



# 國家運輸安全調查委員會

## 重大運輸事故

### 調查報告

中華民國 110 年 5 月 10 日

立榮航空公司 B7-9091 班機

ATR72-212A 型機

國籍標誌及登記號碼 B-17010

於馬祖南竿機場落地重飛時主輪及尾橈撞擊 21

跑道頭外緣端牆頂部後返回松山機場

報告編號：TTSB-AOR-22-08-001

報告日期：民國 111 年 8 月

依據中華民國運輸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。

中華民國運輸事故調查法第 5 條：

運安會對於重大運輸事故之調查，旨在避免運輸事故之再發生，不以處分或追究責任為目的。

國際民航公約第 13 號附約第 3 章第 3.1 節規定：

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

## 摘要報告

民國 110 年 5 月 10 日，立榮航空股份有限公司（以下簡稱立榮）定期載客航班 B7-9091，機型 ATR72-212A，國籍標誌及登記號碼 B-17010，於 0926 時自臺北松山機場起飛，執行飛往馬祖南竿機場之飛航任務。機上載有正、副駕駛員各 1 人、客艙組員 2 人、乘客 70 人，共計 74 人。1006 時，該機於南竿機場 21 跑道進場時重飛，過程中左、右主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭前區域（pre-threshold area）最外緣端牆頂部。飛航組員決定返航松山機場，並於 1107 時安降於 10 跑道，航空器及松山機場跑道道面受損，無人員傷亡。

依據中華民國運輸事故調查法並參考國際民航公約第 13 號附約（Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation）相關內容，國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）為負責本次重大運輸事故調查之獨立機關。受邀參與本次調查之機關（構）包括：交通部民用航空局、法國航空器失事調查局（Bureau d'Enquêtes et d'Analyses, BEA）、及立榮航空。本事故「調查報告草案」於民國 111 年 2 月完成，依程序於民國 111 年 3 月 4 日經運安會第 36 次委員會議初審修正後函送相關機關（構）提供意見。最終調查報告於民國 111 年 7 月 1 日經運安會議審議通過後，於 111 年 8 月 30 日發布調查報告。本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得之調查發現共計 9 項，改善建議計 5 項，分述如後：

### 壹、調查發現

#### 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故航機執行南竿機場 21 跑道非精確進場時，跑道頭前方有低雲或海霧覆蓋。於最後進場階段，操控駕駛員使用自動駕駛左右導航及垂直速率模式進場，因注意力集中在駕駛艙內相關操作，對航機位置失去狀況警覺，未意識到航機高度已非常接近跑道頭標高。當航機進入低

雲，操控駕駛員無法保持目視跑道的情况下，未依規定立即執行重飛，繼續使用自動駕駛持續進場，監控駕駛員亦未提醒或呼叫重飛。該機於高度 229 呎，高於跑道頭約 11 呎，操控駕駛員決定重飛時，因高度過低，在航機建立有效爬升率前，主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部，造成航機實質損壞。

### **與風險有關之調查發現**

1. 操控駕駛員未依操作限制於跑道頭標高 160 呎以上解除自動駕駛改以手動操控，繼續使用自動駕駛垂直速率模式控制航機下降率並持續進場，增加飛航作業之風險。
2. 監控駕駛員於事故航機高度顯著低於正確下滑道，及操控駕駛員之操作偏離標準作業程序（SOPs）時，未提出任何意見或呼叫，未發揮組員合作、提醒之功能。
3. 立榮於事故前之安全監控機制，雖符合民航主管機關之要求，但無法較具有針對性的偵測與識別如本次事故中，飛航組員於最後進場階段部分操作偏離標準作業程序（SOPs）之行為及其原因。
4. 立榮事故前針對可控飛行撞地（CFIT）事故風險管控所訂定之安全績效指標與目標，及飛航組員增加 CFIT 事故風險飛航操作方式之偵測機制與管控作為，尚有可調整、強化之處。

### **其他調查發現**

1. 事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與公司要求，訓練與考驗紀錄中查無與本案有關之異常發現。事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示有足以影響飛航組員操作表現之醫療、藥物與酒精因素。
2. 事故航機之載重與平衡均位於限制範圍內，飛行前之適航資訊皆無異常。
3. 事故前後南竿機場例行及特別天氣報告中測報疏雲 300 呎及靄，未包

含受地形抬升至 21 跑道頭外側的海霧或低雲。

4. 南竿機場跑道頭標線之繪設位置、以及各項公布距離與民用機場設計暨運作規範要求不一致。

## 貳、改善建議與執行中或以執行改善措施

### 改善建議

#### 致 立榮航空公司

1. 強化安全監控機制，識別並防範飛航組員偏離標準作業程序之行為，並要求監控駕駛員確實達成組員合作、提醒及糾正之功能，以降低飛航作業風險。
2. 依組織特性、營運型態及安全資料分析結果，檢視並強化可控飛行撞地（CFIT）事故風險管控及預防措施，包括：相關危害識別與監控、安全績效指標與目標訂定、飛航組員風險意識提升等，以避免此類型事故再次發生。

#### 致 交通部民用航空局

1. 督導立榮航空公司強化下列安全監控機制及效能：
  - 識別並防範飛航組員偏離標準作業程序之行為，要求監控駕駛員確實達成組員合作、提醒及糾正之功能。
  - 檢視並強化可控飛行撞地（CFIT）事故風險管控及預防措施，包括危害識別與風險評估、安全績效指標與目標訂定、飛航組員風險意識提升等，以降低飛航作業風險。
2. 評估於南竿機場設置相關輔助設備，或提供觀測指引，以協助氣象員觀測及編報跑道頭外側之海霧或低雲。
3. 依據民用機場設計暨運作規範，檢討南竿機場之跑道端安全區及跑道公布距離，併檢視所屬各機場之相關配置是否有類似之情況。

# 目錄

摘要報告.....	i
目錄.....	iv
表目錄.....	viii
圖目錄.....	x
英文縮寫對照簡表.....	xiii
第 1 章事實資料.....	1
1.1 飛航經過.....	1
1.2 人員傷害.....	4
1.3 航空器損害情況.....	4
1.4 其他損害情況.....	5
1.5 人員資料.....	6
1.5.1 正駕駛員.....	8
1.5.2 副駕駛員.....	9
1.5.3 駕駛員事故前 72 小時活動.....	10
1.6 航空器資料.....	12
1.6.1 航空器與發動機基本資料.....	12
1.6.2 航空器維修資訊.....	13
1.6.3 載重與平衡.....	13
1.6.4 ATR72-600 起落架與尾橈.....	14
1.6.5 性能導航相關介紹.....	16
1.6.5.1 垂直導航.....	17
1.6.5.2 垂直導航指引.....	18
1.6.5.3 垂直偏差指示.....	18
1.6.5.4 垂直偏差.....	20
1.7 天氣資料.....	21
1.7.1 天氣概述.....	21
1.7.2 地面天氣觀測.....	21

1.8	助、導航設施 .....	25
1.9	通信 .....	25
1.10	場站資料.....	25
1.10.1	空側基本資料.....	25
1.10.1.1	南竿機場 .....	25
1.10.1.2	松山機場 .....	29
1.10.2	機場設計相關規範.....	30
1.11	飛航紀錄器.....	33
1.11.1	座艙語音紀錄器 .....	33
1.11.2	飛航資料紀錄器 .....	33
1.11.3	跑道監控錄影資料.....	41
1.12	現場量測與航空器撞擊資料 .....	45
1.12.1	現場量測.....	45
1.12.2	航空器受損資料.....	49
1.13	醫療與病理.....	70
1.14	火災.....	70
1.15	生還因素.....	70
1.16	測試與研究.....	70
1.17	組織與管理.....	70
1.17.1	特殊機場訓練.....	70
1.17.2	駕駛艙權力梯度.....	71
1.17.3	最後進場階段通過最低下降高度後失去目視參考 .....	72
1.17.4	非精確進場通過最低下降高度後過度低於正確下滑道 .....	73
1.18	其他資料.....	74
1.18.1	訪談資料.....	74
1.18.1.1	正駕駛員 .....	74
1.18.1.2	副駕駛員 .....	82
1.18.1.3	於事故航班後嘗試南竿機場 21 跑道進場之飛航組員 .....	83

1.18.1.4	南竿機場塔臺管制員 .....	85
1.18.1.5	南竿機場氣象臺氣象員 .....	86
1.18.2	飛航操作相關手冊內容.....	87
1.18.2.1	南竿機場相關規定 .....	87
1.18.2.2	穩定進場條件 .....	91
1.18.2.3	非精確性進場 .....	93
1.18.2.4	重飛/誤失進場 .....	97
1.18.2.5	自動駕駛解除時機 .....	100
1.18.2.6	起落架異常之落地程序 .....	102
1.18.3	機場天氣觀測及報告規範 .....	105
1.18.4	事件序.....	108
第 2 章	分析.....	111
2.1	概述.....	111
2.2	飛航操作.....	111
2.2.1	最後進場操作 .....	111
2.2.2	自動駕駛的使用與狀況警覺 .....	113
2.2.3	飛航組員操作之監控 .....	117
2.2.4	可控飛行撞地飛航事故 .....	118
2.3	天氣觀測.....	120
2.4	南竿機場跑道現況 .....	122
第 3 章	結論.....	124
3.1	與可能肇因有關之調查發現 .....	124
3.2	與風險有關之調查發現 .....	125
3.3	其他調查發現 .....	125
第 4 章	運輸安全改善建議.....	127
4.1	改善建議.....	127



