面維護施工紀錄輸入「台灣桃園國際航空站鋪面板塊管理系統」，據此進行計畫性翻修及整建工程；該機場僅有一名維護人員，負責相關作業之稽核管理，難以負擔鋪面板塊管理系統所要求的繁複紀錄。(1.10.4.1、2.5.4)
8. 根據 AWOS 資料，該機於主輪著地至左機翼主輪偏出道面期間，其風向大致穩定為 350 度，風速變化介於 10 至 12 浬時，即此期間平均右側風及尾風分量分別為 10.5 浬/時及 2.1 浬/時，此階段未遭遇風切。(1.11.2、2.3.2)

## 飛安改善建議

### 致長榮航空公司

1. 檢討並加強駕駛員於側風、跑道濕滑情況下之落地訓練與考驗。  
(ASC-ASR-11-12-001)
2. 加強要求以確保駕駛員於航機超出穩定進場標準時，按規定使用標準呼叫，並執行重飛程序。(ASC-ASR-11-12-002)
3. 加強駕駛員組員合作訓練，及機長於不正常情況下接手操控之時機掌握，並要求駕駛員於操控責任交接時須以明確口令為之。(ASC-ASR-11-12-003)
4. 要求駕駛員當管制員詢問航空器是否脫離跑道時，應於全部航空器通過相關跑道等待位置後，方能報告管制員已脫離跑道，如無法確認機身是否完全脫離跑道，應回答「無法確定」。(ASC-ASR-11-12-004)

### 致交通部民用航空局

1. 督導長榮航空公司檢討並加強駕駛員於側風、跑道濕滑情況下落地訓練與考驗，並評估其成效，以避免類案再次發生。(ASC-ASR-11-12-005)
2. 督導長榮航空公司檢討並加強要求以確保駕駛員於航機超出穩定進場標準時，按規定使用標準呼叫，並執行重飛程序。(ASC-ASR-11-12-006)
3. 督導長榮航空公司檢討並加強駕駛員組員合作訓練，及機長於不正常情況下接手操控之時機掌握，並要求駕駛員於操控責任交接時須以明確口令為之。  
(ASC-ASR-11-12-007)
4. 督導長榮航空公司要求駕駛員當管制員詢問航空器是否脫離跑道時，應於全部航空器通過相關跑道等待位置後，方能報告管制員已脫離跑道，如無法確認機身是否完全脫離跑道，應回答「無法確定」。(ASC-ASR-11-12-008)

5. 加強督導飛航服務總臺檢討並落實現行之訓練及查核業務，確保飛航服務人員皆能遵循相關規定及程序以進行作業，以維飛航服務品質及飛航安全。  
(ASC-ASR-11-12-009)
6. 確保 LLWAS 系統發揮正常之功能，以及維持裝備維護之妥善率。  
(ASC-ASR-11-12-010)
7. 要求飛航服務總台改善現有 ASDE 系統功能，或於各個跑道等待位置前裝設額外之偵測裝備，以確定航空器起飛或落地之前跑道已淨空，並提供準確之跑道入侵警示。於改善完成前，應將目前 ASDE 系統作業上的限制列入考量，修改現行航管相關作業規定及技令，以因應實際之狀況。(ASC-ASR-11-12-011)
8. 考量國內法規納入國際民航組織「跑道入侵預防手冊」之各項建議，並督導各機場依該手冊建議措施，設置「跑道安全小組」強化防治跑道入侵功能並定期舉行會議，以降低跑道入侵事件之發生機率。(ASC-ASR-11-12-012)
9. 督導桃園機場公司，有關跑道地帶、道肩、周遭設施、鋪面抗滑及平坦度檢測等業務應以民航局「民用機場設計暨運作規範」標準及建議或相關法規辦理。  
(ASC-ASR-11-12-013)
10. 督導桃園機場公司加強跑滑道維護管理機制，並督導其強化相關組織與人力配當。(ASC-ASR-11-12-014)
11. 督導桃園機場，強化 06/24 跑道之鋪面排水功能及摩擦效能，如考量設置全鋪面之刮槽或刮痕。(ASC-ASR-11-12-015)

### 致桃園國際機場公司

1. 有關跑道地帶、道肩、周遭設施、鋪面抗滑及平坦度檢測等業務應以民航局「民用機場設計暨運作規範」標準及建議或相關法規辦理。(ASC-ASR-11-12-016)
2. 加強跑滑道維護管理機制，並強化相關組織與人力配當。(ASC-ASR-11-12-017)

3. 強化 06/24 跑道之鋪面排水功能及摩擦效能，如考量設置全鋪面之刮槽或刮痕。  
◦ (ASC-ASR-11-12-018)
4. 依據國際民航組織「跑道入侵預防手冊」之各項建議，設置「跑道安全小組」強化防治跑道入侵功能並定期舉行會議，以降低跑道入侵事件之發生機率。  
(ASC-ASR-11-12-019)

## 目 錄

摘要報告.....	I
目錄.....	IX
表目錄.....	XV
圖目錄.....	XVII
英文縮語對照表.....	XXI
第一章 事實資料.....	1
1.1 飛航經過.....	1
1.2 人員傷害.....	2
1.3 航空器受損.....	2
1.4 其它損害情況.....	2
1.5 人員資料.....	3
1.5.1 駕駛員.....	3
1.5.1.1 正駕駛員.....	4
1.5.1.2 副駕駛員.....	4
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動.....	5
1.5.2.1 正駕駛員.....	5
1.5.2.2 副駕駛員.....	5
1.5.3 管制員及氣象觀測員.....	5
1.6 航空器資料.....	7
1.6.1 飛機資料.....	7
1.6.2 發動機資料.....	7
1.6.3 維修資料.....	8
1.6.4 主輪輪胎胎壓量測.....	8
1.6.5 起落架故障及警告裝置.....	9
1.6.5.1 中央維修電腦故障訊息.....	9

1.6.5.2	FDR/ QAR 有關起落架警告訊息 .....	10
1.6.5.3	接近開關電子單元 .....	11
1.7	天氣資訊 .....	12
1.7.1	天氣概述 .....	12
1.7.2	地面天氣觀測 .....	14
1.7.3	風切警訊 .....	16
1.8	助、導航設施 .....	17
1.9	通信 .....	18
1.10	機場 .....	18
1.10.1	機場空側基本資料 .....	18
1.10.2	跑道地帶平整區 .....	21
1.10.2.1	跑道地帶高程 .....	21
1.10.2.2	銜接道面 .....	21
1.10.3	跑道地帶物體 .....	22
1.10.3.1	地下式消防栓及其他人孔結構 .....	22
1.10.3.2	手孔 .....	23
1.10.4	跑道地帶狀況 .....	24
1.10.4.1	巡場檢查 .....	24
1.10.5	跑道摩擦係數檢測 .....	26
1.10.6	水飄種類及特性 .....	28
1.11	飛航紀錄器 .....	31
1.11.1	座艙語音紀錄器 .....	31
1.11.2	飛航資料紀錄器 .....	32
1.11.3	QAR 飛航資料 .....	39
1.11.4	航管雷達資料 .....	39
1.12	航空器機身損傷與撞擊資料 .....	47

---

1.12.1	航空器機身損傷資料.....	47
1.12.1.1	襟翼、副翼及襟翼滑軌整流罩損傷.....	47
1.12.1.2	機翼起落架損傷.....	50
1.12.2	撞擊資料.....	51
1.12.2.1	遺留於跑道之碎片.....	51
1.12.2.2	地面量測.....	54
1.13	醫學與病理.....	62
1.14	火災.....	62
1.15	生還因素.....	62
1.16	測試與研究.....	62
1.17	組織與管理.....	62
1.17.1	機場鋪面板塊管理系統.....	62
1.17.2	跑道鋪面摩擦阻力檢測及維護作業規定.....	64
1.18	其他資料.....	66
1.18.1	國內機場跑道入侵紀錄.....	66
1.18.2	煞車控制系統簡介.....	66
1.18.2.1	煞車系統控制單元.....	66
1.18.2.2	煞車扭力控制系統.....	68
1.18.3	人員訪談.....	69
1.18.3.1	正駕駛員.....	69
1.18.3.2	副駕駛員.....	71
1.18.3.3	臺北機場管制臺機場管制席 1.....	73
1.18.3.4	臺北機場管制臺機場管制席 2.....	74
1.18.3.5	臺北機場管制臺地面管制席.....	75
1.18.3.6	臺北機場管制臺許可頒發席兼飛航資料席.....	76
1.18.3.7	桃園航空氣象臺天氣觀測席.....	76

1.18.4	飛航操作相關規定與手冊內容.....	76
1.18.4.1	進場落地限制.....	76
1.18.4.2	穩定進場及重飛.....	78
1.18.4.3	平飄及著陸操作.....	81
1.18.4.4	濕滑跑道落地操作.....	82
1.18.4.5	側風落地技巧.....	84
1.18.4.6	反推力與側風.....	86
1.18.4.7	操控責任交接.....	88
1.18.4.8	跑道情況之定義.....	89
第二章	分析.....	91
2.1	天氣.....	91
2.2	飛航操作.....	91
2.2.1	進場落地階段天氣影響及相關規定與限制.....	94
2.2.2	落地前操作.....	94
2.2.2.1	進場速度.....	94
2.2.2.2	著陸點位置.....	95
2.2.2.3	進場軌跡與著陸姿態.....	97
2.2.3	落地後操作.....	97
2.2.3.1	反推力器之可能影響.....	98
2.2.3.2	自動煞車延遲作動之可能原因分析.....	98
2.2.4	偏出道面之可能原因.....	101
2.2.5	機長接手時機與重飛決策下達.....	102
2.3	CVR 聲響及減速效能分析.....	103
2.3.1	CVR 聲響分析.....	103
2.3.2	最後進場階段之風場及飛航軌跡偏移分析.....	106
2.4	飛航服務.....	112

2.4.1	低空風切警示與天氣資訊之提供.....	112
2.4.1.1	低空風切預警系統警示與相關作業.....	112
2.4.1.2	天氣資訊之提供.....	113
2.4.2	機場場面偵測設備與跑道入侵.....	114
2.4.2.1	跑道入侵事件.....	115
2.4.2.2	航空器位置與脫離跑道之判斷.....	115
2.4.2.3	機場場面偵測設備之功能與跑道入侵警示.....	116
2.4.3	臺北機場管制臺夜班人員配置.....	118
2.5	機場管理.....	119
2.5.1	道肩及跑道地帶之整平.....	119
2.5.2	跑道鋪面抗滑檢測.....	122
2.5.3	跑道鋪面平坦度檢測.....	123
2.5.4	機場維護管理.....	124
2.5.5	跑道安全管理.....	125
2.6	起落架相關系統故障分析.....	126
2.6.1	故障發生時間.....	126
2.6.2	故障及警告訊息致動原因.....	127
2.6.3	煞車系統控制單元測試分析.....	127
第三章	結論.....	129
3.1	與可能肇因有關之調查發現.....	129
3.2	與風險有關之調查發現.....	129
3.3	其它發現.....	131
第四章	飛安改善建議.....	133
4.1	改善建議.....	133
附錄一	無線電通訊錄音抄件.....	137
附錄二	平面通訊錄音抄件.....	143

附錄三	BR701 座艙語音紀錄器抄件 .....	147
附錄四	事故班機之時間同步參考表 .....	151
附錄五	FDR 飛航參數列表 .....	153
附錄六	BSCU 下載資料 .....	157
附錄七	HYDRO-AIRE 公司檢查修理報告 .....	161
附錄八	長榮航空公司意見陳述 .....	163
附件清單	.....	179

## 表目錄

表 1.5-1	駕駛員基本資料表.....	4
表 1.5-2	4 位相關管制員及 1 位氣象觀測員基本資料及事故前 72 小時之活動 ..	6
表 1.6-1	航空器基本資料.....	7
表 1.6-2	發動機基本資料.....	8
表 1.6-3	胎壓檢查資料.....	9
表 1.7-1	06/24 跑道 AWOS 之即時風向風速資料（度、浬/時） .....	15
表 1.7-2	AWOS 06/24 之 1 小時累積雨量資料（公釐） .....	16
表 1.7-3	桃園國際機場低空風切警告系統之風切警示.....	17
表 1.10-1	民國 99 年 8 月 8 日摩擦係數檢測值.....	27
表 1.10-2	民國 99 年 9 月 2 日摩擦係數檢測值.....	28
表 1.10-3	水飄種類及特性表.....	29
表 1.12-1	胎痕與輪胎碎片 .....	55
表 2.2-1	最後進場階段至落地期間，飛航資料紀錄器之各項參數及地面天氣 觀測資料.....	92
表 2.2-2	主輪著陸至偏出邊線期間之主輪煞車扭力值.....	98
表 2.3-1	06/24 跑道 AWOS 之即時風向風速資料（度、浬/時） .....	108

本頁空白

## 圖目錄

圖 1.4-1	損害設施圖.....	3
圖 1.6-1	中央維修電腦下載紀錄.....	10
圖 1.7-1	9月2日2200時紅外線衛星雲圖.....	13
圖 1.7-2	2130時氣象局都卜勒氣象雷達回波圖.....	13
圖 1.7-3	06/24跑道之地面自動氣象觀測系統位置.....	15
圖 1.10-1	06/24跑道防滑溝槽分布區.....	19
圖 1.10-2	桃園國際機場機場圖.....	20
圖 1.10-3	06/24跑道安全區圖.....	21
圖 1.10-4	戰備聯絡道與跑道地帶平整區草地之高度落差.....	22
圖 1.10-5	06/24跑道、道肩及跑道地帶.....	22
圖 1.10-6	地下式消防栓結構圖.....	23
圖 1.10-7	跑道地帶內之手孔與道面高度差圖.....	24
圖 1.10-8	地下式消防栓水泥結構周圍土壤凹陷.....	24
圖 1.10-9	輪胎及鋪面接觸區.....	30
圖 1.11-1	BR701 事故航班之完整基本 FDR 參數繪圖 (UTC 1214 ~ 1403) .....	40
圖 1.11-2	BR701 於最後進場至著陸期間之 FDR 及 QAR 相關參數繪圖 (UTC 1336:40 ~ 1337:40) .....	40
圖 1.11-3	BR701 於最後進場至航機停止期間之 FDR 及 QAR 相關參數繪圖 (UTC 1336:40 ~ 1339:05) .....	41
圖 1.11-4	BR701 於 RALT 200 呎以下至航機停止期間之 FDR 及 QAR 相關 參數繪圖 (UTC 1337:05~ 1339:05) .....	41
圖 1.11-5	BR701 於氣壓高度 6,000 呎以下至著陸期間之飛航軌跡與次級雷 達航跡套疊圖.....	42
圖 1.11-6	BR701 於氣壓高度 2,000 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、次級雷	

	達航跡與地面輪胎軌跡套疊圖 .....	43
圖 1.11-7	BR701 於 RALT 250 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、ASDE 航跡 與地面輪胎軌跡套疊圖 (圖上標記為 RCTP ASDE 錄像原始時間) .....	44
圖 1.11-8	BR701 於 RALT 500 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、CVR 抄件與 地面輪胎軌跡套疊圖 (圖上標記 FDR UTC 時間) .....	45
圖 1.12-1	左翼內側襟翼及副翼位置 .....	47
圖 1.12-2	變形之左翼內側前襟翼 (仰視) .....	48
圖 1.12-3	變形及裂傷之左翼內側副翼 (仰視) .....	48
圖 1.12-4	左襟翼滑軌整流罩位置 .....	49
圖 1.12-5	3 號襟翼滑軌整流罩損傷 .....	49
圖 1.12-6	損壞輪胎位置及編號 .....	50
圖 1.12-7	破損之左機翼起落架輪胎 .....	50
圖 1.12-8	輪胎碎片分佈示意圖 .....	52
圖 1.12-9	測量點 “7” 現場照片 (距 24 跑道端 6,575 呎) .....	53
圖 1.12-10	跑道邊燈及水泥碎片 (距 24 跑道端 6,160 呎) .....	53
圖 1.12-11	道面遺留之破裂輪胎碎片 (距 24 跑道端 7,185 呎) .....	54
圖 1.12-12	BR701 事故現場之地面胎痕套疊圖 .....	55
圖 1.12-13	胎痕起始點 (距 24 跑道端 3,800 呎) .....	56
圖 1.12-14	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,370 呎) .....	57
圖 1.12-15	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,450 呎) .....	57
圖 1.12-16	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,755 呎) .....	58
圖 1.12-17	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,870 呎) .....	58
圖 1.12-18	24 跑道 5 千呎牌損害情形 .....	59
圖 1.12-19	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 6,365~6,575 呎) .....	59
圖 1.12-20	胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 6,480~6,560 呎) .....	60

---

圖 1.12-21	胎痕及輪胎碎片狀分佈狀況（距 24 跑道端 6,780 呎）	60
圖 1.12-22	24 跑道與滑行道 S2 轉彎處之胎痕及鋪面刮痕狀況	61
圖 1.12-23	該機停止時尚未完全脫離跑道區域	61
圖 1.18-1	主輪防滑系統圖	68
圖 2.2-1	無線電高度 1,000 呎至主輪著陸期間之空速變化	95
圖 2.2-2	無線電高度 52 呎至主輪著陸期間之高度曲線圖	96
圖 2.3-1	BR701 CVR 頻譜分析結果圖(1)（圖中時間為 UTC）	105
圖 2.3-2	BR701 CVR 頻譜分析結果圖(2)（圖中時間為 UTC）	105
圖 2.3-3	BR701 RA 500 呎以下至主輪著地期間之風場及風切危害因子 （F factor）變化圖	107
圖 2.3-4	BR701 班機相關飛航參數、風場分析及飛航軌跡套疊圖	110
圖 2.4-1	BR701 初級雷達回波、多點定位之方塊符號，以及跑道等待位置 標線	117

本頁空白

## 英文縮語對照表

英文縮寫	英文全文	中文
AAD	Alphanumeric Alarm Display	文數字告警顯示器
AFM	Airplane Flight Manual	飛行手冊
ANWS	Air Navigation and Weather Services	導航與氣象服務
AMM	Aircraft Maintenance Manual	飛機維修手冊
ASDE	Airport Surface Detection Equipment	機場場面偵測設備
ATC	Air Traffic Control	航管
ATIS	Automatic Terminal Information Services	終端資料廣播服務
AWOS	Automatic Weather Observation System	地面自動氣象觀測系統
BSCU	Brake System Control Unit	煞車系統控制單元
BTCS	Brake Torque Control System	煞車扭力控制系統
CCP	Control Column Position	駕駛桿位置
CMC	Central Maintenance Computer	中央維修電腦
CVR	Cockpit Voice Recorder	座艙語音紀錄器
EICAS	Engine Indicating and Crew Alert System	引擎指示與組員警告系統
FAA	Federal Aviation Administration	美國聯邦航空總署
FCOM	Flight Crew Operation Manual	飛航組員操作手冊
FCTM	Flight Crew Training Manual	飛航組員訓練手冊
FDR	Flight Data Recorder	飛航資料紀錄器
FOM	Flight Operation Manual	航務手冊
GE	General Electric Company	奇異公司
GS	Glide Slope	下滑道
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
IFTA	International Flight Training Academy	國際飛行訓練學院
ILS	Instrument Landing System	儀降系統
LLWAS	Low Level Wind Shear Alert System	低空風切警告系統
LLZ	Localizer	左右定位臺
LT	Local Time	當地時間
METAR		機場例行天氣報告
MLAT	Multilateration	多點定位系統
NVM	Non Volatile Memory	非揮發性記憶體
PF	Pilot Flying	操控駕駛員
PM	Pilot Monitoring	監控駕駛員
PCI	Pavement Condition Index	鋪面狀況指標

PSEU	Proximity Switch Electronic Unit	接近開關電子單元
SIGMET	Significant Meteorological Information	顯著危害天氣資料
SMR	Surface Movement Radar	機場場面雷達
SPECI		機場特別天氣報告
RALT	Radio Altimeter	無線電高度表

# 第一章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 99 年 9 月 2 日，長榮航空公司（以下簡稱長榮）定期載客班機 BR701，機型 B747-400 客機，國籍標誌及登記號碼 B-16410，2027 時<sup>2</sup>由上海浦東國際機場起飛，2137 時於桃園國際機場（以下簡稱桃園機場）24 跑道落地。機上載有駕駛員 2 人、客艙組員 14 人及乘客 281 人，由正駕駛員坐於左座擔任監控駕駛員（Pilot Monitoring, PM），副駕駛員坐於右座擔任操控駕駛員（Pilot Flying, PF）。

依據天氣資料及駕駛員訪談紀錄，該機進場落地時，桃園機場有陣雨發生，道面可能為濕滑情形；主輪著陸前 10 秒至著陸後 16 秒期間，地面自動氣象觀測系統紀錄之風向介於 290 至 360 度，即右側風，風速介於 3 至 13 浬/時。

依據飛航資料紀錄器及現場量測資料，副駕駛員於下降通過無線電高度 1,000 呎時，解除自動駕駛及自動油門以手飛方式操控落地。主輪著陸時，機身左傾 4.4 度，航機前進軌跡與跑道中心線成向左約 2.6 度之夾角。主輪著陸後，左翼主輪曾向左偏出跑道鋪面，進入道肩及草地後重回跑道鋪面內，最終由 S2 滑行道脫離跑道並停止於該滑行道上請求地面協助，當時機尾仍有部分位於跑道等待位置標線內側，未完全脫離跑道。

BR701 班機落地後，桃園機場塔臺機場管制席許可緊隨進場之立榮 188 班機（747-400 型機）於 24 跑道落地，地面管制席曾詢問 BR701 駕駛員是否脫離跑道，駕駛員答覆「affirm」（肯定的、是的），故立榮 188 班機於 2140 時落地。由於 BR701 班機機尾未完全脫離跑道，因而發生跑道入侵事件。

現場檢視發現，該機左翼起落架及輪艙留有青草，第 1、第 3 及第 4 號輪胎破損，左機身起落架、左翼內側襟翼、副翼、襟翼滑軌整流罩、機身蒙皮及水平

---

<sup>2</sup> 本報告時間均採用台北時間，採 24 小時制，與上海同一時區。

安定面翼前緣皆有損傷痕跡。06/24 跑道上 5 盞跑道邊燈損毀及一個千呎牌牌面掉落。機上人員經由扶梯車下機，無人員受傷。

## 1.2 人員傷害

無。

## 1.3 航空器受損

該機無實質之損害。

## 1.4 其它損害情況

24 跑道左側邊燈燈具 5 盞受損，編號 R24、R25、R27、R28、R29，廠牌 Crouse-Hinds，符合 FAA AC150/5345-46 要求，具易斷接合設計；跑道邊燈旁手孔水泥蓋 4 處遭損毀（編號 R26、R27、R28、R29），水泥碎塊散落四周；距 24 跑道頭 1,820 公尺處之千呎牌一具，2 牌面掉落，其下角部分破損，該千呎牌廠牌 O.C.E.M.，符合 FAA AC150/5345-44 要求，具易斷接合設計；2 座地下式消防給水人孔蓋（編號 131、132）水泥結構剝落，相關照片，參考圖 1.4-1 所示。



圖 1.4-1 損害設施圖

## 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	57	31
進入公司日期	民國 83 年 9 月	民國 94 年 9 月
航空人員類別	ATPL – AEROPLANE	CPL – AEROPLANE
檢定證號	1016xx	3026xx
檢定證項目	B747-400	B747-400 F/O
發證日期	99 年 5 月 1 日	96 年 12 月 27 日
到期日期	104 年 4 月 30 日	101 年 12 月 26 日
體格檢查種類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
終止日期	99 年 9 月 30 日	100 年 05 月 31 日
總飛航時間	16,665 小時 34 分	2,546 小時 55 分
最近 12 個月飛航時間	947 小時 31 分	903 小時 29 分
最近 90 日內飛航時間	279 小時 54 分	253 小時 55 分
最近 30 日內飛航時間	70 小時 41 分	75 小時 14 分
最近 7 日內飛航時間	20 小時 32 分	19 小時 01 分
B747-400 飛航時間	5,483 小時 46 分	2,245 小時 55 分
事故日已飛時間	4 小時 38 分	4 小時 38 分
事故前休息時間	13 小時以上	13 小時以上
附註：本資料時間皆以事故發生日（99 年 9 月 2 日）為準。		

### 1.5.1.1 正駕駛員

中華民國籍，民國 83 年 9 月 12 日進入長榮。93 年 6 月完成機種轉換訓練擔任 B747-400 型機正駕駛員。B747-400 型機飛航時間 5,483 小時，總飛航時間 16,665 小時。最近 3 年之各類訓練及考驗無不正常紀錄。

依民航局核予正駕駛員之航空人員體格檢查及格證，其體格標準為甲類體位，「限制」欄內有一缺點免計事項。

### 1.5.1.2 副駕駛員

中華民國籍，於民國 94 年 9 月 22 日進入長榮。97 年 3 月完訓擔任 B747-400 型機副駕駛員，B747-400 型機飛航時間 2,245 小時，總飛航時間 2,546 小時。最近 3 年之各類訓練及考驗無不正常紀錄。

依民航局核予副駕駛員之航空人員體格檢查及格證，其體格標準為甲類體位，「限制」欄內註記事項有「視力需戴眼鏡矯正」。

## 1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

### 1.5.2.1 正駕駛員

民國 99 年 8 月 30 日休假。8 月 31 日在家待命，作息正常。9 月 1 日搭乘 BR 901 夜宿高雄。

9 月 2 日 1636 時，執行 BR 706 班機飛行任務，由高雄飛往上海，正駕駛員擔任機長及操控駕駛員，1843 時落地。2027 時，執行 BR 701 班機飛行任務，由上海飛往桃園，正駕駛員擔任監控駕駛員，2137 時落地。

### 1.5.2.2 副駕駛員

民國 99 年 8 月 30 日及 31 日休假。9 月 1 日搭乘 BR 901 夜宿高雄。

9 月 2 日 1636 時，執行 BR 706 班機飛行任務，由高雄飛往上海，副駕駛員擔任監控駕駛員，1843 時落地。2027 時，執行 BR 701 班機飛行任務，由上海飛往桃園，副駕駛員擔任操控駕駛員，2137 時落地。

## 1.5.3 管制員及氣象觀測員

相關之臺北機場管制臺<sup>3</sup>管制員及桃園航空氣象臺氣象觀測員基本資料及事故前 72 小時之活動如表 1.5-2。

---

<sup>3</sup> 「臺北機場管制臺」為桃園國際機場塔臺之正式名稱。

表 1.5-2 4 位相關管制員及 1 位氣象觀測員基本資料及事故前 72 小時之活動

人員	資歷	事故前 72 小時活動
臺北機場管制臺機場管制席 1	民國 97 年 12 月取得管制員資格。	8 月 30 日：1800 時至隔日 0600 時執行管制席之任務。 8 月 31 日：1900 時至隔日 0800 時執行管制席之任務。 9 月 1 日：休假。 9 月 2 日：1830 時至隔日 0730 時執行管制席之任務。
臺北機場管制臺機場管制席 2	民國 98 年 12 月取得管制員資格。	8 月 30 日：1900 時至隔日 0800 時執行管制席之任務。 8 月 31 日：休假。 9 月 1 日：休假。 9 月 2 日：1800 時至隔日 0600 時執行管制席之任務。
臺北機場管制臺地面管制席	民國 98 年 12 月取得管制員資格。	8 月 30 日：休假。 8 月 31 日：休假。 9 月 1 日：休假。 9 月 2 日：1900 時至隔日 0900 時執行管制席之任務。
臺北機場管制臺許可頒發席兼飛航資料席	民國 98 年 12 月取得管制員資格。	8 月 30 日：1830 時至隔日 0730 時執行管制席之任務。 8 月 31 日：休假。 9 月 1 日：1830 時至隔日 0730 時執行管制席之任務。 9 月 2 日：1900 時至隔日 0900 時執行管制席之任務。
桃園航空氣象臺氣象觀測席	民國 98 年 4 月取得氣象觀測員資格。	8 月 30 日：0800 時至 1400 時執行氣象觀測席之任務。 8 月 31 日：0800 時至 2000 時執行氣象觀測席之任務。 9 月 1 日：休假。 9 月 2 日：2000 時至隔日 0800 時執行氣象觀測席之任務。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 飛機資料

該機基本資料詳表 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 99 年 9 月 2 日)	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-16410
機型	B747-400
製造廠商	The Boeing Company
出廠序號	29061
出廠日期	民國 86 年 12 月 11 日
接收日期	民國 87 年 1 月 19 日
所有人	長榮航空公司
使用人	長榮航空公司
國籍登記證書編號	87-695
適航證書編號	99-01-008
適航證書生效日期	民國 99 年 1 月 16 日
適航證書有效期限	民國 100 年 1 月 15 日
航空器總使用時數	59,769 小時 53 分
航空器總落地次數	9,030 次
上次定檢種類及日期	C10 CHECK/民國 98 年 4 月 7 日
上次定檢後使用時數	5,787 小時 14 分
上次定檢後落地次數	281 次
最大起飛重量	394,625 公斤

### 1.6.2 發動機資料

該機裝有四具奇異公司 (General Electric Company) 生產之 CF6-80C2B1F 型發動機，該型發動機採“視情況檢修 (on condition maintenance)”方式執行維修，冷、熱段轉動件則以使用週期 (cycle) 管制零件使用壽限，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 99 年 9 月 2 日)				
製造廠商	General Electric Company			
編號/位置	No. 1/左	No. 2/左	No. 3/右	No. 4/右
型別	CF680C2B1F	CF680C2B1F	CF680C2B1F	CF680C2B1F
序號	702952	702923	702485	706476
製造日期	民國 82 年 7 月 26 日	民國 82 年 4 月 24 日	民國 80 年 5 月 7 日	民國 91 年 5 月 30 日
接收日期	民國 87 年 10 月 7 日	民國 82 年 6 月 15 日	民國 80 年 5 月 30 日	民國 91 年 7 月 12 日
上次翻修後使用時間	3,764 小時 53 分	1,570 小時 30 分	410 小時 39 分	11,275 小時 02 分
上次翻修後使用週期	868 週期	364 週期	106 週期	2,134 週期
總使用時間	61,904 小時 58 分	64,407 小時 34 分	74,420 小時 07 分	38,902 小時 10 分
總使用週期	12,240 週期	14,664 週期	14,088 週期	6,872 週期

### 1.6.3 維修資料

查閱該機於事故發生前一個月內之維修紀錄，無異常登錄；事故發生前一個月內之每日檢查、飛行前檢查及過境檢查亦無異常登錄；該機受影響之適航指令均依規定時限管制及執行。

### 1.6.4 主輪輪胎胎壓量測

依據長榮公司 747 機型飛機維修手冊<sup>4</sup>12-15-06 page 309 之圖 302，主輪輪胎最大胎壓限制值為 213 磅/平方吋 (pound/inch<sup>2</sup>, PSI)，輪胎在該胎壓適用各種飛機總重；依長榮公司 B747-400 機型每日檢查卡所列操作胎壓範圍，主輪之輪胎胎壓介於 200 至 205 PSI 之間，同軸輪胎（如 1、2 號左翼主輪）胎壓之間差異必須小於 5 PSI。

依據長榮公司 B747-400 機型每日檢查卡第 5 頁檢查項目，若飛機地停時間超

<sup>4</sup> 本報告所述飛機維修手冊為 Aircraft Maintenance Manual, AMM, Revision No. 69, Jul 15, 2010.

過 4 小時須執行飛機輪胎胎壓檢查，另依據長榮公司 B747-400 機型過境檢查卡，若飛機過境地停時間超過 2 小時亦須執行相同檢查；該機事故前最近一次胎壓檢查於美國洛杉磯機場過境檢查時執行，執行時間為台灣時間民國 99 年 9 月 1 日 0510 時，檢查結果詳表 1.6-3。

表 1.6-3 胎壓檢查資料

主輪編號	胎壓 (PSI)						
1	210	2	208	13	208	14	210
3	206	4	206	15	206	16	204
5	206	6	204	9	206	10	206
7	208	8	210	11	210	12	208

## 1.6.5 起落架故障及警告裝置

起落架系統包含兩組機身起落架、兩組機翼起落架及一組鼻輪起落架，用以支撐飛機於地停或滑行時之機身重量，各組起落架系統均包含起落架收放系統、主輪及煞車、起落架及艙門指示及警告系統、以及起落架控制系統。

本次事故航機偏離道面所導致之起落架故障及警告訊息分別記錄於中央維修電腦，以及飛航資料紀錄器 (Flight Data Recorder, FDR)、快速資料紀錄器 (Quick Access Recorder, QAR)；與本次事故相關之起落架故障監控裝置計有接近開關電子單元 (Proximity Switch Electronics Unit, PSEU)，以及煞車系統控制單元 (Brake System Control Unit, BSCU)。

### 1.6.5.1 中央維修電腦故障訊息

查閱該機於事故發生日之中央維修電腦下載紀錄，發現該機於機身起落架及機翼起落架主輪觸地後，發生左翼起落架放下到定位之主感測器/線路及備用感測器/線路故障之持續失效訊息 (如圖 1.6-1 標示紅框項目，CMC 時間為 13:37<sup>5</sup>)，

<sup>5</sup> CMC 記錄時間為「UTC 時間」，台北時間=UTC 時間+8 小時。

7 號煞車防滑換能器失效訊息（如圖 1.6-1 標示藍框項目，CMC 時間為 13:38），上述三項失效訊息均發生於飛機降落減速滾行（rolling）階段；以及 4 號煞車扭力感測器間歇性失效訊息（如圖 1.6-1 最下方列項目，CMC 時間為 13:39），該項間歇性失效訊息發生於飛機完成降落後於跑道道面滑行（taxiing）階段。

B16410	EVA701	09/02 13:37	32782	32	61	RO	H	A	L WING GEAR DOWN ALT PROX SWITCH SENSOR/WIRE FAIL(PSEU)
B16410	EVA701	09/02 13:38	32420500	32	42			A	AUTOBRAKES C
B16410	EVA701	09/02 13:38	32421800	32	42			A	AUTOBRAKES S
B16410	EVA701	09/02 13:38	32206	32	42	RO	H	A	ANTISKID TRANSDUCER-7 FAIL (BSCU)
B16410	EVA701	09/02 13:38	32420100	32	42			A	ANTISKID C
B16410	EVA701	09/02 13:37	32742	32	61	RO	H	A	L WING GEAR DOWN PRIMARY PROX SWITCH SENSOR/WIRE FAIL(PSEU)
B16410	EVA701	09/02 13:38	32420200	32	42			A	ANTISKID S
B16410	EVA701	09/02 13:37	32310100	32	31			A	GEAR DISAGREE B
B16410	EVA701	09/02 13:39	32420800	32	42				BRAKE LIMITER S
B16410	EVA701	09/02 13:39	32245	32	42	TI	I		BRAKE TORQUE SENSOR-4 FAIL (BSCU)

圖 1.6-1 中央維修電腦下載紀錄

### 1.6.5.2 FDR/ QAR 有關起落架警告訊息

依據 FDR 及 QAR 解讀資料，與起落架相關之警告訊息摘錄如下：

- 依據 FDR 該機落地期間共有兩次訊息致動（一次為 Master Warning，一次為 Master Caution），主警告訊息於 1337:46 開始致動，至 1337:54 停止，持續時間 8 秒。
- 依據 FDR 該機於 1337:47 時開始記錄起落架外型警告（Landing Gear Configuration Warning）訊息至關車止（1403:15），該項訊息每 4 秒記錄一筆。
- 依據 FDR 該機於 1338:17 時開始記錄起落架不一致（Landing Gear Disagree）訊息至關車止。

當飛機在進場降落時，若襟翼設定在降落位置且起落架不在放下且鎖定狀態，起落架外型警告將被致動，同時伴隨主警告燈亮、警告音響以及“Config Gear”之 EICAS 訊息，其中主警告燈亮可藉按下主警告燈重置開關後熄滅。

依據長榮公司 747 機型飛機維修手冊 32-09-00 page 8，出現起落架不一致之

EICAS 訊息時說明：

- 主要及備份系統同時顯示任一組起落架位置與起落架控制手柄位置不一致；
- 所有起落架不在收回位置；
- 所有起落架不在放下位置。

維修手冊原文內容如下：

*(a) The GEAR DISAGREE message tells that:*

- *The primary and alternate systems both show that any gear does not agree with landing gear position lever*
- *All gears are not up*
- *All gears are not down.*

### 1.6.5.3 接近開關電子單元

起落架多用途系統/元件 (landing gear multiple use/component) 可用以提供相關起落架及其他機載系統資料數據，該多用途系統包含空中/地面繼電器組 (air/ground relays) 及 PSEU，其中 PSEU 具內建測試裝備，可持續監控 PSEU 之輸入訊號、內部附件、及 PSEU 電路板等，將不正常訊息經由繼電器組傳送並記錄於 CMC。

PSEU 失效分為兩類：線修相關失效 (line relevant failures) 以及廠修相關失效 (shop relevant failures)，當有失效狀況發生時，PSEU 內建測試功能會指出失效部位之附件或零件供故障排除參考；依據長榮公司 747 機型飛機維修手冊 32-09-00 page 6，線修相關失效項目計有：

- 感測器及相關線路；

- 個別的輸入；
- ARINC 429 接收器；
- 失效之 PSEU。

維修手冊原文內容如下：

*Line relevant failures are failures which need work by line technicians. Line relevant failures are as follows:*

- *Sensors and related wiring*
- *Discrete inputs*
- *ARINC 429 receiver*
- *Failed PSEU.*

## 1.7 天氣資訊

### 1.7.1 天氣概述

輕度颱風萊羅克 (LIONROCK) 於 9 月 2 日 0700 時由金門西南方進入福建，以 17 公里/小時速度，向西北西轉西方移動，1400 時強度減弱且暴風圈縮小，中央氣象局解除台灣海峽之海上颱風警報；2000 時減弱為熱帶性低氣壓。事故當時台灣受此熱帶性低氣壓外圍環流影響，局部地區有大雨。9 月 2 日 2200 時紅外線衛星雲圖如圖 1.7-1、2130 時氣象局都卜勒氣象雷達回波圖如圖 1.7-2；桃園國際機場都卜勒氣象雷達故障待修，無資料。

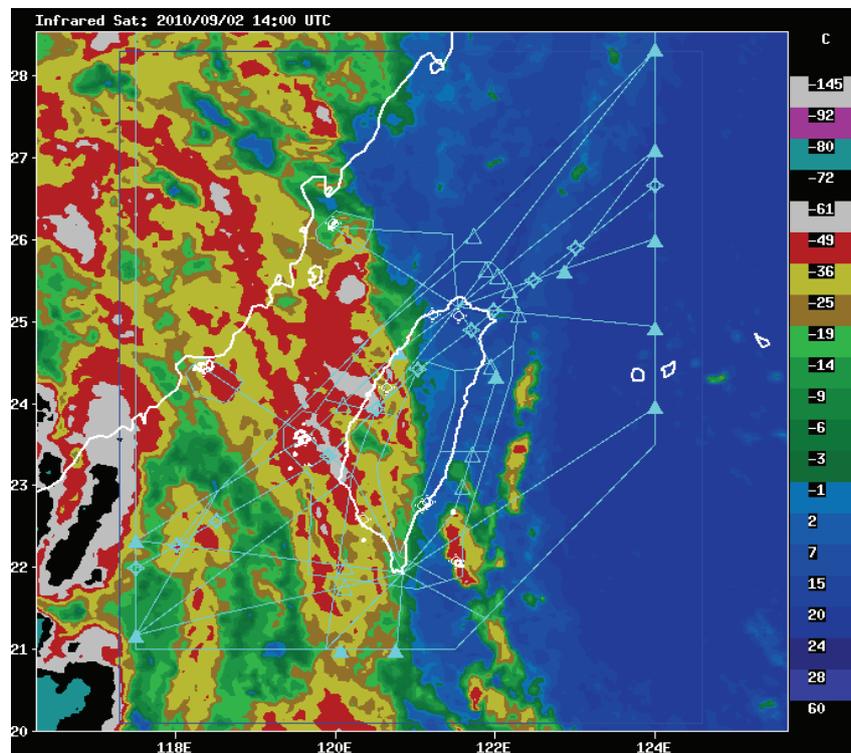


圖 1.7-1 9月2日 2200時紅外線衛星雲圖

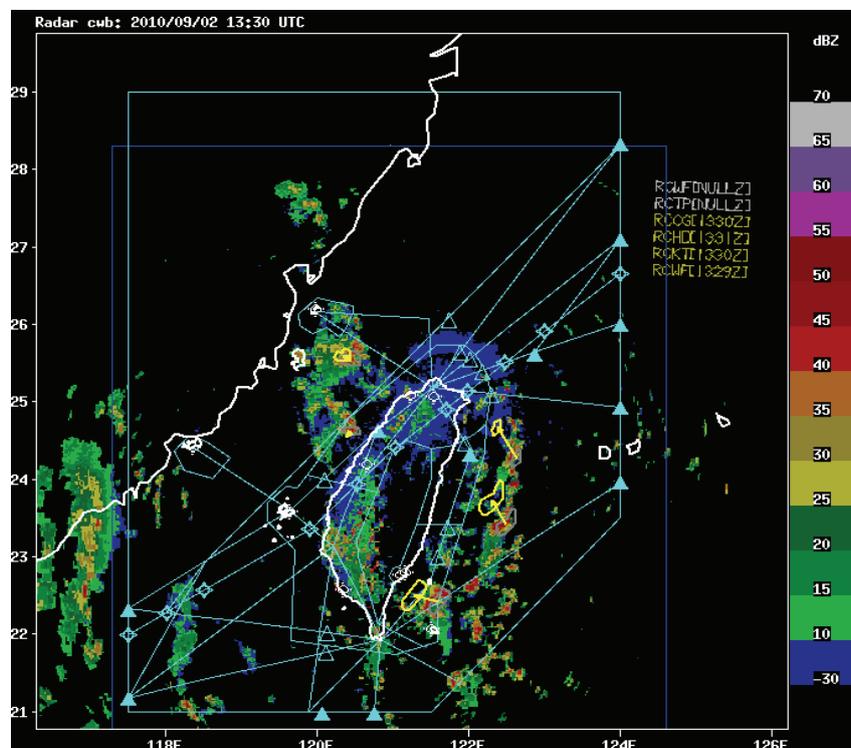


圖 1.7-2 2130時氣象局都卜勒氣象雷達回波圖

台北航空氣象中心曾發布以下之顯著危害天氣資訊（Significant Meteorological Information，簡稱 SIGMET）：

SIGMET 4：自 9 月 2 日 0001UTC 以來發布臺北飛航情報區第 4 份顯著危害天氣電報，有效時期自 9 月 2 日 1800 時至 2200 時；1800 時觀測並預測有雷暴於北緯 25 度 24 分以南，雲頂高度高於 FL450，以 5 哩/時的速度向西北方移動，強度減弱。

### 1.7.2 地面天氣觀測

桃園國際機場之地面天氣觀測紀錄如下：

2100 時：風向 230 度，風速 6 哩/時，風向變動範圍 200 度至 280 度；能見度 7,000 公尺；小陣雨；疏雲 500 呎、裂雲 1,000 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 27°C，露點 26°C；高度表撥定值 1009 百帕；趨勢預報—無顯著天氣變化；附註—降雨量 0.60 公釐。(ATIS<sup>6</sup> H)

2118 時：風向 210 度，風速 5 哩/時，風向變動範圍 120 度至 240 度；能見度 5,000 公尺；小陣雨；疏雲 400 呎、裂雲 800 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 27°C，露點 26°C；高度表撥定值 1009 百帕。(ATIS I)

2130 時：風向 130 度，風速 6 哩/時，風向變動範圍 080 度至 210 度；能見度 3,000 公尺；陣雨；疏雲 300 呎、裂雲 600 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 27°C，露點 26°C；高度表撥定值 1009 百帕；補充資料—24 跑道風切。(ATIS J)

2138 時：風向不定，風速 6 哩/時；能見度 2,500 公尺；大陣雨；疏雲 200 呎、裂雲 600 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 27°C，露點 26°C；高度表撥定值 1009 百帕；補充資料—24 跑道風切。(ATIS K、L)

---

<sup>6</sup> 終端資料自動廣播服務（Automatic Terminal Information Service）。

2200 時：風向 270 度，風速 7 浬/時；能見度 2,200 公尺；大陣雨；疏雲 300 呎、裂雲 600 呎、積雨雲稀雲 1,500 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 27°C，露點 26°C；高度表撥定值 1009 百帕；補充資料—24 跑道風切；趨勢預報—無顯著天氣變化；附註—積雨雲在北方；降雨量 25.60 公釐。(ATIS M)

桃園國際機場地面自動氣象觀測系統 (Automated Weather Observation Systems, AWOS) 及低空風切警告系統 (Low Level Wind Shear Alert System, LLWAS) 於 2100 時至 2145 時之紀錄資料詳附件。AWOS 設置 6 個站台，每 1-2 秒記錄一次氣象資料；LLWAS 設置 15 個站台，每 10 秒記錄一筆風向風速資料。06/24 跑道 AWOS 之設置地點如圖 1.7-3、2137:20 時至 2137:50 時之即時風向風速資料如表 1.7-1、2100 時至 2145 時之降雨量資料如表 1.7-2 所示。



圖 1.7-3 06/24 跑道之地面自動氣象觀測系統位置

表 1.7-1 06/24 跑道 AWOS 之即時風向風速資料 (度、浬/時)

時間	AWOS 06	AWOS 06/24	AWOS 24
2137:20	130/04	360/10	290/04
2137:21	140/05	360/10	290/04
2137:22	140/05	360/11	290/04
2137:23	140/05	350/10	290/03
2137:24	150/05	350/10	290/03
2137:25	140/05	360/10	300/03
2137:26	150/05	360/09	290/03
2137:28	140/05	350/10	300/03
2137:29	140/05	360/09	290/03
2137:30	140/05	360/09	300/03
2137:32	120/03	350/10	300/03
2137:33	140/04	350/10	300/03

2137:34	160/04	350/11	300/03
2137:35	150/04	350/11	300/03
2137:36	150/05	350/11	310/03
2137:37	140/05	350/11	310/03
2137:38	130/05	350/11	310/04
2137:40	140/05	350/12	320/04
2137:41	140/06	350/12	320/04
2137:42	130/05	350/12	320/04
2137:44	130/05	350/12	320/04
2137:45	150/05	350/12	320/08
2137:46	150/05	350/12	330/11
2137:47	150/05	350/13	330/11
2137:48	140/05	350/13	320/09
2137:49	150/05	360/13	330/09
2137:50	150/04	350/13	330/09

表 1.7-2 AWOS 06/24 之 1 小時累積雨量資料 (公釐)