本頁空白

## 表目錄

表 1.5-1	飛航組員基本資料表 .....	7
表 1.6-1	航空器基本資料 .....	12
表 1.6-2	發動機基本資料 .....	13
表 1.6-3	載重及平衡相關資料表 .....	14
表 1.12-1	南竿機場道面測量項目 .....	47
表 1.12-2	松山場道面測量項目 .....	48
表 1.18-1	事件序 .....	108
表 2.2-1	航機進場最後階段相關數據 .....	115
表 2.4-1	南竿機場跑道公布距離比較表 .....	123

本頁空白

## 圖目錄

圖 1.1-1 事故航班飛航軌跡 .....	4
圖 1.4-1 跑道頭前區域外緣端牆 .....	5
圖 1.4-2 最終停機位置 .....	6
圖 1.6-1 重心限制範圍 .....	14
圖 1.6-2 主起落架與前起落架 .....	15
圖 1.6-3 尾橈 .....	16
圖 1.6-4 顯示於 PFD 上之垂直偏差指示 .....	19
圖 1.6-5 垂直偏差 (VDEV) 示意 .....	20
圖 1.7-1 南竿機場塔臺/氣象臺、AWOS 及牛角嶺風速風向計位置 .....	23
圖 1.7-2 21 跑道 AWOS 風向風速 .....	24
圖 1.7-3 AWOS 能見度 .....	24
圖 1.10-1 南竿機場圖 .....	27
圖 1.10-2 南竿機場 21 跑道 RNP 儀器進場圖 .....	28
圖 1.10-3 松山機場圖 .....	30
圖 1.10-4 附篇圖 A-1 公布距離圖示 .....	32
圖 1.11-1 起飛至落地主要飛航資料繪圖 .....	39
圖 1.11-2 南竿機場重飛階段飛航資料繪圖 .....	40
圖 1.11-3 解除自動駕駛重飛期間飛航資料繪圖 .....	40
圖 1.11-4 事故前 7 班相近條件航班進場剖面比較圖 .....	41
圖 1.11-5 事故期間攝影機所在位置與拍攝角度 .....	41
圖 1.11-6 21 跑道監視錄影畫面截圖 .....	43

圖 1.11-7 事故航機進場時影像 .....	44
圖 1.11-8 事故期間影像畫面（放大 21 跑道頭部分） .....	45
圖 1.12-1 南竿機場道面量測分布圖 .....	46
圖 1.12-2 南竿機場 21 跑道端牆刮痕 .....	46
圖 1.12-3 松山機場道面量測分布圖 .....	49
圖 1.12-4 右起落架受損照片 .....	51
圖 1.12-5 機身蒙皮變形（框架 25 至框架 28） .....	53
圖 1.12-6 內側襟翼及上翼後緣側面板破損 .....	54
圖 1.12-7 主起落架整流板區域 .....	56
圖 1.12-8 機腹中央及右主起落架外側整流面板破損 .....	58
圖 1.12-9 機腹右側整流面板結構破損（1） .....	60
圖 1.12-10 機腹右側整流面板結構破損（2） .....	61
圖 1.12-11 機腹右側整流面板結構破損（3） .....	62
圖 1.12-12 機腹右側整流面板結構破損（4） .....	63
圖 1.12-13 機腹右側整流面板結構破損（5） .....	64
圖 1.12-14 右側主起落架整流面板附屬結構破損（6） .....	65
圖 1.12-15 尾橈受損 .....	66
圖 1.12-16 第 5、6 號框架間蒙皮凹痕及第 28、29 號框架皺褶 .....	67
圖 1.12-17 第 27 號框架與第 11、12 號縱桁附近結構受損 .....	68
圖 1.12-18 右主減震支柱減力桁架受損 .....	68
圖 1.12-19 第 25 號框架位移測量 .....	69
圖 1.12-20 第 27 號框架位移測量 .....	69

圖 2.2-1 事故航班最後進場階段垂直路徑 .....	112
圖 2.4-1 南竿機場跑道端安全區配置示意圖 .....	123

## 英文縮寫對照簡表

ADC	air data computer	大氣資料電腦
AFCS	automatic flight control system	自動飛航控制系統
AFM	airplane flight manual	飛航手冊
ALAR	approach-and-landing accident reduction	降低進場與落地事故
APAPI	abbreviated precision approach path indicator	簡式精確進場滑降指示燈
ASDA	accelerate-stop distance available	可用之加速—停止距離
ATIS	automatic terminal information system	終端資料自動廣播服務
ATPL	airline transport pilot license	民航運輸駕駛員檢定證
AWOS	automated weather observation system	自動氣象觀測系統
CDFA	continuous descent final approach	持續性下降進場
CFIT	control flight into terrain	可控飛行撞地
CRM	crew resource management	組員資源管理
CVR	cockpit voice recorder	座艙語音紀錄器
DA/H	decision altitude/height	決定高度/實際高度
DF	direct to a fix	定向至航點
DME	distance measuring equipment	測距儀
EBT	evidence-based training	實證訓練
EWD	engine warning display	發動機警告顯示
FAF	final approach fix	最後進場定位點
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
FD	flight director	飛航導引
FDR	flight data recorder	飛航資料紀錄器
FGCP	flight guidance and control panel	飛航導引控制面板
FMA	flight mode annunciator	飛航模式顯示
FMC	flight management computer	飛航管理電腦
FMS	flight management system	飛航管理系統
FOM	flight operations manual	航務手冊
FOQA	flight operations quality assurance	飛航操作品質保證

FOSM	flight operations supplementary manual	飛航操作補充手冊
FPA	flight path angle	飛航軌跡角度
FSF	Flight Safety Foundation	世界飛安基金會
GNSS	global navigation satellite system	全球導航衛星系統
GPS	global positioning system	全球定位系統
IAF	initial approach fix	最初進場定位點
IATA	International Air Transportation Association	國際航空運輸協會
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
IF	intermediate approach fix	中間進場定位點
IMC	instrument meteorological conditions	儀器天氣情況
IOE	initial operating experience	初次航路操作經驗
LDA	localizer directional aid	左右定位輔助臺
LDA	landing distance available	可用之降落距離
LNAV	lateral navigation	左右導航
MAC	mean aerodynamic chord	平均空氣動力弦長
MAPt	missed approach point	誤失進場點
MCDU	multi-function control and display unit	多功能控制顯示單元
MDA	minimum descent altitude	最低下降高度
MDA/H	minimum descent altitude/height	最低下降高度/實際高度
METAR	aerodrome routine meteorological report	機場例行天氣報告
MPL	multi-crew pilot license	多組員飛機駕駛員檢定證
NOTAM	notice to airmen	飛航公告
NPA	non-precision approach	非精確進場
OCA	obstacle clearance altitude	障礙物間隔高度
OPMA	on-board performance monitoring and alerting	機載導航裝置性能監視與警示
PBN	performance-based navigation	性能導航
PF	pilot flying	操控駕駛員
PFD	primary flight display	主要飛航顯示器
PLA	power lever angle	油門連桿角度



PM	pilot monitoring	監控駕駛員
PRNAV	precision-area navigation	精確性區域航行
QAR	quick access recorder	快速擷取紀錄器
QRH	quick reference handbook	快速參考手冊
RA	radio altitude	無線電高度
RNAV	area navigation	區域航行
RNP	required navigation performance	導航性能需求
RTIL	runway threshold identification light	跑道頭識別燈
SAP	special airports training	特殊機場訓練
SID	standard instrument departure	標準儀器離場
SOPs	standard operating procedures	標準作業程序
SPECI	aerodrome special meteorological report	機場特別天氣報告
STAR	standard instrument arrival	標準儀器到場航線
TGT VS	target vertical speed	目標垂直速率
TMA	terminal control area	終端管制區域
TODA	take-off distance available	可用之起飛距離
TORA	take-off run available	可用之起飛滾行距離
TPM	training procedures manual	訓練程序手冊
UTC	coordinated universal time	世界標準時間
VDEV	vertical deviation	垂直偏差
VNAV	vertical navigation	垂直導航

本頁空白

# 第 1 章事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 110 年 5 月 10 日，立榮航空股份有限公司（以下簡稱立榮）定期載客航班 B7-9091，機型 ATR72-212A<sup>1</sup>，國籍標誌及登記號碼 B-17010，於 0926 時<sup>2</sup>自臺北松山機場（以下簡稱松山機場）起飛，執行飛往馬祖南竿機場（以下簡稱南竿機場）之飛航任務。機上載有正、副駕駛員各 1 人、客艙組員 2 人、乘客 70 人，共計 74 人。1006 時，該機於南竿機場 21 跑道進場時重飛，過程中左、右主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭前區域（pre-threshold area）最外緣端牆頂部。飛航組員決定返航松山機場，並於 1107 時安降於 10 跑道，航空器及松山機場跑道道面受損，無人員傷亡。

事故航班表定於 0830 時起飛，依飛航組員報到後所獲得之天氣資訊，南竿機場能見度低於落地標準<sup>3</sup>，故航班延誤。約 0830 時，飛航組員獲知南竿機場能見度已提升至高於落地標準<sup>4</sup>，隨即著手進行各項任務準備工作。該機於 0926 時自松山機場起飛，正駕駛員坐於駕駛艙左座擔任監控駕駛員（pilot monitoring, PM），副駕駛員坐於駕駛艙右座擔任操控駕駛員（pilot flying, PF）；該機於 1 萬呎<sup>5</sup>高度巡航通過鞍部（APU）定位點後，正駕駛員接手操控。

飛航紀錄器資料顯示，0937 時，飛航組員收聽南竿機場終端資料自動廣播服務（automatic terminal information system, ATIS）<sup>6</sup>，預期使

---

<sup>1</sup>ATR72-212A 為該型機設計型號，配備傳統儀表之銷售型號為 ATR72-500，配備新式儀表之銷售型號為 ATR72-600，本事故航空器為 ATR72-600 型。

<sup>2</sup>除非特別註記，本報告所列時間皆為臺北時間，即世界標準時間（coordinated universal time, UTC）+8 小時；不同時間系統之同步方式詳見本報告 1.11.2 節。

<sup>3</sup>依據事故當日 0700 時發布之機場例行天氣報告（aerodrome routine meteorological report, METAR），能見度為 300 公尺，有霧；依據南竿機場 RNP RWY21 進場程序，事故航機進場之最低能見度需求為 3,600 公尺。

<sup>4</sup>依據事故當日 0825 時發布之機場特別天氣報告（aerodrome special meteorological report, SPECI），能見度為 3,800 公尺，有霧。

<sup>5</sup>除非特別註記，本報告所列飛行高度皆為修正氣壓高度（baro-corrected pressure altitude）。

<sup>6</sup>ATIS H，詳細內容請參見本報告 1.7 節。

用 21 跑道導航性能需求(RNP<sup>7</sup>RWY21)進場方式，天氣資訊摘要為：風向 180 度、風速 4 浬/時，能見度 3,800 公尺、有靄 (mist)，疏雲 (scatter) 300 呎、裂雲 (broken) 2,500 呎。另依據臺北飛航情報區飛航指南，南竿機場之標高為 232 呎，21 跑道頭之標高為 218 呎。

0951 時，臺北近場管制塔臺管制員許可該機執行南竿機場 21 跑道 RNP 進場，飛航組員開始操作該機下降。0957 時，南竿機場塔臺管制員頒發落地許可；該機五邊進場於自動駕駛模式下，橫向導航設定為「LNAV<sup>8</sup>」模式，縱向導航設定為「VS<sup>9</sup>」模式。飛航組員依據地速、高度、距離等資訊，並參考位於主要飛航顯示器 (primary flight display, PFD) 上之垂直偏差指示 (vertical deviation indication)，持續計算並調整垂直速率，配合油門操控以確保垂直路徑保持於正確下滑道，並能符合通過各進場定位點之最低高度限制。

1005:09 時，該機高度 958 呎、五邊進場下降通過最低下降高度<sup>10</sup>前，正駕駛員表示「有跑道看見了」，該機繼續進場；持續下降通過約 750 呎至 700 呎期間，飛航組員提及「很討厭喔、對阿、迷迷糊糊的、一點點」；同一期間內，該機約於距離 21 跑道頭 1.5 浬<sup>11</sup>時，開始逐漸、持續低於下滑道。

1005:50 時，該機下降通過無線電高度 (radio altitude, RA) 500 呎，副駕駛員呼叫「five hundred stable」，飛航組員後續提及「那邊剛好有一坨、對啊」。1006:03 時，距離跑道頭約 0.5 浬、高度 317 呎時，該機低於下滑道 128 呎。1006:14 時，距離跑道頭約 0.15 浬、高度 229 呎，正駕駛員呼叫「來 go around」，2 秒後自動駕駛解除，1006:18 時，

---

<sup>7</sup>required navigation performance, RNP.

<sup>8</sup>lateral navigation, 左右導航。

<sup>9</sup>vertical speed, 垂直速率。

<sup>10</sup>依據立榮政策，執行環繞進場以外之非精確進場時，最低下降高度 (minimum descent altitude, MDA) 設定值，為 MDA 或障礙物間隔高度 (obstacle clearance altitude, OCA) 加上 50 呎緩衝裕度。事故當次進場之設定值為 OCA 820 呎加上 50 呎，故為 870 呎。

<sup>11</sup>本報告中與南竿機場 21 跑道相關距離為依據飛航資料紀錄器所記錄之經緯座標計算而得。

該機主輪及尾橈撞擊跑道頭外緣端牆頂部。

事故航機重飛後，飛航組員依公告之誤失進場程序飛行。1006:52 時，該機爬升通過 949 呎，南竿機場塔臺管制員告知飛航組員該機鼻輪可能受損之資訊。飛航組員考量後，於 1008 時向臺北近場管制塔臺申請返航松山機場，後續並於 1014 時告知近場管制塔臺該機鼻輪可能受損、落地後可能停止於跑道上、請松山機場塔臺預做準備等資訊。

返航途中，飛航組員討論快速參考手冊中之起落架異常落地程序<sup>12</sup>。飛航組員為瞭解事故航機實際受損情形，遂先於 1045 時低空通過 (low approach) 松山機場，由航務組人員協助確認起落架狀況後，由松山機場塔臺管制員轉達「右主輪爆胎」之資訊。該機低空通過重飛後，正駕駛員考量右主輪受損，決定不收起落架，請求航管引導加入航線，重新執行進場，於 1107 時安降松山機場 10 跑道，航空器及松山機場跑道道面受損，無人員傷亡。事故航班飛航軌跡如圖 1.1-1。

---

<sup>12</sup>LANDING WITH ABNORMAL LDG GEAR.

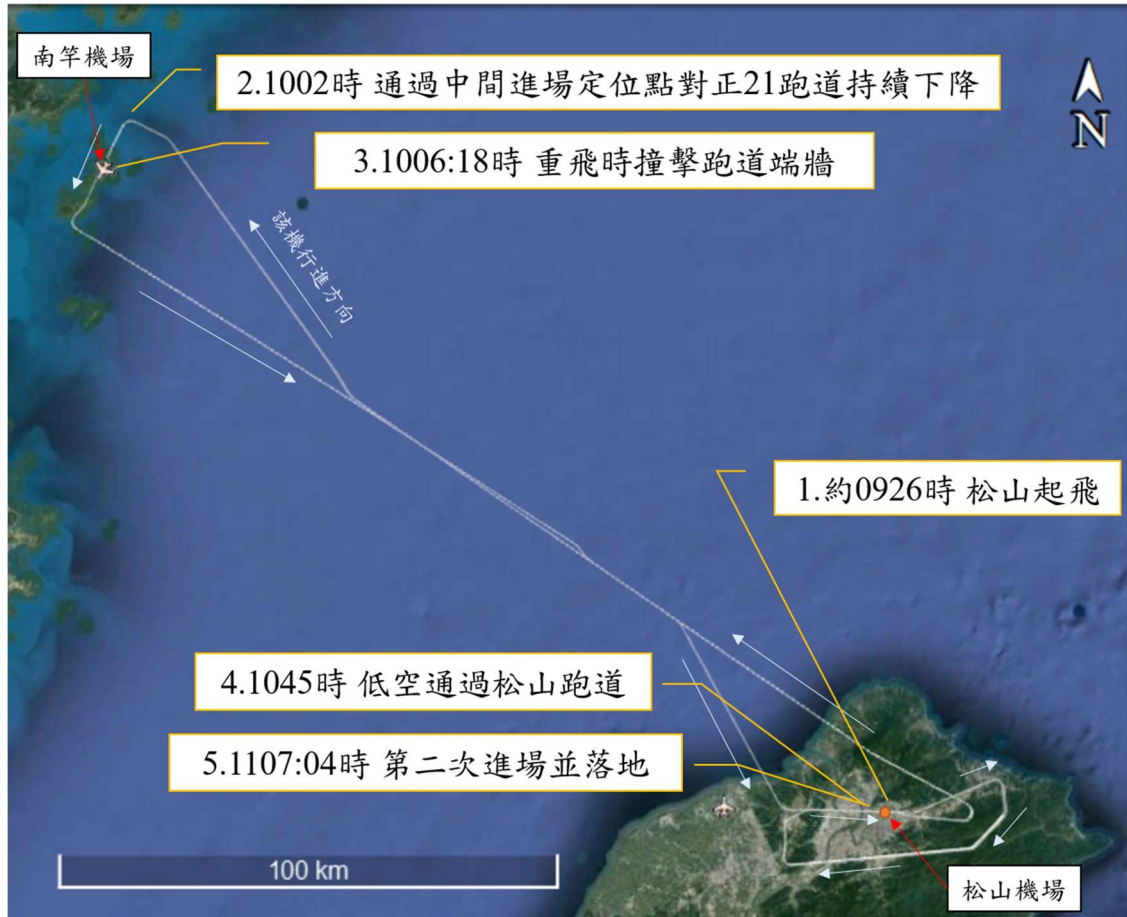


圖 1.1-1 事故航班飛航軌跡

## 1.2 人員傷害

本事故未造成人員傷亡。

## 1.3 航空器損害情況

事故航機於南竿機場降落時，左、右主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部，起落架及機身結構受損，航空器遭受實質損害，損害情形詳述於 1.12。