時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量	時間	雨量
2100	0.4	2110	0.8	2120	1.4	2130	9.6	2140	14
2101	0.4	2111	1	2121	1.4	2131	10.6	2141	14.2
2102	0.4	2112	1.2	2122	1.6	2132	11.2	2142	14.6
2103	0.4	2113	1.2	2123	1.6	2133	11.8	2143	15
2104	0.4	2114	1.4	2124	1.8	2134	12.4	2144	15.4
2105	0.6	2115	1.4	2125	2.2	2135	12.8	2145	15.8
2106	0.6	2116	1.4	2126	3.6	2136	13.2		
2107	0.6	2117	1.4	2127	5	2137	13.4		
2108	0.6	2118	1.4	2128	6.8	2138	13.4		
2109	0.6	2119	1.4	2129	8.4	2139	13.8		

### 1.7.3 風切警訊

桃園國際機場低空風切警告系統提供兩種顯示模式，第一種為文數字告警顯示器 (Alphanumeric Alarm Display, AAD) 模式，提供風切狀況的文字訊息，若偵測到低空風切或微爆氣流，受影響跑道的文字底色會由白轉紅，並發出警示聲響，臺北機場管制臺設置 2 套 AAD 設備供管制員使用。第二種為 LLWAS Map 模式，顯示機場及風向風速計位置圖，若偵測到低空風切或微爆氣流，會以顏色標示機

場受影響的區域。桃園航空氣象臺設置 AAD 及 LLWAS Map 的整合顯示設備。

依據事故當天之桃園裝修區台氣象設備機務工作日誌之紀錄，低空風切警告系統無異常紀錄，依據管制人員訪談，事故前後並未聽到或看到 AAD 設備的警告，故未發現風切警示。桃園航空氣象臺當天之顯示及警告聲響皆正常。

依據 9 月 10 日之桃園裝修區台氣象設備機務工作日誌之紀錄，臺北機場管制臺曾發生其中一套 AAD 設備 (AAD2) 無警告聲響的現象，維護人員至塔台測試喇叭正常，發生低空風切時警告聲也正常，該設備之現象持續觀察中。

桃園國際機場低空風切警告系統在事故當日 2030 時至 2230 時之間，曾於 2127:20 時至 2127:40 時、2140:50 時至 2147:20 時發出低空風切警示，如表 1.7-3。2034 時曾發生航機因遭遇低空風切而重飛，事故前後 30 分鐘無航機遭遇低空風切之空中報告。

表 1.7-3 桃園國際機場低空風切警告系統之風切警示

時間	警示內容
2127:20-2127:40	24 跑道離場，風切警示，跑道上空，風速增量 15 哩/時。
2140:50-2147:20	23 跑道進場，風切警示，五邊一哩，風速減量 15-25 哩/時。 23 跑道離場，風切警示，跑道上空，風速減量 15-25 哩/時。

桃園國際機場於 2132 時發布以下之低空風切警報：

風切警報 01；有效時間 2130 時至 2330 時；2128 時 24 跑道觀測有風切。

## 1.8 助、導航設施

桃園國際機場之機場場面偵測設備 (Airport Surface Detection Equipment, ASDE) 包含機場場面雷達 (Surface Movement Radar, SMR) 及多點定位系統 (Multilateration, MLAT)，機場場面雷達為 Terma 公司製造，型號 Scanter 2001，於 93 至 95 年建置，96 年 7 月啟用；多點定位系統為 Thales 公司製造，型號 The Multilateration Air/Ground Surveillance Systems (MAGS)，於 97 至 98 年建置，99

年 7 月啓用。ASDE 用來偵測機場場面航空器、車輛及其他物體之搜索裝備，該裝備可將物體初級雷達回波影像，及航機之迴波器標記與呼號顯示在塔臺工作檯之顯示器上，以增進塔台人員目視觀察航空器及/或車輛在跑道及滑行道上之動態，並具備跑道入侵<sup>7</sup>警示之功能，其相關手冊詳附件 36。

事故當日 ASDE 無異常紀錄，亦未有跑道入侵警示之紀錄。由第 1.12.2.2 節，地面量測發現該機停止於 S2 滑行道時，尚未完全脫離跑道，顯示後續之立榮 188 班機於 24 跑道降落時發生跑道入侵事件。

## 1.9 通信

臺北近場管制塔臺及臺北機場管制臺之機場管制席/地面管制席分別以 125.1 及 118.7/121.7 MHz 頻率與該機進行無線電通訊，無通訊不良紀錄，其抄件詳附錄 1。

桃園國際機場 127.6MHz 頻道 D-ATIS 無線電廣播無不正常紀錄。

臺北機場管制臺與桃園航空氣象臺、桃園航空站航務組之平面通訊抄件詳附錄 2。

## 1.10 機場

### 1.10.1 機場空側基本資料

依據台北飛航情報區飛航指南，台灣桃園國際機場位於台北西方 30.9 公里處，機場標高 106 英尺，機場消防第 9 級，7 輛消防車，具最大航空器波音 747-400 型機故障移離能力。

停機位 78 個，滑行道 28 條，均為水泥板塊鋪面。該機場具 05/23 及 06/24

---

<sup>7</sup> 跑道入侵 (Runway incursion) 係指航空器、車輛或人員不適當的出現於機場中供航空器起降之地表保護區域的情形。

跑道，均為水泥板塊鋪面，鋪面強度 PCN 60/R/B/X/U。06/24 跑道範圍長 3,350 公尺、寬 60 公尺，05/23 跑道全跑道設有防滑溝槽，06/24 跑道部分設有防滑溝槽，分布如圖 1.10-1 所示。06/24 跑道邊燈總長度 3,350 公尺，間距 60 公尺，均具簡易式進場燈光指示系統，配有跑道對正指示燈，機場圖如 1.10-2 所示。

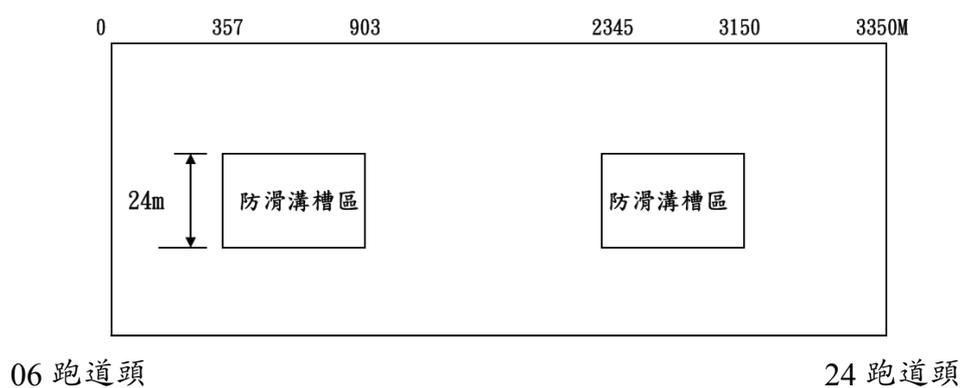


圖 1.10-1 06/24 跑道防滑溝槽分布區

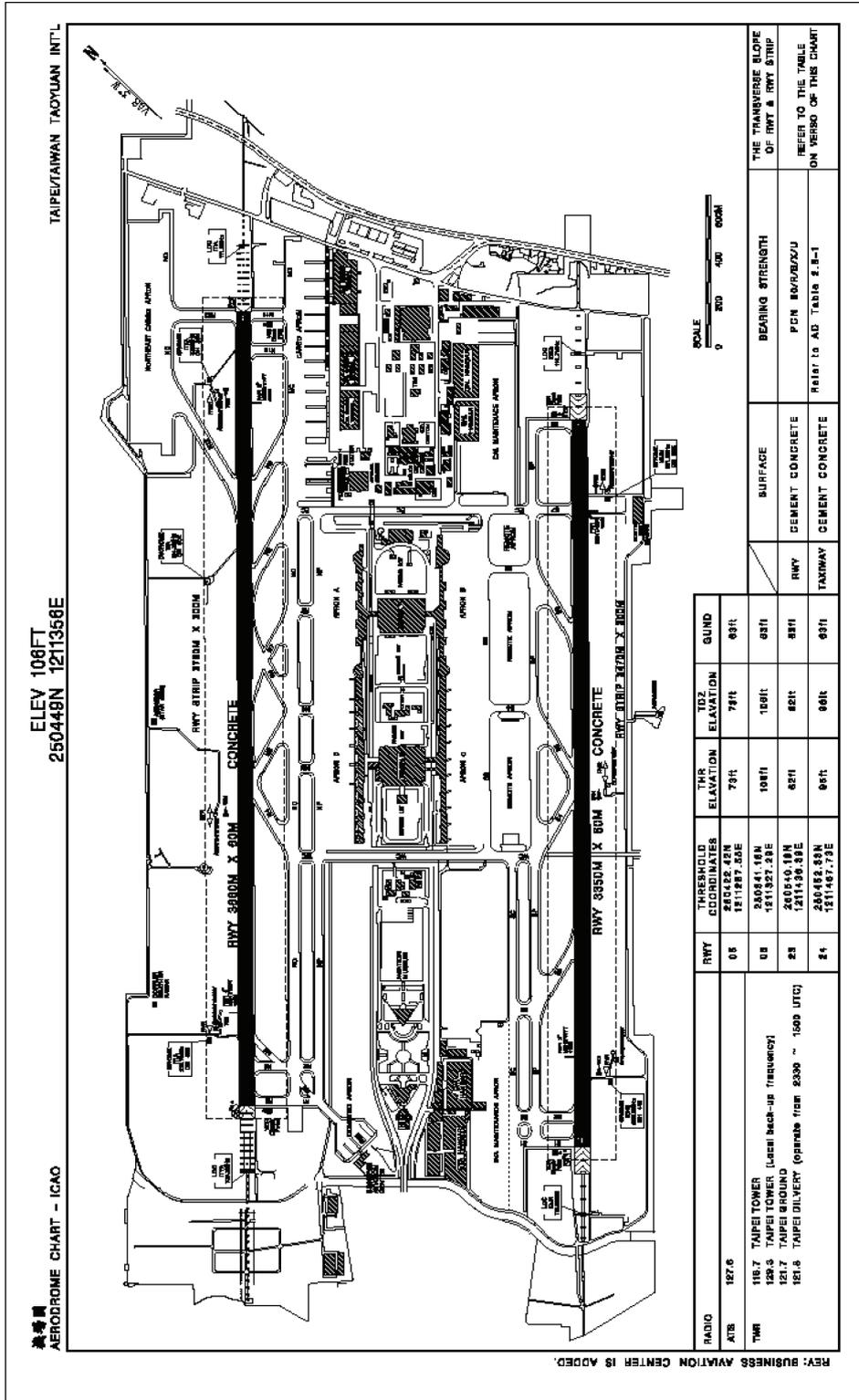


圖 1.10-2 桃園國際機場機場圖

另依據航站手冊之「跑道資訊表」內容摘錄：06/24 跑道為第一類精確進場跑道；道肩寬度為 7.5 公尺；06 跑道頭標高 106 英尺，24 跑道頭標高 95 英尺；06/24 跑道平均縱坡度 0.09%，平均橫坡度 1.5%；06/24 跑道地帶長 3,470 公尺、寬 300 公尺，跑道地帶道面類別為草地；跑道端安全區長 240 公尺，寬 150 公尺。另依該機場跑道地帶、跑道端安全區及精確進場跑道地帶平整區，結合 Google map 及桃園國際機場燈光配置圖，如圖 1.10-3 所示。



圖 1.10-3 06/24 跑道安全區圖（底圖資料來源：Google map 2010.11.22）

## 1.10.2 跑道地帶平整區

### 1.10.2.1 跑道地帶高程

依據民航局提供該機場外包廠商於民國 97 年 5 月 8 日完成量測之「跑道縱橫斷面位置圖」，該圖面提供 06/24 跑道中心線上，每 7-14 公尺間距所量測之高程（公尺計量），共 3,357 公尺，詳如附件。

該資料另提供 06/24 跑道地帶內，縱向每 100 公尺之橫斷面（寬度 300 公尺）高程，量測間距不等，約介於 6 公尺至 30 公尺間，詳如附件。

### 1.10.2.2 銜接道面

現場調查顯示，距 24 跑道頭 2,000 公尺處，有一橫跨跑道之戰備聯絡道，其道面與跑道之銜接面約齊平，其與道肩高度落差約 5 公分，其與跑道地帶平整區之草地高度落差約 20 至 30 公分，如圖 1.10-4 所示。

06/24 跑道與其道肩高度落差約 2 公分，部分銜接處生長雜草，道肩與跑道地帶草坪銜接處生長雜草，部分產生積水，如圖 1.10-5 所示。



圖 1.10-4 戰備聯絡道與跑道地帶平整區草地之高度落差



圖 1.10-5 06/24 跑道、道肩及跑道地帶

### 1.10.3 跑道地帶物體

#### 1.10.3.1 地下式消防栓及其他人孔結構

此事故所損害之地下式消防栓 2 座，編號分別為 131 及 132，位於 24 跑道頭約 1,800 及 1,900 公尺，距跑道中心線約 45 公尺。該機場有 223 座同型地下式消防栓，其中約 69 座位於 06/24 跑道地帶內，約 31 座位於 05/23 跑道地帶內。分 3 期施工（民國 68 年、民國 87 年、民國 90 年），上述 2 座消防栓，屬第二期民國 87 年 1 月完成，長寬各 180 公分，結構上緣與草地齊平，無導入斜坡設計，其結構如圖 1.10-6 所示。

另該機場兩跑道與地下式消防栓有相同結構之電力及通信人孔共 186 座，分布範圍詳附件 42。

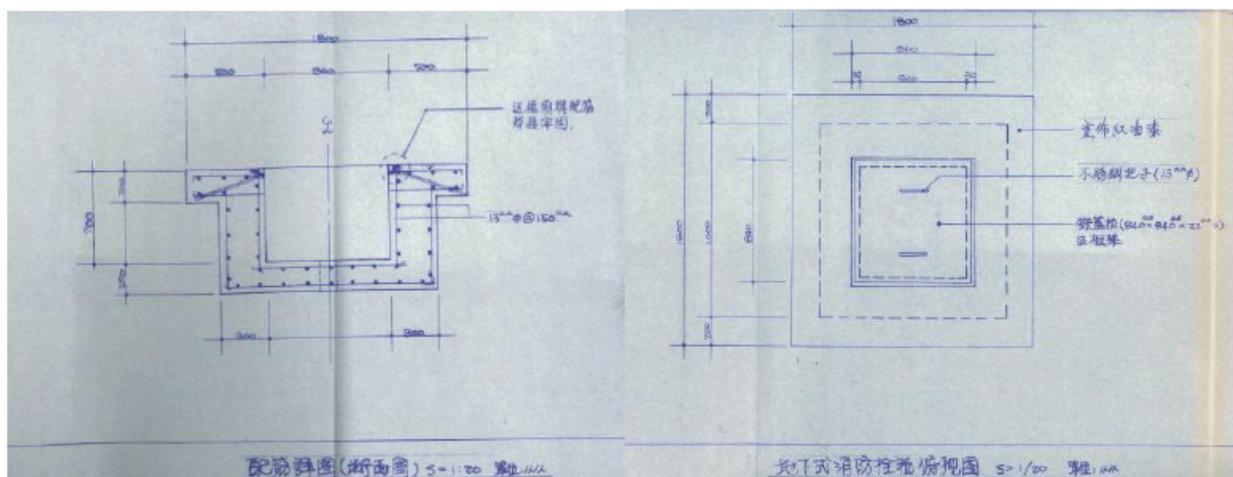


圖 1.10-6 地下式消防栓結構圖

### 1.10.3.2 手孔

該事故損毀的手孔蓋外緣包覆鐵片，現場調查發現多數鐵片銹蝕，有膨脹及剝落現象，部分手孔高於道肩約 5 公分，如圖 1.10-7 所示，分布於兩跑道地帶內之手孔位置圖，如附件 43。



圖 1.10-7 跑道地帶內之手孔與道面高度差圖

#### 1.10.4 跑道地帶狀況

該機滑出跑道後，當時下雨土壤含水量較高，左側主輪垂直應力作用於草地上，造成地下式消防栓水泥結構周圍土壤凹陷約 30 公分，如圖 1.10-8 所示。



圖 1.10-8 地下式消防栓水泥結構周圍土壤凹陷

##### 1.10.4.1 巡場檢查

依據「臺灣桃園國際機場活動區之巡場與維護作業程序」<sup>8</sup>摘錄相關 06/24 跑道之巡場及維護作業程序。

巡場種類分為例行性及不定期巡場，分由航務組、維護組及飛航服務總臺桃園裝修區臺，依據「臺灣桃園國際機場空側設施檢查日報表」執行，由航務組值班人員每日將彙整巡查結果輸入航站業務電腦系統中，並與接班場面席交接活動區巡視檢查表，並傳真給飛航服務總臺及維護組，將航務組巡場發現事項列為次日首要巡視事項，並答覆預計辦理改善情形。

經查例行性巡場每日至少四次，檢查範圍為機場機坪、環場道及跑滑道內的空側燈光、航機停靠系統、空橋、鋪面、標線、障礙物及燈光、助航燈光、指示牌及風向指示器。

對於巡場業務航務組負責檢視各跑道、滑行道鋪面及標線妥善狀況、停機坪清潔、施工區安全維護、場內障礙物、地勤作業秩序、違規事件取締查處及其他有關飛航安全項目。維護組負責鋪面板塊、標線、胎屑、場面坡度與排水、停機坪照明、空橋、經緯度指示牌、機場標燈、目視導引停機系統及機場四週圍牆(籬)或阻絕設施之檢視與維護。飛航服務總臺桃園裝修區臺負責目視助航設施包含指示牌、燈光及電力系統之檢視與維護。

另對於跑道、滑行道地帶維護之安排，該程序第 7.3 節說明：為防止航空器衝出跑道、滑行道造成損傷，跑道地帶、滑行道地帶和道肩之承重及整平要求，由維護組依據「民用機場設計暨運作規範」第 3.2、3.4、3.10 及 3.11 節規定辦理。

相關規範對於道肩、跑道地帶、滑行道地帶僅文字敘述「使其於飛機滑出跑道時，由於承载力與跑道承载力之差異所造成之危害降到最低」及「能夠支承該

<sup>8</sup> 版期 2010/07/1。

飛機不至引起飛機結構損壞，並能支承於道肩上運作車輛之荷重」，並無確切強度數據規範及檢測維護頻率要求。

依據航空站維護組人員說明：部分前揭區域坡度仍未符合「民用機場設計暨運作規範」規定要求，惟相關改善作業，非一般例行性維護及巡檢可以改善，相關改善作業已納入民航局辦理之「臺灣桃園國際機場道面整建及助導航設施提升計畫」，該案預定於民國 100 年動工，並於民國 103 年完工。現行例行性巡場僅檢視上述區域是否有異，無另設專用紀錄表。

另依據「台灣桃園國際航空站設施及裝備維護作業規定」對無鋪面區域之維護主要由航務組負責活動區內草坪長度控制，採委外召商，避免長草吸引鳥類及遮蔽助導航燈光及指示牌，要求草坪內之垃圾、石塊及割除之草屑，於施工後應立即移出場外。

### 1.10.5 跑道摩擦係數檢測

該機場跑道摩擦係數係機場維護組人員自行檢測，使用 ICAO 核定之標準測試儀器 Runway Friction Tester 進行測試，06/24 跑道摩擦係數檢測頻率為每 2 星期測試一次，檢測位置為跑道中心線兩側 5 公尺，檢測時灑水保持鋪面水膜厚 1 公釐，檢測速度為 65 公里/小時，測試範圍距跑道兩端各 150 公尺內。

依據該機場提供，民國 99 年 8 月 18 日 06/24 跑道檢測速度為 65 公里/小時之跑道摩擦係數，跑道自 06 跑道頭起算，跑道中心線左右側之 3 分區塊平均值、每 100 公尺之平均值如表 1.10-1 所示。

另民國 100 年 5 月 13 日本會量測 24 跑道上午 0810 時前 6 分鐘<sup>9</sup>累計 2.4 公釐之降雨量，能造成 24 跑道面積約 95% 有約 1 公釐水深，少部分不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深，所量測的水深均為排水狀態。

<sup>9</sup> 氣象單位以 6 分鐘作為累積雨量的報告時間間隔之一。

表 1.10-1 民國 99 年 8 月 8 日摩擦係數檢測值

跑道	第一個三分區塊	第二個三分區塊	第三個三分區塊	跑道		
06	0.69	0.77	0.74	24		
	0.71	0.77	0.72			
自 06 跑道起算每百公尺檢測成果						
里程 (公尺)	中心線右側			中心線左側		
	第一次	第二次	平均	第一次	第二次	平均
0 ~ 100	0.81	0.80	0.81	0.77	0.77	0.77
100 ~ 200	0.68	0.72	0.70	0.68	0.68	0.68
200 ~ 300	0.63	0.64	0.64	0.61	0.66	0.64
300 ~ 400	0.65	0.62	0.63	0.62	0.67	0.64
400 ~ 500	0.64	0.65	0.65	0.67	0.64	0.65
500 ~ 600	0.65	0.71	0.68	0.68	0.67	0.67
600 ~ 700	0.77	0.73	0.75	0.65	0.77	0.71
700 ~ 800	0.80	0.77	0.79	0.76	0.81	0.78
800 ~ 900	0.68	0.77	0.73	0.77	0.62	0.70
900 ~ 1000	0.75	0.77	0.76	0.62	0.62	0.62
1000 ~ 1100	0.72	0.80	0.76	0.74	0.78	0.76
1100 ~ 1200	0.70	0.77	0.73	0.75	0.76	0.75
1200 ~ 1300	0.77	0.74	0.76	0.75	0.80	0.78
1300 ~ 1400	0.76	0.79	0.77	0.76	0.76	0.76
1400 ~ 1500	0.80	0.79	0.79	0.73	0.83	0.78
1500 ~ 1600	0.79	0.83	0.81	0.79	0.74	0.76
1600 ~ 1700	0.79	0.80	0.79	0.74	0.80	0.77
1700 ~ 1800	0.70	0.82	0.76	0.79	0.73	0.76
1800 ~ 1900	0.77	0.72	0.74	0.73	0.77	0.75
1900 ~ 2000	0.79	0.80	0.79	0.78	0.81	0.79
2000 ~ 2100	0.77	0.82	0.79	0.76	0.76	0.76
2100 ~ 2200	0.74	0.82	0.78	0.79	0.81	0.80
2200 ~ 2300	0.70	0.80	0.75	0.84	0.78	0.81
2300 ~ 2400	0.64	0.74	0.69	0.76	0.73	0.74
2400 ~ 2500	0.60	0.66	0.63	0.66	0.65	0.66
2500 ~ 2600	0.61	0.70	0.66	0.70	0.63	0.67
2600 ~ 2700	0.63	0.72	0.67	0.66	0.68	0.67
2700 ~ 2800	0.73	0.67	0.70	0.64	0.77	0.70
2800 ~ 2900	0.80	0.77	0.78	0.73	0.80	0.76
2900 ~ 3000	0.87	0.85	0.86	0.83	0.85	0.84

依據該機場提供資料，民國 99 年 9 月 2 日 06/24 跑道檢測速度為 65 公里/小時之跑道摩擦係數，跑道自 06 跑道頭起算，跑道中心線左右側之 3 分區塊平均值、每 100 公尺之平均值如表 1.10-2 所示。

表 1.10-2 民國 99 年 9 月 2 日摩擦係數檢測值

跑道	第一個三分區塊	第二個三分區塊	第三個三分區塊	跑道		
06	0.70	0.77	0.76	24		
	0.74	0.77	0.73			
自 06 跑道起算每百公尺檢測成果						
里程 (公尺)	中心線右側			中心線左側		
	第一次	第二次	平均	第一次	第二次	平均
0 ~ 100	0.79	0.87	0.83	0.78	0.79	0.79
100 ~ 200	0.65	0.74	0.70	0.72	0.62	0.67
200 ~ 300	0.66	0.62	0.64	0.62	0.66	0.64
300 ~ 400	0.67	0.63	0.65	0.60	0.66	0.63
400 ~ 500	0.71	0.66	0.69	0.67	0.68	0.68
500 ~ 600	0.70	0.75	0.73	0.70	0.69	0.69
600 ~ 700	0.77	0.79	0.78	0.69	0.78	0.73
700 ~ 800	0.82	0.82	0.82	0.78	0.82	0.80
800 ~ 900	0.74	0.78	0.76	0.80	0.69	0.74
900 ~ 1000	0.79	0.80	0.79	0.60	0.74	0.67
1000 ~ 1100	0.73	0.83	0.78	0.74	0.83	0.78
1100 ~ 1200	0.73	0.78	0.76	0.76	0.79	0.77
1200 ~ 1300	0.75	0.72	0.73	0.72	0.80	0.76
1300 ~ 1400	0.75	0.76	0.76	0.73	0.74	0.74
1400 ~ 1500	0.77	0.78	0.78	0.74	0.81	0.77
1500 ~ 1600	0.77	0.82	0.79	0.78	0.76	0.77
1600 ~ 1700	0.75	0.80	0.78	0.74	0.80	0.77
1700 ~ 1800	0.74	0.81	0.77	0.78	0.78	0.78
1800 ~ 1900	0.76	0.74	0.75	0.75	0.80	0.77
1900 ~ 2000	0.77	0.79	0.78	0.76	0.78	0.77
2000 ~ 2100	0.76	0.80	0.78	0.77	0.77	0.77
2100 ~ 2200	0.71	0.81	0.76	0.78	0.80	0.79
2200 ~ 2300	0.73	0.78	0.76	0.83	0.80	0.82
2300 ~ 2400	0.69	0.78	0.74	0.79	0.76	0.77
2400 ~ 2500	0.66	0.69	0.67	0.70	0.75	0.73
2500 ~ 2600	0.69	0.69	0.69	0.69	0.75	0.72
2600 ~ 2700	0.65	0.69	0.67	0.65	0.73	0.69
2700 ~ 2800	0.75	0.69	0.72	0.69	0.81	0.75
2800 ~ 2900	0.81	0.80	0.81	0.77	0.81	0.79
2900 ~ 3000	0.89	0.83	0.86	0.81	0.84	0.82

### 1.10.6 水飄種類及特性

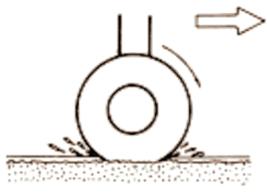
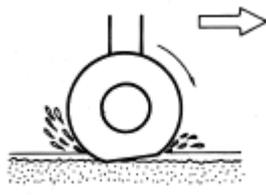
航空器於溼滑跑道起降，鋪面上之水分於機輪排水時受到胎面擠壓，產生之水壓可能將部分機輪舉離鋪面，導致機輪與鋪面間之摩擦力大幅降低，此種現象稱為水飄 (Hydroplaning)。水飄發生時，航空器之減速及方向操控效能將因受其影響而降低。

水飄依其特性可區分為三種：黏滯水飄 (Viscous Hydroplaning)、動力水飄 (Dynamic Hydroplaning) 及膠融水飄 (Reverted Rubber Hydroplaning)，各種水

飄之特性如表<sup>10</sup>1.10-3 所示。

表 1.10-3 顯示黏滯水飄、動力水飄及膠融水飄發生條件、相關現象及改善方式。

表 1.10-3 水飄種類及特性表

類型	水飄		膠融水飄
	黏滯水飄	動力水飄	
			
發生條件	鋪面微濕或潮濕； 積水深度小於 0.3 公釐； 臨界速度：中速高速； 鋪面紋理較差； 光滑的胎面；	鋪面積水氾濫，積水深度 舊胎：2.5 公釐 新胎：7.6 公釐； 臨界速度：高速； 滾動輪胎(起飛)： $9.0\sqrt{P}$ 靜止輪胎(落地)： $7.7\sqrt{P}$ P：主輪胎壓(PSI)； 胎壓不足； 光滑的胎面；	鋪面潮濕或積水氾濫； 臨界速度：高速； 鋪面紋理較差； 不具防鎖死功能之剎車系統；
相關現象	無明顯證據； 發生時之地速較低； 輪胎處於轉動狀態； 跑道鋪面可能光滑； 受油污、灰塵、胎屑等污染；	無明顯證據； 發生時之地速較高； 伴隨豪大雨及較深之積水；	輪胎於靜止(鎖住)狀況； 輪胎出現膠融現象； 跑道鋪面上可見高溫蒸氣產生之灰或白色胎印痕跡；
改善方式	改善鋪面細質紋理 改善鋪面刮槽或刮痕 改善輪胎胎紋設計	改善鋪面粗質紋理 改善鋪面刮槽或刮痕 增加胎壓 改善輪胎胎紋設計	改善鋪面紋理 改善鋪面刮槽或刮痕 改善防滑鋪面 提昇防鎖死剎車功能

<sup>10</sup> Thomas J.Yager : Factors Influencing Aircraft Ground Handling Performance NASA TM 85652 ; Richard H. Wood. Aircraft Accident Investigation P228 Hydroplaning.

黏滯水飄在跑道鋪面潮濕情況下即有可能發生，在輪胎與鋪面之間的橢圓形接觸面上，當大部分的水被排開後，仍存在非常薄的水膜，由於流體黏滯特性之緣故產生水壓，使輪胎未能穿透該水膜直接與鋪面接觸。胎面光滑的輪胎在濕/滑的鋪面上作業，較能形成此類水飄。

動力水飄發生於高速且跑道鋪面積水層較深時。研究顯示，當鋪面積水深度高於胎紋深度時（Flooded Pavement），輪胎和鋪面之間的流體動力水壓（Hydrodynamic Pressure）與航空器之速度平方成正比，當流體動力水壓超過輪胎和鋪面間承受之壓力，水分將穿過部份輪胎與鋪面間之接觸面，使部分胎面未直接接觸鋪面。當輪胎完全被舉離鋪面時，稱為全動力水飄（Total Dynamic Hydroplaning），此時輪胎與鋪面間之摩擦力將接近於零。輪胎胎紋及跑道鋪面間的接觸壓力會受胎印下水排開速度影響，當航空器的地速等於或超過水排開的速度，封印的水壓就產生了<sup>11</sup>，如圖 1.10-9 所示。

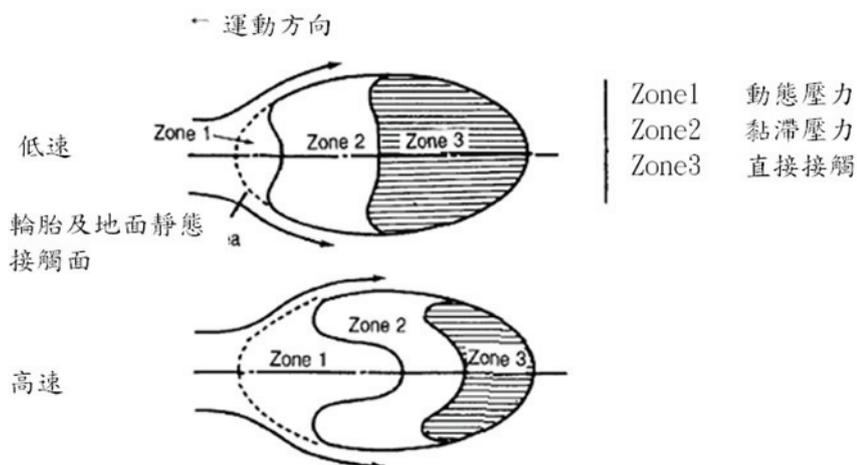


圖 1.10-9 輪胎及鋪面接觸區

全動力水飄發生之臨界速度（哩/時）與輪胎之壓力（代號 P, 單位：PSI）有關，輪胎滾動與靜止時，臨界速度分別為  $9\sqrt{P}$  與  $7.7\sqrt{P}$ ，公式如下：

<sup>11</sup> ICAO Doc9137 Part2 Pavement Sec2.5.

Spin-down (rotating tire) speed, knots= $9\sqrt{\text{infl. pressure, psi}}$

Spin-up (Non rotating tire) speed, knots= $7.7\sqrt{\text{infl. pressure, psi}}$

因此研究結果顯示<sup>12</sup>，當航空器速度大於臨界速度，全動力水飄可能發生於高積水鋪面，造成無煞車狀況，航空器落地時，駕駛員須了解使用低速著陸較能讓輪胎開始滾轉。

第三種水飄形態叫做膠融水飄，膠融水飄發生於機輪未旋轉或因煞車鎖住而於濕滑鋪面上打滑時。機輪與鋪面間如摩擦之時間夠久，產生足夠之高熱，胎面橡膠將融化為軟黏之橡膠原料，沿著胎印周邊形成封印，受困其中之水分因高溫形成蒸氣，產生之蒸氣壓力將機輪舉離鋪面，大幅減低航空器的煞車及方向控制能力。此種水飄發生時，無摩擦力之狀態可持續至非常低之速度始解除，跑道上留下之胎印兩側呈現黑色，中央部分因鋪面受高溫蒸氣沖洗而呈現灰或白色痕跡。

跑道鋪面維護上提供良好的粗質紋理及排水效能、駕駛員確按濕滑跑道操作技巧及輪胎胎紋深度的維護要求，均能降低水飄形成的可能。

## 1.11 飛航紀錄器

### 1.11.1 座艙語音紀錄器

該機裝置固態式座艙語音紀錄器 (Solid-State Cockpit Voice Recorder, SSCVR)，製造商為 L3 Communications 公司，件號及序號分別為 2100-1020-00 及 000278897。該具座艙語音紀錄器包含 4 軌錄音，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。

該座艙語音紀錄器下載情形正常，記錄品質良好，所記錄之語音資料共 122

<sup>12</sup> Horne, walter B.; and Dreher, Robert C: Phenomena of Pneumatic Tire Hydroplaning. NASA TN D-2056, 1963.

分 57.8 秒 (1233:15.8 時至 1436:13.6 時<sup>13</sup>)，節錄之 SSCVR 抄件內容詳附錄 3。該機之時間系統係以飛航資料紀錄器 (FDR) 之 UTC 時間為基準，經比對 SSCVR 語音資料，以及 FDR 記錄之無線電按鍵 (VHF Key) 參數與無線電高度 (RALT) 參數，將 SSCVR 及 FDR 時間同步。再經比對台北塔臺機場席錄音抄件後，FDR UTC 時間比台北塔臺時間約快 2 秒，時間同步參考表詳附錄 4。

### 1.11.2 飛航資料紀錄器

該機裝置數位磁帶式飛航資料紀錄器 (Digital Magnetic Tape Flight Data Recorder, DFDR)，製造商 Honeywell 公司，件號 980-4100-DXUS，序號 00703，原始資料紀錄長度為 29 小時 36 分鐘 11 秒。

事故發生後，本會依據波音公司提供之解讀文件<sup>14</sup>進行解讀，該紀錄器共記錄 334 項參數，相關飛航參數變化情形，詳附錄 5 FDR 飛航參數列表。

飛航資料紀錄器解讀後均以 FDR 所記錄之世界標準時間參數轉換為台北時間 (UTC+ 8 Hr)，解讀結果如圖 1.11-1 至圖 1.11-4。FDR 紀錄資料摘錄如下：

1. 該型飛航資料紀錄器符合民用航空法規彙編之「07-02A 航空器飛航作業管理規則」以及國際民航公約第 6 號附約 (Annex 6) 第一類 (Type I) 飛航資料紀錄器規定，符合 32 項必要紀錄參數；
2. 1214:09UTC 時，該航班 FDR 開始記錄，空速 0 浬/時，地速 2 浬/時<sup>15</sup>，航向 167 度；
3. 最後進場時，該機使用自動駕駛及自動油門 (5,500 呎以上為「AT CRZ engage」；5,500 呎以下為「AT GA engage」)。落地前自動煞車減速率設定為「Auto Brake Selected “3”」；4 套液壓 (Hydraulic Oil Pressure 1/2/3/4) 參數顯示「正常 (Normal)」

<sup>13</sup> 時間同步後，以 FDR 時間為參考依據。記錄時間為「UTC 時間」，台北時間=UTC 時間+8 小時。

<sup>14</sup> Boeing 解讀文件【REV L, 747-203, D243U316 Appendix C】。

<sup>15</sup> Ground speed, 1Hz, range 0 ~ 512 knots, resolution 0.25 knots.

」；

4. 1315:20 時，該機開始從 FL320 下降高度，空速 311 浬/時，地速 512 浬/時，航向 218 度，風向 60 度，風速 23 浬/時<sup>16</sup>；
5. 1333:38 時，襟翼設定 5 度，左右襟翼位置 (Flap Position) 5.2 度/5.1 度，標準氣壓高度 3,475 呎，空速 194 浬/時，地速 200 浬/時，航向 227 度，風向 159 度，風速 19 浬/時，下降率 1,144 呎/分；
6. 1333:58 時，襟翼設定 10 度，左右襟翼位置 10.2 度/9.7 度，標準氣壓高度 3,096 呎，空速 190 浬/時，地速 197 浬/時，航向 227 度，風向 155 度，風速 18 浬/時，下降率 1,184 呎/分；
7. 1334:46 時，襟翼設定 20 度，左右襟翼位置 20.5 度/20.7 度，標準氣壓高度 2,341 呎 (無線電高度 RALT 2,298 呎)，空速 170 浬/時，地速 178 浬/時，航向 226 度，風向 141 度，風速 16 浬/時，下降率 856 呎/分；
- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (44.9 / 45.0 / 44.9 / 44.8) % RPM；
8. 1335:16 時，襟翼設定 25 度，左右襟翼位置 (Flap Position) 24.9 度/25.1 度，標準氣壓高度 1,890 呎 (RALT 1,844 呎)，空速 157 浬/時，地速 165 浬/時，航向 229 度，風向 143 度，風速 10 浬/時，下降率 1,136 呎/分；
- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (57.5 / 57.4 / 57.4 / 57.2) % RPM；
- 左右定位台 (Localizer Deviation, LOC) 0.00 dots，滑降台 (Glide Slope Deviation, G/S) 0.098 dots
9. 1336:11 時，自動駕駛解除，標準氣壓高度 1,143 呎 (RALT 936 呎)，空速 156 浬/時，地速 160 浬/時，航向 232 度，風向 288 度，風速 2 浬/時，下降率 744

---

<sup>16</sup> Wind speed, 0.25Hz, range 0 ~ 256 knots, resolution 1.00 knots.

呎/分；

- 4 具發動機 N1 實際轉速為 (66.9 / 66.6 / 66.5 / 66.5) % RPM；
- 左右定位台 (LOC) -0.020 dots，滑降台 (G/S) 0.045 dots；

10. 1337:04 時，中信標台信號 (Middle Marker) 作動 2 秒，標準氣壓高度 416 呎 (RALT 218 呎)，空速 162 浬/時，地速 163 浬/時，航向 234 度，風向 282 度，風速 8 浬/時，下降率 688 呎/分；

- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (56.2 / 55.0 / 54.4 / 55.1) % RPM；
- 左右定位台 (LOC) -0.050 dots，滑降台 (G/S) -0.384 dots；

11. 1337:11 時，標準氣壓高度 326 呎 (RALT 102 呎)，空速 161 浬/時，地速 161 浬/時，航向 234 度，風向 305 度，風速 8 浬/時，下降率 736 呎/分；

- 4 具發動機 N1 實際轉速均為 56.2% RPM；

12. 1337:15 時，標準氣壓高度 278 呎 (RALT 52 呎)，空速 163 浬/時，地速 160 浬/時，航向 235 度，風向 310 度，風速 9 浬/時，下降率 648 呎/分；

- 4 具發動機 N1 實際轉速均為 56.6% RPM；
- 左右定位台 (LOC) 0.055dots，滑降台 (G/S) 0.455 dots；

13. 1337:17 時，標準氣壓高度 246 呎 (RALT 28 呎)，空速 156 浬/時，地速 160 浬/時，航向 235 度，風向 310 度，風速 9 浬/時，下降率 688 呎/分；

- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (55.2 / 54.6 / 54.5 / 53.9) % RPM；
- 左右定位台 (LOC) 0.060dots；

14. 1337:31 時，「Main Gear Tilt」參數由「Air」模式轉為「GND」模式，即主輪著陸。標準氣壓高度 197 呎 (RALT-6 呎)，空速 146 浬/時，地速 146 浬/時，

航向 231 度，風向 278 度，風速 6 浬/時，下降率 128 呎/分；

- 控制桿位置 (Control Column Position, CCP) 0.4 度，控制桿方向盤位置 (Column Wheel Position, CWP) 2.5 度，仰角 (Pitch attitude) 3 度，滾轉角 (Roll attitude) -4.4 度；
- 方向舵位置 6.3 度；漂流角-2.8 度；
- 左右定位台 (LOC) 0.126dots；
- 4 筆縱向加速度 (-0.026 / -0.020 / -0.037 / -0.043) g's
- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (35.9/ 35.6 / 35.6 / 35.8) % RPM；
- 減速板操縱桿位置由 3 度轉為 91 度 (直至航機停止滑動均展開於 91 度至 92 度)；
- 此秒內 8 筆垂向加速度 (1.447 / 1.267 / 1.452 / 1.305 / 1.175 / 1.161 / 1.024 / 0.868) g's。

15. 1337:32 時 (主輪著陸後 1 秒)，(RALT -6 呎)，空速 143 浬/時，地速 144 浬/時，航向 232 度，【因地面效應及反推力器開啓，FMC 輸出之風速及風向不採納】；減速板操縱桿位置 91 度；4 具發動機之反推力器開始展開並於 2 秒後定位至全展開模式；

- 控制桿位置 (CCP) 0.4 度，控制桿方向盤位置 (CWP) -1.1 度，仰角 2.5 度，滾轉角-2.1 度
- 方向舵位置 5.8 度；漂流角-4.6 度；
- 左右定位台 (LOC) 0.237dots；
- 4 筆縱向加速度 (-0.065 / -0.130 / -0.161 / -0.135) g's

- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (36.0/36.0/36.0/36.1) % RPM

16. 1337:39 (主輪著陸後 8 秒), 空速 110 浬/時, 地速 120 浬/時, 航向 244 度;

- 控制桿位置 (CCP) -0.2 度, 控制桿方向盤位置 (CWP) 2.1 度, 仰角 0.5 度, 滾轉角-1.6 度;

- 方向舵位置 12.4 度; 漂流角-15.5 度;

- 左右定位台 (LOC) 1.088dots;

- 4 筆縱向加速度 (-0.194 / -0.213 / -0.204 / -0.237) g's

- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (36.1 / 35.8 / 35.6 / 35.8) % RPM

17. 1337:41 (主輪著陸後 10 秒), 空速 108 浬/時, 地速 109 浬/時, 航向 246 度;

- 控制桿位置 (CCP) 0.4 度, 控制桿方向盤位置 (CWP) -1.8 度, 仰角 0.4 度, 滾轉角-1.8 度;

- 方向舵位置 21.5 度; 漂流角-15.1 度;

- 左右定位台 (LOC) 1.240dots;

- 4 筆縱向加速度 (-0.257 / -0.276 / -0.310 / -0.221) g's

- 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (36.0 / 35.6 / 35.6 / 35.8) % RPM

18. 1337:45 (主輪著陸後 14 秒), 空速 93 浬/時, 地速 93 浬/時, 航向 241 度;

- 控制桿位置 (CCP) -0.4 度, 控制桿方向盤位置 (CWP) 12.3 度, 仰角 0.2 度, 滾轉角-1.6 度;

- 方向舵位置 11.8 度; 漂流角-6.0 度;

- 左右定位台 (LOC) 1.230dots;

- 4 筆縱向加速度 (-0.129 / -0.154 / -0.226 / -0.152) g's ;
  - 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (36.2 / 35.9 / 35.8 / 36.1) % RPM ;
19. 1337:46 至 1337:54 期間 (主輪著陸後 15 秒至 23 秒), 主警告 (Mast Warning) 作動 ;
- 37:46 時, 空速 88 浬/時, 地速 90 浬/時, 航向 241 度
    - i. 控制桿位置 (CCP) -0.2 度, 控制桿方向盤位置 (CWP) 10.9 度, 仰角 0.0 度, 滾轉角-3.0 度 ;
    - ii. 方向舵位置-0.6 度 ; 漂流角-5.3 度 ;
    - iii. 左右定位台 (LOC) 1.149dots ;
    - iv. 4 筆縱向加速度 (-0.148 / -0.138 / -0.158 / -0.133) g's
    - v. 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (36.1 / 35.8 / 35.8 / 36.1) % RPM
  - 37:54 時, 空速 69 浬/時, 地速 68 浬/時, 航向 235 度
    - i. 控制桿位置 (CCP) -0.4 度, 控制桿方向盤位置 (CWP) 1.4 度, 仰角-0.3 度, 滾轉角 0.9 度 ;
    - ii. 方向舵位置-1.8 度 ; 漂流角-0.4 度 ;
    - iii. 左右定位台 (LOC) -0.494dots ;
    - iv. 4 筆縱向加速度 (-0.167 / -0.163 / -0.157 / -0.148) g's
    - v. 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (29.2 / 28.8 / 28.8 / 28.4) % RPM
20. 1338:17 (主輪著陸後 46 秒) 至航機停止滑行期間, 「Gear Disagree」持續作動 ;

- 38:17 時，地速 28 浬/時，航向 231 度
  1. 控制桿位置 (CCP) -0.1 度，控制桿方向盤位置 (CWP) 1.4 度，仰角-0.1 度，滾轉角-0.4 度；
  - ii. 方向舵位置 0.7 度；漂流角-4.6 度；
  - iii. 左右定位台 (LOC) -0.166dots；
  - iv. 4 筆縱向加速度 (-0.016 / -0.006 / -0.024 / -0.018) g's
  - v. 4 具發動機 N1 實際轉速分別為 (26.4 / 26.6 / 26.4 / 26.6) % RPM
- 21. 1339:06 (主輪著陸後 95 秒)，航機停止移動，空速 0 浬/時，地速 3 浬/時，航向 320 度，左右定位台 (LOC) -1.633dots；
- 22. 1403:15 時，FDR 停止紀錄，空速 0 浬/時，地速 2 浬/時，航向 319 度；
- 23. 該機著陸位置係由兩參數決定 (主起落架 Air/GND 及最大垂直加速度之時間點)，採用一次積分方法(時間、地速、航向、偏流角、滾轉角、俯仰角)，並與精密衛星地圖套疊，如圖 1.11-5 至 1.11-8 所示。
- 1337:18 時，該機通過 24 跑道端上方 (參考圖 1.11-7 標記 1)；
- 1337:31 時，主輪著陸，該機距 24 跑道端 3,585 呎 (參考圖 1.11-6 標記 2)。
- 1337:39 時，軌跡向左偏出 24 跑道邊線外，距 24 跑道端 5,560 呎 (參考圖 1.11-7 標記 3)。
- 1337:41 時，軌跡向左偏出 24 跑道邊線外 24 呎，距 24 跑道端 5,870 呎 (參考圖 1.11-7 標記 4)。
- 1337:45 時，軌跡向左偏出 24 跑道邊並通過戰備聯絡道，距 24 跑道端 6,575 呎 (參考圖 1.11-7 標記 5)。

- 1337:47 時，軌跡向右偏並重回 24 跑道，距 24 跑道端 6,900 呎（參考圖 1.11-7 標記 6）。

### 1.11.3 QAR 飛航資料

事故發生後，本會取得長榮提供之 QAR 解讀資料，經時間同步後與本事故有關之參數包括：AiLI、AiLO、AiRI、AiRO、BALT、Brake Torque（#1~#16）、CAS、CCP、CWP、DA、ElevLI、ElevLO、ElevRI、ElevRO、GLS、GSPD、IVV、LOC、N11、N12、N13、N14、LGLBG、LGLWG、LGRWG、LGRBG、Nose Gear SQT（#1~#8）、THDG、TK、TRA（#1~#4）等，時間轉換公式如下：

$$\text{QAR Data UTC} = \text{BR701 FDR UTC} - 7 \text{ sec} \quad (\text{以垂向加速及空速為依據})$$

與本事故有關之 FDR 及 QAR 時間同步後之飛航參數詳圖 1.11-2、圖 1.11-3 及圖 1.11-4。

### 1.11.4 航管雷達資料

事故發生後，本會取得民航局提供之桃園國際機場次級搜索雷達（Secondary Surveillance Radar, SSR）航跡資料及機場場面偵測設備（Airport Surface Detection Equipment, ASDE）錄像資料。該機 CVR 時間與 FDR 時間相同，與桃園國際機場次級進場雷達及場面雷達資料比對，時間轉換公式如下：

$$\text{SSR UTC} = \text{BR701 FDR UTC} + 5 \text{ sec} \quad (\text{以修正後氣壓高度為依據})$$

$$\text{ASDE UTC} = \text{BR701 FDR UTC} + 1 \text{ sec} \quad (\text{以通過 24 跑道端時間為依據})$$

與本事故有關之次級雷達航跡套疊衛星影像詳圖 1.11-5 及圖 1.11-6；與本事故有關之場面雷達航跡套疊衛星影像詳圖 1.11-7。

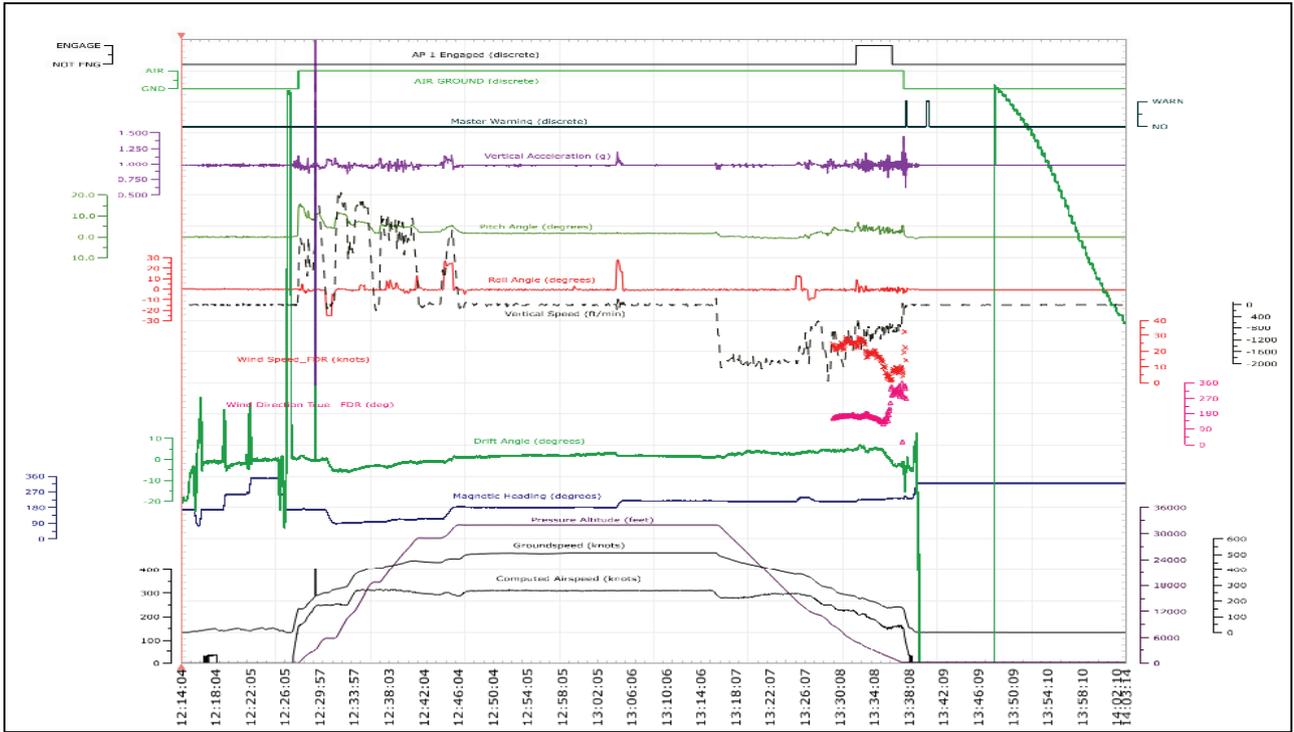


圖 1.11-1 BR701 事故航班之完整基本 FDR 參數繪圖 (UTC 1214 ~ 1403)

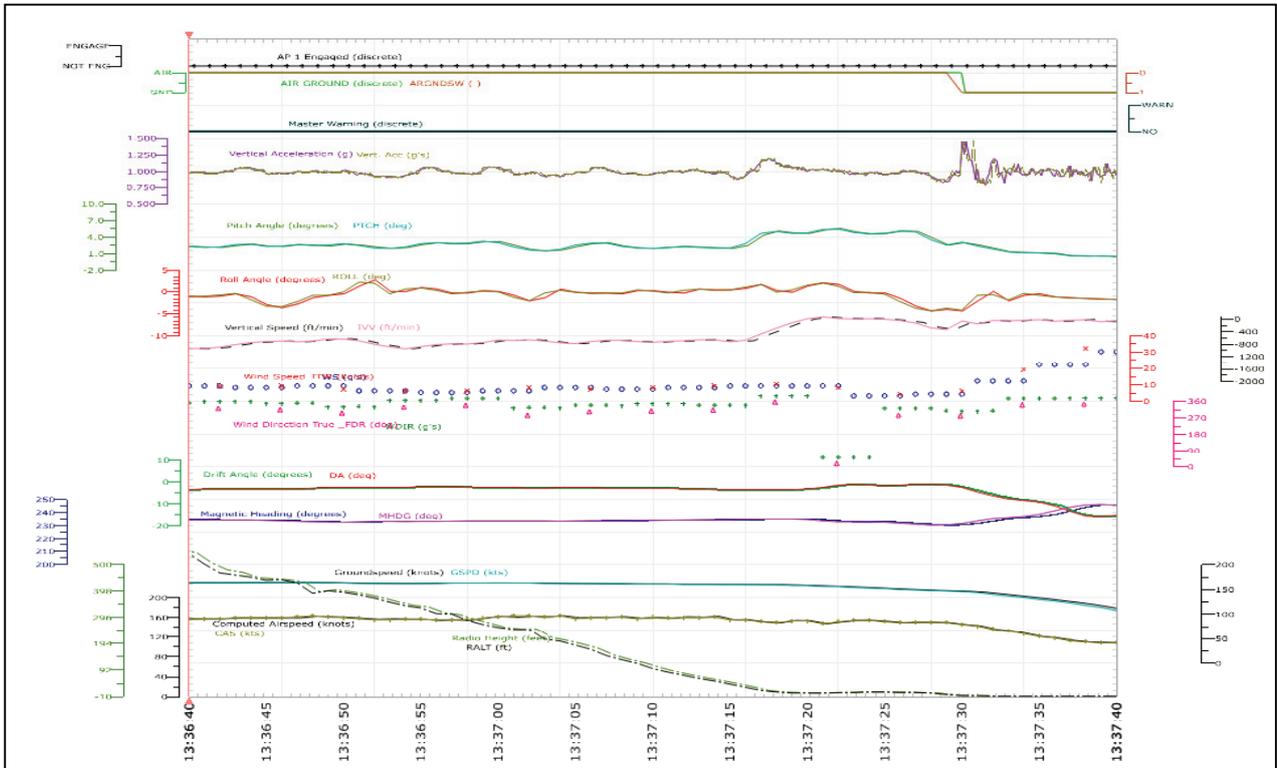


圖 1.11-2 BR701 於最後進場至著陸期間之 FDR 及 QAR 相關參數繪圖 (UTC 1336:40 ~ 1337:40)

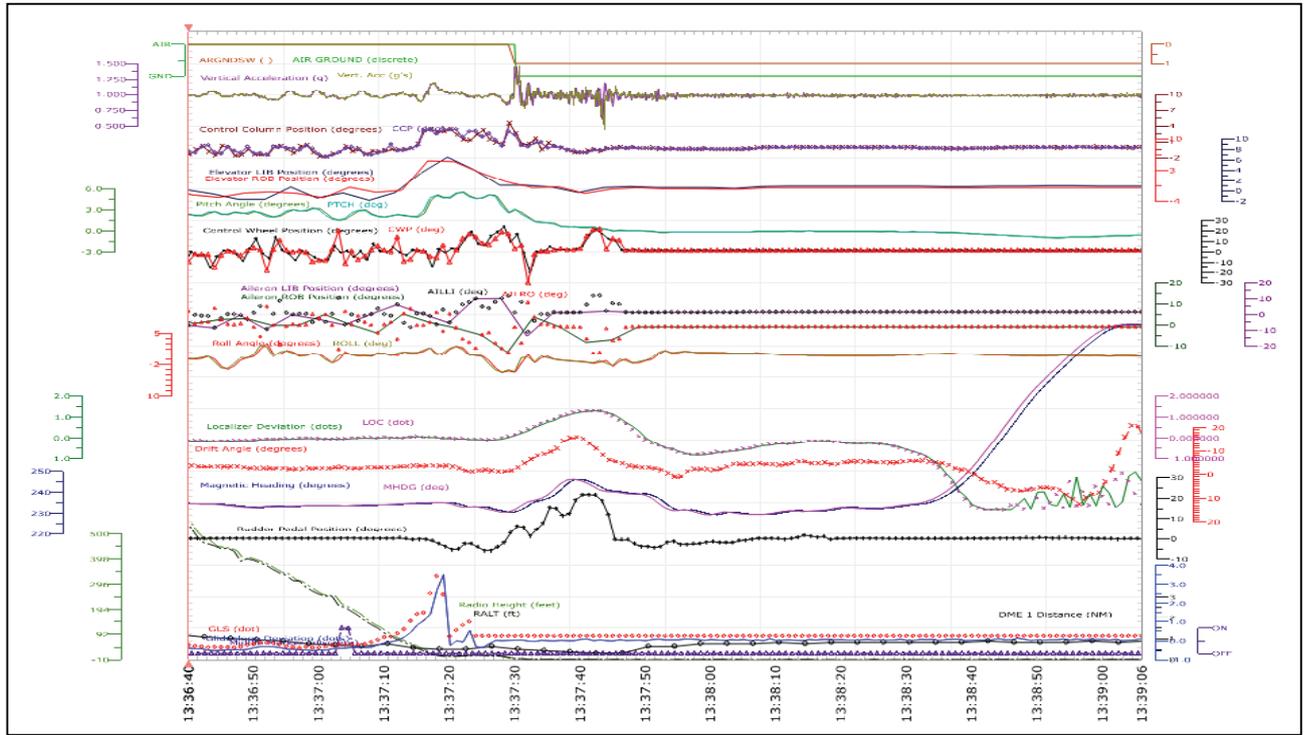


圖 1.11-3 BR701 於最後進場至航機停止期間之 FDR 及 QAR 相關參數繪圖 (UTC 1336:40 ~ 1339:05)

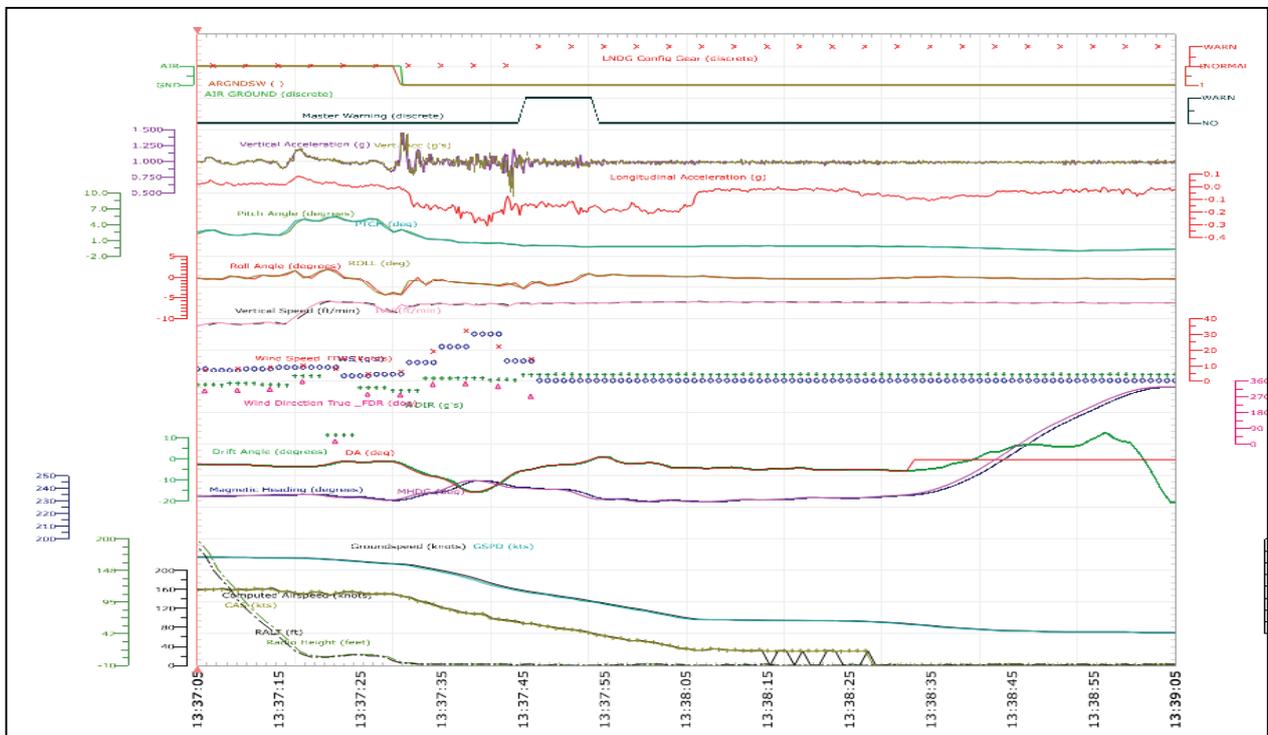


圖 1.11-4 BR701 於 RALT 200 呎以下至航機停止期間之 FDR 及 QAR 相關參數繪圖 (UTC 1337:05 ~ 1339:05)



圖 1.11-5 BR701 於氣壓高度 6,000 呎以下至著陸期間之飛航軌跡與次級雷達航跡套疊圖



圖 1.11-6 BR701 於

氣壓高度 2,000 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、次級雷達航跡與地面輪胎軌跡套疊圖

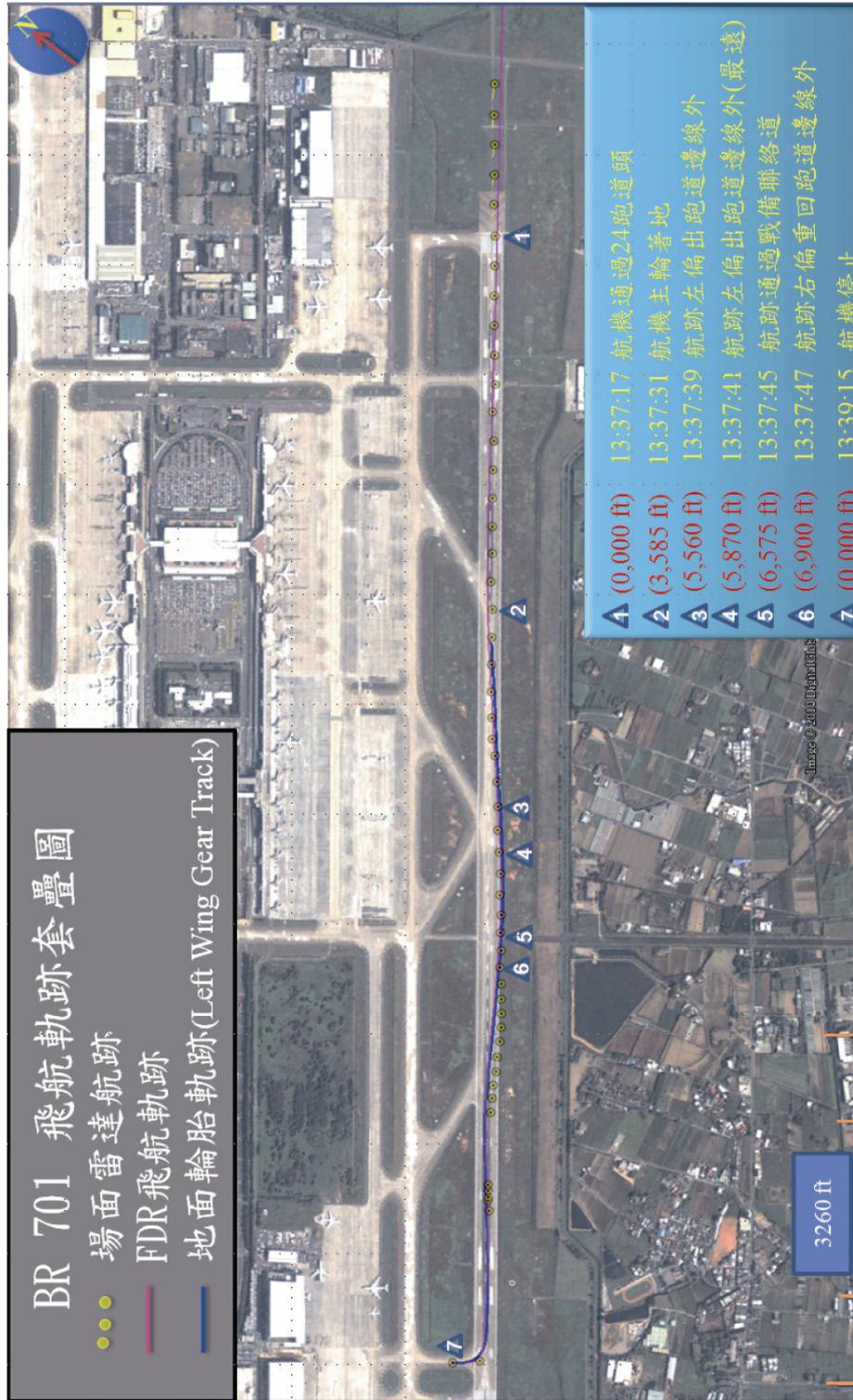


圖 1.11-7 BR701 於 RALT 250 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、ASDE 航跡與地面輪胎軌跡套疊圖（圖上標記為 RCTP ASDE 錄像原始時間）



## 1.12 航空器機身損傷與撞擊資料

### 1.12.1 航空器機身損傷資料

該機於桃園機場落地後檢查發現：左翼內側襟翼、副翼及襟翼滑軌整流罩受損痕跡，左翼起落架及機身起落架均有損傷痕跡，機身 42 段、46 段蒙皮及左側水平安定面翼前緣輕微損傷。

#### 1.12.1.1 襟翼、副翼及襟翼滑軌整流罩損傷

左翼內側襟翼包含前、中、後三段，位置如圖 1.12-1 所示，該位置前、中、後三段襟翼表面多處凹陷、彎曲、變形或裂痕等可修理性損傷，圖 1.12-2 為變形之左翼內側前襟翼近照。

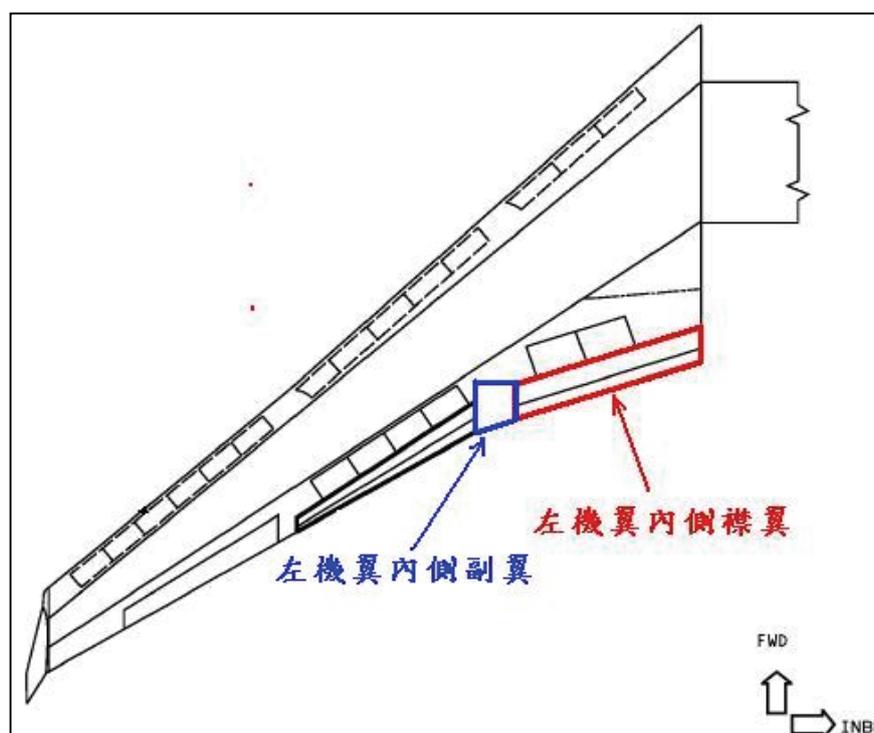


圖 1.12-1 左翼內側襟翼及副翼位置



圖 1.12-2 變形之左翼內側前襟翼（仰視）

左翼內側副翼位置如圖 1.12-1 所示，該處副翼側邊變形及裂痕，近攝照片如圖 1.12-3 所示。

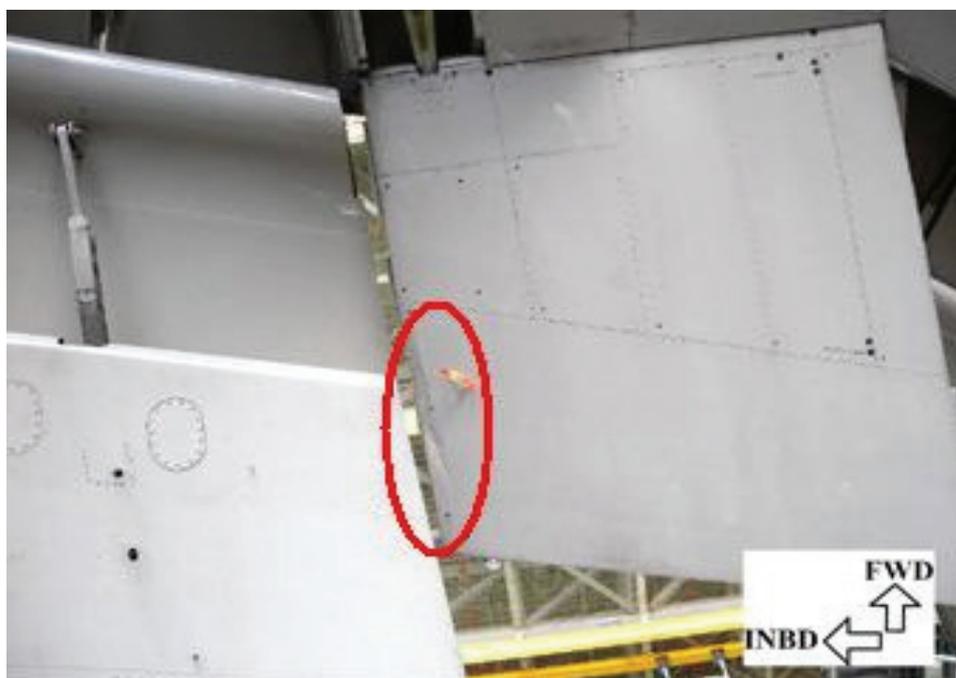


圖 1.12-3 變形及裂傷之左翼內側副翼（仰視）

左襟翼滑軌整流罩位置如圖 1.12-4 所示，其中 3 號襟翼滑軌整流罩損壞（如圖 1.12-5 所示）必須換新，餘 2、4 號襟翼滑軌整流罩均為可修理性之損傷，1 號襟翼滑軌整流罩無損傷。

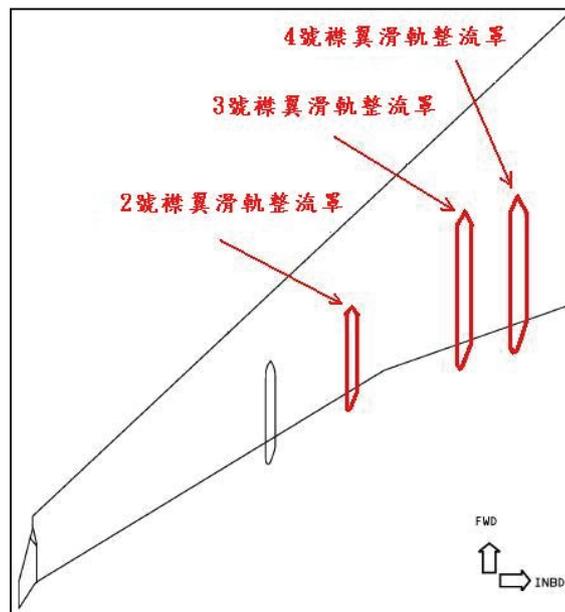


圖 1.12-4 左襟翼滑軌整流罩位置



圖 1.12-5 3 號襟翼滑軌整流罩損傷

### 1.12.1.2 機翼起落架損傷

該機於落地後發現位於左翼起落架，編號 1、3、4 號主輪輪胎破損（如圖 1.12-6），左翼起落架主結構正常，左翼起落架放下到定位之主感測器/線路損壞，備用感測器/線路正常，圖 1.12-7 為該機降落桃園機場後所拍攝破損之左翼起落架輪胎照片。

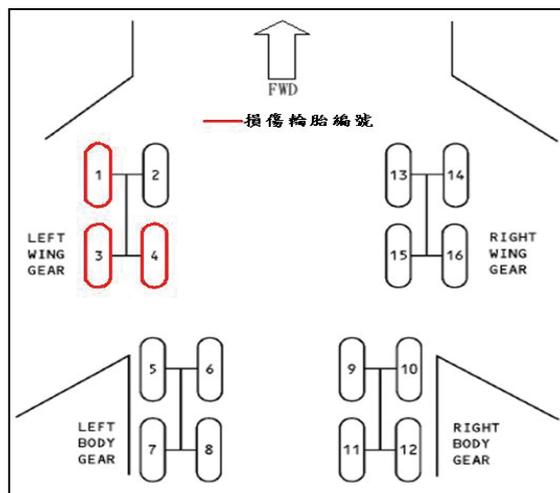


圖 1.12-6 損壞輪胎位置及編號



圖 1.12-7 破損之左機翼起落架輪胎

各組起落架均裝置一套主要及另一套備用之放下到定位感測器/線路，其中左翼起落架之主感測器/線路損壞，其備用感測器/線路則無故障。

## 1.12.2 撞擊資料

### 1.12.2.1 遺留於跑道之碎片

依據現場測量及勘查結果，該機破碎輪胎之碎片發現散落於距 24 跑道端 6,500 呎至道面末端；距 24 跑道端 3,800 呎發現胎痕並持續至 S2 滑行道交會處。於測量點“7”（距 24 跑道端 6,575 呎）發現毀損之跑道邊燈及水泥碎片，此位置係屬戰備聯絡道與 24 跑道道肩外側銜接地帶，兩者水泥鋪面存有 30 公分之高度差，詳圖 1.12-8 至 1.12-11。

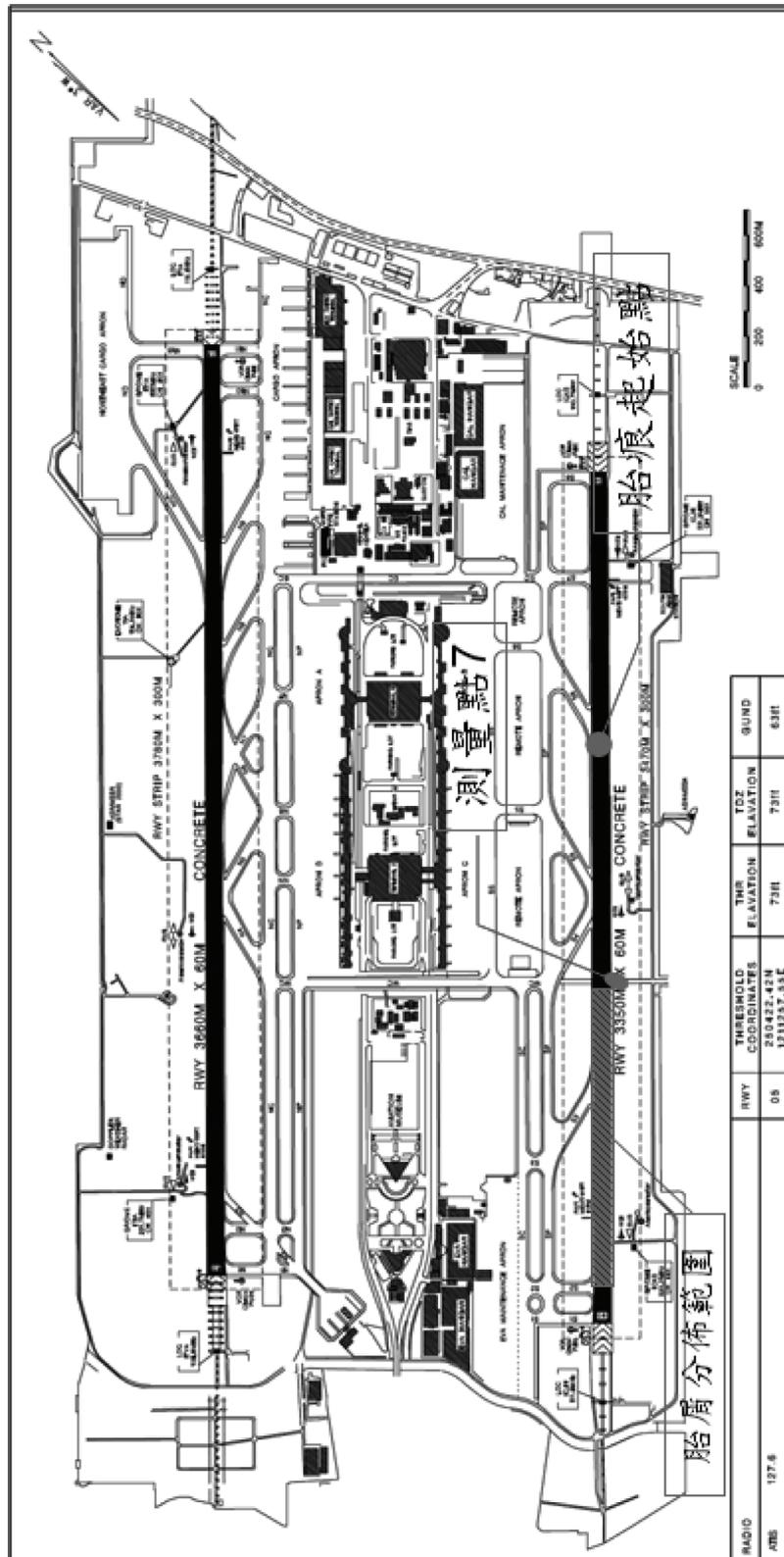


圖 1.12-8 輪胎碎片分佈示意圖



圖 1.12-9 測量點“7”現場照片（距 24 跑道端 6,575 呎）

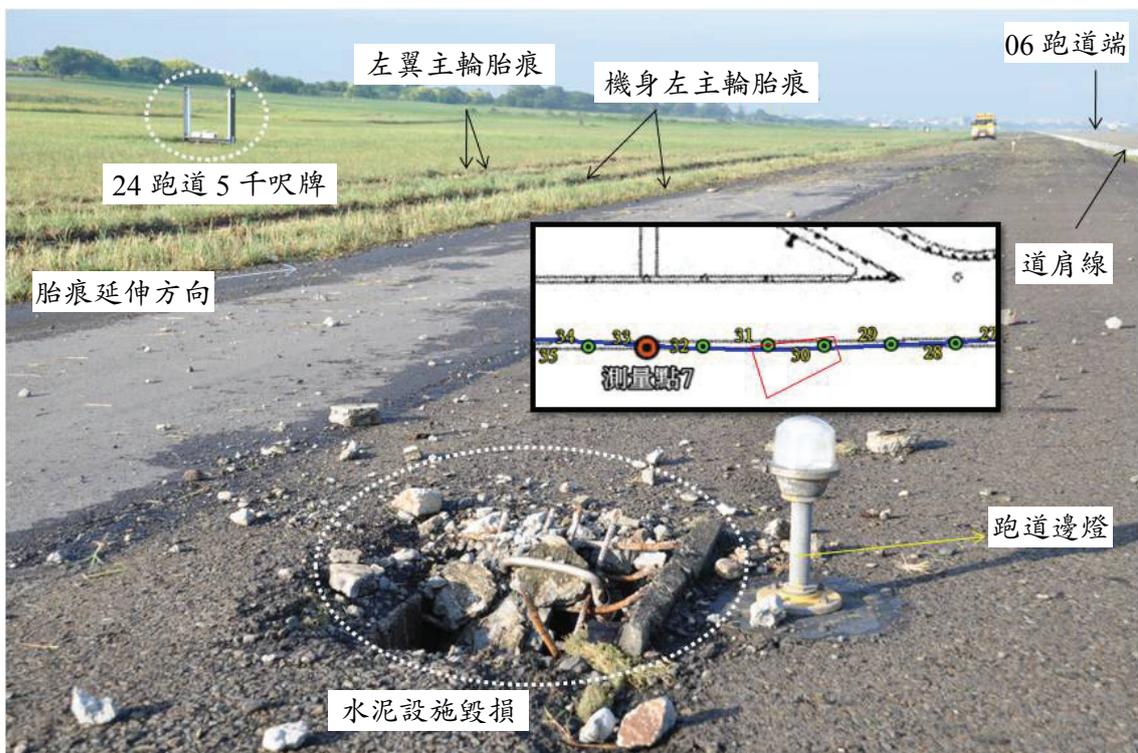


圖 1.12-10 跑道邊燈及水泥碎片（距 24 跑道端 6,160 呎）



圖 1.12-11 道面遺留之破裂輪胎碎片（距 24 跑道端 7,185 呎）

#### 1.12.2.2 地面量測

事故發生後，機場人員於本會調查人員到達前已完成部份邊燈燈具更換。本會人員於次日清晨進行現場測量<sup>17</sup>，使用 Garmin CS60 GPS 接收機，沿其左翼外側輪胎（Left Wing Gear）胎痕進行測量。現場軌跡係以 24 跑道端為起點，殘留於 24 跑道的左翼主輪外側輪胎胎痕起始於 3,800 呎，持續至該機轉入滑行道 S2。該機於滑行道 S5 至 S3 區段，計有 5 具左側跑道邊燈受損，詳圖 1.12-12，標記分別為 #2/#3/#4/#6/#7。殘留於 24 跑道的白色胎痕、黑色胎痕及輪胎碎片之相關照片，詳圖 1.12-13 至 1.12-19。重點摘要如下表：

<sup>17</sup> 事故當晚抵達桃園國際機場檢視航機損壞情形，於當日深夜及次日清晨進行地面量測。

表 1.12-1 胎痕與輪胎碎片

標記	距 24 跑道端	航跡與跑道夾角	現場照片
1	3,800 呎	向左 5 度	圖 1.12-13
2	5,370 呎	向左 4 度	圖 1.12-14
3	5,450 呎	向左 4 度	圖 1.12-15
4	5,755 呎	向左 3 度	圖 1.12-16
5	5,870 呎	與 24 跑道平行 註：偏出最遠處距跑道中心線 122.5 呎	圖 1.12-17 圖 1.12-18
6	6,365 呎	向右 3 度	圖 1.12-19
7	6,575 呎	向右 3 度	圖 1.12-19
Tail stop	該機最後停於 S2 滑行道，距 24 跑道中心線 228 呎，磁方位 320 度		

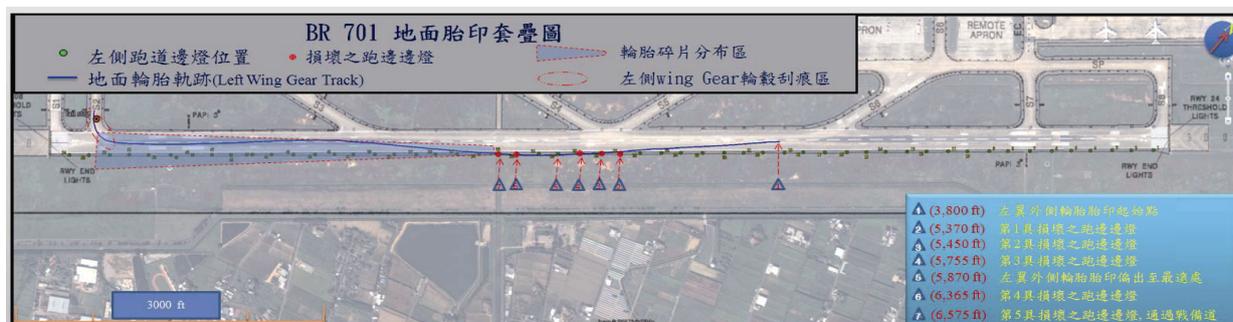


圖 1.12-12 BR701 事故現場之地面胎痕套疊圖

依據現場勘查結果，該機於 24 跑道上所殘留之胎痕依出現之位置順序重點摘要如下：

1. 距 24 跑道端約 3,800 呎處：胎痕起始點（呈現白色之胎痕，初始階段出現斷紋現象，隨後恢復連續白色胎痕），詳圖 1.12-13。
2. 距 24 跑道端約 5,370 呎處：此期間左翼輪與左主輪開始偏出左側道肩白線，偏出後壓毀南側跑道邊燈及附屬水泥蓋板，詳圖 1.12-14。
3. 距 24 跑道端約 5,450 呎處：壓毀南側跑道邊燈及水泥蓋板後。此期間左翼主輪及機身左主輪滑過泥濘草皮地帶，詳圖 1.12-15。
4. 距 24 跑道端約 5,755 呎處：壓毀南側跑道邊燈及水泥蓋板，詳圖 1.12-16。
5. 距 24 跑道端約 5,870 呎處：此期間左翼主輪與機身左主輪均偏離跑道鋪面。該

機偏離跑道中心線最遠處約 122.5 呎，詳圖 1.12-17。距 24 跑道端約 5,975 呎處之 5 千呎牌，其牌面脫落但支架外觀完好，詳圖 1.12-18。

6. 距 24 跑道端約 6,365 至 6,575 呎處：此期間左翼主輪與機身左主輪偏離跑道鋪面，該機行經此處時壓毀南側跑道邊燈以及草皮地帶內之消防設施，詳圖 1.12-19。
7. 距 24 跑道端約 6,480 呎至 6,560 呎處：左翼主輪通過戰備聯絡道之水泥鋪面，且胎痕重回跑道鋪面向 06 跑道端延伸，詳圖 1.12-20。
8. 距 24 跑道端約 6,780 呎處：發現輪胎碎片及不規則黑色胎痕，部分輪胎碎片散落於道面或草皮地帶，詳圖 1.12-21。
9. 滑行道 S2 之胎痕：該機左翼輪外側輪於鋪面殘留白色刮痕，直至該機停止處，詳圖 1.12-22。
10. 經本會人員現場測得之機鼻位置 (nose stop) 及機尾位置 (tail stop) 與其機身實際長度比對後發現，該機停止時其尾段約有 23.54 公尺尚在跑道區域內，詳圖 1.12-23 所示。

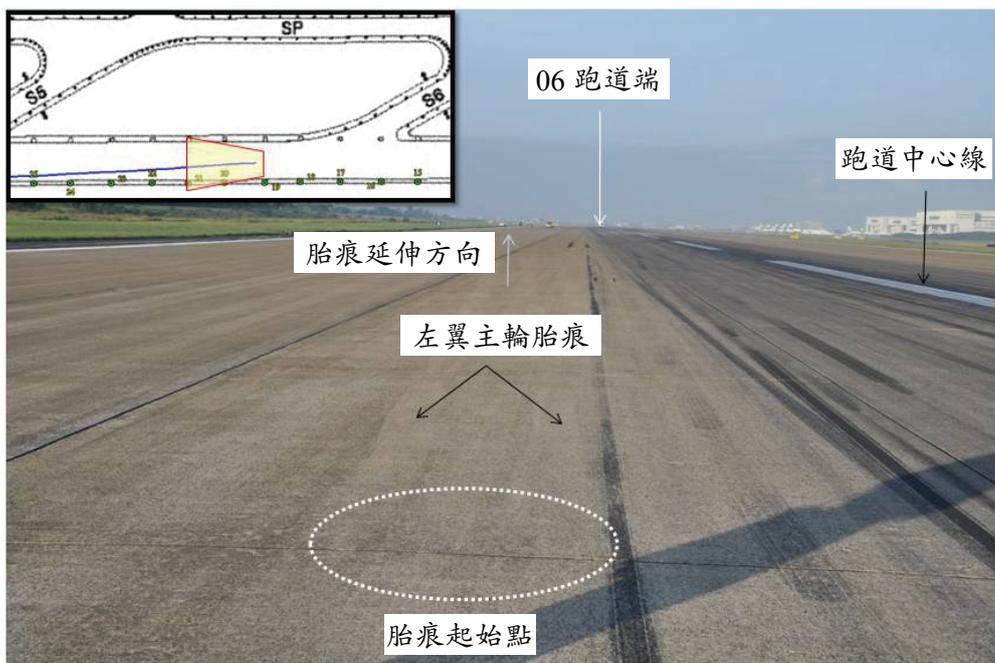


圖 1.12-13 胎痕起始點 (距 24 跑道端 3,800 呎)

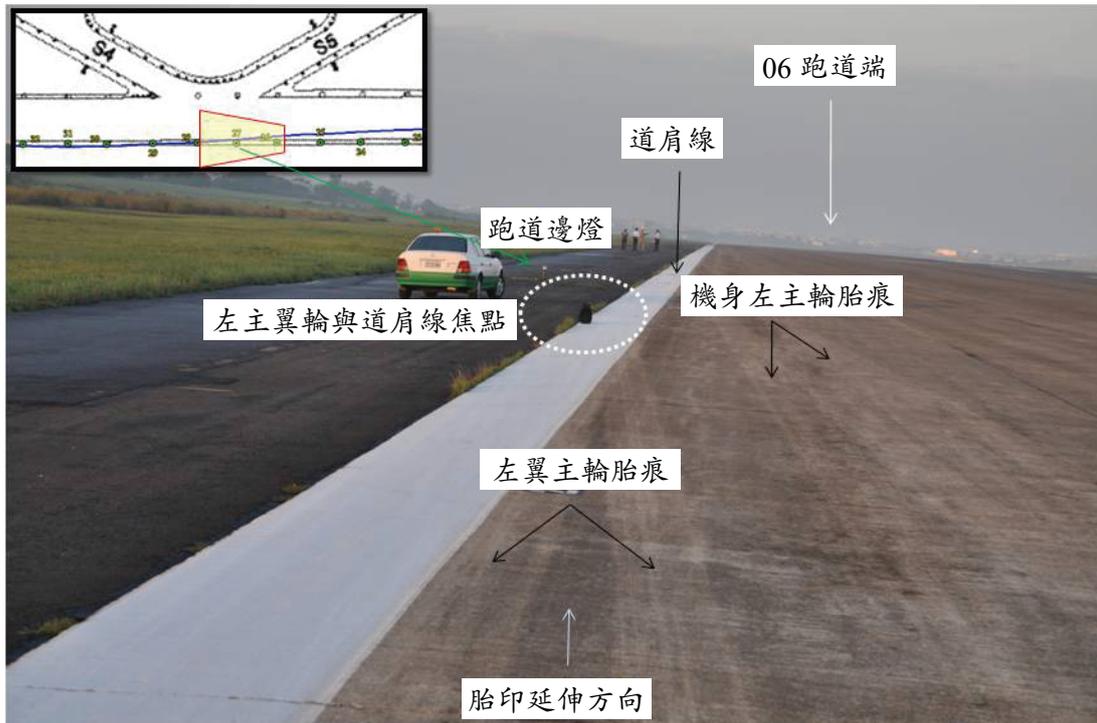


圖 1.12-14 胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,370 呎)



圖 1.12-15 胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,450 呎)

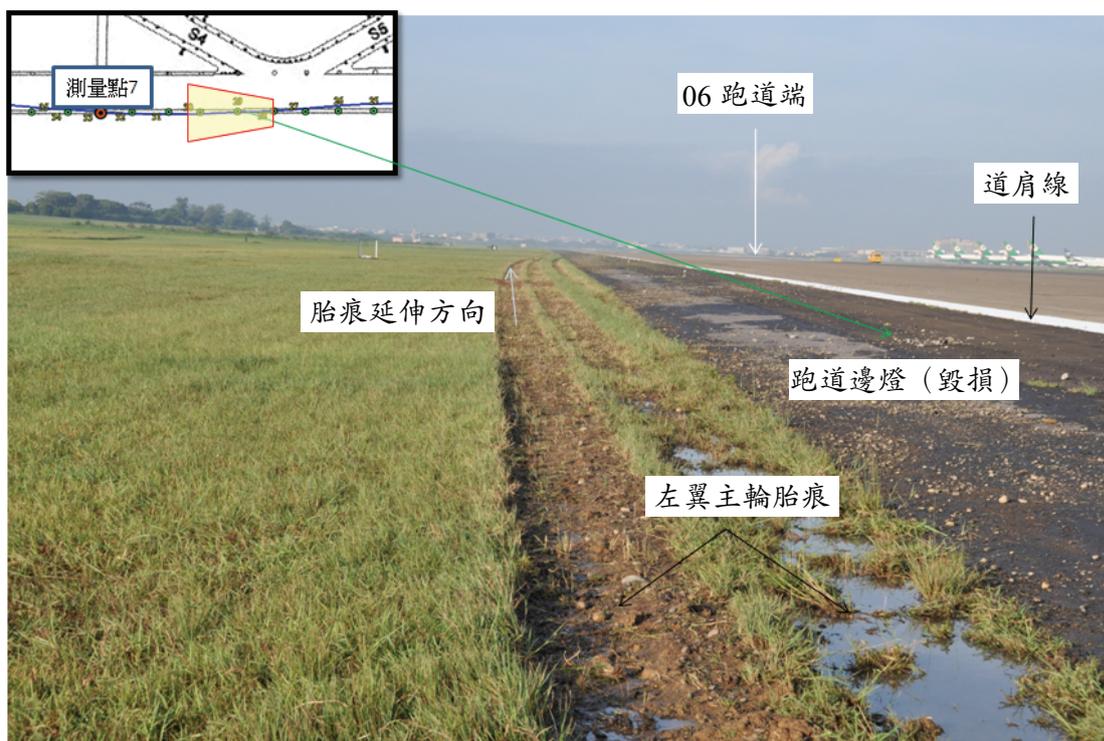


圖 1.12-16 胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,755 呎)