## 1.4 其他損害情況

### 南竿機場

事故航機於南竿機場執行 21 跑道 RNP 儀器進場程序期間，在最後進場階段距 21 跑道頭約 190 呎處，即 21 跑道頭前區域(pre-threshold area) 山形標線之最外側邊緣發生擦撞。該處為一垂直立面，係因應跑道範圍平整區所設置之擋土構造物外牆。依據南竿航空站提供之資料顯示，事故航機於上述構造物頂部之外側邊緣造成 5 處大小不等之邊角破壞，亦於山形標線區域造成 5 處長短不一之刮痕，如圖 1.4-1 所示。



圖 1.4-1 跑道頭前區域外緣端牆

## 松山機場

事故航機返回松山機場於 10 跑道落地停止過程中，航機右側主輪於距 10 跑道頭約 1,920 呎至 4,300 呎間，於跑道中心線左側造成一長度約 2,130 呎、寬度約 3 至 5 公分之刮痕，刮痕深度約在 1 至 5 公分間。於最終停機位置處造成一長度約 30 公分、寬度約 20 公分、深度約 13 公分之凹陷。最終停機位置如圖 1.4-2 所示。

上述各項損害之現場量測詳 1.12.1 節。



圖 1.4-2 最終停機位置

## 1.5 人員資料

飛航組員基本資料如表 1.5-1。



表 1.5-1 飛航組員基本資料表

項 目	正 駕 駛 員	副 駕 駛 員
性 別	男	男
事 故 時 年 齡	58	28
進 入 公 司 日 期	民國 96 年 7 月	民國 107 年 10 月
航 空 人 員 類 別	飛機民航運輸駕駛員	多組員飛機駕駛員
檢 定 項 目	MD-90 ATR72-600	ATR72-600
發 證 日 期	民國 106 年 10 月 23 日	民國 108 年 05 月 07 日
終 止 日 期	民國 111 年 10 月 22 日	民國 113 年 05 月 06 日
體 格 檢 查 種 類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
終 止 日 期	民國 110 年 10 月 31 日	民國 110 年 11 月 30 日
總 飛 航 時 間 <sup>13</sup>	17,473 小時 56 分	1,189 小時 20 分
事 故 型 機 飛 航 時 間	3,112 小時 15 分	1,100 小時 8 分
最 近 12 個 月 飛 航 時 間	431 小時 11 分	445 小時 14 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	93 小時 26 分	123 小時 40 分
最 近 30 日 內 飛 航 時 間	30 小時 52 分	42 小時 20 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	11 小時 44 分	9 小時 16 分
最 近 24 小 時 內 飛 航 時 間	5 小時 22 分	1 小時 57 分
派 飛 事 故 任 務 前 之 休 息 期 間 <sup>14</sup>	18 小時 35 分	33 小時 0 分

<sup>13</sup>本表所列飛航時間，均包含事故航班之飛航時間，並計算至事故任務結束（1110 時）為止。

<sup>14</sup>休息期間係指符合航空器飛航作業管理規則定義，「組員在地面毫無任何工作責任之時間」。

### 1.5.1 正駕駛員

中華民國籍，曾為軍事飛行員。於民國 84 年 12 月進入長榮航空股份有限公司（以下簡稱長榮），民國 85 年 6 月開始接受波音 747-400 型機訓練，完成並於同年 9 月通過航路考驗後，擔任該型機副駕駛員。民國 89 年 1 月開始接受同型機巡航駕駛員（cruise relief pilot）訓練，完成後於同月通過航路考驗，同年 6 月取得我國飛機民航運輸駕駛員檢定證（airline transport pilot license, ATPL）後，升任該型機巡航駕駛員。民國 92 年 3 月開始接受波音 MD-90 型機正駕駛員晉陞訓練，完成並於同年 8 月通過航路考驗後，升任該型機正駕駛員。正駕駛員於民國 96 年 7 月 1 日轉任立榮 MD-90 型機正駕駛員；民國 101 年 9 月開始接受 ATR72-600 型機轉換訓練，完成並於同年 10 月通過航路考驗後，擔任該型機正駕駛員。個人累計總飛時為 17,473 小時 56 分；其中 ATR72-600 型機之飛時為 3,112 小時 15 分，落地次數 1,030 次。事故前兩年內執行南竿機場落地次數為 97 次。

正駕駛員持有中華民國飛機民航運輸駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*，儀器飛航 *Instrument Rating MD-90 ATR-72-600*，具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，限制欄內之註記為：「空白 *NIL*」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力（*Y-M-D*）*English Proficient ; ICAO L5 Expiry Date 2025-05-01*」。

正駕駛員事故前最近一次年度適職性考驗於民國 110 年 4 月 15 日通過，考驗結果為「satisfactory（滿意）」；最近一次年度適職性訓練時間為民國 110 年 4 月 16 日，訓練結果為「satisfactory（滿意）」；最近一次年度實機考驗於民國 109 年 10 月 14 日通過，考驗結果為「satisfactory（滿意）」。正駕駛於民國 104 年 11 月 3 日接受南竿機場特殊機場訓練（special airports training, SAP），訓練結果為「satisfactory

(滿意)」。檢視正駕駛員個人訓練與考驗紀錄，無與本事故發生狀況有關之異常發現。

正駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 110 年 4 月 20 日，體檢及格證限制欄內之註記為：「視力需戴眼鏡矯正 (Holder shall wear corrective lenses.)」。事故任務後，正駕駛員於松山機場航務組執行之酒精測試結果：酒精值為零。

### 1.5.2 副駕駛員

中華民國籍，於民國 106 年 8 月進入長榮接受多組員飛機駕駛員培訓。於民國 107 年 10 月調派至立榮開始接受 ATR72-600 型機訓練，完成並於民國 108 年 6 月通過航路考驗後，擔任該型機副駕駛員。個人累計總飛時為 1,189 小時 20 分；其中 ATR72-600 型機之飛時為 1,100 小時 8 分，落地次數 555 次。副駕駛員執行飛航南竿機場任務共計 96 次，皆擔任監控駕駛員<sup>15</sup>。

副駕駛員持有中華民國多組員飛機駕駛員檢定證 (multi-crew pilot license, MPL)，檢定項目欄內之註記為：「飛機，陸上，多發動機，Aeroplane, Land, Multi-Engine，儀器飛航 Instrument Rating ATR-72-600，具有於航空器上無線電通信技能及權限 Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft」，限制欄內之註記為：「ATR-72-600 F/O」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力 (Y-M-D) English Proficient ; ICAO L4 Expiry Date 2022-04-02」。

副駕駛員事故前最近一次年度適職性考驗於民國 110 年 4 月 9 日通過，考驗結果為「satisfactory (滿意)」；最近一次年度適職性訓練時間為民國 110 年 4 月 10 日，訓練結果為「satisfactory (滿意)」；最近一次年度實機考驗於民國 109 年 7 月 2 日通過，考驗結果為

---

<sup>15</sup>依立榮規定，南竿機場僅能由正駕駛員操作落地。

「satisfactory (滿意)」。檢視副駕駛員個人訓練與考驗紀錄，無與本事故發生狀況有關之異常發現。

副駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 109 年 11 月 5 日，體檢及格證限制欄內之註記為：「視力需戴眼鏡矯正 (Holder shall wear corrective lenses.)」。事故任務後，副駕駛員於松山機場航務組執行之酒精測試結果：酒精值為零。

### 1.5.3 駕駛員事故前 72 小時活動

本節係摘錄自駕駛員於事故後填答之「疲勞調查問卷」，內容涵蓋事故前睡眠、飲食、用藥與身體狀況相關問題，所列時間皆為臺北時間。

其中「睡眠」包含所有睡眠型態，例如：長時間連續之睡眠、小睡 (nap)、勤務中輪休之睡眠等。另填答者須於「疲勞自我評估表」中圈選最能代表事故時精神狀態之敘述，其選項如下，另可自行描述事故時之疲勞程度。

1.	警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛。
2.	精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應。
3.	精神狀況不錯，還算正常，足以應付任務。
4.	精神狀況稍差，有點感到疲累。
5.	有相當程度的疲累感，警覺力有些鬆懈。
6.	非常疲累，注意力已不易集中。
7.	極度疲累，無法有效率地執行工作，快要睡著。