圖 1.12-17 胎痕分佈狀況 (距 24 跑道端 5,870 呎)



圖 1.12-18 24 跑道 5 千呎牌損害情形

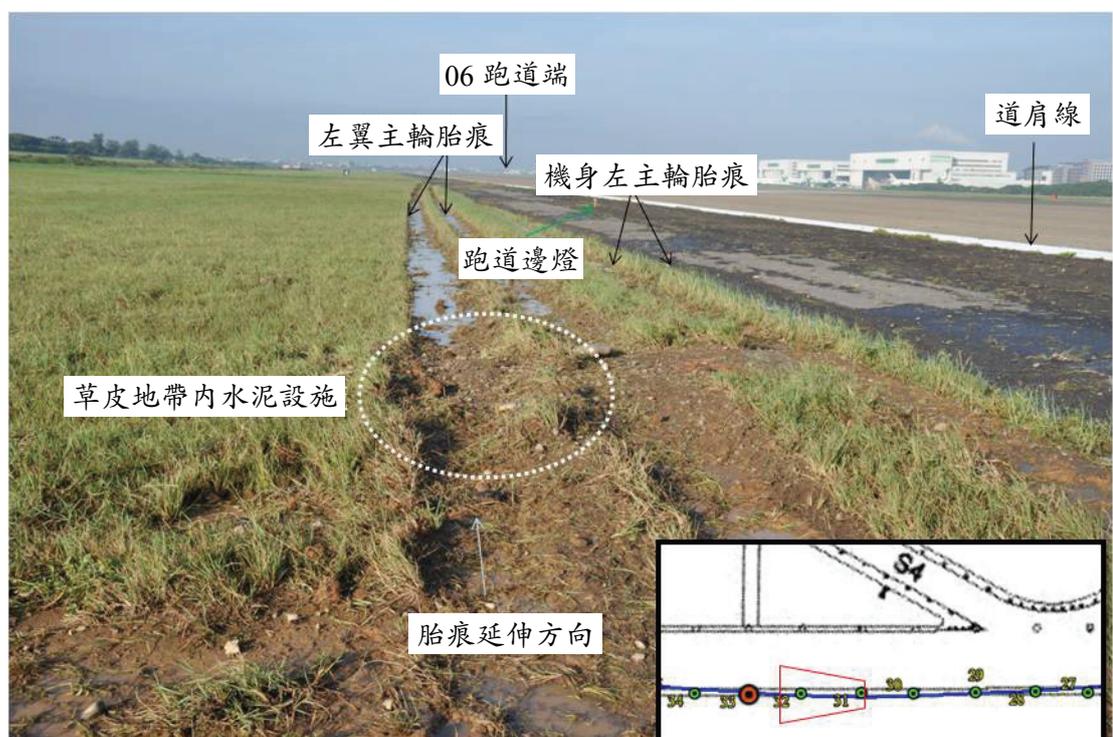


圖 1.12-19 胎痕分佈狀況(距 24 跑道端 6,365~6,575 呎)

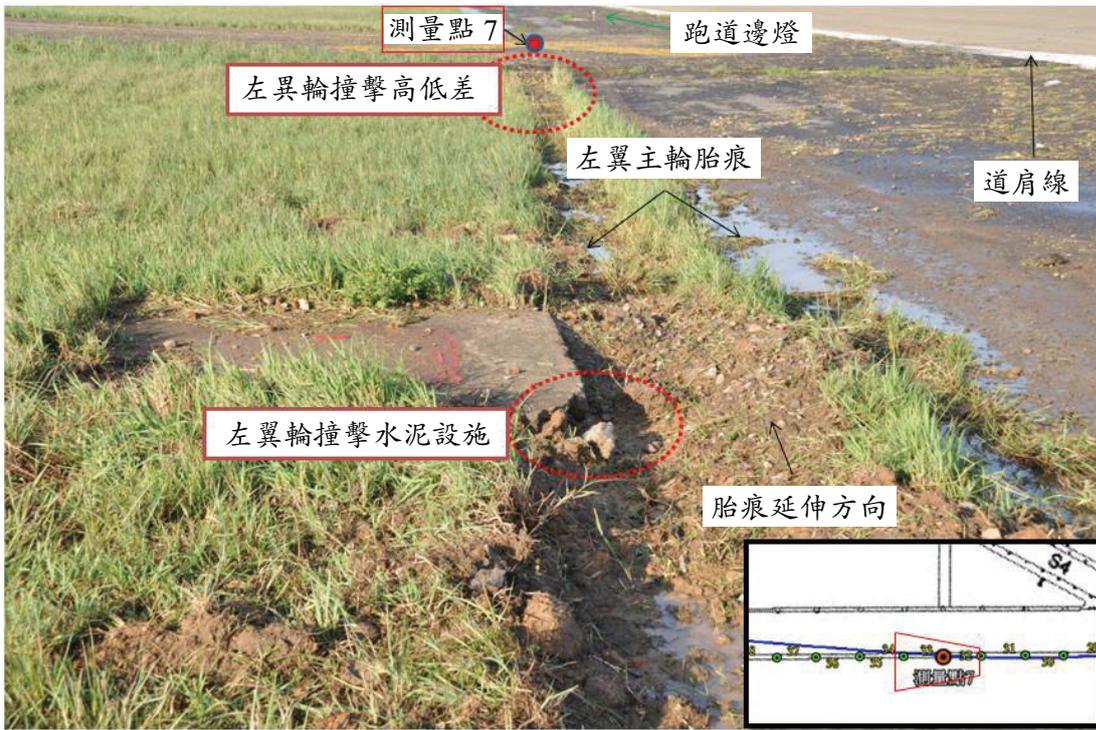


圖 1.12-20 胎痕分佈狀況(距 24 跑道端 6,480~6,560 呎) 跑道邊燈 (毀損)

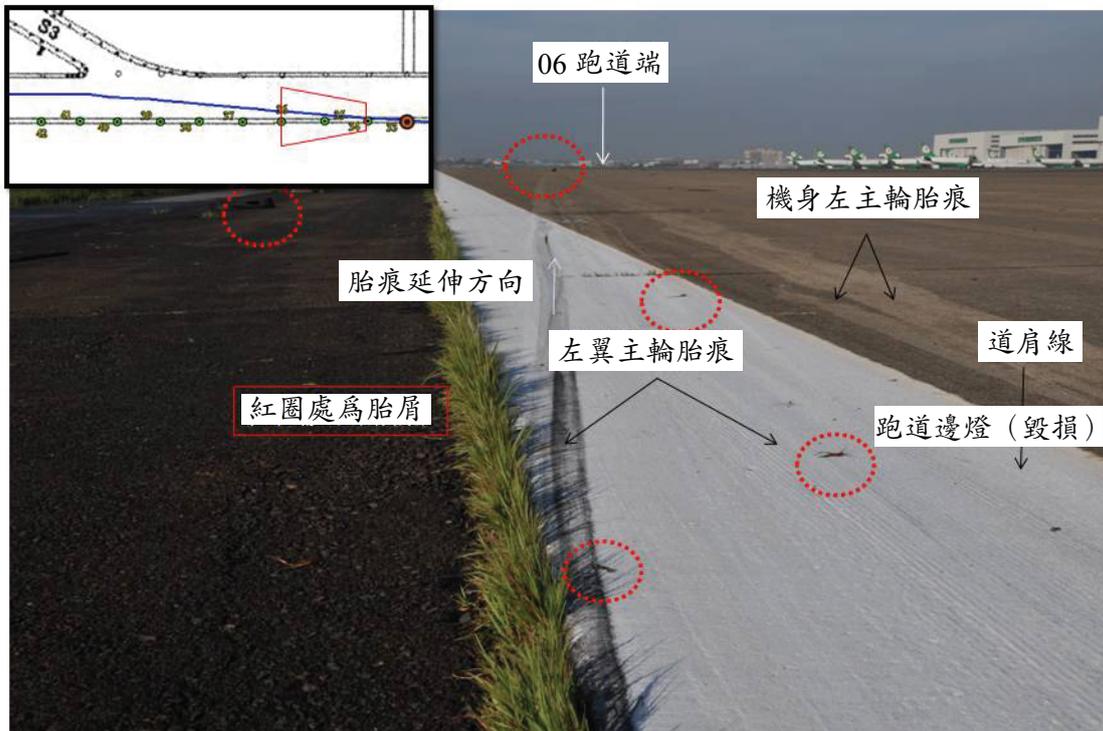


圖 1.12-21 胎痕及輪胎碎片狀分佈狀況(距 24 跑道端 6,780 呎)

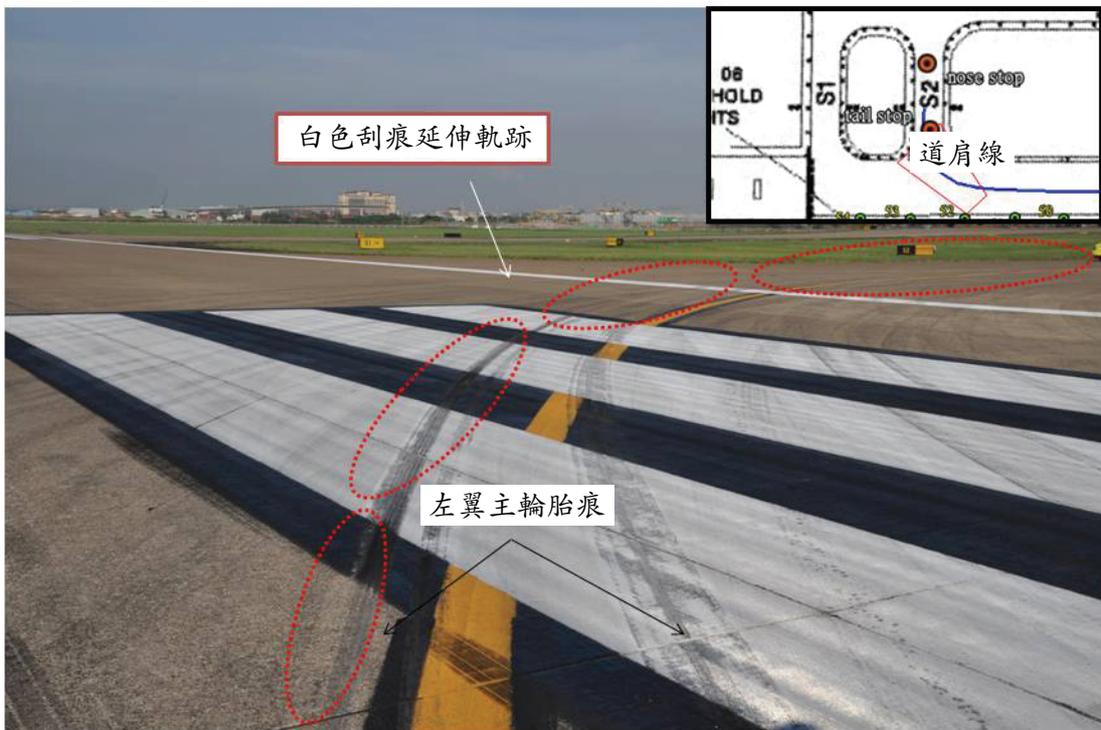


圖 1.12-22 24 跑道與滑行道 S2 轉彎處之胎痕及鋪面刮痕狀況



圖 1.12-23 該機停止時尚未完全脫離跑道區域

### 1.13 醫學與病理

不適用。

### 1.14 火災

不適用。

### 1.15 生還因素

不適用。

### 1.16 測試與研究

該機安裝由 HYDRO-AIRE 公司生產之煞車系統控制單元乙具，件號為 42-747-3（波音公司件號為 S283U002-5），序號為 00715；長榮於民國 99 年 10 月 12 日經由其合約商 Delta Air Lines Inc.，將該煞車系統控制單元送抵 HYDRO-AIRE 公司執行工作台檢查及非揮發性記憶體（Non-Volatile Memory, NVM）資料下載，本會於民國 99 年 12 月 6 日自長榮公司獲得該煞車系統控制單元下載資料（詳附錄 6），以及工作台檢查修理報告（詳附錄 7）。

由附錄 7 顯示下載資料共計 20 筆，其中第 5 筆資料記錄該事故航班（FLIGHT LEG# 00）期間曾發生左後煞車扭力限制器電源供應及控制卡間歇性接地；由附錄 10 修理報告顯示該煞車系統控制單元驗證測試失效，計有前、後閥門驅動器最大輸出失效，以及備用閥最大電流測試失效。

### 1.17 組織與管理

#### 1.17.1 機場鋪面板塊管理系統

依據「台灣桃園國際航空站設施及裝備維護作業規定」第 5.3 節：

- 5.3.1 例行性修補及維護

5.3.1.1 維護廠商每日巡場檢視鋪面狀況並填寫巡場紀錄表，若發現對飛航安全有立即影響之坑洞，除立即以瀝鎂土進行修護外，並視實際需要由維護組緊急申請或配合跑道、滑行道既定的坑洞裂縫維修關閉時段，以熱拌之 AR4000 瀝青混凝土進行鋪面維修工作，並同時用填縫膠進行裂縫修補，以避免水份下滲。

巡場紀錄表依如下重點填寫：

A. 巡場日期、時間及地點。

B. 受損鋪面板塊編號、板塊或接縫受損情形描述（斷裂、坑洞、下陷、冒漿、斷差、伸縮縫脫落、老化）及受損尺寸。

C. 處置情形及追蹤情形。...

• 5.3.3 計畫性翻修或整建工程：

鋪面板塊經一再維修，仍無法解決下陷、斷裂、坑洞、冒漿泥濘不堪之情形，鋪面狀況指標（Pavement Condition Index, 簡稱 PCI）值，於跑道、入口滑行道，平行滑行道等區域之樣本板塊低於 55；於快速出口滑行道，其他出口滑行道及平行滑行道，樣本板塊 PCI 值低於 50；及停機坪與其他道面樣本板塊 PCI 值低於 45 之任一狀況下，則進行鋪面局部翻修工程之規劃設計作業，將底層舊級配置換為排水良好之新級配，以改善因底層淘空導致冒漿現象。跑道或滑行道二側規劃埋設導水裝置，以收集板塊底層之積水。本場鋪面 PCI 值及平坦度，原則上每年配合計畫性年度翻修或整建工程，同時實施至少一次調查。當鋪面到達使用年限前，則規劃鋪面整建計畫報請上級機關民航局核定後實施。

• 5.3.4. 上述鋪面維護施工紀錄，將定期輸入本站「臺灣桃園國際機場道面板塊管理系統」進行資料更新，俾供日後決策建議及預測分析之參考。...

調查發現：該機場之鋪面板塊管理自民國 97 年後即未依上述程序辦理道面板塊管理資料之更新。

### 1.17.2 跑道鋪面摩擦阻力檢測及維護作業規定

依「臺灣桃園國際機場跑道鋪面摩擦阻力檢測及維護作業規定」，摘錄相關 06/24 跑道之摩擦阻力作業程序如下：

- 6. 檢測作業規定：

(一) 檢測頻率：

本站維護組以目前使用之 Surface Friction Tester 檢測車，每月對 05/23 及 06/24 跑道分別進行至少一次道面摩擦係數之檢測。當於車速 95 公里/小時行進下，道面摩擦係數低於規定值 0.47 時，即通知維護廠商採取養護措施。或當雨天時，經航務組目視檢查跑道狀況描述為局部積水或氾濫，積水無消退現象並可能對航空器起降有安全影響時，應即通知維護組進行檢測。道面摩擦係數檢測值低於規定標準最小值 0.34 時，須通知航務組提供「跑道於潮濕時可能滑溜」之 NOTAM 警訊。

(二) .....

(三) 檢測紀錄：

檢測人員應依據附件二填具檢測紀錄書面文件，其內容包括：

1. 提出檢測要求之單位/人員，如本站、航管單位、或航空器駕駛員等。
2. 執行檢測之人員。
3. 導致需要檢測之事由。
4. 儀器操作方式及檢測結果。

附件 5-2 檢測報告格式

儀器型式：	時間：	地點：	計畫編號：
檢測日期：	風向：	方向：	
天氣：	檢測前狀況：	提出量測要求之單位：	
跑道：	儀器測試與校正：	需要量測之事由：	
表面狀況描述：			
表面紋理試驗	油脂 (公釐)	水 (秒)	
位置 1 位置 2 位置 3			
輪胎磨耗測試	胎屑損失 (克)		
左側 右側			
總計：			
檢測者：	拖車 (若有必要)：		
浸濕方法：	水膜深度： (公釐)		
檢測長度：	檢測速度：		
起點位置：	迄點位置：		
檢測橫向距離：			
檢測結果：			
速度 公里/小時	65	95	
第 1 個三等分段 中間的三等分段 第 3 個三等分段			
特定單一測試與速度之參考數值與方法記錄表：			
速度 公里/小時	65	95	
跑道距中心線 45 公尺之摩擦 係數最低區段 (包括道面標線)			

依據民航局頒布「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」，表 4-1 提供跑道鋪面抗滑標準，其中檢測速度 65 公里/小時，Runway Friction Tester 之摩擦係數養護規劃標準為 0.6；檢測速度 95 公里/小時，Runway Friction Tester 之摩擦係數養護規劃標準為 0.54。

檢測儀器	新建跑道 道面設計 標準*	跑道道面 養護規劃 標準*	跑道道面 最低抗滑 標準*	估計供水 深度 (公釐)	抗滑檢測速度 (公里/小時)	檢測輪 胎壓 (千帕)
Mu-meter						
方法 1	0.72	0.52	0.42	1.0	65	70
	0.66	0.38	0.26	1.0	95	70
方法 2	0.68	0.47	0.42	0.5	65	70
	0.65	0.45	0.39	0.5	130	70
Skiddometer	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.74	0.47	0.34	1.0	95	210
Surface Friction Tester	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.74	0.47	0.34	1.0	95	210
Runway Friction Tester	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.72	0.54	0.41	1.0	95	210

\*此值為跑道或其中某段之平均值。

## 1.18 其他資料

### 1.18.1 國內機場跑道入侵紀錄

依據民航局飛航服務總臺之飛航管制案件紀錄，自民國 91 年 1 月至 99 年 7 月期間，92 年桃園國際機場及 94 年松山機場各發生一次跑道入侵事件，95 至 98 年無跑道入侵事件。99 年 1 月至 7 月間，桃園國際機場發生 3 起跑道入侵事件。

### 1.18.2 煞車控制系統簡介

煞車控制系統 (Brake Control System) 可提供飛機主輪防滑保護、自動煞車以及煞車扭力控制等，於降落、起飛及地面滑行時使用。

#### 1.18.2.1 煞車系統控制單元

煞車系統控制單元可提供飛機主輪防滑、自動煞車以及煞車扭力控制系統之運算、邏輯判斷及測試功能，該系統共包含下列附件：

- 8 片監控主輪於跑道及滑行時之轉速及調節煞車壓力等之控制卡（亦為防滑系統附件之一）；
- 4 片煞車扭力限制器控制卡（亦為煞車扭力控制系統附件之一）；
- 自動煞車控制卡、內建測試卡及內建測試資料擷取卡各 1 片；
- 1 組用以連接各電路卡及開關之電子接頭組件；
- 2 具旋轉式煞車指示開關。

主輪轉速訊號來自於 16 具主輪輪軸上之速度換能器，此 16 組主輪轉速訊號經轉換後可得每一具主輪前進參考速度訊號，經與飛機實際前進速度訊號比較，可得每一具主輪前進速度之差異訊號藉此以控制主輪防滑；在飛機滑行速度大於 25 哩/時且有使用煞車時，此 16 組轉速訊號同時比較前後排列之兩具主輪轉速，當任一具主輪速度低於另一具之 30% 時，作用於較低速主輪之煞車壓力將被鬆開，直到速度訊號增加至與另一具相同為止，主輪防鎖死之系統作用圖詳如圖 1.18-1 所示。

飛機主輪發生水飄之保護則直接作用在每一具前後排列之後方主輪上，在飛機落地滾行且有使用煞車時，當後方主輪之前進參考速度小於飛機地速 50 哩/時，洩放後方主輪煞車壓力鬆開煞車，使後方主輪速度增加至飛機地速，主輪防滑系統如圖 1.18-1 所示；前主輪則以防鎖死保護避免打滑之方式互相牽制。

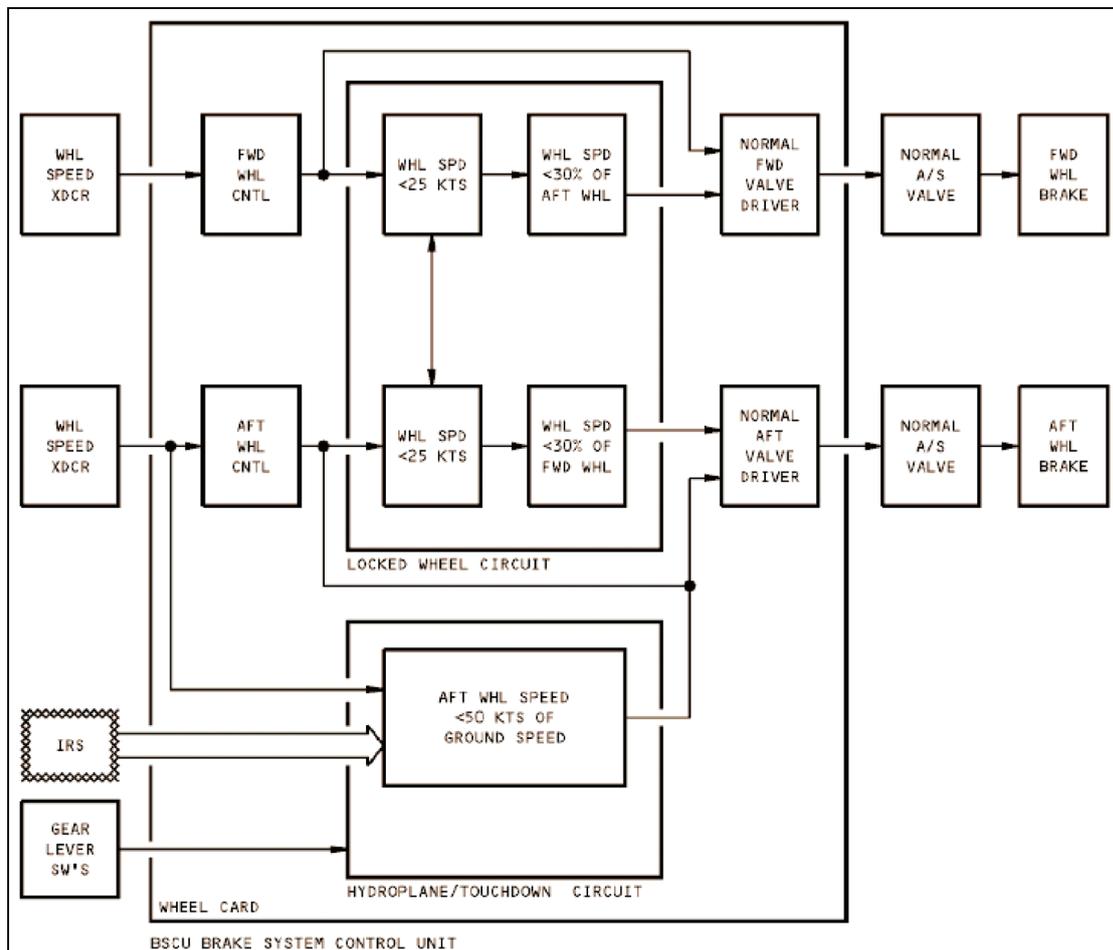


圖 1.18-1 主輪防滑系統圖

### 1.18.2.2 煞車扭力控制系統

煞車扭力控制系統 (Brake Torque Control System) 包含下列附件：

- 4 片位於煞車系統控制單元之煞車扭力限制器控制卡；
- 16 具煞車扭力感測器，分別位於每一具煞車等化連桿上。

每一具主輪之煞車扭力控制各自獨立運作，當扭力感測器所攫取之扭力訊號大於煞車系統控制單元內之設定值時，釋放煞車訊號將會被送至防滑閥驅動器，再與防滑釋放訊號比較，兩者訊號中較大者被送至防滑閥以洩放煞車壓力。

煞車系統控制單元可監控煞車扭力限制器系統是否故障，故障訊息則顯示於 EICAS 上，相關故障排除可藉執行 CMC 測試找出故障部位為感測器或者煞車系統控制單元。

### 1.18.3 人員訪談

#### 1.18.3.1 正駕駛員

正駕駛員於長榮擔任波音 747-400 型機機長，未擔任其他如教師機師之職。

本次任務由浦東飛台北，起飛前提示時，天氣狀況合於規定，決定由副駕駛員擔任 PF。起飛、爬高等一切正常，直到航管交接點由台北區管中心接管後，一聯絡就給了 BAKER TWO BRAVO RNAV ARRIVAL 的進場，使用 24 跑道，這個時候正、副駕駛員在 ACARS 上面看最新的 ATIS，正駕駛員記得的是 information Hotel，所有的天氣資料包括能見度、風、雲高等都符合副駕駛員的起降標準。接著副駕駛員就做落地前提示，包括 approach、落地所使用的跑道、脫離後使用的滑行道…等。做完這些提示後，正駕駛員就用 PA 做乘客廣播下降提示，做完 PA 後沒多久便開始下降，到大約 15,000 呎時，就換到台北 approach 管制。大約距離機場 10 哩時候，塔台告知台北目前的天氣是能見度 3,000 公尺，風大約是 300/5 哩，雲幕高 1,000 呎，也都是正常，同時正駕駛員也看到機場。到了 1,000 呎正駕駛員呼叫 one thousand feet，副駕駛員說 runway in sight。到了 500 呎所有的數據都 all stable。約 300、400 呎時，忽然遭遇一陣陣雨，正駕駛員將雨刷開到 High 的位置，這時跑、滑道燈光都還是看得到的，就正常落地，flare 時正駕駛員有說帶一點或推一點等，落地的姿態正常，公司規定落地濕滑跑道要用全反推力器，著陸之後就拉反推力器，先拉到慢車，要準備用全反推力器的時候，飛機就開始有一點兒偏，那時感到副駕駛員的右舵已經用了，可是飛機還是持續向左邊偏，正駕駛員感覺左邊跑道的邊線幾乎已經到其駕駛艙的角角上面了，這時候還想用右舵把飛機帶回來。差不多過了一段時間，飛機才好像有點兒要回跑道中心線來，這時候正駕駛員聽到主警告系統響了，就注意看到有訊息出來了。那時候，看那

個情況還是可以滑行、可控制的情況，因此就在 S2 滑行道右轉脫離跑道。

脫離跑道後，把飛機煞停，依 GEAR DISAGREE 之訊息判斷，此與左翼輪的 indicator 有關係，確定是左機翼的起落架出了問題，不能再滑行，暫時停在 S2 滑行道。於是準備用拖車拖回，聯絡機務準備拖車、機輪插銷，不能滑了。同時與座艙長聯繫，告知情況及準備拖回，這準備需要一些時間。Ground 詢問「飛機可不可以稍微往前面滑一點?」、「後續的飛機可不可以過得去?」以及「會不會影響 SP 滑行道的飛機滑行?」等問題，正駕駛員和副駕駛員研究後覺得不能確定，這時看到公司的另一架飛機停在 S1 滑行道。然後就是過了 20 分鐘左右，機務到達，告知插銷也帶來了，他們已經做了初步的檢視，認為左翼輪已經不能拖了，要換輪胎，需要一段時間。建議用接駁車方式把乘客接運到第二航廈。

公司規定，副駕駛員實施起降的天氣標準是能見度 3,000 公尺以上，正側風不超過 15 節，沒有雲幕高的限制。

正駕駛員與副駕駛員是事故前一天下午搭乘 BR901 到高雄，第二天下午執行 BR706 由高雄飛上海。過去約半年前正駕駛員曾與副駕駛員共飛過。

副駕駛員約於 1,000 呎時解除自動駕駛及自動油門改用手飛，手動操控的表現正常，其左手一直放在油門上，也沒有緊張的現象。公司對解除自動駕駛的時機沒有特別的限制規定。正駕駛員自己飛的時候，只要能目視跑道，也是在高度約 1,000 呎時解除自動駕駛。進場階段軌跡都在跑道中心線的延長線上，看來一切正常，也沒有感覺有側風，風很小，著陸之前飛機也都保持在跑道中心線上，剛著陸時也都正常。一般使用反推力器的時機是在落地以後，才會去拉反推力，準備要用全反推力器的時候，飛機就開始慢慢往左偏，一直往左偏，這時候感覺副駕駛員用右舵在修正，但修正得不夠，正駕駛員就這時候接手，正駕駛員記得曾叫出「I have control」，但不記得副駕駛員有沒有回應，同時使用右舵。落地時正駕駛員的腳始終放在舵上，看副駕駛員舵用得不夠，正駕駛員就繼續用右舵，一直到全部用滿。落地時，正駕駛員的手沒有放在駕駛盤及油門上，接手時才把

手放在駕駛盤及油門上。確定本次航班無論在 ATIS 或航管管制員等，皆未曾獲得過桃園機場有關風切的資訊。

### 1.18.3.2 副駕駛員

副駕駛員於下降前準備時，利用自己的 ACARS 抄收台北的 ATIS 資訊，就記憶所及當時的能見度大約是 7,000 呎，風向/風速不明顯影響到副駕駛員的操作，所以在那個當下，在快速的評估之後，副駕駛員就跟正駕駛員說，就依據這個來做進場設定。至當時為止，副駕駛員仍認為一切正常，天氣方面在公司規範的副駕駛員操作限制之內，所以並沒有特別的顧慮。

下降過程中一切正常，到了五邊的時候，有接收到台北以廣播方式更新天氣資訊，但不是特別針對該航班，內容為「Taipei information is three thousand」，一樣給了風向風速及雲高的情報，正、副駕駛員評估後，認為仍未影響到其飛航要求，所以就繼續進場，過程中一切正常，到了 500 呎 stable。

開始低過 500 呎以後，窗外一、兩滴小雨後，有陣雨發生，正駕駛員很快的將雨刷打開，雨刷作動下就像是平日在陣雨中使用雨刷的視覺效果，當時台北把各個燈號都已經打開，所以副駕駛員用燈號、跑道、各個標線、PAPI，能夠定義該機的相對位置。繼續下降過程中，副駕駛員感覺到飛機姿態並無受到明顯的影響，其視線就由雨刷輔助，在那個當下副駕駛員覺得是可以繼續進場的，正駕駛員當時也沒有明顯的異議，因此就繼續往跑道前進。

之後開始平飄，副駕駛員是以「fifty, forty, thirty, twenty, ten」之聲響來反應，對副駕駛員來說，是可以接受的，可能在低高度的時候，最後飛機平飄了。在那個當下，副駕駛員的印象是正駕駛員最後有提醒，就是說把飛機放下來，然後接著馬上飛機就著地了。

觸地後，副駕駛員依照標準操作原則，將反推力器拉起。拉起後有感覺到飛機的前進軌跡開始有偏側，副駕駛員馬上蹬右舵修正，但是仍然看到飛機持續在

偏側，這時候副駕駛員感覺到正駕駛員的右腳也伸了進來幫忙蹬右舵。在目前的記憶中，副駕駛員是有印象正駕駛員好像有要接手，在副駕駛員回應「You have control」的時候，其雙腳並沒有離開方向舵踏板，因為飛機的偏側仍不在掌控之中，所以那時候右腳還是頂在上面。

之後副駕駛員感覺到飛機開始產生了震動，接著就出現了警告訊息跟 EICAS 訊息，但飛機這時候就沒有再向左偏側。數秒後，飛機在正駕駛員的掌控之下回到跑道，速度已經逐漸減低到滑行速度，所以就從 S2 滑行道脫離跑道，在跟地面管制確認後，正、副駕駛員停下飛機，聯絡長榮的機務人員。

本次飛航總共收看過一次 ATIS，印象中所看到的 ATIS 是 Information Hotel，抄收時機在下降之前，因為正駕駛員是用那一份資料做乘客廣播，大概是在 21:01 至 21:05 之間。印象中風向風速記得是 10 浬/時之內，或者是 5 浬/時左右，雨量部分為 light shower rain，雲高的部分副駕駛員認為沒有特別的影響。整個飛航過程中，不曾收到過任何有關風切或足以引起風切警覺的訊息。

提示時沒有提及其它特別的事項。副駕駛員之所以覺得意外，是因為在很遠的地方就已經看到跑道及進場燈光，所以在那當下並未預期台北機場會有危害天氣產生。

在進場過程中，曾經在氣象雷達幕上看到有一些零星的雷達回波；視覺上也可以看得到在其下滑道可能左邊一塊雲，右邊一塊雲，但是剛好在下滑過程中，副駕駛員可以直接看到進場燈光系統，所以感覺是從中央飛進去的。好像在雷達幕上曾看到有紅、黃的顯示，但確切位置因為不影響到進場，所以事後沒有甚麼太清楚的印象。在進場的過程中，飛機事實上是沒有完整在左右定位台上飛行，副駕駛員有感覺到飛機被帶到了中心線的左側、右側，所以在一千呎以下的過程中，就是保持中心線的飛行，就是跟隨左右定位台飛行，所有的操作的都是在確認飛機通過跑道頭然後著陸在中心線上。

在五邊，通常都是用坡度去修正飛機的軌跡，副駕駛員會將腳放在舵上，如果沒有出現明顯的蟹行的動作，則不會給予明顯的方向舵改變。在 747 這個機種，最後進場如果有側風，飛機的航向如果沒有對正跑道，到了最後平飄前，副駕駛員會先用方向舵之輸入去對正跑道，然後 aileron into the wind, banking to the wind, maintain still on the track, align centerline。在五邊如果有側風，都是用蟹行進場，通常都是到了約 100 呎時，開始減低蟹行角度（de-crab）。

公司有規定濕滑跑道可以用反推力器做輔助，濕滑跑道落地需要增加與地表接觸摩擦力，所以飛航組員要讓飛機與跑道作做比較扎實的接觸，反推力器是有幫助的，所以在訓練過程中，也都鼓勵使用全反推力器，這次落地的感覺上不是輕觸地面，絕對不是輕觸地面，是紮實的落地。

當作 de-crab 時，滾轉（roll）與偏航（yaw）的操作原則，通常方向舵的 input，假設是由右側風中進來，飛機的頭是偏右側的，利用方向舵維持讓航機可以向中心線對正。在對正的過程中，飛機一定會產生側滾，側滾的時候必須要用副翼（aileron）去抗衡它的變化，但如果側風太強的時候，不能只是單純的保持機翼水平，有時候 bank to the wind。重點是視覺上要感覺飛機是對正中心線，並且可以持續保持。如果在對正過程中飛機仍然被風吹移，控制在中心線旁或向左、或向右的時候，就要用 roll 的操作來控制。印象中，747 的滾轉角達到 6~8 度時，引擎會觸地。

### 1.18.3.3 臺北機場管制臺機場管制席 1

當時為夜班，配置 5 位管制員，輪值機場管制席、地面管制席、許可頒發席、飛航資料席及地面管制輔助席，並視航情狀況合併席位。依席位的不同，每做 1 小時或半小時休息半小時，接班後依時段輪值不同席位。該員於事故前值機場管制席，約於 2128 時交接下席位休息，旋因臺長來電要求當時剛接本席位之管制員（機場管制席 2）接聽電話，便由該員暫時接替。當時席位管制約 5、6 架飛機，在波道同時構聯的飛機約 1、2 架。

該員暫接機場管制席之初，23 跑道有到場及離場飛機，於放行離場飛機後，觀察雷達螢幕知悉 BR701 實施進場，後續與該機構聯並頒發 24 跑道的落地許可。BR701 落地後該員目視其右轉進入 S2 滑行道，隨即另一 24 跑道進場的 B7 188（B747-400 型機）駕駛員報告「two miles」時，該員按當時 2 架飛機的位置，觀察 BR701 於 S2 滑行道持續往前移動，判斷該機應可順利的由 S2 轉到 SP 滑行道，便頒發 24 跑道的落地許可予 B7 188。

後來 BR701 向地面管制席報告有機械問題，要求停在 S2 滑行道，地面管制席告知該員 BR701 停在 S2 滑行道。隨後該員由地面管制席得知 BR701 確認已脫離跑道，便提供 B7 188「sierra two is blocked」之訊息，之後便將席位交回原輪值管制員，其間並未獲知 BR701 曾偏出跑道。

該員表示當時沒有收到低空風切警告系統的風切警示。氣象人員若發布低空風切警報，或 METAR 顯示有低空風切，席位間會相互提醒注意，然尚無需主動提供給駕駛員，因為並非即時之風切資訊。按飛航管理程序規定，當有駕駛員通報遭遇低空風切或低空風切警告系統發出警告訊息，便須將風切訊息主動傳遞給相關駕駛員。該員於事故發生當時並沒有確認該機駕駛員是否收到最新 ATIS 天氣資訊，因到場航機原則上係由航機初次與近場臺聯繫時，已由近場臺作航機所接收 ATIS 訊息之確認。該員於 BR701 落地前有依據 AWOS 提供風向、風速資料，因無即時 LLWAS 告警，故並未提供低空風切資訊。

當時是夜間，下雨，能見度 3-5 公里，不管目視或經由 ASDE 都不易發現該機是否偏離跑道。ASDE 的初級雷達回波影像因精確度限制，可為參考，但不宜作為確定飛機是否完全脫離跑道之依據，對於當天的情況，按作業規定由駕駛員確認跑道是否淨空。

#### 1.18.3.4 臺北機場管制臺機場管制席 2

該員休息半小時後剛接機場管制席約 1-2 分鐘，因為臺長來電找該員，便請

同事暫接席位以接聽電話，處理完電話回來接機場管制席，交接過程得知已發落地許可給 B7 188、BR701 停在 S2 滑行道，及其他例行交接事項，確認沒有問題便完成交接，並未管制到 BR701。因為 B7 188 無法由 S3 滑行道脫離，便告知該機「expect taxiway via sierra one to vacate runway」，之後該員和地面管制席協調，並詢問 B7 188 可否在跑道末端做 180 度迴轉，該機回答「unable」，該員便指示由 S1 滑行道脫離跑道，並在 SP 滑行道前等待。後續因考量 24 跑道末端滑行道 S1、S2 皆被航機占據，於是協調近場台 24 跑道暫停起降。

### 1.18.3.5 臺北機場管制臺地面管制席

該員當時已於地面管制席值班約 30 至 40 分鐘，在管制 BR701 前，23 跑道有數架航機後推以及落地滑行，略低於中等程度之工作負荷。當時有看到 BR701 由 S2 滑行道脫離跑道，但一直未與該員進行聯絡，所以該員主動聯絡 BR701，該機聯絡後告知機械問題，需要停在原地做檢查。當該員知悉 BR701 需停在 S2 滑行道，立刻通知機場管制席 BR701 之情形。

該員當時參考 ASDE 後，認為跑道應是淨空，但是不能以 ASDE 初級雷達回波影像做為確定之依據，便詢問 BR701 跑道是否淨空，駕駛員答覆「affirm」，該員立刻告知機場管制席駕駛員確認跑道淨空。BR701 停在 S2 滑行道 1、2 分鐘後 B7 188 落地，由於 B7 188 亦無法由 S3 滑行道脫離，便經由 S1 滑行道脫離。考量 B7 188 為波音 747 型機，該員判斷 BR701 既已完全脫離跑道，則其在 S2 位置與 SP 滑行道距離可能不足以讓 B7 188 由 SP 滑行道通過，所以該員詢問 BR701 如另外一架波音 747 從其前方 SP 滑行道滑行通過使否有問題，BR701 回答無法確定，因此指示 B7 188 停在 SP 滑行道前等待。

該員將兩架航機的情形告知航務組，並告知 24 跑道暫停使用。BR701 於 S2 滑行道停了一段時間，該員詢問其是否需要地面支援，BR701 班機回答需要拖車。隨後經航務組到達現場後，告知 SP 滑行道淨空，於是指示 B7 188 滑回停機坪。事故發生約 20-30 分鐘後航務組黃車以無線電告知該機有爆胎情形。

該員表示當天 LLWAS 運作正常，事故前後並未聽到 LLWAS 的警告聲。

### 1.18.3.6 臺北機場管制臺許可頒發席兼飛航資料席

該員於 2129 時以平面通信聯繫桃園航空氣象臺，告知 24 跑道落地的國泰班機報告能見度沒有 METAR 報的那麼好，天氣觀測員回應要再發報，並要發 2 小時的風切警報。該員收到訊息後便口頭告知各席位將發風切警報，並做提醒條放在機場管制席及地面管制席。

### 1.18.3.7 桃園航空氣象臺天氣觀測席

2000 時起有毛毛雨，2100 時之後雨勢變大，能見度由 7,000 公尺逐漸下降到 6,000、5,000 公尺。2127 時發半點天氣報前 LLWAS 出現警告聲響，故於半點天氣報附加 24 跑道風切之補充資料，以及發布 2 小時的風切警報。約 2130 時塔台以平面通信告知有班機報告能見度不好，該員回答半點天氣報能見度將降到 3,000 公尺，並告知發布 2 小時的風切警報。2138 時雨勢加大，能見度降低，風向較亂，便發特別天氣。約 2146 時塔台以平面通信要求換序重發報，因為 ATIS 要附加塔台資訊，便將序號由 K 跳 L。

2200 時能見度降到 2,200 公尺，桃園國際機場氣象雷達 7 月份故障待修，由氣象局的雷達回波圖顯示有大塊的回波，正點天氣報便附加 CB 資訊。

## 1.18.4 飛航操作相關規定與手冊內容

### 1.18.4.1 進場落地限制

#### ➤ 臺北飛航情報區飛航指南

臺灣桃園國際機場—ILS RWY 24 儀器進場之天氣限制為：能見度大於 800 公尺，或跑道視程大於 750 公尺。

#### ➤ 長榮747飛航組員操作手冊（以下簡稱747 FCOM）

長榮 747 FCOM 中，與側風限制有關之內容如下：

<b>Crosswind Limitations</b>				
<b>Runway Condition</b>	<b>Braking Action</b>	<b>Friction Value (μ)</b>	<b>Crosswind Limits (kts)</b>	
			<b>T/O</b>	<b>L/D</b>
<b><u>Dry / Damp</u></b>			<b><u>30</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b><u>Wet</u></b>			<b><u>25</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>Wet</b>	<b>Good</b>	<b>≥0.4</b>	25	30
	<b>Medium to Good</b>	<b>0.39 to 0.36</b>	25	30
<b>Contaminated or Slippery</b>	<b>Medium</b>	<b>0.35 to 0.30</b>	15	25
	<b>Medium to Poor</b>	<b>0.29 to 0.26</b>	15	20
	<b>Poor</b>	<b>0.25 to 0.20</b>	15	15
<b>Icy Runway (High risk of hydroplaning)</b>	<b>Unreliable</b>	<b>&lt; 0.20</b>	--	--

**Note:**

- (1) Wind component includes gust value. The PIC may at his discretion reduce his own crosswind limit.
- (2) Reduce landing crosswind limit by 5kt on wet and contaminated runway when using asymmetric reverse thrust.
- (3) The wet runway crosswind limit should be used only if the braking action / friction value is not known. Otherwise refer to the limit for the value given.
- (4) Without reported friction value, crosswind limits on runway with:
  - Standing water / Slush: Takeoff 15kt; Landing 20kt
  - Dry Snow: Takeoff 15kt; Landing 25kt
- (5) When runway width or cleared runway width is less than 45 meters (148 feet), reduce maximum landing crosswind component by 10 knots.