#### 正駕駛員：

5 月 8 日： 0500 時起床，睡眠品質可 (fair)；0610 時至公司報到，1110 時完成飛航任務；2040 時於家中就寢。

5 月 9 日： 0500 時起床，睡眠品質可 (fair)；0610 時至公司

報到，1217 時完成飛航任務；2040 時於家中就寢。

5 月 10 日： 0610 時起床，睡眠品質可 (fair)；0700 時至公司報到，準備執行 B7-9091 飛航任務。

事故後，正駕駛員圈選最能代表事故當時精神狀態之敘述為：「3. 精神狀況不錯，還算正常，足以應付任務」。正駕駛員自行描述事故當時之疲勞程度為：「精神狀況算是正常，沒有特別的不適感」。正駕駛員於問卷中表示，事故當日無身體不適，平日無睡眠障礙，無可能影響睡眠之疾病或病痛，亦未服用相關藥物。

正駕駛員認為，自己於事故任務期間之生理、心理及精神狀態皆正常；事故前一日約 2040 時於家中就寢，短時間內即入睡；事故當日約於 0610 時起床，睡眠狀況良好。事故前半個月內之飛行與休息時間皆正常，無疲勞狀況。

**副駕駛員：**

5 月 8 日： 本日待命，0930 時起床，睡眠品質優 (excellent)；白天從事家庭活動；2400 時於家中就寢。

5 月 9 日： 本日休假，0900 時起床，睡眠品質優 (excellent)；白天從事家庭活動；2400 時於家中就寢。

5 月 10 日： 0600 時起床，睡眠品質優 (excellent)；0725 時至公司報到，準備執行 B7-9091 飛航任務。

事故後，副駕駛員圈選最能代表事故當時精神狀態之敘述為：「1. 警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛」；副駕駛員自行描述事故當時之疲勞程度為：「精神狀態佳，有充分休息」。副駕駛員於問卷中表示，事故當日無身體不適，平日無睡眠障礙，無可能影響睡眠之疾病或病痛，亦未服用相關藥物。事故當日睡眠狀況正常。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器與發動機基本資料

事故航機基本資料如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表 (統計至民國110年5月10日)		
國籍登記	中華民國	
航空器登記號碼	B-17010	
機型	ATR72-212A	
製造廠商	ATR-GIE Avions de Transport Regional	
出廠序號	1150	
出廠日期	民國103年5月16日	
接收日期	民國103年5月16日	
所有人	立榮航空股份有限公司	
使用人	立榮航空股份有限公司	
國籍登記證書編號	103-1279	
適航證書編號	110-05-284	
適航證書生效	民國110年5月1日	
適航證書有效期	民國111年4月30日	
航空器總使用時數	13,173小時36分	
航空器總落地次數	20,087次	
上次定檢種類	A03檢查	C03檢查
上次定檢日期	民國110年4月16日	民國108年11月25日
上次定檢後使用時數	122小時55分	2,480小時43分
上次定檢後落地次數	198次	4,004次
最大起飛重量	23,000 公斤	
最大著陸重量	22,350 公斤	

事故航機裝有 2 具普惠加拿大 (Pratt & Whitney Canada, P&WC) 公司生產之 PW127M 型發動機，基本資料詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發動機基本資料表 (統計至民國 110 年 5 月 10 日)			No. 1/左	No. 2/右
編 號	/	位 置	No. 1/左	No. 2/右
製 造		商	PWC	PWC
型		號	PW127M	PW127M
序		號	PCE-ED0589	PCE- ED0644
製 造		日 期	民國101年10月16日	民國102年3月10日
上 次 維 修 廠 檢 修 後 使 用 時 數			4,618小時43分	4,379小時9分
上 次 維 修 廠 檢 修 後 使 用 週 期 數			7,268次	6,932次
總 使 用 時 數			14,173小時15分	14,009小時50分
總 使 用 週 期 數			20,662次	20,418次

### 1.6.2 航空器維修資訊

查閱該機事故前一次之飛行前檢查、過境檢查及每日檢查紀錄，均無異常登錄；依據該機航機適航指令列表及管制執行紀錄，無與本次事故相關或未執行之適航指令。事故前 6 個月技術缺失延遲改正缺點紀錄簿，無異常登錄。

### 1.6.3 載重與平衡

依據事故航班機載重平衡表及飛航計畫，其載重與平衡相關資料如表 1.6-3，重心限制範圍如圖 1.6-1。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

最大零油重量	21,000 公斤
實際零油重量	19,613 公斤
最大起飛總重	23,000 公斤
實際起飛總重	22,063 公斤
起飛油量	2,450 公斤
航行耗油量	560 公斤
最大落地總重	22,350 公斤
實際落地總重	21,503 公斤
起飛重心位置	27.5% MAC
零油重心位置	26.3% MAC

MAC : mean aerodynamic chord, 平均空氣動力弦長  
起飛及落地重心限制範圍依重量約為 14%至 37%

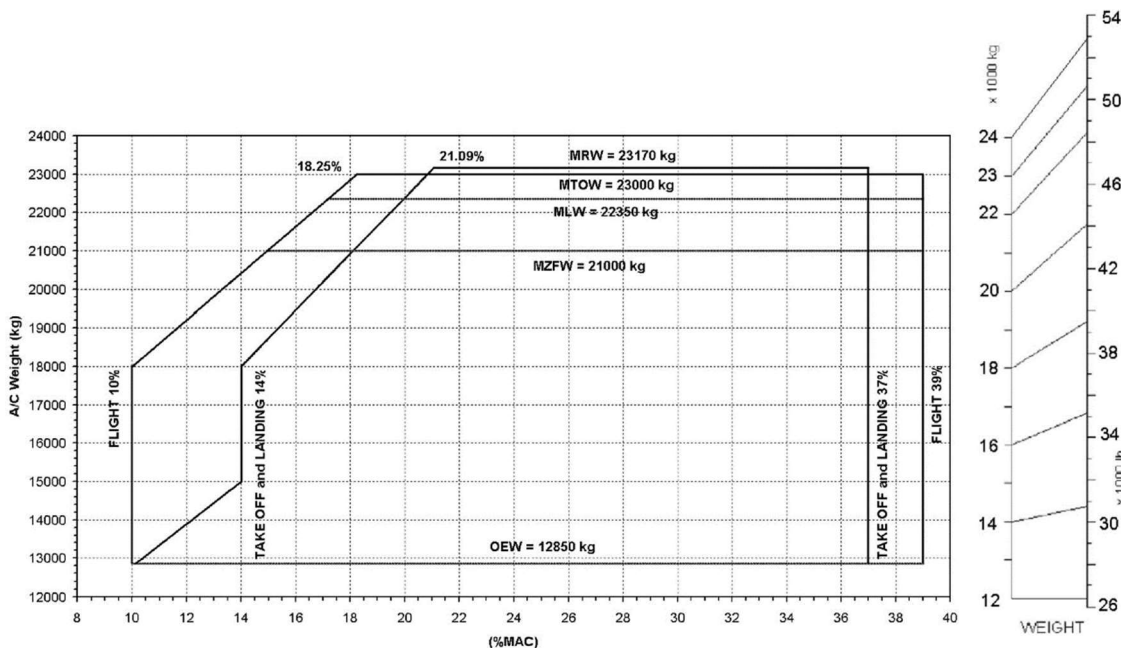


圖 1.6-1 重心限制範圍

#### 1.6.4 ATR72-600 起落架與尾橈

ATR72-600 是一款雙發動機、高翼、渦輪螺旋槳客機，事故航機配置有 70 個乘客座位。有關本事故航機落地過程，起落架及尾橈撞擊南竿機場 21 跑道端壁之說明如後。

ATR72-600 起落架和相關結構（圖 1.6-2）的設計目的是在著陸時吸收航機由空中落地時之能量，並提供落地之滾行、煞車及轉向功



能。每個主起落架總成都有兩個減震唧筒，並配有兩個主輪。每個主輪都裝有煞車和防滑裝置。前起落架總成包括一個減震唧筒和一個鼻輪轉向系統。當航機發生重落地並超過起落架減震唧筒設計負荷時，起落架總成結構與機身相關部件可能受損。