內容顯示，B747-400 型機於濕 (Wet) 跑道落地之最大側風限制為 30 浬/時，於污染或滑溜 (Contaminated or Slippery) 跑道落地之最大側風限制為 15 浬/時至 25 浬/時。

➤ 長榮航務手冊（以下簡稱FOM）

長榮FOM中與飛航組員起飛及落地限制有關之規定如下：

章節	原文內容	中文意涵
6.12.1	<p><b>Takeoff and Landing Restrictions</b></p> <p><i>RCA, SFO and FO may, at the discretion of the PIC, act as PF for takeoff and landing provided:</i></p> <p>...</p> <p><i>The following restrictions do not apply if the PIC is a Line IP or Line CA.</i></p> <p>a. <i>The reported RVR/visibility is equal or greater than 700 meters (2,300 feet) for takeoff, and 3,000 meters (2 statute miles) for landing.</i></p> <p>b. <i>The reported crosswind component, including gust, is not more than 15 knots.</i></p> <p><i>Anytime when anticipated windshear conditions indicated by a pilot report or an ATC report indicating severe windshear conditions, the captain shall act as PF.</i></p>	<p><b>起飛及落地限制</b></p> <p>機長（PIC）可斟酌下列條件，讓巡航正駕駛、資深副駕駛及副駕駛於起飛或降落時擔任操控駕駛員（PF）：</p> <p>...</p> <p>如機長為教師駕駛員或檢定駕駛員，則以下限制不適用。</p> <p>a. 跑道視程/能見度 起飛：大於等於 700 公尺 (2,300 呎) 降落：大於等於 3,000 公尺(2 法定英哩)</p> <p>b. 正側風包含陣風（gust）不大於 15 浬/時。</p> <p>任何時候自其他駕駛員之報告中預期有風切情況，或經航管告知有嚴重風切，則 PF 應由正駕駛員擔任。</p>

1.18.4.2 穩定進場及重飛

➤ 長榮FOM

章節	原文內容	中文意涵
7.9.4	<p><b>Stable Approach</b></p> <p>...</p> <p><i>An approach is stabilized when all of the following criteria are maintained:</i></p> <p>...</p> <p><i>c. Maintaining the required approach speed.</i></p> <p>...</p> <p><i>f. The pilot is able to maintain the correct track and desired profile to landing within the touchdown zone.</i></p> <p><i>g. Corrections are within normal bracketed parameters.</i></p> <p><i>Normal bracketed parameters</i></p> <p><i>a. Speed: <math>V_{ref}</math> to <math>V_{app} + 15</math> knots.</i></p> <p><b>Stable Approach Requirement</b></p> <p><i>An approach shall be discontinued immediately if an approach is not stable below 1000 feet or after leaving circling altitude, as applicable. Compliance with stable approach requirements is essential to flight safety.</i></p> <p>...</p>	<p><b>穩定進場</b></p> <p>...</p> <p>一個穩定的進場須符合下列所有標準：</p> <p>...</p> <p>c.維持所需之進場速度。</p> <p>...</p> <p>f.駕駛員能維持正確軌跡，使航機降落於跑道著陸區內。</p> <p>g.修正量在偏差限度範圍之內。</p> <p>偏差限度範圍</p> <p>a.速度：「落地參考速度」至「進場速度加 15 哩/時」之間。</p> <p><b>穩定進場要求</b></p> <p>當高度低於一千呎或離開繞場高度，而進場不穩定時，應立即停止進場。遵守穩定進場要求對飛安而言是必要的。</p> <p>...</p>
7.10.13	<p><b>Go-Around</b></p> <p><i>During an approach, a Go Around or Missed Approach must be considered:</i></p>	<p><b>重飛</b></p> <p>進場時有下列情況者，須考慮重飛或迷失進場：</p>

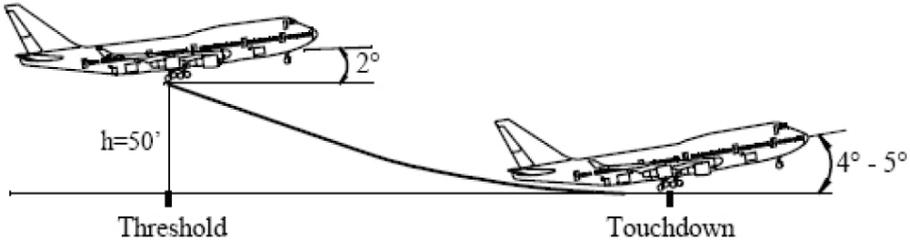
	<p>...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>If the approach is unstable, in such a way that most probably it won't be stable by 1000ft AGL.</i></li> </ul>	<p>...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 進場不穩定且幾乎無法於一千呎絕對高度前修正至穩定時。</li> </ul>
--	---	---

➤ 長榮B747飛航組員訓練手冊 (以下簡稱FCTM)

頁次	原文內容	中文意涵
Page 5-2	<p><b><i>Stable Approach Concept</i></b></p> <p><i>Maintaining a stable speed, descent rate, and vertical/lateral flight path in landing configuration is commonly referred to as the stabilized approach concept.</i></p> <p><i>Any significant deviation from planned flight path, airspeed, or descent rate should be announced.</i></p> <p><i>NOTE: Refer to FOM for stable approach criteria and callouts.</i></p>	<p><b>穩定進場概念</b></p> <p>一般而言，穩定進場之概念代表航機於落地外型下，速度、下降率、垂直方向及橫向軌跡能維持穩定。</p> <p>任何顯著偏離原計畫航跡、空速或下降率之情況，均應被提出。</p> <p>註：參閱 FOM 穩定進場標準及呼叫。</p>
Page 5-7	<p><b><i>Final Approach</i></b></p> <p><i>At glide slope capture, observe the flight mode annunciators for correct modes. At this time, select landing flaps and VREF + 5 knots or VREF + wind correction if landing manually, and complete the Landing Check. When using the autothrottle to touchdown, no additional wind correction is required to the final approach speed. The pilot monitoring should continue standard callouts during final approach and the pilot flying should acknowledge callouts.</i></p>	<p><b>最後進場階段</b></p> <p>攔截下滑道時，注意觀察飛航模式之正確性，同時選定落地襟翼。手飛落地時，最後進場速度為 Vref 加 5 哩/時或 Vref 加風的修正量，並完成落地前檢查。使用自動油門著陸時，無須對最後進場速度進行風的修正。最後進場階段監控駕駛員須持續標準呼叫，操控駕駛員須回應監控駕駛員之呼叫。</p>

## 1.18.4.3 平飄及著陸操作

➤ 長榮B747 FCTM

頁次	原文內容
Page 6-10	<p><b>Flare And Touchdown</b></p> <p>...</p> <p><i>Maintaining a constant airspeed and descent rate assists in determining the flare point. Initiate the flare when the main gear is approximately 30 feet above the runway by increasing pitch attitude approximately 2° - 3°.</i></p> <p>...</p>
Page 6-10	<p><b>Landing Flare Profile</b></p> <p><i>The following diagrams use these conditions:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 3° approach glide path</li> <li>● Flare distance is approximately 1,000 to 2,000 feet beyond the threshold</li> <li>● Typical landing flare times range from 4 to 8 seconds and are a function of approach speed</li> </ul> <p>...</p>
Page 6-11	 <p>...</p>
	<p>...</p> <p><i>Do not allow the airplane to float; fly the airplane onto the runway. Do not extend the flare by increasing pitch attitude in an attempt to achieve a perfectly smooth touchdown. Do not attempt to hold the nose wheels off the runway.</i></p>

Page 6-23	<p><b>6.1.3 Factors Affecting Landing Distance</b></p> <p>...</p> <p><i>Floating above the runway before touchdown must be avoided because it uses a large portion of the available runway. The aircraft should be landed as near the normal touchdown point as possible. Deceleration rate on the runway is approximately three times greater than in the air.</i></p> <p>...</p>
--------------	--

#### 1.18.4.4 濕滑跑道落地操作

##### ➤ 長榮747FCOM

頁次	原文內容
SP.16.12	<p><b>COLD WEATHER OPERATION</b></p> <p><b>Landing</b></p> <p>...</p> <p><b>Flare</b></p> <p><i>Do not float or allow the airplane to drift sideways during flare.</i></p> <p><b>Touchdown</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Accomplish a firm touchdown as near to the runway centerline as possible.</i></li> <li>● <i>The airplane should be flown firmly onto the runway at the aiming point. A firm touchdown improves wheel spinup and reduces hydroplaning.</i></li> <li>● <i>Do not allow the airplane to float in the air to bleed off speed. Deceleration on the runway is about 3 times greater than in the air. If a touchdown beyond the touchdown zone is likely, go-around.</i></li> </ul>

SP.16.13	<p><b><i>Transition to Braking Configuration</i></b></p> <p><b><i>CAUTION: These items should be performed without delay.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Check that the speedbrakes deploy immediately after main gear touchdown. If speedbrake lever fails to actuate automatically, immediately raise the speedbrakes manually.</i></li> <li>● <i>Immediately lower the nose gear onto the runway.</i></li> <li>● <i>Raise reverse thrust levers to the interlock.</i></li> <li>● <i>After the reverse thrust interlocks release, pull symmetrical reverse thrust levers up to maximum reverse. Reverse thrust is more effective at high speed.</i></li> <li>● <i>Autobrake system will begin symmetrical braking after wheel spinup.</i></li> <li>● <i>Without autobrake system, use moderate to firm steady pressure pedal after nose gear touchdown. Do not cycle brake pedals.</i></li> </ul> <p><b><i>Rollout</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Maintain light forward control column pressure. This will improve nose wheel traction.</i></li> <li>● <i>Keep wings level.</i></li> <li>● <i>Maintain directional control at high speed (above 40 - 60 kts) with rudder.</i></li> <li>● <i>Maintain directional control at low speed with nose wheel steering and rudder.</i></li> </ul> <p><b><i>Skid or Loss of Directional Control</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Immediately release brakes.</i></li> <li>● <i>Be aware of landing distance remaining.</i></li> <li>● <i>Return to reverse idle. Do not stow reverse thrust levers.</i></li> <li>● <i>Use rudder pedal steering to regain runway centerline. Optimum nose wheel steering angle for a slippery runway is 1 to 2°.</i></li> <li>● <i>When rolling parallel with the runway and near the centerline, re-apply reverse thrust and brake pressure to develop maximum braking.</i></li> </ul>
----------	--

另依照國際航空運輸協會（International Air Transport Association, IATA）「降低偏出跑道風險」教材<sup>18</sup>之建議，飛航組員於濕滑跑道落地時應注意之操作原則大致包含以下內容：

<sup>18</sup> Runway Excursion Risk Reduction (RERR) Toolkit, Second Edition, 2011 °

著陸前：盡可能選用最低之進場速度、確保進場速度不超出選定之進場速度、  
盡可能將航機之橫向偏移減至最小；

著陸時：盡可能於著陸區內、跑道中心線上執行有感落地（firm landing）；

著陸後：盡速升起減速板、盡速使用適當煞車及反推力、盡速使鼻輪著陸，  
以增加輪胎與鋪面間之摩擦力，提升航機之方向控制與減速能力。

### 1.18.4.5 側風落地技巧

#### ➤ 長榮B747 FCTM

頁次	原文內容
Page 6-26	<p><b>6.1.4 Crosswind Landings</b></p> <p><i>The crosswind limits shown below were derived through flight test data, engineering analysis and piloted simulation evaluations. These crosswind limits are based on steady wind (no gust) conditions and include all engines operating and engine inoperative. Gust effects were evaluated and tend to increase pilot workload without significantly affecting the recommended guidelines.</i></p> <p><i>Crosswind limits refer to FCOM, Volume 1, LIMITATIONS.</i></p> <p><b>Crosswind Landing Techniques</b></p> <p><i>Three methods of performing crosswind landings are presented. They are the de-crab technique (with removal of crab in flare), touchdown in a crab, and the sideslip technique. Whenever a crab is maintained during a crosswind approach, offset the flight deck on the upwind side of centerline so that the main gear touches down in the center of the runway.</i></p> <p><b>De-Crab During Flare</b></p> <p><i>The objective of this technique is to maintain wings level throughout the approach, flare, and touchdown. On final approach, a crab angle is established with wings</i></p>

	<p><i>level to maintain the desired track. Just prior to touchdown while flaring the aircraft, downwind rudder is applied to eliminate the crab and align the aircraft with the runway centerline.</i></p> <p><i>As rudder is applied, the upwind wing sweeps forward developing roll. Hold wings level with simultaneous application of aileron control into the wind. The touchdown is made with cross controls and both gear touching down simultaneously. Throughout the touchdown phase upwind aileron application is utilized to keep the wings level.</i></p> <p><b><i>Touchdown in Crab</i></b></p> <p><i>The aircraft can land using crab only (zero side slip) up to the landing crosswind guideline speeds. (See the landing crosswind guidelines table, this chapter).</i></p> <p><i>On dry runways, upon touchdown the aircraft tracks toward the upwind edge of the runway while de-crabbing to align with the runway. Immediate upwind aileron is needed to ensure the wings remain level while rudder is needed to track the runway centerline. The greater the amount of crab at touchdown, the larger the lateral deviation from the point of touchdown. For this reason, touchdown in a crab only condition is not recommended when landing on a dry runway in strong crosswinds.</i></p> <p><i>On very slippery runways, landing the aircraft using crab only reduces drift toward the downwind side at touchdown, permits rapid operation of spoilers and autobrakes because all main gears touchdown simultaneously, and may reduce pilot workload since the aircraft does not have to be de-crabbed before touchdown. However, proper rudder and upwind aileron must be applied after touchdown to ensure directional control is maintained.</i></p>
Page 6-27	<p><b><i>Sideslip (Wing Low)</i></b></p> <p><i>The sideslip crosswind technique aligns the aircraft with the extended runway centerline so that main gear touchdown occurs on the runway centerline.</i></p> <p><i>The initial phase of the approach to landing is flown using the crab method to correct for drift. Prior to the flare the aircraft centerline is aligned on or parallel to the runway centerline. Downwind rudder is used to align the longitudinal axis to the</i></p>

*desired track as aileron is used to lower the wing into the wind to prevent drift. A steady sideslip is established with opposite rudder and low wing into the wind to hold the desired course.*

*Touchdown is accomplished with the upwind wheels touching just before the downwind wheels. Overcontrolling the roll axis must be avoided because overbanking could cause the engine nacelle or outboard wing flap to contact the runway. (See Ground Clearance Angles - Normal Landing charts, this chapter.)*

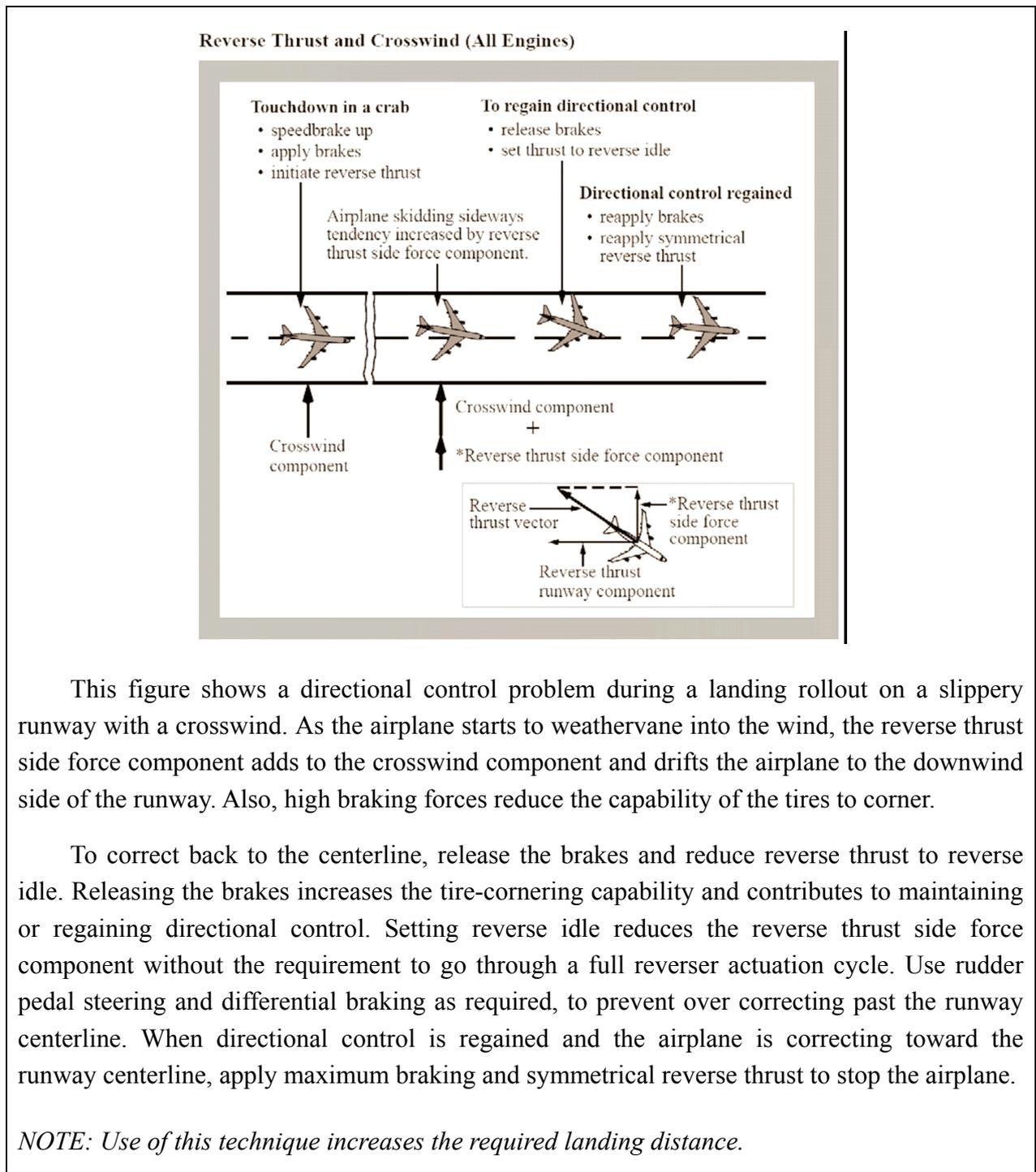
*Properly coordinated, this maneuver results in nearly fixed rudder and aileron control positions during the final phase of the approach, touchdown, and beginning of the landing roll. However, since turbulence is often associated with crosswinds, it is often difficult to maintain the cross control coordination through the final phase of the approach to touchdown.*

*If the crew elects to fly the sideslip to touchdown, it may be necessary to add a crab during strong crosswinds. (See the landing crosswind guidelines table, this chapter). Main gear touchdown is made with the upwind wing low and crab angle applied. As the upwind gear touches first, a slight increase in downwind rudder is applied to align the aircraft with the runway centerline. At touchdown, increased application of upwind aileron should be applied to maintain wings level.*

依上述內容，側風落地之技巧可分為減低蟹行角度法（De-Crab During Flare）、蟹行落地法（Touchdown in Crab）以及側滑法（Sideslip (Wing Low)）。前兩種方法之理想著陸姿態為：機翼保持水平，左右主輪同時觸地。而使用側滑法時應建立上風邊之坡度（upwind wing low at touchdown），並以上風邊之主輪先行觸地（upwind gear touchdown first）。

#### 1.18.4.6 反推力與側風

➤ 長榮B747 FCTM Page 6-22



This figure shows a directional control problem during a landing rollout on a slippery runway with a crosswind. As the airplane starts to weathervane into the wind, the reverse thrust side force component adds to the crosswind component and drifts the airplane to the downwind side of the runway. Also, high braking forces reduce the capability of the tires to corner.

To correct back to the centerline, release the brakes and reduce reverse thrust to reverse idle. Releasing the brakes increases the tire-cornering capability and contributes to maintaining or regaining directional control. Setting reverse idle reduces the reverse thrust side force component without the requirement to go through a full reverser actuation cycle. Use rudder pedal steering and differential braking as required, to prevent over correcting past the runway centerline. When directional control is regained and the airplane is correcting toward the runway centerline, apply maximum braking and symmetrical reverse thrust to stop the airplane.

該章節之內容大意為：航機於濕滑跑道進行側風落地時，當機頭因風標（weathervane）效應而轉向側風方向時，反推力於側風方向之分量將增加側風之

影響，導致航機向跑道下風邊方向偏側，而高效能之煞車亦將減低機輪轉向（corner）之能力，此時方向控制會出現問題。改正之方式應為：暫時將反推力器收至慢車位置並鬆開煞車，適度利用不對稱煞車及方向舵鼻輪轉向（rudder pedal steering）重新獲得方向控制後，再重新使用對稱反推力及最大煞車減速。

### 1.18.4.7 操控責任交接

#### ➤ 長榮FOM

章節	原文內容	中文意涵
7.2.2	<p><b>Control Handover</b></p> <p><i>Handover of control from one flight crewmember to another shall be conducted in a positive manner.</i></p> <p><i>The following terminology should be used:</i></p> <p><i>a. To handover control:</i></p> <p><i>"YOU HAVE CONTROL" (The pilot assuming control states "I HAVE CONTROL").</i></p> <p><i>b. To assume control:</i></p> <p><i>"I HAVE CONTROL" (The pilot relinquishing control states "YOU HAVE CONTROL").</i></p>	<p><b>操控責任交接</b></p> <p>飛航組員間之操控責任交接應以積極正面的態度為之。</p> <p>以下術語應被使用:</p> <p>a. 交出操控責任</p> <p>"YOU HAVE CONTROL" (接手操控之駕駛員應宣告"I HAVE CONTROL")</p> <p>b. 接手操控</p> <p>"I HAVE CONTROL" (交出操控責任之駕駛員應宣告"YOU HAVE CONTROL")</p>

### 1.18.4.8 跑道情況之定義

長榮 FOM 中，有關跑道情況（Runway Conditions）之定義如下：

頁次	原文內容
Page: 2-16	<p><b>Definition</b></p> <p>...</p> <p><b>Runway Conditions.</b> <i>The runway conditions are classified as follows:</i></p> <p>a. <b>Dry.</b> <i>The surface is dry and not covered with snow, ice, etc.</i></p> <p>b. <b>Damp.</b> <i>A runway is considered damp when the surface is not dry, but when the moisture on it does not give it a shiny appearance.</i></p>
Page: 2-17	<p>c. <b>Wet.</b> <i>A runway is considered wet when it has a shiny appearance due to a thin layer of water (or equivalent) on it. The layer with a depth less than or equal to 3 mm (1/8 inch), thereby not indicating a risk of dynamic hydroplaning.</i></p> <p><b>Normal wet runway</b></p> <p><i>It's a smooth, wet, hard surfaced runway. In the past, a well soaked surface without significant areas of standing water was considered a wet runway.</i></p> <p><b>Skid Resistant wet runway</b></p> <p><i>It's a skid resistant, wet, hard surfaced runway. Typically Grooved and Porous Friction Course (PFC) runways are the type of runways which may be considered skid resistant. Grooves on the runway surface would allow rain water to escape from beneath tires of aircraft. PFC permits rain water to permeate through the course and drain off transversely to the side of the runway. Both grooved and PFC runways prevent water buildup on the surface and create relatively dry pavement condition during rainfall.</i></p> <p>d. <b>Contaminated.</b> <i>More than 25% of the surface to be used is covered by standing water or slush more than 3mm (1/8 inch) deep.</i></p> <p><b>Standing Water or Flooded.</b> <i>This condition is caused by heavy rain or inadequate runway drainage. The thickness of water film is to be over 3 mm (1/8 inch) and it is possible for dynamic hydroplaning to occur. Hydroplaning may not occur if the runway is grooved.</i></p>

**Slush.** *The surface is covered with snow containing substantial amounts of water and will splash when stepped in or kicked. The thickness of water film is to be greater than 3 mm (1/8 inch).*

e. **Cold Ice.** *The ice is below -10 degrees C.*

f. **Sanded Packed Snow or Ice.** *The sand is applied to runways with compacted snow or ice to increase friction.*

*The runway should be considered Slippery with further improvements to braking effectiveness.*

## 第二章 分析

### 2.1 天氣

約於 2125 時起，桃園機場逐漸受其西方至北方一小範圍對流雲之影響，雨勢增大並造成能見度下降，地面風向由西南風逐漸轉為北風，低空風切預警系統（LLWAS）於 2127 時偵測到 24 跑道有低空風切<sup>19</sup>。近場臺於 2129:53 時許可 BR701 進場，該機於 2137:31 時於 24 跑道降落。約於 2140 時後對流雲之強度增加，並形成雷暴，2140 時至 2147 時 LLWAS 又偵測到 23 跑道有低空風切。2230 時之後天氣轉佳。

2100 時至 2200 時降雨量為 25.6 公釐<sup>20</sup>，主要集中於後半小時，依據 AWOS 風向風速計及 LLWAS 資料，該機落地滾行時，06/24 跑道未發生低空風切，唯側風變化較大，右側風最大約達 12 浬/時。

### 2.2 飛航操作

該機正、副駕駛員持有之證照及任務派遣，符合民航法規要求；事故前 72 小時內之作息正常，無證據顯示事故發生時曾受生理、心理、藥物或酒精之影響。最後進場階段至落地期間，飛航資料紀錄器之各項參數及地面天氣觀測紀錄之風向/風速等資料，摘錄如表 2.2-1。

本節分按進場落地階段天候影響及相關規定與限制、落地前操作、落地後操作、偏出道面之可能原因、機長接手時機與重飛決策下達等分析如後。

<sup>19</sup> 頂風或尾風之改變達到 15 浬/時或以上。

<sup>20</sup> 其降雨強度為大雨（每小時累積降雨量大於 0.3 英吋，即 7.62 公釐）。

2122232425

---

21  
22  
23  
24  
25



## 2.2.1 進場落地階段天氣影響及相關規定與限制

依該機駕駛員於進場階段抄收之 ATIS H，及後續發布之 ATIS I、J<sup>26</sup> 內容，該機進場落地階段之能見度符合「台北飛航情報區飛航指南」臺灣桃園國際機場—ILS RWY 24 儀器進場之天氣限制，風向/風速亦符合長榮波音 747 型機側風落地限制，及副駕駛員之落地天氣限制。

惟 ATIS J 中包含「24 跑道風切」之補充資料，臺北近場臺管制員未依「飛航管理程序」於初次構聯時，詢問駕駛員是否收到最新天氣，或提供駕駛員最新天氣資料，致該機駕駛員未於落地前獲悉包含「24 跑道低空風切警示」之最新天氣資訊。如駕駛員收到此項資料，則按長榮 FOM<sup>27</sup> 規定，後續操作應由正駕駛員擔任 PF。然實際上該機進場落地階段並未遭遇低空風切，故此項發現對本次事故未造成直接之影響。與飛航管制相關之分析內容詳見本報告第 2.4.1.2 節。

另依 2.1 節天氣分析及落地前駕駛員開啓雨刷至高速位置之情況研判，該機進場落地階段有陣雨發生，道面可能濕滑。惟依駕駛員之自述，及該機落地前仍能持續向跑道中心線修正並著陸於中心線附近之情況研判，當時之降雨情形未明顯影響駕駛員之目視判斷，亦未使其失去目視參考。

## 2.2.2 落地前操作

依飛航資料紀錄器資料，該機進場時選用自動煞車“3”，下降通過無線電高度 1,000 呎後解除自動駕駛及自動油門。

### 2.2.2.1 進場速度

飛航資料紀錄器資料顯示，該機設定之落地參考速度（Landing Reference Speed, Vref）為 146 浬/時；而依長榮 B747 FCTM 及 FCOM，該機目標進場速度

<sup>26</sup> 該機落地之時間為 2137 時，ATIS H、I、J 之發布時間依序為 2100、2118、2130 時，詳細內容詳見本報告第 1.7.2 節。

<sup>27</sup> 詳見本報告第 1.18.4.1 節。

(Target Speed) 為  $V_{ref}$  加 5 哩/時，即 151 哩/時。另依長榮 FOM，該機穩定進場之進場速度範圍為 146 哩/時至 166 哩/時。

該機無線電高度 1,000 呎至主輪著陸期間之空速、地速變化如圖 2.2-1 所示。圖上顯示，最後進場階段，無線電高度 506 呎至 28 呎期間，空速可能受風向/風速變化之影響於 155 哩/時至 164 哩/時之間變動，雖高於目標進場速度，惟仍介於該公司穩定進場速度範圍之內。

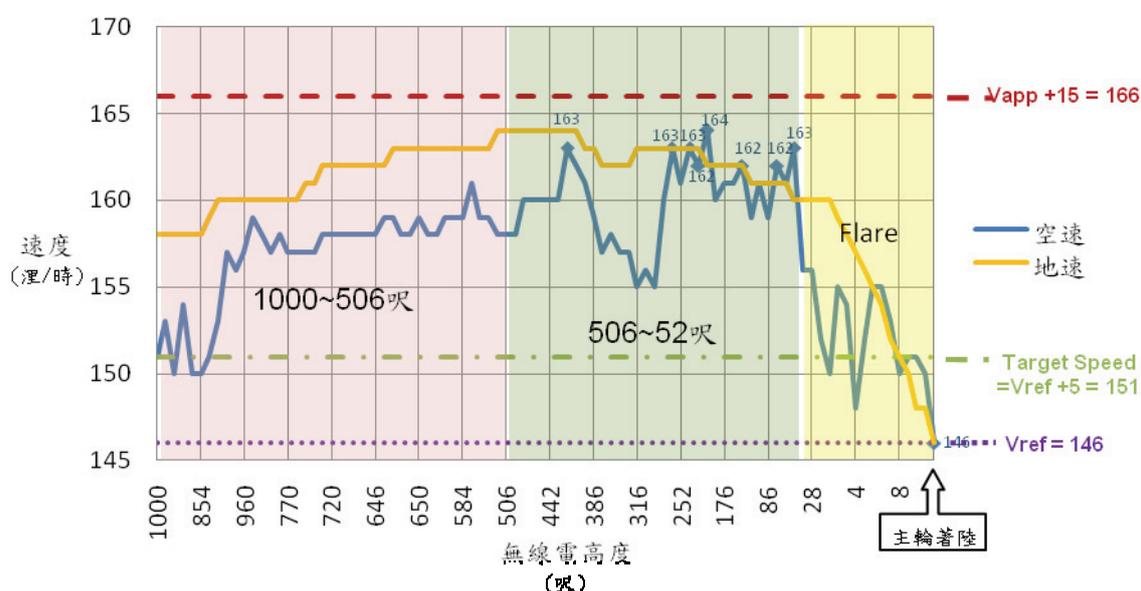


圖 2.2-1 無線電高度 1,000 呎至主輪著陸期間之空速變化

### 2.2.2.2 著陸點位置

表 2.2-1 資料顯示，該機主輪著陸前 15 秒，控制桿位置角度及仰角皆開始增加，下降率則開始降低，故研判 PF 開始帶平飄之時間點為主輪著陸前 15 秒。該機於主輪著陸前 9 至 6 秒期間，垂直速度曾自下降率轉為爬升率，致該機於主輪著陸前 9 至 7 秒期間，無線電高度呈增加狀態。該機最後進場通過無線電高度 52 呎至主輪著陸期間，高度與時間之曲線如圖 2.2-2 所示。

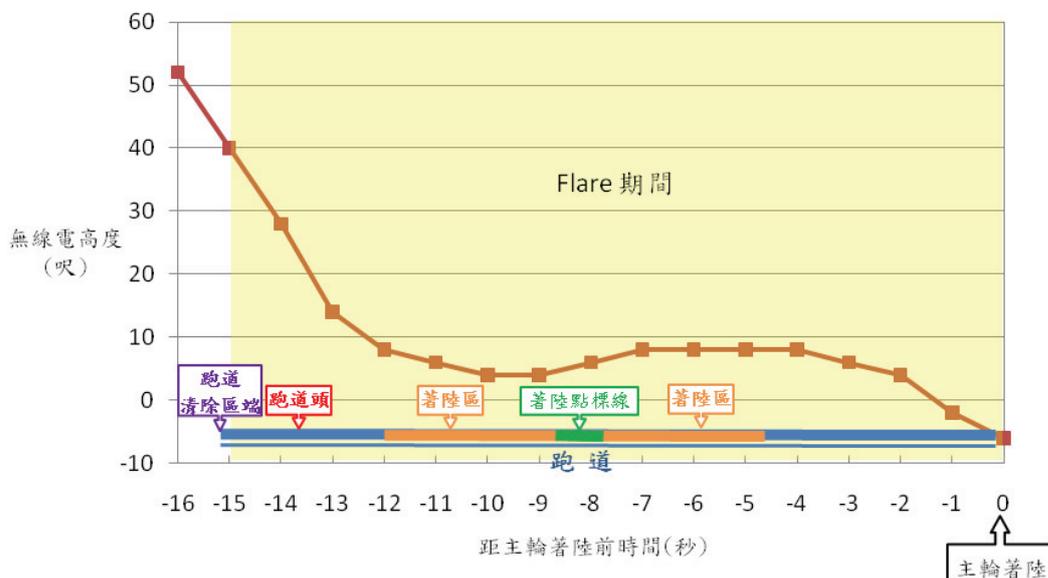


圖 2.2-2 無線電高度 52 呎至主輪著陸期間之高度曲線圖

比較圖 2.2-2 及 FCTM 中之平飄曲線<sup>28</sup>，可發現該機進場平飄有飄浮 (floating) 之現象，自開始平飄至主輪著陸共歷時 15 秒，高於 FCTM 所述之 4 至 8 秒；主輪著陸點約距離桃園機場 24 跑道頭 3,585 呎處，超出正常著陸區之範圍<sup>29</sup>。

觀察表 2.2-1 之風向/風速數值分析值，主輪著陸前 20 至 10 秒期間，風向自 308 度逐漸轉為 015 度，亦即自右側頂風逐漸轉為右側尾風，風速範圍為 8 至 11 浬/時；主輪著陸前 10 至 2 秒期間，風向復自 015 度逐漸轉為 277 度，亦即自右尾側風逐漸轉為右頂側風，風速範圍為 4 浬/時至 8 浬/時。AWOS 24 於主輪著陸前 11 秒至主輪著陸後 2 秒期間紀錄之風向為 290 至 300 度，風速為 3 浬/時至 4 浬/時。

風向/風速之轉變雖可能影響航機之平飄操作，但對於 B747-400 型機而言，本次落地前風向/風速之變化範圍，應非導致該機於跑道上飄浮之唯一因素；PF 之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素，亦為導致該

<sup>28</sup> 詳本報告第 1.18.4.3 節。

<sup>29</sup> 桃園機場 24 跑道之著陸點標線 (aiming point) 範圍位於距跑道頭 1,312~1,509 呎 (400~460 公尺) 處，著陸區 (touchdown zone) 範圍位於距 24 跑道頭 492~3,027 呎 (150~922.5 公尺) 處。

機未能於正常著陸區著陸之因素。

### 2.2.2.3 進場軌跡與著陸姿態

依表 2.2-1 左右定位台偏移量顯示，該機於最後進場階段，可能因風向/風速改變及 PF 因應修正之緣故，軌跡持續向跑道中心線修正，尚未穩定對正跑道中心線之方向；主輪著陸前 15 至 4 秒期間，軌跡呈向右偏之趨勢，主輪著陸前 4 秒至著陸期間，軌跡呈向左偏之趨勢。主輪著陸時，航機中心線約位於跑道中心線左側 15 呎。

另表 2.2-1 顯示，該機於主輪著陸前 6 秒該機位於 LOC 右側，駕駛員建立左坡度（即下風邊坡度）之姿態意圖修正回 LOC 中心，觀察主輪著陸前數秒之風向/風速變化，側風有增加之情形，PF 雖持續以上風邊（右邊）控制桿方向盤之操作試圖維持機翼水平，惟該機仍以左坡度之姿態著陸，左主輪較右主輪先觸地（差距 0.25 秒），滾轉角為 -4.4 度，與手冊中側風落地技巧<sup>30</sup>建議之「左右主輪同時觸地」或「上風邊主輪先行觸地」方式不同。

### 2.2.3 落地後操作

依該機於跑道上之胎痕走向及表 2.2-1 左右定位台偏移量顯示，該機著陸後持續著陸前之左偏趨勢，駕駛員自主輪著陸前 1 秒開始使用右方向舵，但著陸後持續左偏之趨勢並未及時獲得改善，飄流角並持續增加至 15.8 度，顯示該機產生側滑情形。

依本報告第 1.12 節資料，該機左翼輪於主輪著陸後 8 秒、鼻輪著陸後 2 秒、距 24 號跑道頭 5,560 呎處向左偏出跑道邊線；左偏距離於 2 秒後、距 24 號跑道頭 5,870 呎處達到最大（距跑道中心線 122.5 呎）；6 秒後、於距 24 號跑道頭 6,900 呎處，左翼輪處重回跑道邊線內；最終由 S2 滑行道脫離跑道並停止於該滑行道

<sup>30</sup> 詳本報告第 1.18.4.5 節。

上。

依表 2.2-1 顯示，該機自主輪著陸至向左偏側期間，桃園機場 AWOS 06/24 紀錄之風向維持恆定之 350 度，風速由 10 浬/時逐漸增強至 13 浬/時。

### 2.2.3.1 反推力器之可能影響

駕駛員於訪談時表示，落地後先將反推力器拉至慢車位置 (idle)，正準備使用全反推力時，飛機就開始向左邊偏。

飛航資料紀錄器資料顯示，該機反推力器於主輪著陸 1 秒後展開，直到主輪著陸後 16 秒被解除，此段期間內反推力器皆位於慢車 (idle) 位置，故產生之反推力極為有限，反推力於側風方向之分量則更加微小。依上述情況研判，反推力器之影響應非導致該機左偏因素之一。

### 2.2.3.2 自動煞車延遲作動之可能原因分析

依 FDR 資料，該機主輪之煞車扭力值自主輪著陸 5 秒後 (即鼻輪著陸後，詳表 2.2-2) 始陸續增加<sup>31</sup>，顯示自動煞車作動時間較正常情況 (主輪著陸後 2 至 3 秒) 延遲約 2 至 3 秒。

表 2.2-2 主輪著陸至偏出邊線期間之主輪煞車扭力值

距離主輪著陸 秒	地速 浬/時	主輪煞車扭力值(NM)																備註
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
-1	148	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	146	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	主輪著陸
1	144	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	141	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	138	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	135	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	132	0	0	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	鼻輪著陸
6	128	0	0	160	6352	0	0	0	160	0	0	0	1024	0	0	160	0	
7	124	6704	0	160	6352	336	0	0	160	0	0	0	1024	1024	0	160	0	
8	120	6704	160	160	6352	336	2064	0	160	0	3088	0	1024	1024	0	160	0	偏出邊線

<sup>31</sup> 「4 號主輪煞車扭力值」於著陸前即為 160NM 而非為 0，代表該參數應存在雜訊。

依據波音 747-400 飛機維修手冊，該型機自動煞車作動之條件為：1.自動煞車設於備動位置（armed）；2.所有油門桿皆位於全收位置（not advanced）；3.接近開關電子單元（PSEU）之空/地指示顯示航機為地面模式 0.2 秒以上；4.主輪輪胎平均轉速大於等於 60 哩/時。

調查後發現，1.該機落地前自動煞車設定值為“3”，即設於備動位置；2.主輪著陸前 9 秒，油門桿皆被收至全收位置；3.該機主輪著陸時，空/地指示即自“空中”模式轉為“地面”模式。因此，該機自動煞車延遲作動之原因，應與主輪著陸後輪胎未立即轉動或平均轉速低於 60 哩/時有關<sup>32</sup>。而主輪著陸後輪胎未立即轉動或平均轉速低於 60 哩/時，則可能係輪胎與濕滑鋪面間之摩擦力不足所致。

表 2.2-2 資料顯示，該機煞車扭力值於鼻輪著陸後即開始陸續增加，故鼻輪著陸前主輪輪胎與濕滑鋪面間摩擦力不足的可能原因之一，係該機在仍有攻角及升力情況下，機身重量尚未完全落於輪胎之上所致。

此外，遭遇水飄亦為導致摩擦力不足之可能原因，為釐清其可能性，本會分析如下：

### 遭遇黏滯水飄之可能性

依本報告第 1.10.6 節介紹，黏滯水飄發生時，航機之地速介於中速至高速之間；鋪面狀況為微濕或潮濕情況，並可能光滑或受油污、灰塵、胎屑等汙染；輪胎則是處於轉動狀態。

該機進場落地階段有陣雨發生，故鋪面狀況符合潮濕情況。主輪著陸至左翼輪偏出邊線期間，地速介於 146 哩/時至 120 哩/時，因屬落地滾行初期階段，故應為高速狀態。另依本報告第 2.5.2 節分析結果，06/24 跑道鋪面摩擦係數檢測結果符合相關規範，現場勘驗結果亦未發現主輪著陸至左翼輪偏出邊線區域之鋪面

<sup>32</sup> 該機 FDR 未記錄輪胎轉速，故無法直接由 FDR 資料得知主輪著陸後輪胎開始轉動之確切時間與轉速。

有受到油污、灰塵、胎屑等污染情況。

綜上結果顯示，該機自主輪著陸至左翼輪偏出邊線期間，鋪面狀況為潮濕情況，然當時之地速較高、跑道鋪面符合相關規範、未受污染等現象不完全吻合黏滯水飄發生之條件，故無法積極證明該機遭遇黏滯水飄，但鋪面潮濕亦會降低鋪面摩擦力。

### 遭遇動力水飄之可能性

依本報告第 1.6.4 節事故前胎壓檢查資料，該機 16 個主輪輪胎之平均胎壓為 207 PSI，在主輪輪胎未轉動情況下，動力水飄發生之最小臨界速度約為 111 哩/時( $7.7\sqrt{207}$ )；在主輪輪胎轉動情況下，動力水飄發生之最小臨界速度約為 130 哩/時( $9\sqrt{207}$ )。表 2.2.1 顯示，該機自主輪著陸至著陸後 5 秒期間，地速介於 146 哩/時至 132 哩/時，此期間地速高於輪胎轉動及未轉動時之最小臨界速度；主輪著陸後 6 至 10 秒期間，地速介於 128 哩/時至 115 哩/時，此期間地速高於輪胎未轉動時之最小臨界速度。

依本報告第 1.10.6 節介紹，動力水飄發生於積水氾濫之鋪面，對舊胎而言積水深度須高於 2.5 公釐，對新胎而言積水深度須高於 7.6 公釐。

依本報告第 2.5.1 節分析，06/24 跑道橫坡度降坡符合相關規範要求；又依本報告第 2.5.2 節分析，本會估算該機落地時 06/24 跑道鋪面之積水深度應略高於 1 公釐，且該機機輪所接觸之跑道摩擦係數值應近似檢測時之平均值 0.77。另依長榮 FOM 定義<sup>33</sup>，鋪面積水深度小於或等於 3 公釐時，跑道情況為“濕 (Wet)”，無發生動力水飄之風險。

綜上結果顯示，該機自主輪著陸至左翼輪偏出邊線期間，地速雖高於動力水飄發生之最小臨界速度，但以 06/24 跑道橫坡度降坡符合規範及本會估算當時之

<sup>33</sup> 詳本報告第 1.18.4.8。

積水深度略高於 1 公釐研判，事故當時跑道鋪面應未達積水氾濫程度，動力水飄之發生應可排除。

### 遭遇膠融水飄之可能性

依本報告第 1.10.6 節介紹，膠融水飄發生時，如機輪與鋪面間之摩擦時間夠久，產生足夠之高熱，則輪胎胎面之橡膠將因高溫而融化為軟黏之橡膠原料，跑道鋪面上亦將留下兩側呈黑色、中央呈灰色或白色之胎印痕跡。

以調查中未發現上述現象之情況研判，本次事故應可排除膠融水飄之發生。

### 小結

綜合本節分析，該機主輪著陸後自動煞車作動時間較正常情況延遲約 2 秒至 3 秒，可能原因為鼻輪尚未著陸及跑道潮濕，使主輪輪胎因與濕滑鋪面間之摩擦力不足，而未立即轉動或平均轉速低於 60 哩/時所致。

另依本節分析，動力水飄及膠融水飄發生之可能性應可排除。

## 2.2.4 偏出道面之可能原因

綜上所述，該機於右側風情況下於桃園機場 24 跑道落地，降雨情形未使駕駛員失去目視參考，惟跑道鋪面因陣雨而有濕滑現象。著陸前，軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢。主輪著陸時係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之姿態著陸。

著陸後，右側風有增強情形，該機受側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上，及跑道潮濕之緣故，致輪胎與濕滑鋪面間之摩擦力不足，降低輪胎轉向（corner）與循跡（traction）能力。駕駛員持續以右方向舵進行修正，機頭雖受方向舵及風標效應影響朝右側，惟左偏之情況仍未即時獲得改正，並出現側滑情形。在方向舵及方向舵鼻輪轉向器（rudder pedal steering）產生足夠效用前，該機即因失去方向控

制而偏出道面。

## 2.2.5 機長接手時機與重飛決策下達

該機機長基於對飛航安全之職責，必須對副駕駛員之操控提出適時指正，或經告知後接手操作。以本次事故而言，進場、落地階段係由副駕駛員擔任 PF，當時航機與天氣之狀況雖符合副駕駛員之操作限制，惟當該機無法於跑道著陸區著陸、PF 部分操作未符合側風與濕滑跑道落地操作原則，以及著陸後向左偏側而無法即時有效改正時，機長應及時予以提醒、輔助或接手操控，以避免改正不及之情況發生。

另依訪談資料顯示，該機落地後向左偏出道面前，機長曾輔助副駕駛員於方向舵之操控，偏出道面後則由機長接手操控。惟座艙語音紀錄器抄件中，並無「I have control」、「You have control」或其他操控責任交接之對話內容，此與長榮 FOM 規定之方式<sup>34</sup>不同，可能導致副駕駛員不清楚機長之意圖，而發生交叉操控，或操控責任不清導致無人操控飛機之現象。

此外，長榮 FCTM<sup>35</sup>中提及：「著陸前在跑道上飄浮，將用掉一大部分跑道長度，故應避免。航機應儘可能降落於著陸點附近」，「航機於著陸前在跑道上發生飄浮情況時，駕駛員應立即處置，並儘速著陸」。而當處置後仍無法使航機降落於跑道著陸區內，則不符合長榮 FOM 之穩定進場標準<sup>36</sup>，依規定駕駛員應使用標準呼叫並執行重飛程序。

進場落地為連續性之操作過程，該機著陸前於跑道上飄浮，主輪著陸點位於著陸區後方，除可用跑道長度縮短之風險外，該機著陸操作是否因儘速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，

<sup>34</sup> 詳本報告第 1.18.4.6 節。

<sup>35</sup> 詳本報告第 1.18.4.3 節。

<sup>36</sup> 詳本報告第 1.18.4.2 節。

亦無法完全排除。故本會認為，機長於上述不穩定情況發生時，應考量重飛之必要性。

座艙語音紀錄器抄件顯示，機長（PM）曾於主輪著陸前兩秒提醒副駕駛員（PF）「你還沒到地」，此外並未發現兩位駕駛員有其他呼叫或考慮重飛之對話內容，組員合作與決策下達未臻完善。

## 2.3 CVR 聲響及減速效能分析

### 2.3.1 CVR 聲響分析

本節係以該機之 CVR 聲音，進行 CVR 聲響及頻譜（Spectrum）分析，以研判該機著地前之雨刷啓動時間、主輪及鼻輪著地時間、左機翼主輪偏出道面時間，以及輪胎與地面物體可能碰撞時間等，詳圖 2.3-1 及圖 2.3-2。結果顯示 2137:6.7 時，雨刷啓動，參考頻率 270 Hz 至 310Hz。

分析結果如下列表：

CVR Time (mm:ss.0)	CVR 頻譜分析	相對時間 (sec)	FDR/QAR Data
36:43.0	Five hundred	-47.6	36:42~43 FDR “RA” 【506→480】 ft:
37:06.7	雨刷啓動	-23.9	36:6~7 FDR “RA” 【192→176】 ft
37:11.7	One hundred	-18.9	37:11~ 12 FDR “RA” 【102→ 86】 ft:
37:15:4	Fifty	-15.2	37:15~ 16 FDR “RA” 【 52→ 40】 ft:
37:16.5	Forty	-14.1	37:16~ 17 FDR “RA” 【 40→ 28】 ft:
37:17.4	Thirty	-13.2	37:17~ 18 FDR “RA” 【 28→ 14】 ft:
37:18.3	Twenty	-12.3	37:18~ 19 FDR “RA” 【 14→ 8】 ft:
37:19.3	Ten	-11.3	37:19~ 20 FDR “RA” 【 8→ 6】 ft:

37:30.6	疑似主輪著地	0	37:31 FDR “AIR GND”【GND】 此秒最大 Vert. Acc. 1.452 g: 37:31 QAR “PRI LBG/LWG/RBG/RWG TITLE”【GND】
37:36.15	疑似鼻輪著地	5.55	21:37:16 FDR DATA 無紀錄 此秒最大 Vert. Acc. 1.038 g: QAR“Nose Ger SQT”-5/6/7/8【GND】:
37:37.6	疑似輪胎偏出道面 聲響	7.00	此秒最大 Vert. Acc. 1.015 g:
37:38.8	疑似撞擊聲響(1)	8.20	此秒最大 Vert. Acc. 1.022 g:
37:39.6	疑似撞擊聲響(2)	9.00	此秒最大 Vert. Acc. 1.017 g:
37:41.3	疑似撞擊聲響(3)	10.70	此秒最大 Vert. Acc. 1.079 g:
37:43.3	疑似撞擊聲響(4)	12.70	此第 2 大 Vert. Acc. 1.061 g:
37:43.8	疑似撞擊聲響(5)	13.20	此秒最大 Vert. Acc. 1.072 g:

根據 CVR 抄件，2137:48.7 時，CAM-1 呼叫“Manual brake”；根據 QAR 資料，2137:49 時，「Auto Brake Set #3」解除。亦即，BR701 該機於主輪著地後，自動煞車模式“3”持續作動直到 21:37:48 時轉為人工煞車。

綜上所述，該機飛航組員約於 RA 高度 192 呎啓動雨刷(主輪著地前 23.9 秒)；該機從 50 呎至主輪著地於空中約經歷 15.2 秒，且再經歷 5.55 秒後鼻輪著地；該機主輪著地後約 7 秒，疑似輪胎偏出道面；該機主輪著地後約 8.2 秒至 13.2 秒期間，頻譜分析結果可辨識疑似撞擊聲響計 5 處。該機左翼輪偏出道面期間，自動煞車模式“3”持續作動，直到 2137:48.7 時，CAM-1 呼叫“Manual brake”後改為人工煞車。

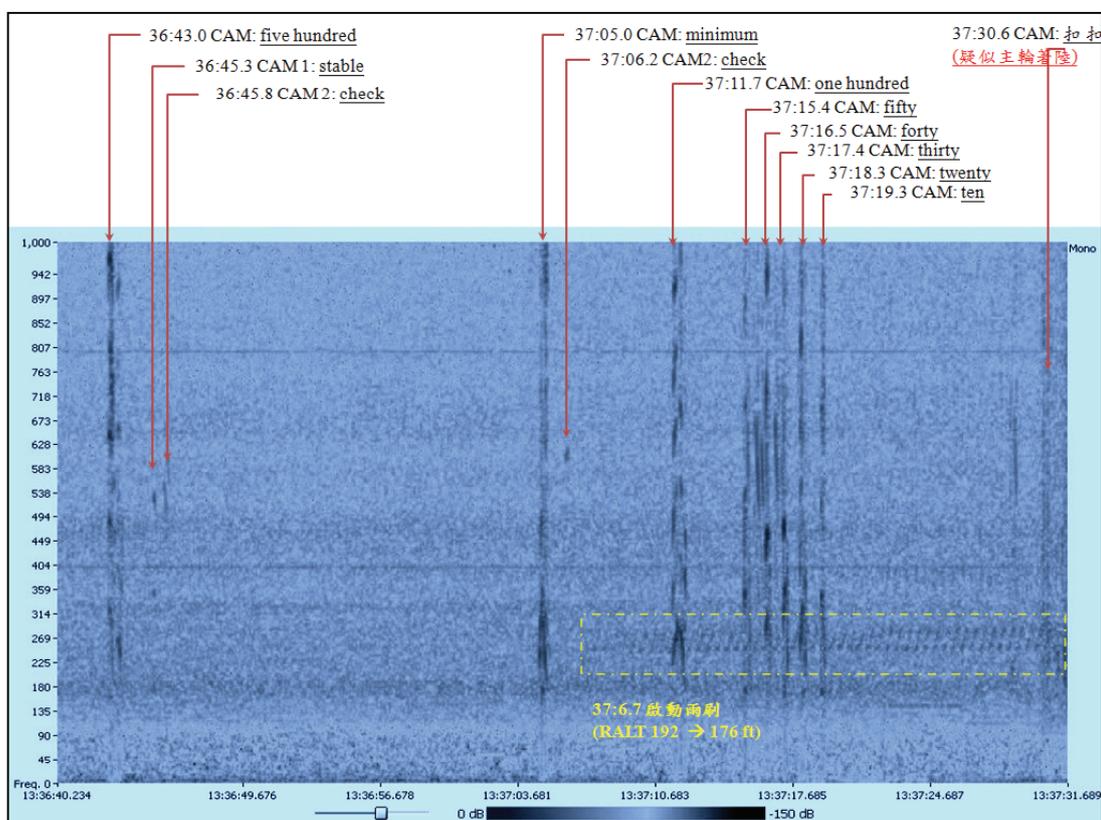


圖 2.3-1 BR701 CVR 頻譜分析結果圖 (1) (圖中時間為 UTC)

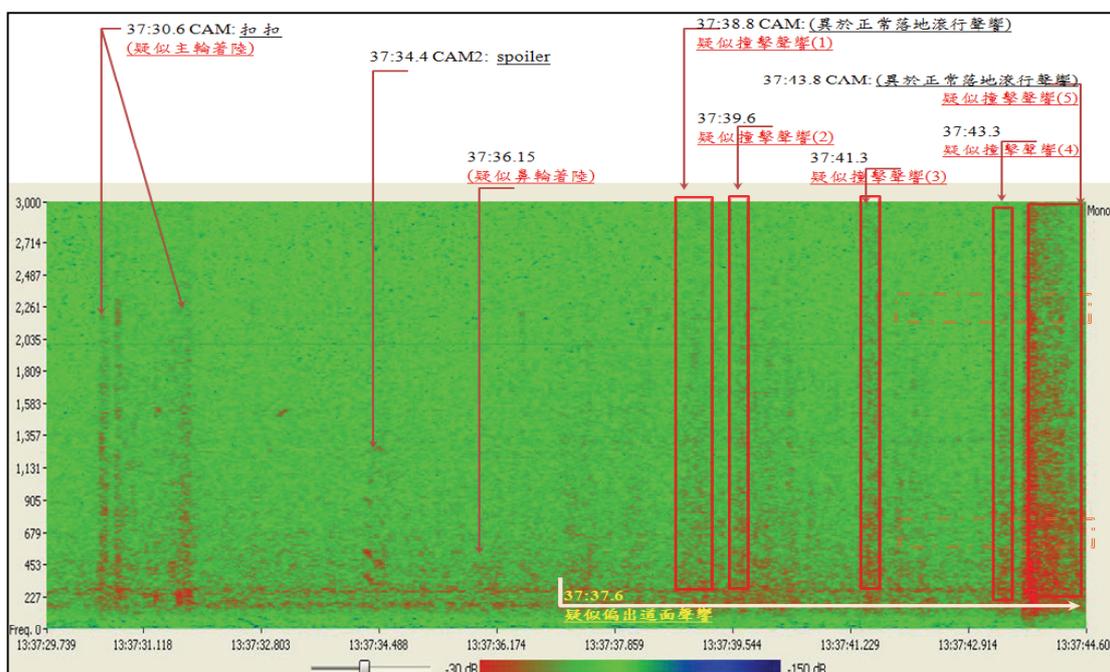


圖 2.3-2 BR701 CVR 頻譜分析結果圖 (2) (圖中時間為 UTC)

### 2.3.2 最後進場階段之風場及飛航軌跡偏移分析

1 依據 1.11.2 飛航資料 (FDR 及 QAR) 紀錄, 該機選用  $V_{ref}$  為 146 浬/時, 主輪著地前 15 秒 (RA 52 呎) 之空速為 163 浬/時 ( $V_{ref}+17$  浬/時); 主輪著地前 9 秒 (RA 4 呎) 之空速為 148 浬/時; 主輪著地前 7 秒 (RA 8 呎) 之空速為 155 浬/時。RA 52 呎至主輪著地前 7 秒期間, 駕駛桿 (CCP) 之紀錄為拉桿 0.5 度  $\rightarrow$  3.3 度 (RA 28 呎、著地前 13 秒)  $\rightarrow$  3.3 度 (RA 14 呎、著地前 12 秒)  $\rightarrow$  2.3 度 (RA 4 呎、著地前 9 秒)  $\rightarrow$  1.2 度 (RA 8 呎、著地前 7 秒)。

根據 1.11.2 節內容, 該型機之 FDR 紀錄之 (水平) 風場資料為每 4 秒一組風向及風速。為分析該機最後進場階段之風場變化, 本會採用數值分析方法<sup>37</sup>以計算其每一秒的風場, 並評估是否遭遇風切<sup>38</sup>進而影響其飛航性能, 詳圖 2.3-3。重點摘要如下:

1. RA 500 呎至 74 呎期間, 風速  $7.5 \pm 1.5$  浬/時、風向  $310 \pm 25$  度、F factor  $-0.01 \sim +0.01$ 。平均右側風及頂風分量為 7.4 浬/時及 1.3 浬/時, 此階段無風切。
2. RA 62 呎至 8 呎 (37:24 時, 主輪著地前 7 秒) 期間, 風速  $8.5 \pm 2.5$  浬/時、風向  $335 \pm 20$  度、F factor  $+0.01 \rightarrow +0.04$  (RA 28 呎)  $\rightarrow +0.02$ 。平均右側風及尾風分量為 6.5 浬/時及 4.0 浬/時, 此階段無風切。
3. RA 8 呎 (37:25 時) 至主輪著地期間<sup>39</sup> (參考時間 37:31 時, 左主輪著地時間 37:31.016; 右主輪著地時間 37:31.266), 風速  $7.5 \pm 3.5$  浬/時、風向  $290 \pm 10$  度、

<sup>37</sup> 擴展式卡爾曼濾波 (Extended Kalman Filter) : 以 FDR 紀錄之三軸加速度、風速、風向、地速及磁航向為觀測量, 去除雜訊後來估算三軸的每秒風速。

<sup>38</sup> 風切危害因子 (F-factor) : 量化航機受力之變化, 係為飛機位置及速度的函數。當 F 值為正時代表能量減少, F 值為負代表能量增加。FAA 規範的機載都卜勒雷達 F 值, 以 0.1 為危險門檻值, 0.13 為風切警告門檻值。  $F \approx \frac{w_x}{g} + \frac{w_z}{V_a}$

<sup>39</sup> 根據 37:31 時 8 筆垂向加速度之變化, 判定左右兩側主輪著地時間: 第 1 筆 1.447 (dt=0.016 秒), 第 3 筆 1.452 (dt=0.266 秒)。

F factor +0.02~ -0.01。平均右側風及頂風分量為 6.3 浬/時及 4.1 浬/時，此階段無風切。

此期間方向舵紀錄為-4.2 度 (RA 8 呎、著地前 6 秒) → -5.8 度 (RA 8 呎、著地前 5 秒) → -1.9 度 (RA 4 呎、著地前 2 秒) → +2.8 度 (RA -2 呎、著地前 1 秒) ( ) → +6.3 度 (RA -6 呎、著地時)

亦即，此期間存在 6.3 浬/時右側風，飛航組員持續使用左舵直到主輪著地前 1 秒改採用右舵修正。

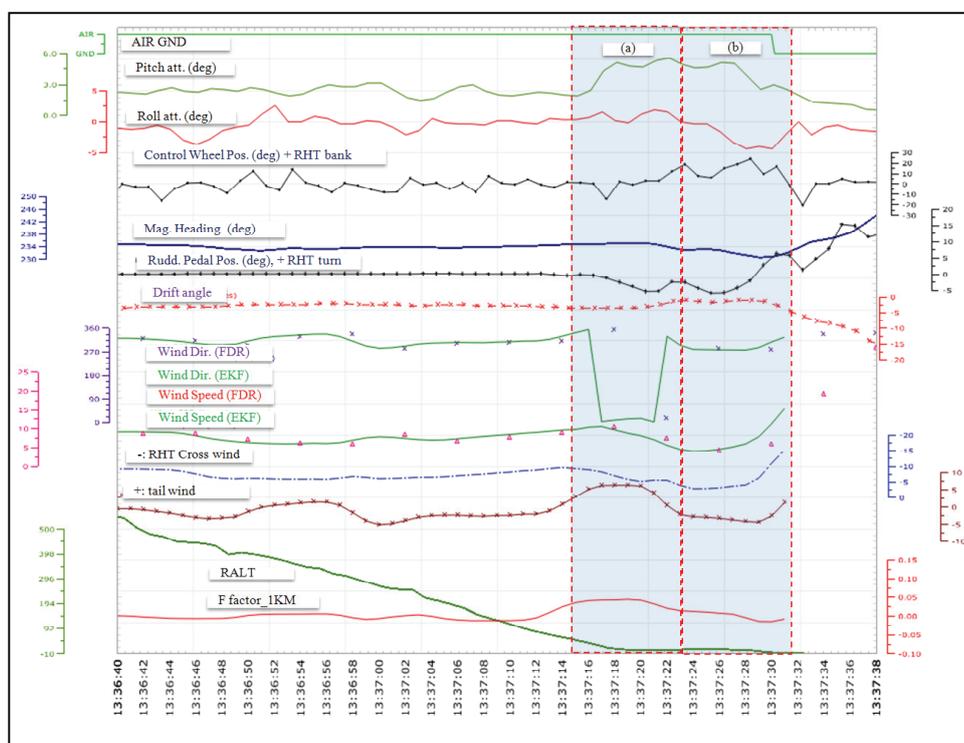


圖 2.3-3 BR701 RA 500 呎以下至主輪著地期間之風場及風切危害因子 (F factor) 變化圖

依據表 1.7-1，事故當日 06/24 跑道 AWOS 之即時風速紀錄，因無法確認該資料與 FDR 資料之秒差，假設無秒差，則可以將 FDR 資料計算之風場資料與 AWOS 之即時風速資料進行比對，詳表 2.3-1。

表 2.3-1 06/24 跑道 AWOS 之即時風向風速資料 (度、哩/時)

時間	AWOS 24	AWOS 06/24	根據 FDR 資料計算之風場 主輪著地前 N 秒 風向/風速
2137:20	290/04		-11 秒 013/09
2137:21	290/04		-10 秒 015/08
2137:22	290/04		-9 秒 001/07
2137:23	290/03		-8 秒 330/06
2137:24	290/03		-7 秒 296/05
2137:25	300/03		-6 秒 280/04
2137:26	290/03		-5 秒 279/04
2137:28	300/03		-3 秒 278/05
2137:29	290/03		-2 秒 277/06
2137:30	300/03		-1 秒 287/08
2137:32		350/10	+0 秒 308/11 +1 秒 327/15
2137:33		350/10	
2137:34		350/11	
2137:35		350/11	
2137:36		350/11	註：鼻輪著地
2137:37		350/11	
2137:38		350/11	註：左機翼主輪偏出道面
2137:40		350/12	
2137:41		350/12	
2137:42		350/12	
2137:44		350/12	
2137:45		350/12	
2137:46		350/12	註：左機翼主輪重回道面
2137:47		350/13	
2137:48		350/13	
2137:49		360/13	
2137:50		350/13	

該機於 RA 500 呎至主輪著地期間無風切，該機平飄期間（RA 30~10 呎），大氣風場由頂風 1.3 浬/時轉為尾風 4.0 浬/時，且右側風約 6.5 浬/時。此為造成空速擾動之可能原因（Vref 146 浬/時，FDR 紀錄值 163 浬/時→148 浬/時→155 浬/時）；平飄期間飛航組員幾乎採用左舵直到主輪著地前 1 秒採用右舵。

根據 AWOS 06/24 即時風向風速資料，該機於主輪著地至左機翼主輪偏出道面期間，其風向恆定為 350 度，風速變化介於 10 至 12 浬/時，即此期間平均右側風及尾風分量為 10.5 浬/時及 2.1 浬/時，此階段無風切。

分析結果顯示，該機從 RA 52 呎至主輪著地共經歷 16 秒（CVR 聲響分析結果為 15.2 秒）。該機平飄至主輪著地（-15 至 -7 秒）期間，平均右側風為 6.5 浬/時，頂風由 1.3 浬/時轉為尾風分量為 4.0 浬/時，此尾風效應使航機於慢車推力情況下，致空速增加無線電高度增加（156 浬/時→148 浬/時→155 浬/時），致該機通過 24 跑道頭至主輪著地期間於空中行進 3,585 呎（詳圖 1.11.5，圖 2.3-4）。

依據 FDR 資料，該機平飄期間飛航組員幾乎採用左舵直到主輪著地前 1 秒採用右舵；且主輪著地前 3 秒期間，航機均維持左坡度（3.3~4.4 度），且右側風從 6.5 浬/時增為 10.5 浬/時，致航機著地後其航跡呈現左偏趨勢。





## 2.4 飛航服務

### 2.4.1 低空風切警示與天氣資訊之提供

#### 2.4.1.1 低空風切預警系統警示與相關作業

LLWAS 於 2127:20 時至 2127:40 時偵測到 24 跑道有低空風切，當時 LLWAS 在氣象臺之整合顯示設備的低空風切警告聲響及顯示皆正常，氣象觀測員收到警示訊息後，依程序於 2130 時之例行天氣報告附加 24 跑道風切之補充資料，並發布 2 小時的風切警報。當時 LLWAS 在塔臺之 2 套文數字告警顯示器 (AAD) 設備有顯示低空風切，但依據訪談紀錄，機場管制席及地面管制席未聽到 AAD 之警告聲。

另由「桃園裝修區臺象氣設備機務工作日誌」，事故後 9 月 10 日塔臺曾發生其中一套 AAD 設備無警告聲響的現象，另一套無異常。桃園裝修區臺至現場測試揚聲器工作正常，發生低空風切時系統發出之警告聲響亦正常，無法判定問題發生的原因。以上資訊顯示事故當時 AAD 可能未發出聲響，但也無法排除 AAD 發出聲響時，可能因音量過小以致管制員未能察覺，或因管制員專注於其他業務，以致未注意到該警示之可能性。

依據「飛航管理程序」第 3-1-8 節「低空風切/微爆氣流諮詢」：

當駕駛員報告遭遇低空風切/微爆氣流，或是經低空風切預警系統／或天氣系統處理器偵測到低空風切/微爆氣流存在時，管制員應向所有離、到場航空器提供此一警訊，直到終端資料自動廣播服務播報此警訊，且駕駛員也報告收到相關之終端資料自動廣播服務代碼為止。終端資料自動廣播服務應持續加報「低空風切/微爆氣流諮詢進行中」之訊息，直到最後一次駕駛員報告或低空風切預警系統／天氣系統處理器顯示有風切/微爆氣流警示的二十分鐘之後為止。

以及「機場天氣測報工作指導書」第 6.5.8 節「低空風切」：

當低空風切預警系統 (LLWAS) 有風切警告資訊或接獲航機風切報告時，應編發特別天氣報告並將該資訊附註於補充資訊組欄位內；當低空風切預警系統 (LLWAS) 停止顯示警告資訊及航機無風切報告皆超過 15 分鐘時，應於下一份 METAR 或 SPECI 天氣報告中停止附註低空風切警告資訊。

依據上述規定，一旦 LLWAS AAD 曾出現低空風切警訊，不論 LLWAS 是否持續偵測到低空風切，管制員及氣象觀測員應依以上之規定進行相關作業。

依據「松山機場及臺灣桃園國際機場之低空風切預警系統 (LLWAS) 管制作業規定」及「松山機場及桃園國際機場之低空風切預警系統 (LLWAS) 氣象作業須知」之相關規定如下：

航管單位與氣象單位發現 AAD 上有低空風切警示時，應互相知會。

LLWAS 為桃園機場低空風切警訊之重要來源，塔臺若漏失此重要訊息而未能通知起降之航空器，航空器可能因未接獲低空風切警訊而影響其飛航安全，故除桃園裝修區臺應儘速處理塔臺 AAD 設備可能無警告聲響的問題外，航管與氣象人員對於低空風切警訊亦應依現行規定以複式通知、互相知會的方式作業，方能確保雙方能夠即時獲得相關訊息，並將危害天氣資料即時傳遞給此一時段內起降之航空器。

2127:20 時氣象臺觀測員由 LLWAS 整合顯示設備得知 24 跑道有低空風切時，並未立刻通知塔臺，而是優先編發天氣報告及低空風切警報，處理編報時適逢塔臺管制員以平面通訊與該觀測員聯絡 (2129:35 時)，該員此時再告知塔臺管制員將發布 2 小時的風切警報。本會建議觀測員於發現 AAD 上有低空風切警示時，應依前揭規定優先通知塔臺，以確保低空風切警示之時效。

#### 2.4.1.2 天氣資訊之提供

「飛航管理程序」第 2-9-2 節終端資料自動廣播服務 (ATIS)「作業程序」：

- b. 當駕駛員報告已收到現行終端資料自動廣播時，管制員可省略廣播中所包含之項目。天氣驟變之情況則應由航管單位告知。
- c. 在所有適當的頻率中廣播以告知航空器終端資料自動廣播服務之代碼及資料內容的改變。
- d. 管制員應確定駕駛員已收到現行終端資料自動廣播服務內容。如果駕駛員未說明收到的廣播資料代碼，應詢問駕駛員以確認其是否收到。如初次確認後，作業資料又有變化，管制員應提供最新資料。

2123:00 時 BR701 駕駛員初次與近場臺管制員構聯時，駕駛員報告收到的 ATIS 代碼為 H，但當時現行 ATIS 之代碼為 I，該管制員未依「飛航管理程序」提供最新天氣資料。

2127:20 時 LLWAS 發出低空風切警示，氣象臺 2130 時編發之天氣報告新增該低空風切資訊，並再度更新 ATIS，其代碼為 J。2131:10 時近場臺管制員於管制波道廣播 ATIS J 之部分天氣資訊“taipei approach broadcast information juliet current visibility three thousand meters with shower rain broken six hundred feet”，未包含 ATIS J 新增之 24 跑道風切資訊，顯示該廣播內容不全。

塔臺機場管制席雖然未聽到 2127:20 時之 LLWAS 警告聲，但氣象觀測員收到警示訊息後，依程序於 2130 時之例行天氣報告附加 24 跑道風切之補充資料，並發布 2 小時的風切警報，塔臺有收到以上資訊。自 2132:23 時 BR701 駕駛員初次與塔臺機場管制席構聯，至 1337:31 時該機降落期間，塔臺管制員未依「飛航管制程序」規定提供駕駛員低空風切警示服務。

綜合以上 2 節所述，建議民航局加強督導飛航服務總臺檢討並落實現行之訓練及查核業務，要求飛航服務人員皆能遵循相關規定及程序作業，以確保飛航服務品質及飛航安全。

#### 2.4.2 機場場面偵測設備與跑道入侵

### 2.4.2.1 跑道入侵事件

BR701 落地後由 S2 滑行道脫離跑道，因機械問題於 2139:06 時停在 S2 滑行道上。2139:23 時塔臺機場管制席許可在其後進場之立榮 188 班機 747-400 型機於 24 跑道落地。BR701 於 2139:25 時告知塔臺地面管制席，該機需要停在原地做檢查，地面管制席通知機場管制席 BR701 之情形，並於 2139:44 時詢問 BR701 是否脫離跑道，駕駛員答覆「affirm」（肯定的、是的）確認。約於 2140:10 時立榮 188 班機於 24 跑道落地。

本會於事故發生後，進行現場量測發現 BR701 未完全脫離跑道，該機之尾段約有 24 公尺位於跑道等待位置標線靠近跑道之內側，顯示該機尚未脫離跑道。

經本會使用國際民航組織跑道入侵嚴重等級計算程式（Runway Incursion Severity Calculator）計算，此事件之嚴重等級為 C（具充足的時間和/或距離，以避免發生碰撞之跑道入侵意外事件。另依國際民航組織定義嚴重等級為 A 時之跑道入侵方為重大意外事件。）

### 2.4.2.2 航空器位置與脫離跑道之判斷

依據訪談紀錄，地面管制席當時曾參考機場場面偵測設備（ASDE），判斷跑道應已淨空，但認為不能以 ASDE 初級雷達信號做為判斷之依據，便詢問 BR701 駕駛員跑道是否淨空。

依據「飛航管理程序」第 3-1-7 節機場管制—終端「確定航空器位置」：

航空器之位置可經由管制員目視確定，當無法目視確定時使用機場場面偵測設備/機場場面雷達確定或經由駕駛員報告得知。如管制員無法以目視或雷達來確認落地或滑行中航空器是否脫離跑道時，要求航空器回報脫離跑道。

註—當航空器被要求報告已脫離跑道時，應於全部航空器已通過相關跑道等待位置後為之。

由當時 ASDE 航情顯示確實較難判斷跑道是否淨空，因此地面管制席要求 BR701 駕駛員回報，地面管制席之處理方式符合航管作業程序且為較嚴謹之作業方式。但依當時之狀況，駕駛員不容易判定機尾是否已完全通過跑道等待線之位置；依規定當航空器被要求報告已脫離跑道時，駕駛員應於全部航空器已通過相關跑道等待位置後，才能報告航管其航空器已脫離跑道。駕駛員回報錯誤訊息，影響管制員判斷，為發生跑道入侵的其中一個原因；如駕駛員無法確認機身已完全脫離跑道，宜據實回答「無法確定」，航管單位據以要求後續班機重飛，方為正確之處理方式。

#### 2.4.2.3 機場場面偵測設備之功能與跑道入侵警示

塔臺之 ASDE 訊號來源包含機場場面雷達之初級雷達回波及多點定位系統之次級搜索雷達迴波器信號，經系統處理後將航空器位置以一符號 (symbol) 顯示於航情顯示器，如兩種訊號兼具或僅有多點定位訊號，則符號顯示為方塊；如僅為初級雷達信號則符號顯示為圓圈。系統內部處理該方塊或圓圈符號之中心點為一個航跡位置 (track position)，表示航機所在之位置，並以航跡位置是否脫離所劃定之區域，作為是否發出跑道入侵警示之依據，如起降航空器之航跡位置仍未脫離所劃定之區域，而有其他航空器或車輛達特定速度並闖入此區域時，系統會發出視頻及音頻 (Video and Audio Alert) 警示，提醒管制員注意。

當 BR701 因機械問題停在 S2 滑行道後，雖然 ASDE 顯示該機之方塊符號(當時兼具場面雷達及多點定位系統兩種訊號，方塊符號中心位於多點定位訊號源，即該機之次級搜索雷達迴波器天線)位於跑道等待位置標線外側(即已脫離跑道)，但初級雷達回波呈現跳動且形狀不規則之情況，顯示 BR701 機身仍有部分位於跑道等待位置標線內側(即尚未脫離跑道)，如圖 2.4-1 所示。以上兩訊號之位置存在差異之原因為該波音 747-400 型機之次級搜索雷達迴波器有兩具天線，分別位於距機鼻 12.2 公尺之機腹及 13.2 公尺之機背，相對於 70.6 公尺之機身長，兩具迴波器天線非常接近機鼻，故 ASDE 之多點定位顯示該機已脫離跑道，但該機之初級雷達信號係該機表面之反射回波，顯示尚有部分機身未脫離跑道。



圖 2.4-1 BR701 初級雷達回波、多點定位之方塊符號，以及跑道等待位置標線

依據本會於事發後之實際量測資料，發現 BR701 並未完全脫離跑道，且當日 ASDE 航情顯示器之錄影資料，在 BR701 未完全脫離跑道與後續班機降落前之時段內，ASDE 未發出警示信號。桃園機場 ASDE 以航跡位置（迴波器天線位置）做為是否有航空器闖入劃定之跑道區域的判斷，以及跑道入侵警示的依據，但未考量機身、翼展長度相對於跑道等待位置之實際狀況，故無法提供正確之資訊及警示。

有關塔臺 ASDE 之顯示資料，依「飛航管理程序」第 3-6-2 節機場地面偵測裝備使用程序「資料之運用」規定如下：

使用從機場場面偵測設備/機場場面雷達或任何用於識別航空器之相容陸基系統獲得之資料以：

- b. 確定航空器起飛或降落地之前跑道已淨空。
- d. 確定在操作區之航空器及車輛的位置。

以上之分析顯示目前桃園機場 ASDE 無法確認航空器是否已全部通過跑道等待位置，亦無法提供準確之跑道入侵警示功能。建議飛航服務總台改善現有 ASDE 系統功能，或於各個跑道等待位置前裝設額外之偵測裝備，以協助管制員確定跑道是否已淨空，並提供準確之跑道入侵警示。於現有 ASDE 功能改善前或偵測裝備建置完成前，飛航服務總台應考量航管人員運用目前 ASDE 系統之作業限制，

進而修改現行航管相關作業規定或頒布技令，供管制員憑以遵行，以確保跑道安全。

### 2.4.3 臺北機場管制臺夜班人員配置

事故當天之塔臺夜班配置 5 位管制員，包含輪值機場管制席、地面管制席、許可頒發席、飛航資料席及地面管制輔助席。依塔臺班表，日班自 0800 時至 1900 時另設一塔臺協調席，共有 6 位人員負責提供航管服務。協調席之業務職掌為負責塔臺班務之運作及各項業務之處理。塔臺夜班自 1900 時至隔日 0800 時則未設置塔臺協調員，依據「臺北機場管制臺業務手冊」，機場管制席為夜班時之班務負責人，並權理塔臺協調員職務。

塔臺協調員負責塔臺班務之運作及各項業務之處理，包含人力之調配與運用、席位之合併與分席、與相關單位間作業之協調，並需協助、指導值班人員處理不正常事件等。

塔臺協調員責任繁重，故「飛航服務總臺飛航管制單位協調員評選作業要點」規定若欲晉升協調員，管制員須在飛航管制單位擔任航管工作五年以上、通過術科考評，且曾任雷達在職訓練教官…等條件，始能取得參加協調員評選之基本資格。

當天夜班 5 位管制員中，1 位管制員之管制經歷為 1 年 9 個月，其他 4 位之管制經歷為 9 個月。

桃園機場為我國最重要、航行架次最高、規模最大且作業複雜度最高之國際機場。塔臺之工作主要依賴目視能力，對外之視界夜間不如日間，管制員於夜間對於航空器間之距離及移動速度之判斷能力相對變差，可以說塔臺夜間之作業複雜度絕對高於日間；此外，值班人員之體能、判斷力、反應能力於夜間也相對減弱；另依民國 99 年桃園機場全年起降架次分時統計資料分析，日班（0800 時至 1900 時）每小時之平均起降架次為 23.9 架次、每小時之尖峰起降架次約屆於 29-31

架次；夜班（1900 時至隔日 0800 時）之 1900 時至 2300 時則分別為 22.2 架次、27-29 架次，管制員夜班工作負荷不見得低於日班。在夜間相對惡劣之工作環境下，更需要有經驗豐富之協調員協調、協助並指導值班人員處理不正常事件，現行臺北塔臺之人力配置方式，在較惡劣之作業條件下，反而由資歷較淺、經驗不足、未曾擔任雷達在職訓練教官之管制員權理協調員職務，負責夜班整體業務，不符人力配置或運用原則。

99 年 11 月飛航服務總臺聘請顧問公司評估臺北機場管制臺之飛航管制作業，經顧問檢視後建議設置較資深人員協助指導塔臺人員處理不正常事件。臺北機場管制臺於 100 年 1 月起設置夜班資深輔導員一名，由臺北近場臺雷達管制員擔任，另預計於 100 年 8 月改派協調員擔任此職務。

## 2.5 機場管理

### 2.5.1 道肩及跑道地帶之整平

06/24 跑道與其道肩具高度落差約 2 公分，部分銜接處生長雜草。惟民航局「民用機場設計暨運作規範」第 3.2.4 節建議：道肩與跑道相接處應與跑道道面齊平。齊平的用意在於避免壓力下產生鋪面板塊邊緣崩裂，進而發生 FOD 之可能；再者高度落差間容易堆積塵土，提供植物生長可能，當植物根部向下紮根，常會腐蝕並推擠板塊，造成板塊裂縫之鋪面損害。

道肩設置的功能之一係為因應航機滑出跑道後的緩衝空間，因此道肩應整備或修建得使滑出跑道航機之危害減至最小，如承載強度要求及注意防止渦輪發動機吸入石子或其他物體等措施。該事故損毀多具跑道邊燈水泥手孔蓋，其外緣包覆鐵片，多數鐵片銹蝕，有膨脹及剝落現象，部分手孔因鐵片銹蝕膨脹，未嵌入基座，高於道肩約 5 公分，事故發生時發現道肩處有水泥碎塊。民航局「民用機場設計暨運作規範」第 3.2.4 節建議：跑道道肩應整備使其於飛機滑出跑道時仍能夠支承該飛機，不致引起飛機結構損壞，並能支承於道肩上運作車輛之荷重。

於事故發生過程，該機曾滾行過機場跑道地帶內草坪區的 2 個地下式消防栓，該兩座消防栓水泥結構體因無導坡設計，導致航機碾壓後部分水泥結構邊緣脫落。

民航局「民用機場設計暨運作規範」附篇 A 第 8.2 節建議：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。

調查發現：該機場約有 186 座與事故受損的 2 個地下式消防栓相同的人孔結構體，不符合安全建議。另本會曾於民國 88 年某飛航事故調查報告書中，針對類似問題發布飛安改善建議(編號：ASC-ASR-9909-03)：檢查中正機場各跑道地帶內之固定設置結構物(如水泥維修人孔)，確保其設置位置、設計施工及結構特性合乎國際民航組織及民航機場土木設計標準規範。該機場於本事故發生時尚未據此建議完成改善。

另距 24 跑道頭 2,000 公尺處，有一橫跨跑道之戰備聯絡道，該戰備聯絡道道面與跑道之銜接面約齊平，戰備聯絡道道面與跑道道肩高度落差約 5 公分，戰備聯絡道道面與跑道地帶平整區之草地高度落差約 20 至 30 公分，依據 FDR 資料，該機通過草地與戰備聯絡道時記錄到較高的垂直加速度，並在之後發現大量輪胎碎片，顯示戰備聯絡道道面與跑道地帶平整區之草地高度落差可能為造成該機爆胎的因素之一。

依據民航局「民用機場設計暨運作規範」第 3.4.10 節規定：與跑道、跑道道肩或緩衝區銜接之跑道地帶之道面，應與跑道、跑道道肩或緩衝區之道面齊平。第 3.4.12 節建議：跑道參考長度分類為 4 的跑道，跑道地帶平整區範圍之縱坡度

應不大於 1.5%；第 3.4.13 節建議：跑道地帶平整區之縱坡度變化應盡可能地平緩，並避免急遽之變化或突然地反向坡。

調查發現：該機場跑道地帶之整平程度待改善，特別是各區域之銜接高度落差，可能有安全之潛在風險。

跑道地帶橫坡度之設計主要為影響排水性能，若跑道地帶橫坡度降坡過小或甚至升坡，無法迅速排水時，易肇致跑道地帶產生水窪或降雨回積跑道鋪面，航機於跑道上可能發生水飄現象；若橫坡度降坡過大，當航機偏離跑道時，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，保持跑道地帶內坡度均勻下降，將降雨導入排水溝。

依據民航局「民用機場設計暨運作規範」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%；對雙向坡而言，跑道中心線兩側之橫坡度應對稱。第 3.4.14 節建議：跑道地帶平整區範圍之橫坡度應防止道面積水，跑道參考長度分類為 3 或 4 之跑道地帶之橫坡度應不大於 2.5%；除了為利於排水，從跑道、道肩或緩衝區之邊緣起向外 3m 內之橫坡度應為降坡，其坡度最大可至 5%。

依據民航局所提供該機場於民國 97 年 05 月 08 日完成量測之「跑道縱橫斷面位置圖」，06/24 跑道橫坡度降坡，符合相關規範要求；由 06 跑道頭起算 1,300<sup>40</sup>至 1,600 公尺處道肩邊緣起向外 3m 內之橫坡度降坡約介於 3.24%至 6.43%，有部分區域橫坡度降坡超出規範值；由 06 跑道頭起算 1,300 至 1,600 公尺處南側跑道地帶平整區範圍（除道肩邊緣起向外 3m 內）之橫坡度降坡約介於 0.08%至 4.50%，有部分區域橫坡度降坡超出規範值；另查，06/24 跑道北側之跑道地帶亦有部分區域橫坡度降坡過大或有升坡，超出規範值。

<sup>40</sup> 航機滑出跑道位置為 06 跑道頭起算約 1,300 至 1,600 公尺之間。

建議桃園機場跑道地帶橫坡度應參考民航局「民用機場設計暨運作規範」之建議，可降低跑道積水之可能性及航機偏離跑道後持續滑出之風險。

## 2.5.2 跑道鋪面抗滑檢測

航機機輪與跑道道面間是否有足夠抗滑能力為航機操作之重要考量，例如在雪地、融雪、道面結冰或積水情況，尤其是當航機以高速起飛或降落時相當重要。依據民航局「民用機場設計暨運作規範」第 3.1.23 節規定：跑道鋪面應建構得使其在“WET”（浸濕）時仍可提供良好地摩擦特性。

檢視該機場 06/24 跑道之鋪面摩擦檢測方法、檢測儀器、最小摩擦等級數值及低於最小摩擦等級的公告，已發布於 AIP\_機場\_第 1.1.5 節，符合相關規範；該跑道採 2 週檢測一次之頻率及雙向檢測法，亦符合相關規範。

依據事故發生前 2 次摩擦係數檢測報告顯示，該跑道所有 100 公尺<sup>41</sup>平均值均高於該測試儀器養護標準值（0.60<sup>42</sup>），符合相關規範。

惟該跑道僅以單一檢測速度（65 公里/小時）進行抗滑測試，並未採取如民航局「民用機場設計暨運作規範」附篇 A 第 7.8 節建議：... 當測試跑道獲致摩擦特性及是否需採取維護措施進行改善時，應採用足夠高之速度以顯示出摩擦力／速度間之變化；附篇 A 第 7.10 節建議：採用一種以上之速度來測試鋪面跑道之摩擦特性是合理的；及民航局「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」第 4.2.12 節建議：同時建議採用數個速度進行潮濕道面之抗滑檢測以獲取跑道抗滑能力之足夠資

<sup>41</sup> 跑道維護目的：使用 100 公尺摩擦係數平均值；宣告予駕駛員目的：採用跑道 3 區分段摩擦係數平均值。

<sup>42</sup> 跑道道面抗滑標準。

檢測儀器	新建跑道道面 設計標準*	跑道道面養護 規劃標準*	跑道道面最低 抗滑標準*	估計供水深度 (公釐)	抗滑檢測速度 (公里/小時)	檢測輪胎壓 (千帕)
Runway Friction Tester	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.72	0.54	0.41	1.0	95	210

訊，就此方面而言，需注意當跑道潮濕時，若僅採單一速度進行檢測，可能無法發現道面粗質紋理或細質紋理不佳之影響。或參考 FAA AC150-5320-12C 第 3.16 節所提及：使用 FAA 核可之持續摩擦檢測設備（Continue Friction Measuring Equipment, CFME）以 2 種速度<sup>43</sup>（65 及 95 公里/小時）進行抗滑測試，等作法。

參考國內外規範及其他國際機場之實務作業，本會認為：該機場在不確知該跑道的紋理狀況下，爾後如能選擇足夠高的檢測速度或另增加 1 種檢測速度以爲比較，更可完整反應跑道鋪面抗滑能力。

民國 100 年 5 月 13 日本會量測 24 跑道上 0810 時前 6 分鐘累計 2.4 公釐之降雨量，能造成 24 跑道面積約 95% 有約 1 公釐水深，少部分不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深，所量測的水深均爲排水狀態。依該機落地前 6 分鐘累計 2.8 公釐之降雨量，因此本會認為該機落地時 06/24 跑道應有略高於 1 公釐之平均水深，該機機輪所接觸之跑道摩擦係數值應近似檢測時平均值 0.77。

### 2.5.3 跑道鋪面平坦度檢測

依據民航局「民用機場設計暨運作規範」第 3.1.22 節規定：跑道道面應修建平整但不應使摩擦特性失效或對起降之飛機產生不利影響。其附篇 A 第 5.1 節建議：除了橫跨路拱頂部或橫跨排水溝外，完工磨耗層之表面，應達到以下之平坦度：即用 3m 長之直尺置於表面之任何地方、任何方向上測試時，沿著直尺邊之任何地方直尺底面與道面間之空隙不大於 3mm。附篇 A 第 5.5 節建議：跑道隨時間之變形也可能增加形成水窪之可能性。當水窪約達 3mm 深時，特別是當降落飛機高速滑行中遭遇水窪，將導致飛機之飄滑（aquaplaning），如浸濕（WET）之跑道上存在有許多水窪時，飄滑之影響將會持續。有關水窪之長度及深度對飄滑

---

<sup>43</sup> FAA AC150-5320-12C 3-16 VEHICLE SPEED FOR CONDUCTING SURVEYS. All of the approved CFME in Appendix 4 can be used at either 40 mph (65 km/h) or 60 mph (95 km/h). The lower speed determines the overall macrotexture/contaminant/drainage condition of the pavement surface. The higher speed provides an indication of the condition of the surface's microtexture. A complete survey should include tests at both speeds.

之影響，需要進一步深入研究。當然，雨水有可能結冰時，更需要防止水窪之形成。依據民航局「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」第 3.4 節建議：...由於壓實作用發生，跑道剖面將逐漸改變...當水塘深度已大於水滑可能發生之臨界深度（約 3 公釐），則須採取養護措施。

依據「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」第 4.3 節建議：跑道中心二分之一寬度範圍出現積水時應提出報告，同時需對積水深度提出評估，為提高跑道狀況描述之準確性，應採用下列定義與相關敘述：微濕（Damp）—道面表面因濕氣而變色。潮濕（Wet）—道面表面濕潤但未出現積水。局部積水（Water patch）—可觀察到局部積水現象。氾濫（Flooded）—可觀察到大範圍積水現象。惟依據每日定期巡場觀察跑道狀況，難以即時提供跑道狀況資訊，另機場跑道狀況報告之定義與駕駛員使用<sup>44</sup>之定義不同（如 Wet），有造成誤解之可能。

調查發現：該機場依據跑道現況採取巡場時人工目視跑道狀況之宣告機制，符合規範要求，惟難以即時提供跑道狀況資訊，但若定期施以平坦度檢測，則能提供相關單位參考以進行養護，避免跑道鋪面積水之可能。

駕駛員的落地操作可能參考跑道鋪面積水深度而有所不同，因此國際間對於機場是否需即時提供鋪面水深予航機駕駛員之服務，亦於看法不同，惟依據民航局「民用機場鋪砌道面狀況應注意事項」（譯自國際民航組織機場服務手冊第 2 冊），第 3.1.10 節已說明...與其開發水膜深度量測儀器，致力於改善鋪面紋理與跑道排水應更有助益，現行能有效讓跑道鋪面摩擦係數值較為平均及強化跑道排水能力的方式應為刮槽或刮痕。本會認為：桃園機場應考量全面設置跑道鋪面之刮槽或刮痕，以強化鋪面排水功能及紋理深度，對於航機抗滑力應較即時宣告鋪面水深更有幫助。

#### 2.5.4 機場維護管理

<sup>44</sup> ICAO Annex6.