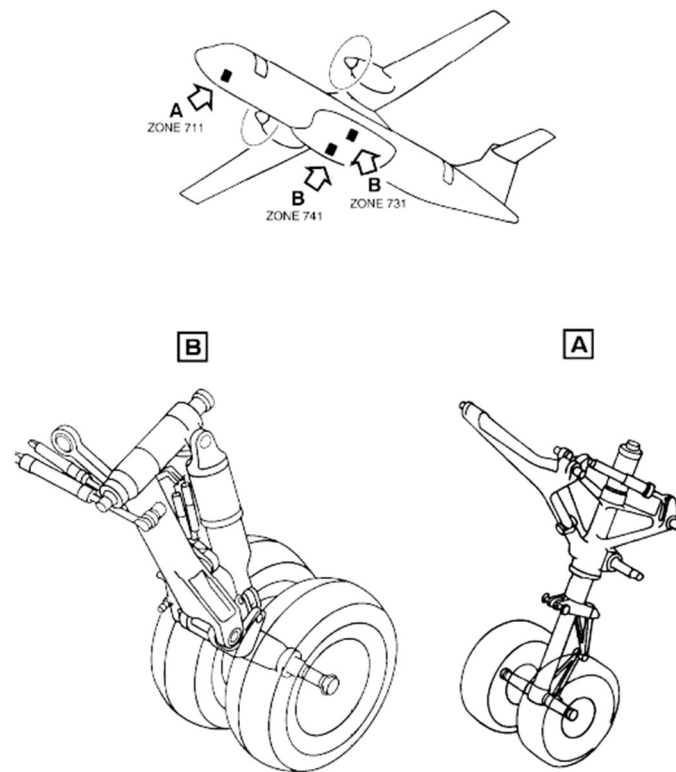


圖 1.6-2 主起落架與前起落架

ATR72-600 在後機身下方裝有可伸縮的尾橇(tail bumper)(圖 1.6-3)，係一航機於起飛 / 落地時，避免機身尾部觸及道面之防護裝備。尾橇裝有塗紅色漆的限位顯示器 (red indicator)。當尾橇壓縮超過限位時，限位顯示器會磨損，以提供尾橇壓縮的視覺指示。

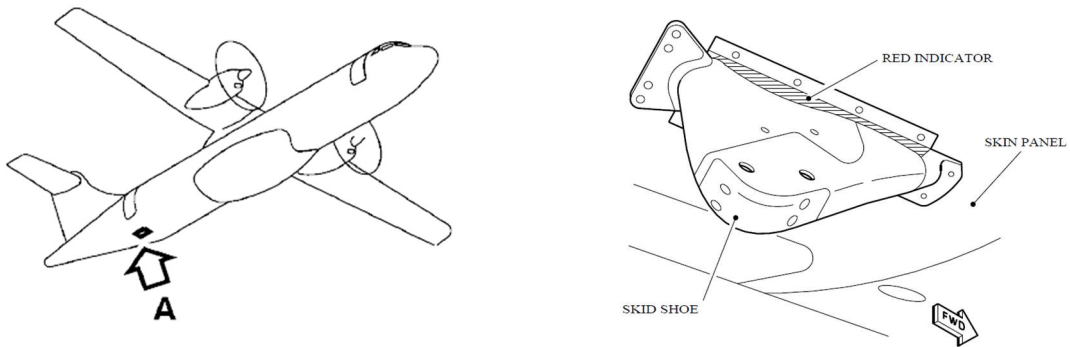


圖 1.6-3 尾橇

### 1.6.5 性能導航相關介紹

有別於傳統導航方式需依賴地面助導航設施，性能導航（performance-based navigation, PBN）結合機載裝置與全球導航衛星系統（global navigation satellite system, GNSS），在精確度得以滿足之情況下，航路可由一系列地理座標點組成，航機可沿期望路徑飛行，無須再沿著導航臺前進，空中交通管理模式因此變得更加靈活而有效率。

PBN 包含區域航行(area navigation, RNAV)及導航性能需求 RNP 兩類，依據國際民航組織 9613 號文件 (ICAO DOC 9613)，兩者差別在於 RNP 須具備機載導航裝置性能監視與警示(on-board performance monitoring and alerting, OPMA) 能力；此外，RNP 進場程序於最初進場及中間進場階段，精確性須在 $\pm 1$  哩內 (RNP1)；最後進場航段，精確性須在 $\pm 0.3$  哩內 (RNP0.3)。若精確性有超出範圍之情形，航機系統需對飛航組員發出警告。

在航機上，PBN 可分為左右導航 (lateral navigation, LNAV) 及垂直導航 (vertical navigation, VNAV)。LNAV 主要依循 GNSS 接收器所接收計算的航機位置而定；而 VNAV 則仰賴 LNAV 於水平面向之導航，搭配如大氣資料電腦 (air data computer, ADC) 等感測器，再依

所在位置至目標點之距離計算而得。

本次事故，南竿機場 21 跑道導航性能需求進場 (RNP APCH) 程序，係屬於 PBN 中之 RNP 程序，亦即要求航機須具備機載裝置導航性能監視與警示能力。在導航上，僅要求航機具備 LNAV 能力，於垂直面向並未要求航機具備 VNAV 能力。

#### 1.6.5.1 垂直導航

依據立榮 ATR 飛航組員操作手冊 (flight crew operation manual, FCOM)<sup>16</sup>所述，VNAV 係由機載飛航管理系統 (flight management system, FMS) 計算，在具備 VNAV 能力 (capability) 之航機上 (選配)，FMS 會依據所計算之垂直路徑，提供相應之飛航操作指令，並傳送至自動飛航控制系統 (automatic flight control system, AFCS)。

在飛航組員不介入操作的情況下，具備 VNAV 能力之航機，產生偏離 FMS 所計算之垂直路徑狀況時，FMS 將提供自動駕駛操作指令，讓航機回到應有之垂直路徑。同樣的情形如發生在未具備 VNAV 能力之航機上，由於僅能使用垂直速率模式 (VS) 操作，當經過大氣擾動區域後，自動駕駛僅會將航機姿態回復並維持至原設定的垂直速率，而非回歸偏離的垂直路徑。因此操控駕駛員必須介入操作，透過設定不同的垂直速率，使航機飛回所期望的垂直路徑上。

立榮 ATR 機隊並未具備 VNAV 能力，該公司表示，引進 ATR 機隊當時，原廠尚未提供 VNAV 能力，後續才推出此項選配功能。由於當時國內航線較少採用區域航行 (RNAV) 到場程序，最低下降高度也不會因為航機具備 VNAV 能力而降低，所有進場仍可利用基本垂直速率模式 (VS) 飛行，故無立即升級需求。立榮 ATR 機隊中，較後期引進之航機，雖已於飛航導引控制面板 (flight guidance and control

---

<sup>16</sup>版期為 Nov-17-2020 R10。

panel, FGCP) 上配置 VNAV 按鍵，但並無實際功能。

目前該公司 ATR 機隊在沒有 VNAV 自動保持垂直路徑功能情況下，飛航組員執行非精確進場須使用垂直速率模式，配合距離、高度及各階段最低高度限制來修正進場下滑道。

#### 1.6.5.2 垂直導航指引

依據立榮 ATR FCOM—FMS.02.90.03 VERTICAL GUIDANCE ADVISORY 章節：FMS 會在主要飛航顯示器 (PFD) 及多功能控制顯示單元 (multi-function control and display unit, MCDU) 上提供垂直導航指引，協助飛航組員依循飛航計畫之垂直飛行路徑。顯示於 PFD 上之指引為垂直偏差指標 (vertical deviation pointer)；顯示在 MCDU 上之指引則包含目標垂直速率 (target vertical speed, TGT VS) 及垂直偏差 (vertical deviation, VDEV)。

#### 1.6.5.3 垂直偏差指示

依據立榮 ATR FCOM，垂直偏差指標以洋紅色 (magenta) 空心長方形型態顯示於 PFD 右側之垂直偏差刻度 (vertical deviation scale) 上，如圖 1.6-4 所示。當 FMS 進入下降或進場階段，且偏差指示之來源為 FMS 時，垂直偏差指標即會顯示，並於垂直偏差刻度上方顯示洋紅色英文字母「V」以資識別。垂直偏差指標的移動，係基於 FMS 對航機垂直導航的計算，以及在各航點中輸入的飛航軌跡角度 (flight path angle, FPA) 綜合而得。