該機場跑滑道及停機坪大部分屬剛性鋪面，共約 7 萬多片板塊，雖然板塊損害及變動週期較長，但記錄板塊甚為重要，紀錄內容包含板塊或接縫受損型態、大小、深度等，進而形成鋪面狀況指標，並記錄該板塊歷史維護狀況，在機場有限預算限制下，該紀錄將直接影響施工的優先順序。調查發現：該機場依據「臺灣桃園國際航空站設施及裝備維護作業規定」第 5.3.3 節規定，須將鋪面狀況紀錄、PCI 值調查及鋪面維護施工紀錄輸入「臺灣桃園國際機場鋪面板塊管理系統」，並據此進行計畫性翻修及整建工程，惟實際上維護單位已數年未使用該管理系統。調查另發現：板塊維護業務雖發包委外辦理，惟機場空側土木設施（跑道、滑行道、勤務道路）僅有 1 名維護人員，負責監造及契約管理等事宜，現有人力顯難以有系統進行跑道設施之維護管理，進而達到預防性維護之效果；且礙於預算規定，跑道維護僅能以維護費支應，若進行較大規模之計畫性翻修須二年以前編列資本支出計畫。

另該機場使用 Runway Friction Tester 檢測車，每月 2 次檢測頻率，以 65 公里/小時行進下，道面摩擦係數低於規定值 0.6 時，即通知維護廠商採取養護措施，惟檢視「臺灣桃園國際機場跑道鋪面摩擦阻力檢測及維護作業規定」（版期 2010/07/15）說明：本站維護組以目前使用之 *Surface Friction Tester* 檢測車，每月對 05/23 及 06/24 跑道分別進行至少一次道面摩擦係數之檢測。當於車速 95 公里/小時行進下，道面摩擦係數低於規定值 0.47 時，即通知維護廠商採取養護措施...。調查發現：道面摩擦係數檢測之實際執行與相關作業規定不符，建議該機場作業規定應依實際狀況更新。

### 2.5.5 跑道安全管理

依據民航局飛航服務總臺之飛航管制案件紀錄，民國 92 及 94 年全國各發生 1 次跑道入侵事件，惟 99 年 1 月至 7 月間，桃園國際機場單一機場便發生了 3 起跑道入侵事件。

民航局於民國 96 年，依據「機場認證手冊」（譯自國際民航組織 Doc 9774

Manual on Certification of Aerodromes) 及「安全管理手冊」(譯自國際民航組織 Doc 9859 Safety Management Manual)，陸續建置完成桃園、高雄、臺北 3 個國際機場之機場安全管理系統，並成立機場安全委員會，執行安全管理系統之相關程序及作業。

民國 96 年國際民航組織頒布「跑道入侵預防手冊」(Doc 9870 Manual on the Prevention of Runway Incursions, 2007, first edition)，此手冊提供跑道入侵相關資訊、跑道入侵預防方案、預防跑道入侵之建議，其中並建議機場成立「跑道安全小組」做為預防跑道入侵之第一步工作；「跑道安全小組」由機場航務單位、航管單位、航空公司、航空器操作人、駕駛員及管制員協會及其他相關單位代表組成，直接參與跑道運作，並定期舉行會議討論。

雖然民航局已督導 3 國際機場建置機場安全管理系統，並成立機場安全委員會，但各機場仍未依國際民航組織建議，成立「跑道安全小組」，以因應近年大幅增加的跑道入侵事件及其危害安全之程度。

## 2.6 起落架相關系統故障分析

維修紀錄顯示該機例常性保養維護及適航指令均依規定時限管制及執行，事故前無與起落架相關之故障登錄，本次事故衍生起落架故障相關事項分析如後。

### 2.6.1 故障發生時間

依據 1.6.5.1，記錄於中央維修電腦之起落架相關零件故障計有：左機翼起落架放下到定位主要及備用感測器/線路持續性失效、7 號煞車防滑換能器持續性失效以及 4 號煞車扭力感測器間歇性失效；由中央維修電腦紀錄可知，左機翼起落架放下到定位主要及備用感測器/線路故障發生時間為 1337 時，僅有時、分而無秒數之紀錄；由 FDR 資料，該機於 1337:31 時由空中模式轉為地面模式，起落架系統為地面模式時航機左右機身主輪必須為放下且鎖定，或鼻輪起落架支柱為壓縮狀態，當由飛行模式轉換為地面模式之前，該機並無因起落架零件故障或失效

所導致之警告或注意訊息出現，相關起落架零組件故障或失效所導致之警告或注意訊息為每 1 秒或每 4 秒記錄一次；另依據 CVR 資料，該機於 1337:31 時之前亦無起落架相關之警告或注意訊息出現，因而左機翼起落架放下到定位主要及備用感測器/線路故障發生時間應在 1337:31 之後，亦即該機於主輪著地前均無任何起落架零組件失效或故障狀況發生。

### 2.6.2 故障及警告訊息致動原因

依據 1.6.5.2，該機於落地期間曾發生兩次警告訊息致動，其中一次發生於航機落地滾行期間，另一次則於航機停止移動後發生；依據 FDR 資料，該機於 1334:38 時作動起落架手柄至放下位置，於 1337:47 時開始記錄起落架外型與起落架手柄放下位置不一致之訊號，該訊號係由接近開關電子單元負責監控提供；依據 FDR 與 CVR 資料，駕駛艙警告訊息則於 1337:46 時開始致動，警告訊息致動與不一致訊號紀錄之時間差係因兩者取樣頻率不同，起落架外型取樣頻率為每 4 秒一次，駕駛艙警告訊息則為每 1 秒一次，航機因發生起落架外型警告導致駕駛艙警告訊息致動。

依據圖 1.11-8，航機於 1337:45 時通過戰備跑道聯絡道，通過聯絡道之前，左機翼主輪位置於 24 跑道鋪面外側草皮上；依據圖 1.12-9，航機左機翼主輪通過之聯絡道與跑道鋪面外側草皮銜接部位有 30 公分之高低落差，因而導致航機通過後左機翼 1、3、4 號主輪輪胎爆裂；航機於通過聯絡道後，左機翼主輪右偏重新回到 24 跑道面上；航機於跑道減速滾行過程中，因 1、3、4 號主輪輪胎爆裂，導致左機翼起落架感測器/線路遭碎裂胎皮撞擊損壞，因而發生起落架外型警告及伴隨之駕駛艙警告訊息致動。

### 2.6.3 煞車系統控制單元測試分析

依據 1.18.2.1，煞車系統控制單元（BSCU）負責監控航機於降落過程中主輪之轉速及煞車壓力；依據 1.18.2.2，BSCU 內建煞車扭力限制器控制卡，可依感測

器攫取之輸入訊號，計算作用於主輪之扭力值以控制煞車防滑閥開關。

BSCU 內建非揮發性記憶體 (NVM)，可記錄 FLIGHT LEG #00 至 FLIGHT LEG #15 共計 16 筆與 BSCU 功能相關之資料；NVM 儲存之航次編號及故障或零件失效資料格式以向上堆疊方式記錄，亦即 FLIGHT LEG #00 為本次事故航次編號，事故前較早之航次編號在有新航次產生時會被下推，依序被更新為 FLIGHT LEG #01 ~ #15；在同一航次編號之飛航過程中，當有與 BSCU 系統相關之多重故障或失效發生時，較早發生之故障或失效紀錄會被向下推，最新發生之故障或失效資訊則會被記錄在最上層的資料結構。

該機落地前設定使用自動煞車 (AUTO BRAKE SELECTED “3”)，依據圖 1.11-8 顯示，該機於通過戰備跑道連聯絡道，於 13:37:49 (地速 82 浬/時) 改採人工煞車至航機停止移動為止；依據 BSCU 下載資料 (附錄 6)，本次事故航班曾記錄該機左後煞車扭力限制器電源供應及控制卡間歇性接地資訊。該具 BSCU 經原製造廠工作台檢查及測試，發現左後煞車扭力限制器控制卡之閥門驅動最大電流低於額定值，其原因為控制卡之電源供應低於需求之 5 伏特所導致，經原廠更換該控制卡內相關電阻後，控制卡電壓經測試為 5 伏特，閥門驅動電流可符合額定輸出值；扭力限制器控制卡之電源供應低於額定值，係因控制卡經長期使用，控制卡內相關電阻之電阻值衰降造成，然該控制卡仍具備航機主輪煞車扭力控制功能。

依據 QAR 資料，該機 16 具主輪於降落減速滾行時煞車扭力變化範圍為 0 ~ 20,800 牛頓·米 (=15,341.3 磅·呎)，當煞車扭力大於 30,000 磅·呎時，BSCU 會控制防滑閥門開啓洩放煞車壓力，以防止航機在降落過程中因過大煞車壓力導致起落架損壞，由 QAR 資料可知，所記錄之 16 具主輪最大煞車扭力並未超過 30,000 磅·呎之限制值，因而煞車防滑閥門不致因煞車扭力超過限制值而被致動。

## 第三章 結論

### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 該機於右側風、跑道鋪面濕滑情況下於桃園機場 24 跑道落地，著陸前軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢，主輪著陸時係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之姿態著陸。(1.7.2、1.11.2、1.18.3、2.2.1、2.2.2.3、2.2.4)
2. 該機著陸後，受增強之右側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，輪胎與鋪面間之摩擦力可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上及跑道潮濕之緣故而不足，致輪胎轉向與循跡能力降低。駕駛員雖持續以右方向舵進行修正，惟該機左偏之情況未即時獲得改正，在方向舵及方向舵鼻輪轉向器產生足夠效用前，即因失去方向控制而偏出道面。(1.7.2、1.10.6、1.18.4.4、2.2.2.3、2.2.3、2.2.3.2、2.2.4)

### 3.2 與風險有關之調查發現

1. 事故前 10 分鐘塔臺 2 套文數字告警顯示器 (AAD) 曾顯示低空風切訊息 20 秒，當時其揚聲器可能未發出警告聲響，但也無法排除可能因音量過小或管制員專注於其他業務，以致未注意到該警示之可能性。惟事故後數天亦曾發生其中一套 AAD 設備無警告聲響的現象，桃園裝修區臺無法判定問題發生的原因。(1.7.3、1.18.3.3、1.18.3.5、2.4.1.1)
2. 近場臺管制員與該機駕駛員構聯時，未依「飛航管理程序」提供最新天氣資料；以及該管制員後續廣播最新之 ATIS 天氣資訊不完整，未包含新增之低空風切警示，致該機駕駛員未獲悉包含「24 跑道低空風切警示」之最新天氣資訊。如駕駛員收到此項風切警示，按長榮航務手冊規定，後續操作應由正駕駛員擔任操控駕駛員。(1.7.2、1.9、2.2.1、2.4.1.2)
3. 該機駕駛員自初次與塔臺構聯至降落期間，塔臺管制員未依「飛航管制程序」

規定提供駕駛員低空風切警示服務。(1.7.2、1.18.3.3、2.2.1、2.4.1.2)

4. 該機落地前，發生航機於跑道上飄浮之情形，主輪著陸點超出桃園機場 24 跑道正常著陸區範圍。風向/風速轉變為可能影響因素之一，惟副駕駛員之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。(1.18.4.3、2.2.2.1、2.2.2.2)
5. 當該機於副駕駛員之操控下無法於跑道著陸區著陸、部分操作未符合側風與濕滑跑道落地操作原則，以及著陸後向左偏側而無法即時有效改正時，機長應及時予以提醒、輔助或接手操控，以避免改正不及之情況發生。(1.18.4.2、1.18.4.4、1.18.4.5、2.2.5)
6. 該機向左偏出道面期間，機長曾輔助副駕駛員並接手後續操控，惟未依長榮航務手冊規定以「I have control」、「You have control」或其他術語交接操控責任，可能導致操控責任不清之情況。(1.18.4.7、2.2.5)
7. 進場落地為連續性之操作過程，該機著陸前於跑道上飄浮，主輪著陸點位於著陸區後方，不符合長榮航務手冊之穩定進場標準，除可用跑道長度縮短之風險外，著陸操作是否因儘速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除，故機長應考量重飛之必要性。(1.18.4.2、2.2.5)
8. 緊隨該機落地之另一航機落地時，該機因機械問題仍停在 S2 滑行道，其尾段約 24 公尺未脫離跑道。當時管制員無法由目視或 ASDE 確認跑道是否淨空，依程序詢問該機是否脫離跑道，駕駛員回報管制員之訊息有誤，造成跑道入侵，依國際民航組織「跑道入侵嚴重等級計算程式」驗證，其為嚴重等級 C 之跑道入侵意外事件。(1.12.2.2、2.4.2.1、2.4.2.2)
9. 該機未完全脫離跑道與後續班機降落前之時段內，ASDE 未發出警示信號，其原因為該系統以航跡位置做為跑道入侵警示的依據，但未考量機身、翼展長度

- 相對於跑道等待位置之實際狀況，故無法提供正確之資訊及警示。(1.8、2.4.2.3)
10. 近年桃園國際機場發生多起跑道入侵事件，且有增加之趨勢，該機場未依國際民航組織建議成立「跑道安全小組」，因應跑道入侵事件之危害。(1.18.1、2.5.5)
  11. 桃園機場塔臺夜間之作業複雜度高於日間，夜班班機之尖峰航行密度或航管業務負荷與日間相似，但夜班由資歷較淺、經驗不足、未曾擔任雷達在職訓練教官之管制員權理協調員職務，負責整體業務，不符人力配置或運用之原則。(1.5.4、2.4.3)
  12. 桃園機場部分跑道邊燈水泥手孔蓋承載強度不足以支撐事故航機荷重。(1.10.3.2、2.5.1)
  13. 桃園機場跑道地帶內約有 186 座與事故受損相同的地下式消防栓人孔結構體，不符合「民用機場設計暨運作規範」之建議。(1.10.3.1、2.5.1)
  14. 桃園機場戰備聯絡道道面與跑道地帶平整區之草地高度落差可能為造成該機爆胎的因素之一，該機場跑道地帶各區域銜接高度落差之整平程度可能有安全之潛在風險。(1.10.2.2、2.5.1)
  15. 桃園機場 06/24 跑道地帶平整區南北兩側部份區域橫坡度降坡超出規範值。(1.10.2.1、2.5.1)
  16. 桃園機場之跑道鋪面抗滑檢測僅採用 65 公里/小時之一種檢測速度，未能充分反應跑道鋪面抗滑能力。另道面摩擦係數檢測之實際執行與相關作業規定不符，顯示該機場作業規定未依實際狀況更新。(1.10.5、2.5.2、2.5.4)
  17. 桃園機場尚未建立健全之跑滑道維護機制。(1.10.4、1.17.1、2.5.1、2.5.4)

### 3.3 其它發現

1. 駕駛員持有之證照及任務派遣，符合民航法規要求；事故前 72 小時內之作息正

- 常，無證據顯示事故發生時曾受生理、心理、藥物或酒精之影響。(1.5、2.2)
2. 駕駛員抄收及後續發布之天氣情況符合「台北飛航情報區飛航指南」臺灣桃園國際機場—ILS RWY 24 儀器進場之天氣限制，亦符合該公司波音 747 型機側風落地限制，以及副駕駛員之落地天氣限制。(1.18.4.1、2.2.1)
  3. 該機落地滾行時，應未遭遇動力水飄及膠融水飄。(1.10.6、2.2.3.2)
  4. 桃園機場 06/24 跑道與其道肩之高度落差容易堆積塵土，提供植物生長的可能或造成板塊之鋪面損害。(1.10.2.2、2.5.1)
  5. 桃園機場依據跑道現況採取巡場時人工目視跑道狀況之宣告機制，符合規範要求，惟若能定期施以平坦度檢測，則能提供相關單位參考以進行養護。(1.10.4.1、2.5.3)
  6. 設置跑道鋪面之刮槽或刮痕，可強化鋪面排水功能及紋理深度，對於航機抗滑力應較即時宣告鋪面水深更有幫助。(1.10.6、2.5.3)
  7. 桃園機場未依據「臺灣桃園國際航空站設施及裝備維護作業規定」將鋪面狀況記錄、PCI 值調查及鋪面維護施工紀錄輸入「臺灣桃園國際航空站鋪面板塊管理系統」，據此進行計畫性翻修及整建工程；該機場僅有一名維護人員，負責相關作業之稽核管理，難以負擔鋪面板塊管理系統所要求的繁複紀錄。(1.10.4.1、2.5.4)
  8. 根據 AWOS 資料，該機於主輪著地至左機翼主輪偏出道面期間，其風向大致穩定為 350 度，風速變化介於 10 至 12 浬時，即此期間平均右側風及尾風分量分別為 10.5 浬/時及 2.1 浬/時，此階段未遭遇風切。(1.11.2、2.3.2)

## 第四章 飛安改善建議

### 4.1 改善建議

#### 致 長榮航空公司

1. 檢討並加強駕駛員於側風、跑道濕滑情況下之落地訓練與考驗。  
(ASC-ASR-11-12-001)
2. 加強要求以確保駕駛員於航機超出穩定進場標準時，按規定使用標準呼叫，並執行重飛程序。(ASC-ASR-11-12-002)
3. 加強駕駛員組員合作訓練，及機長於不正常情況下接手操控之時機掌握，並要求駕駛員於操控責任交接時須以明確口令為之。(ASC-ASR-11-12-003)
4. 要求駕駛員當管制員詢問航空器是否脫離跑道時，應於全部航空器通過相關跑道等待位置後，方能報告管制員已脫離跑道，如無法確認機身是否完全脫離跑道，應回答「無法確定」。(ASC-ASR-11-12-004)

#### 致 交通部民用航空局

1. 督導長榮航空公司檢討並加強駕駛員於側風、跑道濕滑情況下落地訓練與考驗，並評估其成效，以避免類案再次發生。(ASC-ASR-11-12-005)
2. 督導長榮航空公司檢討並加強要求以確保駕駛員於航機超出穩定進場標準時，按規定使用標準呼叫，並執行重飛程序。(ASC-ASR-11-12-006)
3. 督導長榮航空公司檢討並加強駕駛員組員合作訓練，及機長於不正常情況下接手操控之時機掌握，並要求駕駛員於操控責任交接時須以明確口令為之。  
(ASC-ASR-11-12-007)
4. 督導長榮航空公司要求駕駛員當管制員詢問航空器是否脫離跑道時，應於全部航空器通過相關跑道等待位置後，方能報告管制員已脫離跑道，如無法確認機身是否完全脫離跑道，應回答「無法確定」。(ASC-ASR-11-12-008)

5. 加強督導飛航服務總臺檢討並落實現行之訓練及查核業務，確保飛航服務人員皆能遵循相關規定及程序以進行作業，以維飛航服務品質及飛航安全。  
(ASC-ASR-11-12-009)
6. 確保 LLWAS 系統發揮正常之功能，以及維持裝備維護之妥善率。  
(ASC-ASR-11-12-010)
7. 要求飛航服務總台改善現有 ASDE 系統功能，或於各個跑道等待位置前裝設額外之偵測裝備，以確定航空器起飛或落地之前跑道已淨空，並提供準確之跑道入侵警示。於改善完成前，應將目前 ASDE 系統作業上的限制列入考量，修改現行航管相關作業規定及技令，以因應實際之狀況。(ASC-ASR-11-12-011)
8. 考量國內法規納入國際民航組織「跑道入侵預防手冊」之各項建議，並督導各機場依該手冊建議措施，設置「跑道安全小組」強化防治跑道入侵功能並定期舉行會議，以降低跑道入侵事件之發生機率。(ASC-ASR-11-12-012)
9. 督導桃園機場公司，有關跑道地帶、道肩、周遭設施、鋪面抗滑及平坦度檢測等業務應以民航局「民用機場設計暨運作規範」標準及建議或相關法規辦理。  
(ASC-ASR-11-12-013)
10. 督導桃園機場公司加強跑滑道維護管理機制，並督導其強化相關組織與人力配當。(ASC-ASR-11-12-014)
11. 督導桃園機場，強化 06/24 跑道之鋪面排水功能及摩擦效能，如考量設置全鋪面之刮槽或刮痕。(ASC-ASR-11-12-015)

#### 致 桃園國際機場公司

1. 有關跑道地帶、道肩、周遭設施、鋪面抗滑及平坦度檢測等業務應以民航局「民用機場設計暨運作規範」標準及建議或相關法規辦理。(ASC-ASR-11-12-016)
2. 加強跑滑道維護管理機制，並強化相關組織與人力配當。(ASC-ASR-11-12-017)
3. 強化 06/24 跑道之鋪面排水功能及摩擦效能，如考量設置全鋪面之刮槽或刮痕。

(ASC-ASR-11-12-018)

4. 依據國際民航組織「跑道入侵預防手冊」之各項建議，設置「跑道安全小組」強化防治跑道入侵功能並定期舉行會議，以降低跑道入侵事件之發生機率。

(ASC-ASR-11-12-019)

本頁空白

附錄一 無線電通訊錄音抄件

APP：臺北近場管制臺桃南席

TWR LC1：桃園國際機場管制塔臺機場管制席 1

TWR LC2：桃園國際機場管制塔臺機場管制席 2

TWR GC：桃園國際機場管制塔臺地面管制席

BR701：長榮 BR701 班機駕駛員

B7188：立榮 B7188 班機駕駛員

UTC	COM.	CONTENTS
1323:00	BR701	taipei approach good evening eva seven zero one descending flight level one four zero information hotel
1323:06	APP	good evening eva seven zero one heavy taipei approach squawk ident runway two four descend and maintain seven thousand taipei q n h one zero zero niner
1323:14	BR701	descend seven thousand one zero zero niner runway two four eva seven zero one
1326:12	APP	eva seven zero one proceed direct to flash maintain seven thousand
1326:16	BR701	direct flash maintain seven thousand eva seven zero one
1329:53	APP	eva seven zero one cross flash at or above four thousand seven hundred cleared i l s d m e runway two four approach
1329:59	BR701	ah blocked
1330:00	APP	eva seven zero one cross flash at or above four thousand seven hundred cleared i l s d m e runway two four approach
1330:04	BR701	cross flash seven thousand or above and cleared i l s d m e runway two four approach eva seven zero one
1330:11	APP	eva seven zero one cross flash at or above four thousand seven hundred feet cleared i l s d m e runway two four approach

1330:20	BR701	o k cross flash four thousand seven thousand four thousand seven hundred or above cleared i l s d m e runway two four approach eva seven zero one
1331:10	APP	taipei approach broadcast information juliet current visibility three thousand meters with shower rain broken six hundred feet
1332:10	BR701	taipei eva seven zero one established runway two four
1332:14	APP	eva seven zero one contact tower one one eight decimal seven goodnight
1332:17	BR701	eighteen decimal seven eva seven zero one goodday
1332:23	BR701	taipei tower eva seven zero one i l s d m e runway two four approach
1332:26	TWR LC1	eva seven zero one heavy taipei tower runway two four wind three zero zero degree five knots q n h one zero zero niner continue approach
1332:40	BR701	runway two four continue approach eva seven zero one
1333:17	TWR LC1	eva seven zero one cleared to land runway two four wind two five zero degree four knots
1333:21	BR701	cleared to land runway two four eva seven zero one
1337:15	B7188	tower glory one eight eight establish eight miles final
1337:21	TWR LC1	glory one eight eight heavy taipei tower runway two four wind three four zero degrees five knots q n h one zero zero niner continue approach
1337:27	B7188	continue glory one eight eight
1338:05	TWR LC1	eva seven zero one turn right sierra two contact ground one two one decimal seven good night
1338:12	BR701	roger contact ground eva six seven zero one
1339:19	B7188	glory one eight eight two miles
1339:23	TWR LC1	glory one eight eight you are cleared to land runway two four wind one six zero degrees six knots

1339:23	TWR GC	eva seven zero one taipei ground
1339:25	BR701	ground eva six seven zero one sierra two we have a mechanical problem we'll stop at present position we vacate runway sierra two request ..... we have any further information
1339:29	B7188	cleared to land glory one eight eight
1339:39	TWR LC1	glory one eight eight for your information taxiway sierra two is blocked due to company traffic occupy
1339:44	TWR GC	eva seven zero two confirm you are clear of runway
1339:48	BR701	affirm
1339:48	B7188	glory one eight eight
1339:53	TWR GC	eva seven zero two then advise ready for taxi
1340:57	TWR LC2	glory one eight eight expect sierra one to vacate runway
1339:58	BR701	uh we will stop at present position we just vacate runway via sierra two
1340:02	TWR GC	eva seven zero one roger and confirm you can not taxi by yourself
1340:09	BR701	we just stop at present position we'll have some problem right here
1340:14	TWR GC	eva seven zero one roger
1340:52	TWR GC	eva seven zero one ground
1340:54	BR701	ground eva seven zero one
1340:56	TWR GC	教官請問一下你們現在那個位置如果航機要走 sierra papa 有辦法過去嗎
1341:01	B7188	say again glory one eight eight

1341:03	TWR LC2	glory one eight eight expect sierra taxiway sierra one to vacate runway
1341:07	B7188	sierra one vacate runway glory one eight eight
1341:08	BR701	我們沒有把握
1341:14	TWR GC	長榮拐洞么那請問你們大約要需要多久時間，因為現在有一架公司航機要從 sierra one 脫離
1341:26	BR701	我們現在的輪子因為它現在有一點點呢它.....我們沒有把握它是不是可以繼續移動現在我們希望能夠停在目前的位置
1341:30	TWR LC2	glory one eight eight taipei
1341:32	B7188	glory one eight eight
1341:36	TWR LC2	glory one eight eight can you make an one eighty at runway end
1341:40	B7188	standby
1341:41	TWR LC2	roger
1341:43	TWR GC	長榮拐洞么好的教官等你們作好決定的時候麻煩你們通知我一下謝謝
1341:43	B7188	unable glory one eight eight
1341:47	TWR LC2	glory one eight eight roger due disabled aircraft on taxiway sierra two blocking the sierra papa so vacate via sierra one and hold short of taxiway sierra papa and standby for further
1342:00	B7188	o k sierra one and hold short of sierra papa and hold short for further glory one eight eight
1342:09	TWR LC2	glory one eight eight remain my frequency
	B7188	remain your frequency glory one eight eight
1343:05	B7188	ground glory one eight eight turn right on sierra one

1343:09	TWR GC	glory one eight eight good evening taipei ground hold short of sierra papa
1343:14	B7188	hold short of sierra papa glory one eight eight
1343:16	TWR GC	立榮么捌捌地面
1343:19	B7188	立榮么捌捌
1343:22	TWR GC	教官因為那個公司的拐洞么航機現在停在 sierra two 然後它的 gear 有一點問題它可能需要一段時間那因為擋住 sierra papa 我現在沒有辦法讓你滑 sierra papa
1343:33	B7188	好瞭解謝謝 glory one eight eight
1343:35	TWR GC	教官謝謝
1348:18	TWR GC	eva seven zero one taipei ground
1348:20	BR701	go ahead eva seven zero one
1348:22	TWR GC	eva seven zero one do you need any ground support
1348:28	BR701	i will contact our maintenance staff probably we need tow truck eva seven zero one
1348:35	TWR GC	eva seven zero one roger thank you
1402:50	TWR GC	立榮么捌捌塔臺
1402:52	B7188	立榮么捌捌
1402:53	TWR GC	教官那個長榮的拖車它已經到長榮拐洞么現在的位置預計大約十分鐘後可以拖動
1403:00	B7188	o k 好謝謝立榮么捌捌
1403:05	TWR GC	教官謝謝你喔

1403:12	B7188	謝謝你
1404:56	TWR GC	glory one eight eight now taxi via taxiway sierra papa sierra five sierra sierra to bay charlie two
1405:03	B7188	sierra papa sierra five sierra sierra to charlie two glory one eight eight 謝謝
1405:10	TWR GC	教官謝謝

## 附錄二 平面通訊錄音抄件

TWR FD：桃園國際機場管制塔臺飛航資料席

TWR GC：桃園國際機場管制塔臺地面管制席

TWR CD：桃園國際機場管制塔臺許可頒發席

WX：桃園航空氣象臺

FOS：桃園航空站航務組

TIME	COM.	CONTENTS
桃園航空氣象臺與桃園國際機場管制塔臺飛航資料席平面通訊		
1329:35	WX	觀測台你好
1329:36	TWR FD	教官你好剛剛兩肆跑道落地的國泰它報告說它的能見度沒有METAR 報的那麼好咁它有遇到大雨
1329:44	WX	那等一下發
1329:47	TWR FD	好了解
1329:48	WX	然後我要發一個風切警報兩個小時
1329:52	TWR FD	謝謝教官
1329:53	WX	好謝謝
1337:38	TWR FD	教官請
1337:38	WX	剛才那個因為下雨的關係所以它的風會比較亂然後因為然後大概都是伍 knots 這樣子比較長的風這樣子大概這樣子然後大概半個小時它就過了
1337:49	TWR FD	好謝謝教官

桃園國際機場管制塔臺與桃園航空站航務組平面通訊		
1345:10	TWR GC	教官你好
1345:11	FOC	嗯
1345:12	TWR GC	就是剛才那個落兩肆的長榮拐洞么它落地從 sierra two 脫離之後說它們現在的輪子有問題然後它停在 sierra two 但因為它擋到 sierra papa 然後所以後面的么立榮么捌捌從 sierra one 脫離它也沒辦法走所以我們現在兩架航機都是停在 sierra one 跟 sierra two 上面
1345:31	FOC	sierra one 那台立榮么捌捌可不可以走 sierra sierra charlie 那邊回去
1345:35	TWR GC	可以走 sierra charlie 嗎
1345:38	FOC	如果你現在它那邊沒有拖機沒有飛機擋住的話
1345:42	TWR GC	ok 好教官這也就是說如果沒有航情的話確認它可以走 sierra 可是它那個長榮拐洞么已經把 sierra two 跟 sierra papa 交接處缺口擋住了啊
1345:50	FOC	對啊我的意思是說它進入長榮 hangar 之後再走 sierra charlie 過去看這邊有沒有其他飛機有擋住
1345:57	TWR GC	ok 好的教官那我知道了教官那我們現在兩肆是暫停起降的
1346:01	FOC	ok
1346:02	TWR GC	ok 好謝謝
1348:51	FOC	請講
1348:52	TWR CD	教官你好塔台那個長榮拐洞么它需要拖車
1348:56	FOC	喔他們應該馬上過去了
1348:58	TWR CD	你是說已經有過去是不是
1349:00	FOC	他們現在是還沒有過去還是已經有

1349:02	TWR CD	因爲是飛機有跟我們說他需要拖車所以跟你講一下
1349:06	FOC	ok 好那那個立榮可以走嗎
1349:09	TWR CD	沒辦法沒辦法應該也沒辦法進入 sierra charlie 我們還是要等它那個走 sierra papa 比較好
1349:16	FOC	ok 好

本頁空白

### 附錄三 BR701 座艙語音紀錄器抄件

代號說明：

- RDO : Radio transmission from occurrence aircraft
- CAM : Cockpit area microphone voice or sound source
  - 1 : Voice identified as captain
  - 2 : Voice identified as first officer
- TWR : Taipei tower
- OPS : EVA operation
- OTH : Radio transmission from other aircraft
- ... : Unintelligible words
- () : Remarks or translation

hh <sup>45</sup>	mm	ss	Source	Context
12	33	15.8		(CVR 記錄開始)
一、1301:36.3~1302:25.1				
13	01	36.3	CAM-1	然後那邊呢下雨喔 多多雲下雨氣溫是二十七度 呃 我們 呃...了 ...了繼續
13	01	49.4	CAM-2	教官那 briefing 囉
13	01	50.2	CAM-1	好
13	01	51.0	CAM-1	i have control
13	01	52.1	CAM-2	you have control roger clear for baker two bravo runway two four two zero three alpha october effective two thousand nine airport elevation one zero six feet transition level one three zero m-s-a base on t-i-a v-o-r 是八千五
13	02	11.8	CAM-1	好
13	02	12.5	CAM-2	那 from descend planning cross copra flight level one four

<sup>45</sup> 此抄件以 FDR 紀錄時間作為同步基準，使用 UTC 時間。若再有時間同步之需求，由飛安會為之

hh <sup>45</sup>	mm	ss	Source	Context
				zero actual descend clearance by a-t-c ... one four zero copra
13	02	21.8	CAM-1	one four zero or below 啊
13	02	24.2	CAM-2	at or below
二、1332:21.4~1339:09.2				
13	32	21.4	RDO-1	uh taipei tower eva seven zero one i-l-s d-m-e runway two four approach
13	32	27.5	TWR	eva seven zero one heavy taipei tower runway two four wind three zero zero degree five knots q-n-h one zero zero niner continue approach
13	32	38.9	RDO-1	runway two four continue approach eva seven zero one
13	32	44.4	CAM-2	flaps five
13	32	45.2	CAM-1	flaps five
13	32	57.4	CAM-2	flaps five speed set
13	32	58.6	CAM1	check
13	33	15.0	TWR	eva seven zero one clear to land runway two four wind two five zero degree four knots
13	33	20.4	RDO-2	clear to land runway two four eva seven zero one
13	33	37.0	TWR	(無關)
13	33	42.7	OTH	(無關)
13	33	50.2	CAM-2	flaps ten
13	33	51.1	CAM-1	flaps ten
13	34	02.0	CAM-2	flaps ten speed set
13	34	03.0	CAM-1	check
13	34	25.8	TWR	(無關)
13	34	31.8	OTH	(無關)
13	34	32.5	CAM	twenty five hundred
13	34	33.4	CAM-1	check
13	34	34.0	CAM-2	check gear down
13	34	35.9	CAM-1	gear down
13	34	37.7	CAM-2	flaps twenty
13	34	38.9	CAM-1	okay flaps twenty
13	34	48.1	CAM-2	flaps twenty speed set
13	34	49.8	CAM-1	check
13	35	04.3	CAM	噹 (single chime)
13	35	05.2	CAM-1	uh cabin cabin ready
13	35	07.0	CAM-2	uh flaps twenty five

hh <sup>45</sup>	mm	ss	Source	Context
13	35	09.2	CAM-1	okay flaps twenty five
13	35	12.4	CAM-1	okay final fix two thousand two hundred feet
13	35	14.9	CAM	噹 (single chime)
13	35	15.3	CAM-2	check
13	35	16.8	CAM	噹 (single chime)
13	35	19.7	CAM-2	flaps twenty five landing check
13	35	21.3	CAM-1	landing check
13	35	22.7	CAM-1	okay cabin alert landing gear
13	35	25.4	CAM-2	down
13	35	26.0	CAM-1	speed brake auto brake uh armed and three flaps
13	35	30.3	CAM-2	twenty five twenty five
13	35	32.4	CAM-1	twenty five twenty five landing check complete clear to land
13	35	35.3	CAM-2	clear to land
13	36	03.4	CAM-1	one thousand baro three hundred
13	36	05.3	CAM-2	runway insight auto throttle disengaged
13	36	09.6	CAM-2	autopilot disconnect
13	36	22.1	TWR	(無關)
13	36	29.7	OTH	(無關)
13	36	43.0	CAM	five hundred
13	36	45.3	CAM-1	stable
13	36	45.8	CAM-2	check
13	37	05.0	CAM	minimum
13	37	06.2	CAM-2	check
13	37	06.7	CAM	(似持續雨刷聲)
13	37	11.7	CAM	one hundred
13	37	12.9	OTH	taipei tower glory one eight eight established eight mile final
13	37	15.4	CAM	fifty
13	37	15.8	CAM-1	好 帶了帶了帶了 帶了帶了
13	37	16.5	CAM	forty
13	37	17.4	CAM	thirty
13	37	18.2	TWR	glory one eight eight heavy taipei tower runway two four wind three four zero degree five knots q-n-h one zero zero niner continue approach
13	37	18.3	CAM	twenty
13	37	19.3	CAM	ten

hh <sup>45</sup>	mm	ss	Source	Context
13	37	25.7	OTH	continue glory one eight eight
13	37	28.9	CAM-1	你還沒到地
13	37	30.6	CAM	扣 扣 (不明聲響)
13	37	34.4	CAM-2	spoiler
13	37	38.8	CAM	(異於正常落地滾行聲響)
13	37	43.8	CAM	(異於正常落地滾行聲響)
13	37	45.7	CAM	喔伊 (警告聲響由 1337:45.7 持續至 1338:22.2)
13	37	48.7	CAM-1	manual brake
13	37	49.9	CAM-2	check
13	38	03.5	TWR	eva seven zero one turn right sierra two contact ground one two one decimal seven good night
13	38	09.9	RDO-2	contact taipei ground eva six seven zero one correction
13	38	15.6	CAM-1	uh ... 你把那個按掉
13	38	20.4	CAM-1	按那個 gear
13	38	28.4	CAM-1	uh gear disagree
13	38	30.9	CAM-1	好 這個麻煩 這個麻煩大了
13	38	37.0	CAM-1	哦
13	38	39.1	CAM-1	要叫 要叫拖車喔 不要再滑了 叫拖車喔
13	38	46.1	RDO-2	eva operation eva seven zero one at chart sierra two and we have gear disagree request tow truck
13	38	57.9	OPS	uh eva seven zero one say again
13	39	01.3	RDO-2	we have gear disagree request tow truck
13	39	05.0	OPS	uh copy tow tow uh tow truck
14	36	13.6		(CVR 記錄終止)

## 附錄四 事故班機之時間同步參考表

SSCVR 時間 (hhmm:ss)	FDR 時間 (hhmm:ss)	塔臺時間 (hhmm:ss)	SSCVR 抄件內容
1337:12.9		1337:15	taipei tower glory one eight eight established eight mile final
1337:15.4	1337:15		Fifty
1337:18.2		1337:21	glory one eight eight heavy taipei tower runway two four wind three four zero degree five knots q-n-h one zero zero niner continue approach
1337:45.7	1337:46		喔伊 (警告聲響由 1337:45.7 持續至 1338:22.2)
1338:03.5		1338:05	eva seven zero one turn right sierra two contact ground one two one decimal seven good night
1338:09.9	1338:10	1338:12	contact taipei ground eva six seven zero one correction
1338:46.1	1338:47		eva operation eva seven zero one at chart sierra two and we have gear disagree request tow truck
1339:01.3	1339:02		we have gear disagree request tow truck

本頁空白

## 附錄五 FDR 飛航參數列表

	Parameter Name	Units		Parameter Name	Units
1	*Superframe Raw Sf2_Wrd62_B1-12	(hex)	46	AT THR REF Engaged	(discrete)
2	*Superframe Raw Sf3_Wrd61_B1-12	(hex)	47	AT TO BUMP Engaged	(discrete)
3	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B1-1	(hex)	48	AT TO Engaged	(discrete)
4	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B1-12	(hex)	49	AT VNAV Engaged	(discrete)
5	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B1-4	(hex)	50	Barometric Corrected Altitude Left	(feet)
6	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B1-6	(hex)	51	Barometric Corrected Altitude Right	(feet)
7	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B2-12	(hex)	52	Cabin Pressure	(psi)
8	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B2-6	(hex)	53	Cabin Pressure Warning	(discrete)
9	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B5-12	(hex)	54	CAPT ADC SEL C	(discrete)
10	*Superframe Raw Sf3_Wrd64_B7-12	(hex)	55	CAPT ADC SEL R	(discrete)
11	A/C Number	(dec)	56	CAPT EIU SRC	(discrete)
12	A/P No Autoland	(discrete)	57	CAPT FLT DIR SEL C	(discrete)
13	A/P No Land 3	(discrete)	58	CAPT FLT DIR SEL R	(discrete)
14	AC PACK 1 ON/OFF	(discrete)	59	CAPT IRU 2 SEL C	(discrete)
15	AC PACK 2 ON/OFF	(discrete)	60	CAPT IRU 3 SEL R	(discrete)
16	AC PACK 3 ON/OFF	(discrete)	61	CAPT NAV 1 R FMC	(discrete)
17	AC Pack Flow Pk 1	(discrete)	62	CAPT NAV 2 L CDU	(discrete)
18	AC Pack Flow Pk 2	(discrete)	63	CAPT NAV 3 C CDU	(discrete)
19	AC Pack Flow Pk 3	(discrete)	64	CAPT NAV FREQ	(MHz)
20	Aileron LIB Position	(degrees)	65	CARD FAIL	(discrete)
21	Aileron LOB Position	(degrees)	66	CMC INACT	(discrete)
22	Aileron RIB Position	(degrees)	67	Computed Airspeed	(knots)
23	Aileron ROB Position	(degrees)	68	Config Error	(discrete)
24	AIR GROUND	(discrete)	69	Control Column Position	(degrees)
25	Angle of Attack	(degrees)	70	Control Column Position-DB	(degrees)
26	AOA 1 Heat Fault	(discrete)	71	Control Wheel Position	(degrees)
27	AOA 2 Heat Fault	(discrete)	72	Cowl Anti Ice Switch Engine 1	(discrete)
28	AP 1 Engaged	(discrete)	73	Cowl Anti Ice Switch Engine 2	(discrete)
29	AP 2 Engaged	(discrete)	74	Cowl Anti Ice Switch Engine 3	(discrete)
30	AP 3 Engaged	(discrete)	75	Cowl Anti Ice Switch Engine 4	(discrete)
31	AP FLARE OPER	(discrete)	76	D01 DFDR MAINT	(discrete)
32	AT Armed	(discrete)	77	D02 DFDR STATUS	(discrete)
33	AT CLB Engaged	(discrete)	78	Day	(days)
34	AT CON Engaged	(discrete)	79	Departure Airport	(ICAO)
35	AT CRZ Engaged	(discrete)	80	Departure Airport ch1	(ASCII)
36	AT Disconnect	(discrete)	81	Departure Airport ch2	(ASCII)
37	AT FLARE Engaged	(discrete)	82	Departure Airport ch3	(ASCII)
38	AT FLCH Engaged	(discrete)	83	Departure Airport ch4	(ASCII)
39	AT FMC Master	(discrete)	84	Destination Airport	(ICAO)
40	AT GA Engaged	(discrete)	85	Destination Airport ch1	(ASCII)
41	AT RAT1 Engaged	(discrete)	86	Destination Airport ch2	(ASCII)
42	AT RAT2 Engaged	(discrete)	87	Destination Airport ch3	(ASCII)
43	AT SPD Engaged	(discrete)	88	Destination Airport ch4	(ASCII)
44	AT Temp Derate Status	(discrete)	89	DFDR PB INACT	(discrete)
45	AT THR HLD Engaged	(discrete)	90	DH ALERT	(discrete)

	Parameter Name	Units		Parameter Name	Units
91	DME 1 Distance	(NM)	136	Filter 1 Vibration Engine 3	scalar
92	DME 1 Frequency	(MHz)	137	Filter 1 Vibration Engine 4	scalar
93	DME 1 Frequency (LSP)	(MHz)	138	Filter 2 Vibration Engine 1	scalar
94	DME 1 Frequency (MSP)	(MHz)	139	Filter 2 Vibration Engine 2	scalar
95	DME 2 Distance	(NM)	140	Filter 2 Vibration Engine 3	scalar
96	DME 2 Frequency	(MHz)	141	Filter 2 Vibration Engine 4	scalar
97	DME 2 Frequency (LSP)	(MHz)	142	Filter 3 Vibration Engine 1	scalar
98	DME 2 Frequency (MSP)	(MHz)	143	Filter 3 Vibration Engine 2	scalar
99	Drift Angle	(degrees)	144	Filter 3 Vibration Engine 3	scalar
100	EGT Engine 1	(degs. C)	145	Filter 3 Vibration Engine 4	scalar
101	EGT Engine 2	(degs. C)	146	Fire AFT Cargo	(discrete)
102	EGT Engine 3	(degs. C)	147	Fire AFT Main Deck	(discrete)
103	EGT Engine 4	(degs. C)	148	Fire APU	(discrete)
104	EIU C INACT	(discrete)	149	Fire Engine 1	(discrete)
105	EIU L INACT	(discrete)	150	Fire Engine 2	(discrete)
106	EIU R INACT	(discrete)	151	Fire Engine 3	(discrete)
107	ELEC BUS 1 STATUS	(discrete)	152	Fire Engine 4	(discrete)
108	ELEC BUS 2 STATUS	(discrete)	153	Fire FWD Cargo	(discrete)
109	ELEC BUS 3 STATUS	(discrete)	154	Fire FWD Main Deck	(discrete)
110	ELEC BUS 4 STATUS	(discrete)	155	Fire Main Deck (more than 2 zones)	(discrete)
111	Elevator LIB Position	(degrees)	156	Fire MID Main Deck	(discrete)
112	Elevator LOB Position	(degrees)	157	Fire Wheel Well	(discrete)
113	Elevator RIB Position	(degrees)	158	Flap 1 In Transit	(discrete)
114	Elevator ROB Position	(degrees)	159	Flap 2 In Transit	(discrete)
115	EMERG LIGHTS	(discrete)	160	Flap 3 In Transit	(discrete)
116	EPR Actual Engine 1(本班機不適用)	(ratio)	161	Flap 4 In Transit	(discrete)
117	EPR Actual Engine 2(本班機不適用)	(ratio)	162	Flap 5 In Transit	(discrete)
118	EPR Actual Engine 3(本班機不適用)	(ratio)	163	Flap 6 In Transit	(discrete)
119	EPR Actual Engine 4(本班機不適用)	(ratio)	164	Flap 7 In Transit	(discrete)
120	EVENT RECORD	(discrete)	165	Flap 8 In Transit	(discrete)
121	F/O 1 NAV SEL L FMC	(discrete)	166	Flap Configuration Warning	(discrete)
122	F/O 2 NAV SEL R CDU	(discrete)	167	Flap Handle Position	(degs.)
123	F/O 3 NAV SEL C CDU	(discrete)	168	Flap LOB Position	(degs.)
124	F/O ADC SEL C	(discrete)	169	Flap RIB Position	(degs.)
125	F/O ADC SEL L	(discrete)	170	Fleet Identification Code	()
126	F/O EIU SRC	(discrete)	171	Flight Number	(ASCII)
127	F/O FLT DIR SEL C	(discrete)	172	Flight Number ch1	(ASCII)
128	F/O FLT DIR SEL L	(discrete)	173	Flight Number ch2	(ASCII)
129	F/O IRU 2 SEL C	(discrete)	174	Flight Number ch3	(ASCII)
130	F/O IRU 3 LEFT	(discrete)	175	Flight Number ch4	(ASCII)
131	F/O NAV FREQ	(MHz)	176	Flight Number ch5	(ASCII)
132	FD 1 Engaged	(discrete)	177	Flight Number ch6	(ASCII)
133	FD 2 Engaged	(discrete)	178	Flight Number ch7	(ASCII)
134	Filter 1 Vibration Engine 1	scalar	179	Flight Number ch8	(ASCII)
135	Filter 1 Vibration Engine 2	scalar	180	FLT REC SYS FAIL	(discrete)

	Parameter Name	Units		Parameter Name	Units
181	Frame Counter	(dec)	226	Localizer Deviation DDM	(DDM)
182	Fuel Flow Engine 1	(kg/h)	227	Longitude	(degrees)
183	Fuel Flow Engine 2	(kg/h)	228	Longitude (LSP)	(raw)
184	Fuel Flow Engine 3	(kg/h)	229	Longitude (MSP)	(raw)
185	Fuel Flow Engine 4	(kg/h)	230	Longitude (Sign)	(0/1)
186	GEAR DISAGREE	(discrete)	231	Longitudinal Acceleration	(g)
187	Gear Lever Position	(discrete)	232	MACH	(m)
188	Glideslope Deviation	(dots)	233	Magnetic Heading	(degrees)
189	Glideslope Deviation DDM	(DDM)	234	MANIFOLD PRESS LEFT	(psi)
190	GPWS - Don't Sink		235	MANIFOLD PRESS RIGHT	(psi)
191	GPWS - Glide Slope	(discrete)	236	Master Warning	(discrete)
192	GPWS - Minimums	(discrete)	237	Middle Marker	(discrete)
193	GPWS - Pull Up	(discrete)	238	Month	(month)
194	GPWS - Sink Rate	(discrete)	239	N1 Actual Engine 1	(% rpm)
195	GPWS - Terrain	(discrete)	240	N1 Actual Engine 2	(% rpm)
196	GPWS - Terrain Pull Up	(discrete)	241	N1 Actual Engine 3	(% rpm)
197	GPWS - Too Low Flap	(discrete)	242	N1 Actual Engine 4	(% rpm)
198	GPWS - Too Low Gear	(discrete)	243	N2 Actual Engine 1	(% rpm)
199	GPWS - Too Low Terrain	(discrete)	244	N2 Actual Engine 2	(% rpm)
200	GPWS - Windshear Caution	(discrete)	245	N2 Actual Engine 3	(% rpm)
201	Gross Weight	(discrete)	246	N2 Actual Engine 4	(% rpm)
202	Groundspeed	(kg)	247	Oil Pressure Engine 1	(psi)
203	HF Keying	(knots)	248	Oil Pressure Engine 2	(psi)
204	HPSOV OP SW-1	(discrete)	249	Oil Pressure Engine 3	(psi)
205	HPSOV OP SW-2	(discrete)	250	Oil Pressure Engine 4	(psi)
206	HPSOV OP SW-3	(discrete)	251	Oil Pressure Low Eng 1	(discrete)
207	HPSOV OP SW-4	(discrete)	252	Oil Pressure Low Eng 2	(discrete)
208	Hydraulic Oil Pressure Low System 1	(discrete)	253	Oil Pressure Low Eng 3	(discrete)
209	Hydraulic Oil Pressure Low System 2	(discrete)	254	Oil Pressure Low Eng 4	(discrete)
210	Hydraulic Oil Pressure Low System 3	(discrete)	255	Oil Quantity Engine 1	(US pts)
211	Hydraulic Oil Pressure Low System 4	(discrete)	256	Oil Quantity Engine 2	(US pts)
212	Inner Marker	(discrete)	257	Oil Quantity Engine 3	(US pts)
213	ISOL VALVE LEFT	(discrete)	258	Oil Quantity Engine 4	(US pts)
214	ISOL VALVE RIGHT	(discrete)	259	Oil Temperature Engine 1	(deg. C)
215	L TAT PROBE HEAT	(discrete)	260	Oil Temperature Engine 2	(deg. C)
216	LAND 2 Green	(discrete)	261	Oil Temperature Engine 3	(deg. C)
217	LAND 3 Green	(discrete)	262	Oil Temperature Engine 4	(deg. C)
218	Lateral Acceleration	(discrete)	263	Outer Marker	(discrete)
219	Latitude	(g)	264	Overheat Engine 1	(discrete)
220	Latitude (LSP)	(degrees)	265	Overheat Engine 2	(discrete)
221	Latitude (MSP)	(raw)	266	Overheat Engine 3	(discrete)
222	Latitude (Sign)	(raw)	267	Overheat Engine 4	(discrete)
223	LE FLAPS IN LVR POS	(0/1)	268	Over speed	(discrete)
224	Landing Gear Config.	(discrete)	269	Pitch Angle	(degrees)
225	Localizer Deviation	(dots)	270	Pitch GA Engaged	(discrete)

	Parameter Name	Units		Parameter Name	Units
271	Pitch GS Engaged		316	UTC Time	(hh:mm:ss)
272	PITOT HEAT L FAULT	(discrete)	317	UTC Hours	
273	PITOT HEAT R FAULT	(discrete)	318	UTC Minutes	
274	Pressure Altitude	(discrete)	319	UTC Seconds	
275	Pressure Altitude (LSP)	(feet)	320	VALID TD CMD	(discrete)
276	Pressure Altitude (MSP)	(feet)	321	VALID TU CMD	(discrete)
277	Pressure Altitude (Sign)	(ft/2048)	322	Vertical Acceleration	(g)
278	R TAT PROBE HEAT	(0/1)	323	Vertical Speed	(ft/min)
279	Radio Height	(discrete)	324	VHF Keying	(discrete)
280	Roll Angle	(feet)	325	Vibration Engine 1	scalar
281	Roll LOC Engaged	(degrees)	326	Vibration Engine 2	scalar
282	Roll ROLLOUT Engaged	(discrete)	327	Vibration Engine 3	scalar
283	Rudder LWR Position	(discrete)	328	Vibration Engine 4	scalar
284	Rudder Pedal Position	(degrees)	329	Wind Direction True	(degrees)
285	Rudder UPR Position	(degrees)	330	Wind Speed	(knots)
286	Smoke D5 Crew Rest	(degrees)	331	Wing Anti Ice On	(discrete)
287	Smoke Equipment Bay	(discrete)	332	Yaw Damper Lower	(discrete)
288	Smoke Lavatory	(discrete)	333	Yaw Damper Upper	(discrete)
289	Smoke ZF Crew Rest	(discrete)	334	Year	(years)
290	Speed Brake Handle Position	(discrete)			
291	STAB POS	(%)			
292	STAB TRIM	(deg)			
293	STAB TRIM SRC ID	(units)			
294	STBY BUS APU	(discrete)			
295	STBY BUS MAIN	(discrete)			
296	Stick Shaker	(discrete)			
297	Sub frame	(discrete)			
298	Super frame Counter	()			
299	T/O Config Bod Gr Status	(0-15)			
300	T/O Config Pk Brk	(discrete)			
301	T/O Config Spoiler	(discrete)			
302	T/O Config Stab	(discrete)			
303	Total Air Temperature	(discrete)			
304	TOTAL FUEL QTY	(degs. C)			
305	TR Deployed Engine 1	kg			
306	TR Deployed Engine 2	(discrete)			
307	TR Deployed Engine 3	(discrete)			
308	TR Deployed Engine 4	(discrete)			
309	TR In Transit Engine 1	(discrete)			
310	TR In Transit Engine 2	(discrete)			
311	TR In Transit Engine 3	(discrete)			
312	TR In Transit Engine 4	(discrete)			
313	True Airspeed	(discrete)			
314	TRUE MAG Selected	(knots)			
315	UNSCHED STAB MOVEMENT	(discrete)			

## 附錄六 BSCU 下載資料

SHOP RELEVANT FAULT DATA FOR BSCU PN 42-747-3 SN 00715  
 DATE: 10-19-2010 TIME: 14:58:55

<STX> 25 WORD(S)  
 PAGE 1 OF 20  
 BRAKE SYSTEM CONTR. UNIT

BOEING #5283U002

HYDRO-AIRE #42-747 <EOT>

<STX> 33 WORD(S)  
 PAGE 2 OF 20  
 SYSTEM CONFIGURATION

SYSTEM BITE - 0405

DAC BITE - 0504

AUTOBRAKE - 0202 <EOT>

<STX> 69 WORD(S)  
 PAGE 3 OF 20  
 ANTISKID CONFIGURATION

CARD 01-03 - 0101  
 CARD 02-04 - 0101  
 CARD 05-07 - 0101  
 CARD 06-08 - 0101  
 CARD 09-11 - 0101  
 CARD 10-12 - 0101  
 CARD 13-15 - 0101  
 CARD 14-16 - 0101 <EOT>

<STX> 42 WORD(S)  
 PAGE 4 OF 20  
 TORQUE LIMITER CONFIG.

CARD 1-5- 9-13 0302

CARD 2-6-10-14 0302

CARD 3-7-11-15 0302

CARD 4-8-12-16 0302 <EOT>

<STX> 37 WORD(S)  
 PAGE 5 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 00  
 002 BTL L AFT CARD  
       INT GND  
 001 BTL L AFT PWR SPLY  
       INT GND  
       <EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 6 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 01  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 7 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 02  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 8 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 03  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 9 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 04  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 10 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 05  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 11 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 06  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 12 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 07  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
PAGE 13 OF 20  
SEQ# FLIGHT LEG# 08  
NO FAULTS  
<EOT>

\*\*\*\*\*

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 14 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 09  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 15 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 10  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 16 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 11  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 17 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 12  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 18 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 13  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 19 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 14  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

<STX> 16 WORD(S)  
 PAGE 20 OF 20  
 SEQ# FLIGHT LEG# 15  
 NO FAULTS  
 <EOT>  
 .....

本頁空白

附錄七 HYDRO-AIRE 公司檢查修理報告

CRANE HYDRO-AIRE ELECTRICAL & ELECTRONICS P.L. PORTER A Division of CRANE 3010 526-2000 FAX (910) 842-6117 TELE 877584 FORM # 1034-C (592)		RETURNED MATERIALS REPAIR ORDER AND DISPOSITION REPORT					
SERVICE REQ# 335189		JOB ORDER # S1533818		PROD LINE <u>CTRL BOX</u>		REPAIR STATION #QD3R785L	
PART NO BEFORE MODIFICATION 42-747-3	PART DESCRIPTION CONTROL BOX	UNIT SERIAL NO 00715	NEW PART NUMBER N/A	NEW SERIAL NUMBER			
CUSTOMER NAME 6974 DELTA AIR LINES INC	LOCATION ATLANTA GA	PURCHASE ORDER NO 4700370353	SALES ORDER NUMBER RMA NUMBER 320524	DATE RECEIVED 12-OCT-10	SHIP DUE DATE SHIP DATE		
CUSTOMER REASON FOR RETURN R/R: PERFORM BENCH CHECK...WARNING DO NOT ERASE THE NVH DATA OF BSCU BEFORE DE-CODE AND RECORDING..		CODE A23	CUSTOMER REJ NO N/A	QUANTITY 1	A/C TAIL NO		
		RETURN CATEGORY 1. <input type="checkbox"/> OVERHAUL 4. <input type="checkbox"/> REJECTION 2. <input checked="" type="checkbox"/> REPAIR 5. <input type="checkbox"/> MODIFY 3. <input type="checkbox"/> WARRANTY 6. <input type="checkbox"/> OTHER			GOVT <input type="checkbox"/> YES <input checked="" type="checkbox"/> NO		
		FAILURE ANALYSIS REQUIRED NOTREQ			DOC RECEIPT DATE 08-OCT-10		
		VERIFICATION TEST RESULTS CODE: <u>A59</u> <input type="checkbox"/> VALID <input checked="" type="checkbox"/> INVALID <input type="checkbox"/> NOT APPLICABLE					
VISUAL DESCRIPTION REUSABLE CONTAINER		FINDINGS VERIFICATION TEST FAIL FWD AND AFT VALVE DRIVERS MAX OUTPUT FAIL ALT VALVE MAX CURRENT TESTS FAIL CALIBRATE 50V POWER SUPPLY					
INSPECTED BY: [REDACTED] DATE: 12-OCT-10 MFG DATE: 01-FEB-1998 PRIOR RETURN 0 OVERHAUL DATE: SPECIAL QUALITY ASSURANCE INSTRUCTIONS FOR TESTING		MAJOR REPAIR RESOLUTION CODE TESTED BY: [REDACTED] DATE: 10/20/10 TEST AREA					
SUMMARY CODE: <u>AR3</u>		CORRECTIVE ACTION <input type="checkbox"/> APPLICABLE <input type="checkbox"/> NOT APPLICABLE		WARRANTY HONORED		PENDING	
MAINTENANCE PERFORMED IAW SPEC REV. DT TSN: 58079.0 TSO: CSH		CSO:		Q.A. ENG		DATE: 11/1/2010	
CUSTOMER PIN: <u>#5</u>		REJECTION VERIFIED. THE UNIT WAS REPAIRED AS REQUIRED, AND A COMPLETE ACCEPTANCE TEST IN ACCORDANCE WITH THE LATEST TEST SPECIFICATIONS WAS ACCOMPLISHED PRIOR TO SHIPMENT. RECORDS ARE ON FILE AT HYDRO-AIRE.					



(818) 326-2660 FAX (818) 642-6117 TELEX 977634  
FORM W 1034-C (5/93)

RETURNED MATERIALS REPAIR ORDER  
AND DISPOSITION REPORT  
REPAIR STATION #QD3R785L

SERVICE REQ# 335189

JOB ORDER # S1533818

PROO LINE

**COMPONENT ACTIVITIES**

COMPONENT	DESCRIPTION	QTY	ACTION	ACTION COMMENTS
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4882, R4 BEFORE: 4.80V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4542, R4 BEFORE: 4.81V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4887, R4 BEFORE: 4.81V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4878, R4 BEFORE: 4.76V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4544, R4 BEFORE: 4.87V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4889, R4 BEFORE: 4.83V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747200, S/N 647, R4 BEFORE: 4.87V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747213, S/N 2475, R4 BEFORE: 4.80V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747213, S/N 2496, R4 BEFORE: 4.80V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747213, S/N 2492, R4 BEFORE: 4.79V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747213, S/N 2476, R4 BEFORE: 4.78V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747243, S/N 647, R4 BEFORE: 4.90V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-747273, S/N 647, R4 BEFORE: 4.86V AFTER: 5.00V
RLR07CXXXXFS	RES.FXD.FILM.0.25W.XXXX.1%	1	REPAIRED	42-74718, S/N 4885, R4 BEFORE: 4.79V AFTER: 5.00V



e299-005 TEST SET FOR 747-400 BRAKE SYSTEM CONTROL UNIT  
FUNCTIONAL TEST SOFTWARE FD299-00501-07.00

AUTOMATIC TEST : HYDRO-AIRE P/N 42-747-J  
BOEING P/N S2830002-5

UUT SER. NO.: 00715 TESTED BY : John  
EMPLOYEE ID.: 4326 DATE/TIME : 11-01-2010/13:59:43

RESULTS SUMMARY :

NUMBER OF TESTS PERFORMED (216 POSSIBLE) : 216  
NUMBER OF TEST FAILURES ENCOUNTERED : 0

```

*****
# ALL TESTS PASSED # # ACCEPT #
# UUT GOOD # # ***** #
*****
    
```

```

SYSTEM BITE CARD S/W REV. I.D. # : 0405
DAC BITE CARD S/W REV. I.D. # : 0504
A/S CARD 1-3 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 2-4 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 5-7 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 6-8 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 9-11 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 10-12 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 13-15 S/W REV. I.D. # : 0101
A/S CARD 14-16 S/W REV. I.D. # : 0101
A/B CARD S/W REV. I.D. # : 0202
BTL CARD 1-5-9-13 S/W REV. I.D. # : 0302
BTL CARD 2-6-10-14 S/W REV. I.D. # : 0302
BTL CARD 3-7-11-15 S/W REV. I.D. # : 0302
BTL CARD 4-8-12-16 S/W REV. I.D. # : 0302
    
```

TOTAL TEST TIME : 75 MIN., 16 SEC.



## 附錄八 長榮航空公司意見陳述

編號	頁數 章節/段落	是否 修改	內容原文	修改建議	說明
A	第 1 頁 1.1 節/第 2 段	未改	依據天氣資料及駕駛員訪談紀錄，該機進場落地時，桃園機場有陣雨發生，道面可能為濕滑情形；	依據天氣資料及駕駛員訪談紀錄，該機進場落地時，桃園機場有陣雨發生，道面 <del>可能</del> 為濕滑且有積水情形	根據修正項編號 I 證實道面確為濕滑且有積水情況。
G	第 20 頁 表 1.7-1	未改	06/24 跑道 AWOS 之即時風向風速資料 (度、哩/時)	刪除此表資料及本報告所有引用此表資料所用之分析。(增加 AWOS 之即時風速紀錄資料時間長度)	依據本報告第 122 頁 2.3.2 節/最後一段 依據表 1.7-1，事故當日 06/24 跑道 AWOS 之即時風速紀錄，因無法確認該資料與 FDR 資料之秒差，假設無秒差，則可以將 FDR 資料計算之風場資料與 AWOS 之即時風速資料進行比對，詳表 2.3-1。
G-1	第 20 頁 (P19) 表 1.7-2	未改 (未補 2146- 2200 資料)	AWOS 06/24 之 1 小時累積雨量資料 (公厘)	比照表 1.7-1，補充 AWOS06，AWOS 24 之累積雨量資料並補上 2146 至 2200 累積雨量資料以符合 1 小時累積雨量資料。	建議提供全面客觀氣象資料有利分析。
I	第 34 頁 (P33) 第 1.10.5 章/第 3 段	未改	另民國 100 年 5 月 23 日本會測量 24 跑道上午 0810 時前 6 分鐘累計 2.4 公釐之降雨量，能造成 24 跑道面積約 95% 有約 1 公厘水深，少部分	建議補充說明： 另民國 100 年 5 月 13 日本會測量 24 跑道上午 0810 時前 6 分鐘累計 2.4 公釐之降雨量，能造成 24 跑道面積約 95% 有約 1 公厘	請提供貴會民國 100 年 5 月 13 日量測 24 跑道當天之 AWOS1 小時累積雨量資料提供相對比較。

			<p>不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深，所量測的水深均為排水狀態。</p>	<p>水深，少部分不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深，所量測的水深均為排水狀態。根據報告第 20 頁，表 1.7-2 內容所述，民國 99 年 9 月 2 日 AWOS 06/24 之 1 小時累積雨量資料分析，2125 時至 2131 時累計雨量為 7.0 公釐，2131 時至 2137 時累計雨量為 2.8 公釐，均大於民國 100 年 5 月 23 日獲得之 2.4 公釐累計降雨量，故可認定有積水產生。</p>	
K	<p>第 48 頁 (P47) 第 1.11.2 章</p>	未改	<p>1337:45 時，軌跡向左偏出 24 跑道邊並通過戰備道，距 24 跑道端 6,575 呎（參考圖 1.11-7 標記 5）。</p>	<p>1337:45 時，軌跡向左偏出 24 跑道邊並通過戰備連絡道，距 24 跑道端 6,575 呎（參考圖 1.11-7 標記 5）。</p>	<p>實際通過“戰備連絡道”非“戰備道”</p>
L	<p>第 57 頁 (P56) 圖 1.11-8</p>	未改	<p>圖 1.11-8 BR701 於 RALT 500 呎以下至著陸期間之飛航軌跡、CVR 抄件與套疊圖</p>	<p>建議刪除圖 1.11-8</p>	<p>圖 1.11-5,1.11-6,1.11-7 已有三張 BR701 飛航軌跡、地面輪胎軌跡套疊圖；CVR 抄件在附錄 3 已完整呈現且內文中無說明此圖及引用此圖</p>

O	第 79 頁 (P78) 第 1.18.1	未改	<p>1.18.1 國內機場跑道入侵紀錄</p> <p>依據民航局飛航服務總臺之飛航管制案件紀錄，自民國 91 年元月至 99 年 7 月期間，92 年桃園國際機場及 94 年松山機場各發生一次跑道入侵事件，95 至 98 年無跑道入侵事件。99 年元月至 7 月間，桃園國際機場發生 3 起跑道入侵事件。</p>	<p>建議全段刪除，並恢復貴會已公告之 BR701 事實資料報告 1.18.1 事故當日航務組工作紀錄</p> <p>1.18.1 事故當日</p> <p>摘錄事故當日「航務組工作紀錄」部分內容如下：</p> <p>20:10 塔台通知切換 23/24 跑道使用</p> <p>20:34 CAL918 回航切重疊</p> <p>21:37 EVA701 落地</p> <p>21:46 經由 ASDE 發現長榮 701 停滯於 S2 塔台回報輪胎故障當由塔台通知，UIA188 於 S1 等待...</p> <p>22:04 本組警覺通知 UIA188 可以滑行</p> <p>22:18 機務派出接駁車，通知北消派出照明明車支援</p> <p>22:25 傳真機安檢報表至民航局...</p> <p>22:41 旅客開始下飛機</p> <p>23:05 通報機安會...</p> <p>23:15 FDR、CVR 斷電</p> <p>...</p>	<p>刪除原因</p> <p>與本事件無直接關係</p> <p>恢復原因</p> <p>與本事件有直接關係</p>
Q	第 98 頁 (P97) 第 1.18.4.4 最後一段	未改	<p>另依照國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, IATA) 「降低偏出跑道風險」教材<sup>46</sup>之建議，飛航組員於濕滑跑道落地時應注意之操作原則大致包含以下內容：</p> <p>著陸前：盡可能選用最低之進場速度、確保進場速度不超出選定之進場速度、盡可能將航機之橫向偏移減至最小；</p> <p>著陸時：盡可能於著陸區內、跑</p>	建議全段刪除	<p>刪除原因</p> <p>IATA 教材僅為建議，應以原廠 Manual 為主</p>

<sup>46</sup> Runway Excursion Risk Reduction (RERR) Toolkit, Second Edition, 2011。

			道中心線上執行有感落地 (firm landing) ; 著陸後：盡速升起減速板、盡速使用適當煞車及反推力、盡速使鼻輪著陸，以增加輪胎與鋪面間之摩擦力，提升航機之方向控制與減速能力。		
TD	第 107 頁 (P106) 2.2.1 章/第 3 段	有改  未改	另依 2.1 節天氣分析及落地前駕駛員開啓雨刷之情況研判，該機進場落地階段有陣雨發生，道面可能濕滑。惟依駕駛員之自述，及該機進場落地前仍能持續向跑道中心線修正並著陸於中心線附近之情況研判，當時之降雨情形未明顯影響駕駛員之目視判斷，亦未使其失去目視參考。	另依 2.1 節天氣分析及落地前駕駛員開啓雨刷至高速位置之情況研判，該機進場落地階段有陣雨發生，道面可能濕滑且有積水。惟依駕駛員之自述，及該機進場落地前仍能持續向跑道中心線修正並著陸於中心線附近之情況研判，當時之降雨情形未明顯影響駕駛員之目視判斷，亦未使其失去目視參考。	依據第 82 頁正駕駛員訪談內容事實增加「至高速位置」。引用本報告 2.2.3.2 內容 降雨情況明顯影響駕駛員之目視判斷，乃因駕駛員開啓雨刷並啓動至高速位置才能保持目視參考。本段提出當時降雨情況未明顯影響駕駛員之目視判斷為錯誤研討論述，建議刪除。
TE	第 110 頁 (P108) 2.2.2.2 段/第 4 段	未改	風向/風速之轉變雖可能影響航機之平飄操作，但對於 B747-400 型機而言，本次落地前風向/風速之變化範圍，應非導致該機於跑道上漂浮之唯一因素；PF 之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合	風向/風速之轉變雖可能影響航機之平飄操作，但對於 B747-400 型機而言，本次落地前風向/風速之變化範圍，應非導致該機於跑道上漂浮之唯一因素；PF 之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合	引用報告 2.3.2 章第 124 頁之內容論述，強調與本事件相關之因素。原段落中提出導致該機未能於正常著陸區著陸之因素如 PF 之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素皆為著陸

			因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。	<del>因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。</del> ，分析結果顯示，該機從 RA52 呎至主輪著地共經歷 16 秒(CVR 聲響分析結果為 15.2 秒)。該機平漂至主輪著地(-15 至-7 秒)期間，平均右側風為 6.5 浬/時，頂風由 1.3 浬/時轉為尾風分量為 4.0 浬/時，此尾風效應使航機於慢車推力情況下，至空速增加無線電高度增加(156 浬/時→148 浬/時→155 浬/時)，至該機通過 24 跑道頭至主輪著地期間於空中行進 3585 呎。	點控制之普遍性原則，與本事件無直接關係，建議採用第 124 頁第 2.3.2 節之論述，因其分析結果直接與本事件相關且易於了解。
TF	第 110 頁 (P109) 2.2.2.3 章/ 第 2 段	有改  未改	另表 2.2-1 顯示，該機於主輪著陸前 6 秒開始成左坡度(即下風邊坡度)之姿態，觀察主輪著陸前數秒之風向/風速變化，側風有增加之情形，PF 雖持續以上風邊(右邊)控制桿方向盤之操作試圖維持機翼水平，惟該機仍以左坡度之姿態著陸，左主輪較右主輪先觸地(差距 0.25 秒)，滾轉角為 -4.4 度，與手冊中側風落地技巧建議	另表 2.2-1 顯示，該機於主輪著陸前 6 秒該機位於 LOC 右側，駕駛員建立左坡度(即下風邊坡度)之姿態意圖修正回 LOC 中心，觀察主輪著陸前數秒之風向/風速變化，側風有增加之情形，PF 雖持續以上風邊(右邊)控制桿方向盤之操作試圖建立上風邊坡度，惟該機仍因修正量不足以左坡度之姿態著陸，左主輪較右主輪先觸	分析落地前 7 秒至落地時，由於該機位於 LOC 右側(0.071Dot)，駕駛員以於落地前 7 秒起至落地前 5 秒(-7 至-5 秒)減少右控制桿方向盤之操作(19→7.7→6)產生左坡度(0→-0.4→-0.4)來修正回 LOC 中心。而修正 LOC 期間於落地前 4 秒至落地前 2 秒(-4 至-2 秒)持續增加右控制桿方向盤(15.1→19→23.9)

			之「左右主輪同時觸地」或「上風邊主輪先行處地」方式不同。	地(差距 0.25 秒), 滾轉角為-4.4 度, 與手冊中側風落地技巧建議之「左右主輪同時觸地」或「上風邊主輪先行處地」方式不同, 惟可能因側風瞬間增強, 於觸地時不及建立上風邊坡度。	之操作欲建立上風邊右坡度時, 卻產生左坡度(-1.6→-3.3→-4.4), 回顧落地前 10 秒至落地前 8 秒(-10 至-8 秒), 正右側風分量為最大值為 5.9 浬/時(4.6 浬/時→5.3 浬/時→5.9 浬/時), 控制桿方向盤僅使用最大值 12(3.2→3.2→12) 便可保持右坡度最大值 1.9 度(1.2→1.9→1.6), 當時(-4 至-2 秒)正側風分量僅僅增加 1.4 浬/時(3.0 浬/時→4.4 浬/時), 該操作應足夠修正回右坡度, 故風速應遠大於報告中說敘述之數字。
TG	第 110 頁 (P109)2.2.3 章/第 1 段	未改	依該機於跑道上之胎痕走向及表 2.2-1 左右定位台偏移量顯示, 該機著陸後持續著陸前之左偏趨勢, 駕駛員自主輪著陸前 1 秒開始使用右方向舵, 但著陸後持續左偏之趨勢並未及時獲得改善, 漂流角並持續增加至 15.8 度, 顯示該機產生側滑情形。	依該機於跑道上之胎痕走向及表 2.2-1 左右定位台偏移量顯示, 該機著陸後持續著陸前之左偏趨勢, 駕駛員自主輪著陸前 1 秒開始使用右方向舵, 但著陸後持續左偏之趨勢並未及時獲得改善, 漂流角並持續增加至 15.8 度, 顯示該機產生側滑情形。側滑形成之可能原因將於本章節中另行	建議增述以為 2.2.3.1、2.2.3.2、以及建議增補 2.2.3.3 之引言

				討論。	
TH	第 111 頁 (P110)2.2.3.2 章/第 1 段	未改	依 FDR 資料,該機主輪之煞車扭力值自主輪著陸 5 秒後(即鼻輪著陸後,詳表 2.2-2)始陸續增加,顯示自動煞車做動時間較正常情況(主輪著陸後 2 至 3 秒)延遲約 2 至 3 秒。	依 FDR 資料,該機主輪之煞車扭力值自主輪著陸 5 秒後(即鼻輪著陸後,詳表 2.2-2)始陸續增加,顯示自動煞車做動時間較正常情況(主輪著陸後 2 至 3 秒)延遲約 2 至 3 秒。	與本章節之主題無關。建議刪除。
TI	第 111-112 頁 P110-111 表 2.2-1	未改	表 2.2-1 被分於不同頁面		建議表 2.2-2 應呈現於同一頁面中,方便閱讀及避免閱讀遺漏。
TK	第 112 頁 P111 2.2.3.2 章/第 4 段	未改	表 2.2-2 資料顯示該機煞車扭力值於鼻輪著陸後及開始陸續增加,故鼻輪著陸前主輪輪胎與濕滑鋪面間磨擦力不足的可能原因之一,係該機在仍有攻角及升力情況下,機身重量尚未完全落於輪胎上所致。 此外,遭遇水飄亦為導致磨擦力不足之可能原因,為釐清其可能性,本會分析如下。	表 2.2-2 資料顯示該機煞車扭力值於鼻輪著陸後每一輪組,故鼻輪著陸前主輪輪胎與濕滑鋪面間磨擦力不足的可能原因之一,係該機在仍有攻角及升力情況下,機身重量尚未完全落於輪胎上所致,此外,遭遇水飄亦為導致磨擦力不足之可能原因。為釐清其可能性,本會分析如下。 <b>2.2.3.3 遭遇水漂之可能性</b>	輪胎及濕滑鋪面間磨擦力不足之原因有二,"機身重量為全落於輪胎上"及"遭遇水飄",不應分列不同段落。 將"遭遇各種水漂之可能性"與 2.2.3.2"自動煞車延遲動作之可能原因分析"分開討論。建議增加 2.2.3.3 遭遇水漂之可能性章節標題另行討論。
TL	第 113 頁 P112 遭遇黏滯水漂之可能性	未改	另依本報告第 2.5.2 節分析結果,06/24 跑道鋪面磨擦係數檢測結果符合相關規範,現場勘驗結果臆未發現主輪著陸至左	另依本報告第 2.5.2 節分機結果,06/24 跑道鋪面磨擦係數檢測雖未遵守民航局之建議方式,然檢測結果仍符合相關規範,	與第 137 頁,2.5.2 章跑道鋪面抗滑檢測內容相符。

			翼輪偏出邊線區域之鋪面有受到油污、灰塵、胎屑等污染情形。	現場勘驗結果臆未發現主輪著陸至左翼輪偏出邊線區域之鋪面有受到油污、灰塵、胎屑等污染情形。	
TM	第 113 頁 遭遇黏滯水漂之可能性	未改	綜上結果顯示，該機自主輪著陸至左翼輪偏出邊線期間，鋪面狀況為潮濕情況，然當時之地速較高、跑道鋪面符合相關規範、未受污染等現象不完全吻合黏滯水漂發生之條件，故無法證明該機遭遇黏滯水漂，但鋪面潮濕某種程度上會降低鋪面磨擦力。	綜上結果顯示，該機自主輪著陸至左翼輪偏出邊線期間，鋪面狀況為濕滑且有積水情況，然且當時之地速較高，惟跑道鋪面抗滑檢測雖未採取民航局建議但符合相關規範、未受污染等現象不完全吻合黏滯水漂發生之條件，故雖無法積極證明該機遭遇黏滯水漂，但鋪面潮濕且積水某種程度上會降低鋪面磨擦力。	依據表 1.7-2 及第 34 頁內文建議 C 項修改有積水現象。依 2.5.2 章跑道鋪面抗滑測試之結論為雖符合標準但未依照民航局建議方式之事實。"某種程度上"不夠精確，建議刪除。修飾內文使語氣通順
TO	第 113 頁 P112 無動力水漂之可能性/第 2 段	有改 (已刪除)  未改 (未新增)	依本報告第 1.10.6 節介紹，動力水漂發生於積水氾濫之鋪面，對舊胎而言積水深度需高於 2.5 公厘，對新胎而言積水深度需高於 7.6 公厘。依據表 1.7-2 之累積雨量資料，事故前 8 分鐘至事故後 2 分鐘期間(2129 時至 2139 時)，累積雨量為 5.4 公厘，每分鐘累積雨量介於 0 至 1.2 公厘，平均值為每分	依本報告第 1.10.6 節介紹，動力水漂發生於積水氾濫之鋪面，對舊胎而言積水深度需高於 2.5 公厘，對新胎而言積水深度需高於 7.6 公厘。依據表 1.7.2 之累積雨量資料，事故前 8 分鐘至事故後 2 分鐘期間(2129 時至 2139 時)，累積雨量為 5.4 公厘，每分鐘累積雨量介於 0 至 1.2 公厘，平均值為每分	積水深度為產生動力水漂之條件，而非累積降雨量，故建議移除關於累積降雨資料之敘述；建議增加討論降雨量造成積水深度改變之趨勢，故引用前文事證針對道面積水部分說明。

			鐘 0.54 公厘。	<del>鐘 0.54 公厘。</del> 依據表 1.7-2 及第 34 頁(內文建議 C 項),民國 100 年 5 月 23 日本會測量 24 跑道上午 0810 時前 6 分鐘累計 2.4 公釐之降雨量,能造成 24 跑道面積約 95%有約 1 公釐水深,少部分不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深,根據報告第 20 頁,表 1.7-2 內容所述,民國 99 年 9 月 2 日事發當日 AWOS 06/24 之 1 小時累積雨量資料分析,2125 時至 2131 時累計雨量為 7.0 公釐,超過民國 100 年 5 月 23 日之紀錄 2.4 公釐達 5.6 公釐,將產生超過 1 公釐之道面積水;2131 時至 2137 時累計雨量為 2.8 公釐,在道面已有超過 1 公釐之積水情況,該段時間 2.8 公釐降雨亦超過民國 100 年 5 月 23 日 2.4 公釐之紀錄,亦會額外增加道面積水量,累計道面積水量至少高過產生動力水漂之臨界標準	
TP	第 113-114	未改	依本報告第	依本報告第	根據第 34 頁建議

	<p>頁 P112-113 無動力水漂之可能性/第3段</p>	<p>(未刪除、未新增)</p>	<p>2.5.1 節分析,06/24 跑道橫坡度降坡符合相關規範要求; 又依本報告第 2.5.2 節分析,本會估算該機落地時 06/24 跑道鋪面之積水深度應低於 1 公厘,且該機機輪所接觸之跑道磨擦係數值應近似檢測時之平均值 0.77。另依長榮 FOM 定義,鋪面積水深度小於或等於 3 公厘,跑道情況為“濕(Wet)”,無發生動力水漂之風險。</p>	<p>2.5.1 節分析,06/24 跑道橫坡度降坡符合相關規範要求; <del>又依本報告第 2.5.2 節分析,本會估算該機落地時 06/24 跑道鋪面之積水深度應低於 1 公厘,根據估算該機落地時 06/24 跑道鋪面之積水深度應至少高過產生動力水漂之臨界標準,且該機機輪所接觸之跑道磨擦係數值應近似檢測時之平均值 0.77。另依長榮 FOM 定義,鋪面積水深度小於或等於 3 公厘,跑道情況為“濕(Wet)”,無發生動力水漂之風險。</del></p>	<p>修正 I 項,及第 113 頁建議修正 TO 項,說明當時積水情況應超過動力水漂之臨界標準。為求一致性,報告中第 37-38 頁表 1.10-3 水漂種類及特性表中關於動力水漂之發生條件已清楚定義,故建議移除關於長榮 FOM 之相關引用。 修改文字敘述以符合積水深度超過產生動力水漂之臨界標準,動力水漂之發生不可排除之事實。 並移除第 114 頁註 32 (詳本報告 1.18.4.7 應為 1.18.4.8)</p>
<p>TQ</p>	<p>第 114 頁 P113 小結</p>	<p>未改</p>	<p>綜合本節分析,該機主輪著陸後自動煞車作動時間較正常情況延遲約 2 秒至 3 秒,可能原因為鼻輪尚未著陸及跑道潮溼,使主輪輪胎因雨濕滑鋪面間之磨擦力不足,而未立即轉動或平均轉速低於 60 哩/時所致。 另依本節分析,動力水漂及膠融水漂發生之可能性應可排除。</p>	<p>綜合本節分析,該機主輪著陸後自動煞車作動時間較正常情況延遲約 2 秒至 3 秒,可能原因為鼻輪尚未著陸及跑道潮溼且積水造成水飄現象,使主輪輪胎因雨濕滑鋪面間之磨擦力不足,而未立即轉動或平均轉速低於 60 哩/時所致。 另依本節分析,動力水漂及膠融水漂發生之可能性應可排除。極有</p>	<p>根據修正 TL、TM、TO、TP 項提出小結。</p>

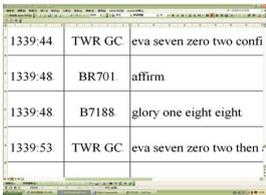
				可能產生動力水漂，同時亦不能排除黏滯水漂。	
TR	第 115 頁 P113 2.2.4 章  P114	有改 (未依 建議 修改)  未改	<p>綜上所述，該機於右側風情況下於桃園機場 24 跑道落地，降雨情況未使明顯影響駕駛員之失去目視判斷參考，為惟跑道鋪面因陣雨而有濕滑現象。著陸前，軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並向左偏之趨勢。主輪著陸時係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之姿態著陸。</p> <p>著陸後，右側風有增強情形，該機受側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上，及跑道濕滑之緣故，至輪胎與濕滑鋪面間之摩擦力不足，降低輪胎轉速 (coner) 與循跡 (traction) 能力。駕駛員持續以右方向舵進行修正，機頭雖受方向舵及風標效應影響朝右側，為左偏之情況仍為及時獲得改正，並出現側滑情形。在方向舵及方</p>	<p>綜上所述，該機於右側風情況下於桃園機場 24 跑道落地，降雨情況未明顯影響駕駛員之目視判斷，需藉由高速雨刷輔助方能獲得目視參考，落地前受尾風影響著陸於距 24 跑道頭約 3500 呎處；跑道道面因陣雨而有積水及濕滑現象。著陸前，軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並有略左偏之趨勢。主輪著陸時駕駛員雖向上風邊持續修正坡度，但仍不足以克服增強的右側風，於是飛機係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之姿態著陸。</p> <p>著陸後，因右側風之增強，導致該機受側風及著陸前左偏之慣性影響而繼續左偏。另主輪著陸至鼻輪著陸期間，可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上，及跑道積水且濕滑之緣故，致輪胎與濕滑道面間之摩擦力不足，產生水漂現</p>	<p>根據修正 I、TD、TE、TF、TJ、TL、TM、TO、TP 項作出偏出道面之可能原因，並引用本報告第 91 頁關於長榮 FCOM 內關於 Crosswind Limitation 中有關 high risk of hydroplaning 之內容。</p>

			向舵鼻輪轉向器 (rudder pedal steering) 產生足夠效用前，該機即因失去方向控制而偏出道面。	象，根據本報告第 91 頁長榮 FCOM Crosswind limitations 表，於 high risk of hydroplaning 的情況下，推測飛機著陸時之側風應超出落地的限制條件。水漂現象降低輪胎轉速 (corner) 與循跡 (traction) 能力。駕駛員持續以右方向舵進行修正，機頭雖受方向舵及風標效應影響朝向右側，為左偏之情況仍未及時獲得改正，並出現側滑情形。在方向舵及 <del>方</del> 向舵鼻輪轉向器 (rudder pedal steering) 產生足夠效用前，該機 <del>即</del> 因改正不及失去 <del>方</del> 向控制而偏出道面。	
TS	第 116 頁 P115 2.2.5 章/第 4 段	未改	進場落地為連續性之操作過程，該機著陸前於跑道上漂浮，主輪著陸點位於著陸區後方，除可用跑道長度縮短之風險外，該機著陸操作是否因盡速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除。故本會認為，機長於	<del>進場落地為連續性之操作過程，該機著陸前於跑道上漂浮，主輪著陸點位於著陸區後方，除可用跑道長度縮短之風險外，該機著陸操作是否因盡速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除。故本會認為，機長於</del>	前段已提及若無法使航機降落於跑道著陸區內，應執行重飛之相關討論。其餘論點皆為落地前低空操作之普遍性原則，與本案無直接相關，故建議整段刪除。

			上述不穩定情況發生時，應考量重飛之必要性。	<del>上述不穩定情況發生時，應考量重飛之必要性。</del>	
TS0	第 122 頁 P121 2.2.5 章/第 4 段	未改	依據表 1.7-1，事故當日 06/24 跑道 AWOS 之即時風速紀錄，因無法確認該資料與 FDR 資料之秒差，假設無秒差，則可以將 FDR 資料計算之風場資料與 AWOS 之即時風速資料進行比對，詳表 2.3-1。	請貴會對表 1.7-106/24 跑道 AWOS 之即時風速紀錄進行風場分析加入此段落，而非僅做 FDR 資料計算之風場資料與 AWOS 之即時風速資料進行比對。	無法確認該資料與 FDR 資料之秒差就假設沒秒差，做資料比對。為何不就表 1.7-1 AWOS 06/24 跑道同時間 06,06/24,24 之風速風向差異如此不同進行風場分析
TS2	第 131 頁 P130 2.4.2.3 /第 2 段	未改	以上兩訊號之位置存在差異之原因為該波音 747-400 型機之次級搜索雷達迴波器有兩具天線，	以上兩訊號之位置存在差異之原因為該波音 747-400 型機提供之次級搜索雷達迴波器訊號有兩具天線，	修改內文為合理敘述 波音 747-400 型機並未裝置”貴會所謂次級搜索雷達迴波器”
TS3	第 137/138 頁 P136/137 2.5.2 /第 6 段	未改(改了日期)	民國 100 年 5 月 23 日本會量測 24 跑道上午 0810 時前 6 分鐘累計 2.4 公釐之降雨量，能造成 24 跑道面積約 95% 有約 1 公釐水深，少部分不平坦區有約 2.5 至 3.0 公釐水深，所量測的水深均為排水狀態。依該機落地前 6 分鐘累計 2.1 公釐之降雨量，因此本會認為該機落地時 06/24 跑道應有低於 1 公釐之平均水深，該機機輪所接觸之跑道摩擦係數	刪除本段及本報告所有引用此段之分析。	為何選擇 6 分鐘累計的依據何來

			值應近似檢測時平均值 0.77。		
TU	第 144 頁 P143 3.1 章/第 1 項	未改	該機於右側風，跑道鋪面濕滑情況下於桃園機場 24 跑道落地，著陸前軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢，主輪著陸實係以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之態著陸。	該機於右側風，跑道鋪面濕滑且積水情況下於桃園機場 24 跑道落地，著陸前軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢，主輪著陸時係因側風增加修正不及而以下風邊坡度、下風邊主輪先觸地之態著陸。	與第 110 頁 2.2.2.3 章第 2 段修正文字吻合。
TV	第 144 頁 P143 3.1 章/第 2 項	未改	該機著陸後，受增強之右側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，輪胎與鋪面間之摩擦力可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上級跑到潮濕之緣故而不足，致輪胎轉向與循跡能力降低。駕駛員雖持續以右方向舵進行修正，惟該機左偏之情況未及時獲得改正，在方向舵及方向舵鼻輪轉向器產生足夠效用前，及因失去方向控制而偏出道面。	該機著陸後，受增強之右側風及著陸前左偏之慣性影響繼續左偏。主輪著陸至鼻輪著陸期間，輪胎與鋪面間之摩擦力可能因機身重量尚未完全落於輪胎之上及跑到潮濕且積水產生動力水飄之緣故而不足，致輪胎轉向與循跡能力降低。駕駛員雖持續以右方向舵進行修正，惟該機左偏之情況未及時獲得改正，在方向舵及方向舵鼻輪轉向器產生足夠效用前，及因失去方向控制而偏出道面。	與第 113-114 頁關於產生動力水飄之結論吻合。
TW	第 145 頁 P144 3.2 章/第 3 項第 4 項	未改	該機落地前，發生航機於跑道上飄浮之情形，主輪著陸點超出桃園機場 24 跑到正常著陸	該機落地前，發生航機於跑道上飄浮之情形，主輪著陸點超出桃園機場 24 跑到正常著陸	與第 110 頁 2.2.2.2 章第 4 段修正吻合。

			區範圍。風向/風速轉變為可能影響因素之一，惟副駕駛之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。	區範圍。 <del>風向/風速轉變為可能影響因素之一，惟副駕駛之修正操作、進場速度掌控、俯仰控制及收油門之時機等複合因素，亦為導致該機未能於正常著陸區著陸之因素。</del> 分析結果顯示，尾風效應使航機於慢車推力情況下致該機通過 24 跑道頭至主輪著地期間於空中行進 3585 呎。	
TX	第 145 頁 P144 3.2 章/第 6 項 第 7 項	未改	進場落地為連續性之操作，該機著陸前於跑道上飄浮，主輪著陸點位於著陸點後方，不符合長榮航務手冊之穩定進場標準，〈無可用跑道長度縮短之風險外，著陸操作是否因盡速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除，故機長應考慮重飛之必要性。	進場落地為連續性之操作，該機著陸前於跑道上飄浮，主輪著陸點位於著陸點後方，不符合長榮航務手冊之穩定進場標準， <del>除無可用跑道長度縮短之風險外，著陸操作是否因盡速落地之時間壓力及低高度操縱量受限於翼尖、襟翼或發動機可能觸地之考量而受到影響，亦無法完全排除，故機長應考慮重飛之必要性。</del>	與第 116 頁 2.2.5 章第 4 段修正吻合。
TX 1	第 145/146 頁 P144 3.2 章/第 7 項 第 8 項	未改	7. 緊隨該機落地之另一航機落地時，該機因機械問題仍停在 S2 滑行道，其尾段約 24 公尺未脫離跑道。當時管制員無法由	7. 緊隨該機落地之另一航機落地時，該機因機械問題仍停在 S2 滑行道，其尾段約 23.54 公尺未脫離跑道。當時管制員無法由	依 1.12.2.2 圖 1.12-23 依 2.4.2.1 完整說明

			目視或 ASDE 確認跑道是否淨空，依程序詢問該機是否脫離跑道，駕駛員回報管制員之訊息有誤，造成跑道入侵事件，依國際民航組織「跑道入侵嚴重等級計算程式」驗證，其嚴重等級為 C 之跑道入侵意外事件。 ( 1.12.2.2 、 2.4.2.1 、 2.4.2.2 )	目視或 ASDE 確認跑道是否淨空，依程序詢問該機是否脫離跑道，駕駛員回報管制員之訊息有誤，造成跑道入侵意外事件，依國際民航組織「跑道入侵嚴重等級計算程式」驗證，其嚴重等級為 C，具充足的時間和/或距離，以避免發生碰撞，無立即之危險。 ( 1.12.2.2 、 2.4.2.1 、 2.4.2.2 )	
TY	第 147 頁 P146 3.3 章/第 3 點	未改	該機落地滾行時，應未遭遇動力水飄及膠融水飄。	該機落地滾行時，應未遭遇動力水飄及膠融水飄。	與第 113-114 頁修正內容吻合
TZ1	第 154 頁 P153 附錄 1	未改	無線電通訊錄音抄件 	1339:44 及 1339:53 TWR GC eva seven zero two 應該為 eva seven zero one	請貴會再次確認 CVR 原始錄音是否為 TWR GC 口誤
TZ2				全文未討論 Speed brake 對落地後之航機影響，應增加有關 Speed brake 之內容	Speed brake 為航機落地後破壞主翼升力，使主輪下壓與道面接觸，增加磨擦力以降低航機速度減速之重要裝置

## 附件清單

1.	B-16410 國籍登記證書掃描檔
2.	B-16410 適航證書掃描檔
3.	CM1 個人基本資料
4.	CM2 個人基本資料
5.	CM1 最近三年飛航相關訓練及考驗紀錄
6.	CM2 最近三年飛航相關訓練及考驗紀錄
7.	CM1 飛航有效證照影本
8.	CM2 飛航有效證照影本
9.	最近 3 個月事故駕駛員飛航任務派遣情況表
10.	事故航班之飛航簽派文件影本
11.	CM1 訪談紀錄
12.	CM2 訪談紀錄
13.	長榮航空公司 Normal Checklists
14.	長榮航空公司 Training Procedures Manual
15.	長榮航空公司 B747-400 最低裝備需求暨外型差異手冊 (MEL/CDL)
16.	B747 Flight Crew Training Manual
17.	BOEING 747-45E Flight Crew Operations Manual V1, EVA Airways
18.	BOEING 747-45E Flight Crew Operations Manual V2, EVA Airways
19.	BOEING 747 Quick Reference Handbook (QRH)
20.	跑道縱橫坡度平坦度資料
21.	國際航空運輸協會針對桃園、高雄及台北航空站提出之稽核報告
22.	民航局對桃園、高雄及台北航空站發出之改善辦理事項
23.	交通部民用航空局航空站空側設施及作業定期查核計畫
24.	航空站空側查核手冊
25.	BR701 飛航計畫書。

26.	臺北近場管制塔臺及臺北機場管制臺 BR701 之管制條。
27.	臺北近場管制塔臺及臺北機場管制臺管制 BR701 之抄件。
28.	臺北機場管制臺機場地面偵測裝備 (ASDE) 顯示器錄像。
29.	航管業務通用手冊第 18 版。
30.	臺北近場管制塔臺業務手冊第 17 版。
31.	臺北機場管制臺業務手冊第 4 版。
32.	臺北航空氣象中心業務手冊第 4 版
33.	桃園航空氣象臺業務手冊第 5 版
34.	飛航管理程序 CHG-4。
35.	桃園國際機場低空風切警告系統操作手冊。
36.	臺北機場管制臺機場地面偵測裝備操作手冊。
37.	臺北機場管制臺、桃園航空氣象臺及桃園裝修區臺通信象氣設備臺相關工作日誌。
38.	臺北機場管制臺航空器異常狀況通報單、管制經過報告表。
39.	事故前後之相關天氣資料。
40.	桃園國際機場之 D-ATIS 錄音及報文。
41.	97-99 年飛航服務總臺航管年度複訓課程表及臺北機場管制臺地區性複訓課程表。
42.	桃園國際機場助航電力管道及人孔佈置圖
43.	桃園國際機場跑道/滑行道手孔位置圖

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

飛航事故調查報告：中華民國 99 年 9 月 2 日，長榮航空公司 BR701 班機，B747-400 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16410 桃園機場落地時短暫偏出跑道事故 / 行政院飛航安全委員會編著。-- 初版。-- 新北市：飛安委員會，民 101.01

面；公分

ISBN 978-986-03-1644-5 (平裝)

1. 航空事故 2. 飛行安全

557.909

101001296

飛航事故調查報告

飛航事故調查報告：中華民國 99 年 9 月 2 日，長榮航空公司 BR701 班機，B747-400 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16410 桃園機場落地時短暫偏出跑道事故

編著者：行政院飛航安全委員會

出版機關：行政院飛航安全委員會

電話：(02) 8912-7388

地址：231 新北市新店區北新路 3 段 200 號 11 樓

網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 101 年 1 月 (初版)

經銷處：國家書店：台北市松江路 209 號 1 樓

五南文化廣場：台中市中山路 6 號

GPN：1010100203

ISBN：978-986-03-1644-5

定價：新台幣 900 元

\*本會保留所有權利。未經本會同意或授權不得翻印。