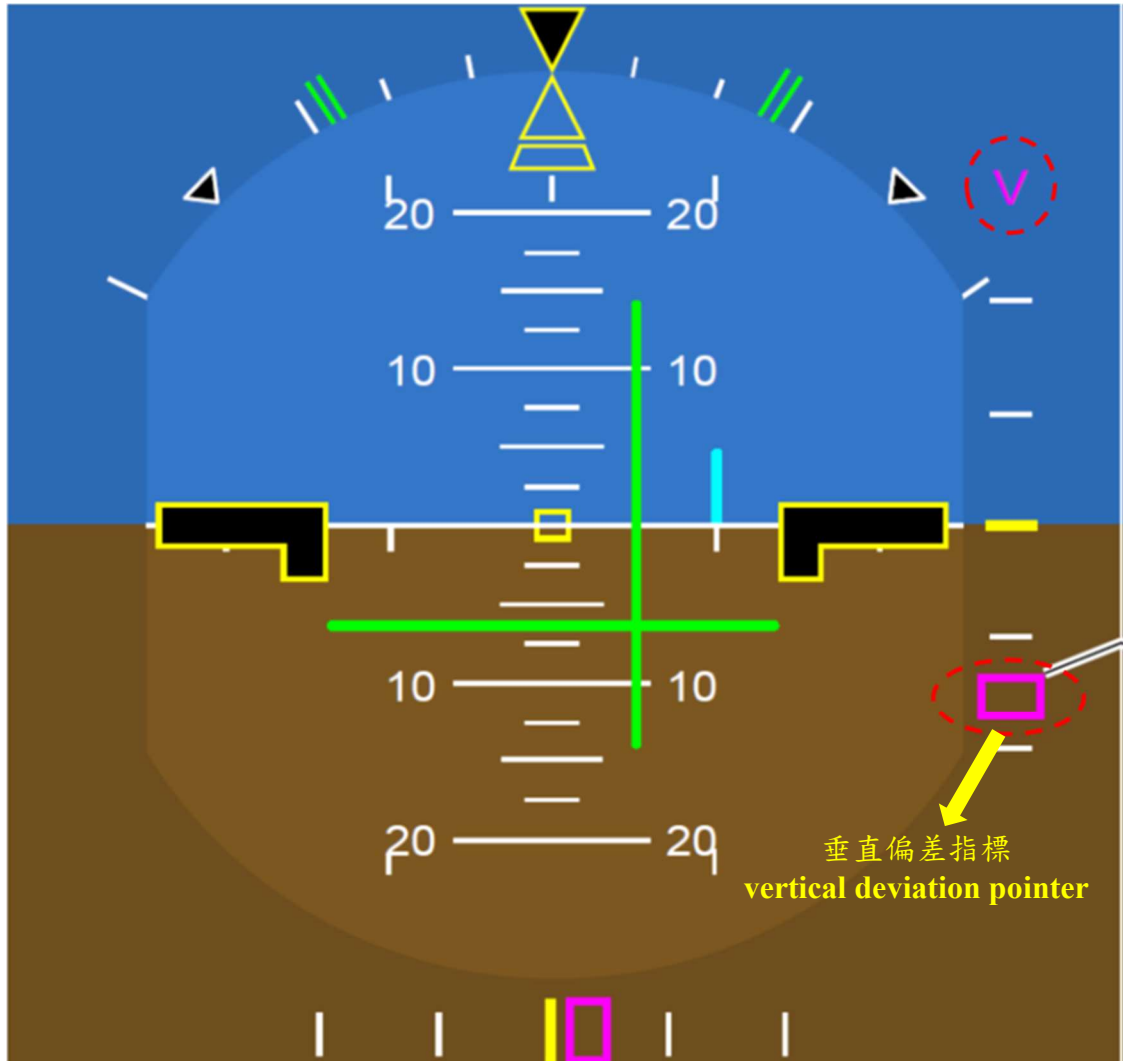


圖 1.6-4 顯示於 PFD 上之垂直偏差指示

垂直偏差刻度共有 5 個刻度，當垂直偏差指標位於中間刻度時，代表航機垂直航跡無偏差，亦即航機位於 FMS 所計算之下滑道上；當垂直偏差指標高於中間刻度，代表航機低於計算之下滑道；若垂直偏差指標低於中間刻度，則代表航機高於計算之下滑道。該刻度顯示因 FMS 所處階段不同而有所差異，進場階段其刻度尺度為 $\pm 150$ 呎，其他階段則為 $\pm 500$ 呎。當 FMS 所計算之偏差超過尺度，則垂直偏差指標將變為原有指標的一半大小，並顯示於刻度最上方或最下方。

#### 1.6.5.4 垂直偏差

依據立榮 ATR FCOM FMS.00.70.02 Vertical Advisory During Descent 章節：垂直偏差 (VDEV)，可用於協助監控航機下降階段，實際位置與 FMS 所計算位置，於垂直路徑上之差異。

爬升或下降階段，垂直偏差代表航機所在垂直位置與 FMS 所計算爬升路徑或下滑道之高度差。當數字為正，代表航機高於 FMS 計算之路徑；若數字為負，代表航機低於 FMS 計算之路徑，如圖 1.6-5 所示。

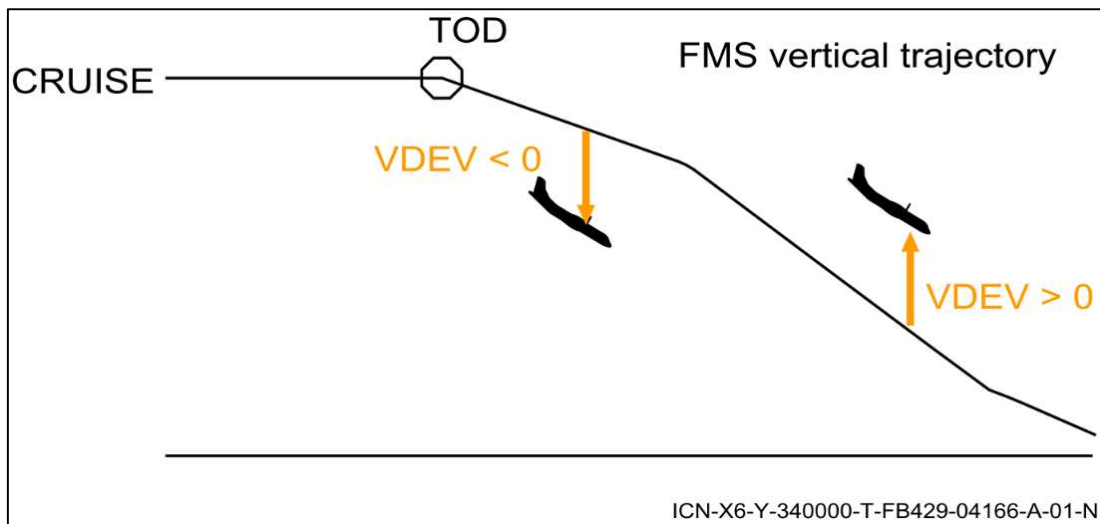


圖 1.6-5 垂直偏差 (VDEV) 示意

ATR FCOMLIMITATIONS — SYSTEMS — 34 NAVIGATION — 34.2 FMS — 34.2.2 Limitations — LNAV-Operational Limitations 及 ATR72-600 飛航手冊(airplane flight manual, AFM)<sup>17</sup>相同章節中提到：垂直偏差 (VDEV) 功能需永遠交叉比對傳統方式 (高度表顯示)。原文摘錄如下：

*VDEV function must be permanently cross-checked by conventional means (primary altimeters displays).*

<sup>17</sup>版期為 Sop-10-2020 第 10 版。

## 1.7 天氣資料

### 1.7.1 天氣概述

事故當日 0800 時亞洲地面天氣分析圖顯示高氣壓 1012 百帕位於南海，中心近似滯留；滯留鋒自日本東方海面，向西南西延伸，至東海南部海面。受鋒前暖區影響，馬祖地區風場為偏南風，易有局部霧或低雲。

事故當時臺北飛航情報區無有效之顯著危害天氣資訊 (SIGMET) 及低空危害天氣資訊 (AIRMET)。

### 1.7.2 地面天氣觀測

事故當日南竿機場之機場例行天氣報告 (METAR) 及機場特別天氣報告 (SPECI) 如下：

1. 0900 時：風向 180 度，風速 4 浬/時，風向變化範圍 130 度至 220 度；能見度 3,800 公尺；靄；疏雲 300 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 23°C，露點 23°C；高度表撥定值 1011 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—03 跑道風向 220 度，風速 5 浬/時；最大風速 7 浬/時於 21 跑道；牛角嶺<sup>18</sup>風向 170 度，風速 5 浬/時；高度表撥定值 29.86 吋汞柱。(ATIS H)
2. 1000 時：風向 170 度，風速 5 浬/時，風向變化範圍 110 度至 230 度；能見度 4,500 公尺；靄；疏雲 300 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 24°C，露點 23°C；高度表撥定值 1011 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—03 跑道風向 230 度，風速 5 浬/時；最大風速 8 浬/時於 21 跑道；牛角嶺風向 190 度，風速 5 浬/時；高度表撥定值

---

<sup>18</sup>南竿機場因受地形影響，曾發生航空器於降落時遭遇亂流與風切，尤以東北季風盛行之冬季為甚。經研析亂流及風切之生成主因應為鄰近跑道西側之牛角嶺所致，考量南竿機場因腹地不足無法架設低空風切警告系統，爰於牛角嶺架設風向風速計（高度 551 呎），提供相關資訊供航空器駕駛員參考。

29.86 吋汞柱。(ATIS I)

3. 1009 時<sup>19</sup>：風向 170 度，風速 5 浬/時，風向變化範圍 140 度至 210 度；能見度 4,000 公尺；靄；疏雲 300 呎、裂雲 2,500 呎；溫度 24°C，露點 23°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—03 跑道風向 230 度，風速 6 浬/時；最大風速 8 浬/時於 21 跑道；牛角嶺風向 190 度，風速 5 浬/時；高度表撥定值 29.85 吋汞柱。(ATIS J)
4. 1020 時：風向 180 度，風速 5 浬/時，風向變化範圍 130 度至 240 度；能見度 3,600 公尺；靄；疏雲 300 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 24°C，露點 23°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—03 跑道風向 240 度，風速 5 浬/時；最大風速 8 浬/時於 21 跑道；牛角嶺風向 190 度，風速 6 浬/時；高度表撥定值 29.85 吋汞柱。(ATIS K)
5. 1031 時：風向 170 度，風速 5 浬/時，風向變化範圍 130 度至 230 度；能見度 3,000 公尺；靄；疏雲 300 呎、裂雲 2,000 呎；溫度 25°C，露點 23°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—03 跑道風向 220 度，風速 5 浬/時；最大風速 8 浬/時於 21 跑道；牛角嶺風向 190 度，風速 6 浬/時；高度表撥定值 29.85 吋汞柱。(ATIS L)

南竿機場地面自動氣象觀測系統 (automated weather observation system, AWOS) 與牛角嶺風速風向計之設置地點如圖 1.7-1，1002 時至 1007 時 21 跑道 AWOS 之即時風向風速如圖 1.7-2，0930 時至 1030 時 03 及 21 跑道 AWOS 十分鐘平均能見度<sup>20</sup>如圖 1.7-3 所示，自

---

<sup>19</sup>此為發生飛航安全相關事件後之機場特別天氣報告。

<sup>20</sup>AWOS 十分鐘平均能見度為能見度儀之自動觀測資料；METAR/SPECI 之能見度為氣象觀測員以肉眼 360 度觀測之盛行能見度 (其定義詳 1.18.3)，除非另有說明，本文之能見度泛指盛行能見度。



1005:29 時（該機無線電高度約 805 呎）至 1006:26 時（該機通過南竿機場 21 跑道頭約 1,350 呎），AWOS R21 風向為 200-230 度，風速 5-7 浬/時，能見度約 6,000 公尺。



圖 1.7-1 南竿機場塔臺/氣象臺、AWOS 及牛角嶺風速風向計位置

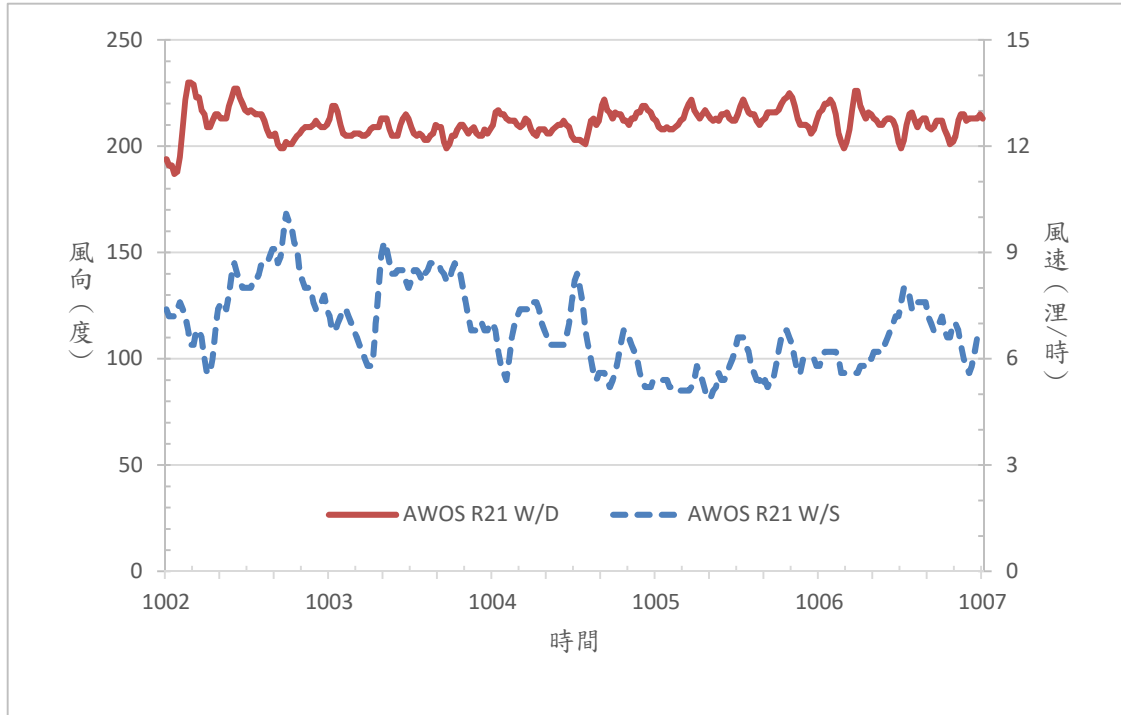


圖 1.7-2 21 跑道 AWOS 風向風速

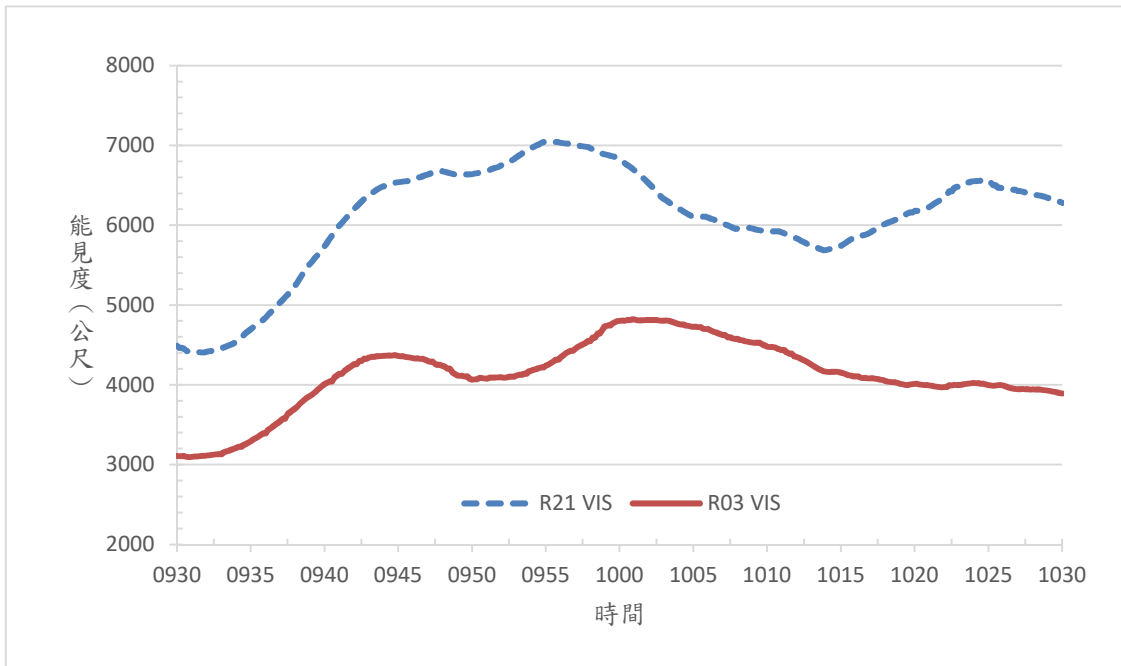


圖 1.7-3 AWOS 能見度

## 1.8 助、導航設施

依據南竿機場助航燈光系統紀錄，該機最後進場階段，跑道頭識別燈（runway threshold identification light, RTIL）、簡式精確進場滑降指示燈（abbreviated precision approach path indicator, APAPI）及跑道邊燈皆開啟至第 5 段（最亮）。

## 1.9 通信

無相關議題。

## 1.10 場站資料

### 1.10.1 空側基本資料

#### 1.10.1.1 南竿機場

依據「臺北飛航情報區飛航指南」，南竿機場位於連江縣政府東方約 0.5 公里處，標高 232 呎，設有跑道一條，方向為 03/21。跑道範圍長 1,579 公尺，寬 30 公尺，材質為水泥混凝土，道面分類指數為 PCN 26/R/C/Y/T。於進場及跑道燈光設備設有跑道頭燈及跑道頭識別燈、簡式精確進場滑降指示燈、簡式著陸區燈、跑道邊燈及跑道末端燈。飛航指南公告該機場圍於現況無法設置跑道端安全區，另以公布距離方式等效設置，可用之降落距離為 1,459 公尺。此外，機場於鄰近牛角嶺處之跑道地帶單側寬度約 45 公尺，該處邊坡之坡距比約 1:1.2，依飛航指南宣告為特殊機場，民用航空器須向交通部民用航空局（以下簡稱民航局）申請並經授權後，方得使用訂頒之儀器離場程序及儀器進場程序。於實施授權之儀器進場程序時，不得實施目視進場。機場圖如圖 1.10-1。

依據民航局提供之「南竿機場地形圖」<sup>21</sup>，南竿機場跑道未設置道肩，21 跑道之縱坡度約為 0.27%，縱坡度變化約在 0.77%至-0.61%

---

<sup>21</sup>圖說日期 93 年 12 月。

之間，最大縱坡度變化值為 0.27%（距 21 跑道頭約 848 公尺處）。21 跑道之橫坡度，於跑道中心線南側部份約在 1.40%至 1.55%之間，平均約 1.49%；跑道中心線北側部份則約在 1.43%至 1.51%之間，平均約 1.48%。

機場圖

AERODROME CHART

ELEV 232FT

ARP:260935N 1195730E

馬祖/南竿機場  
MATSU/NANGAN AD

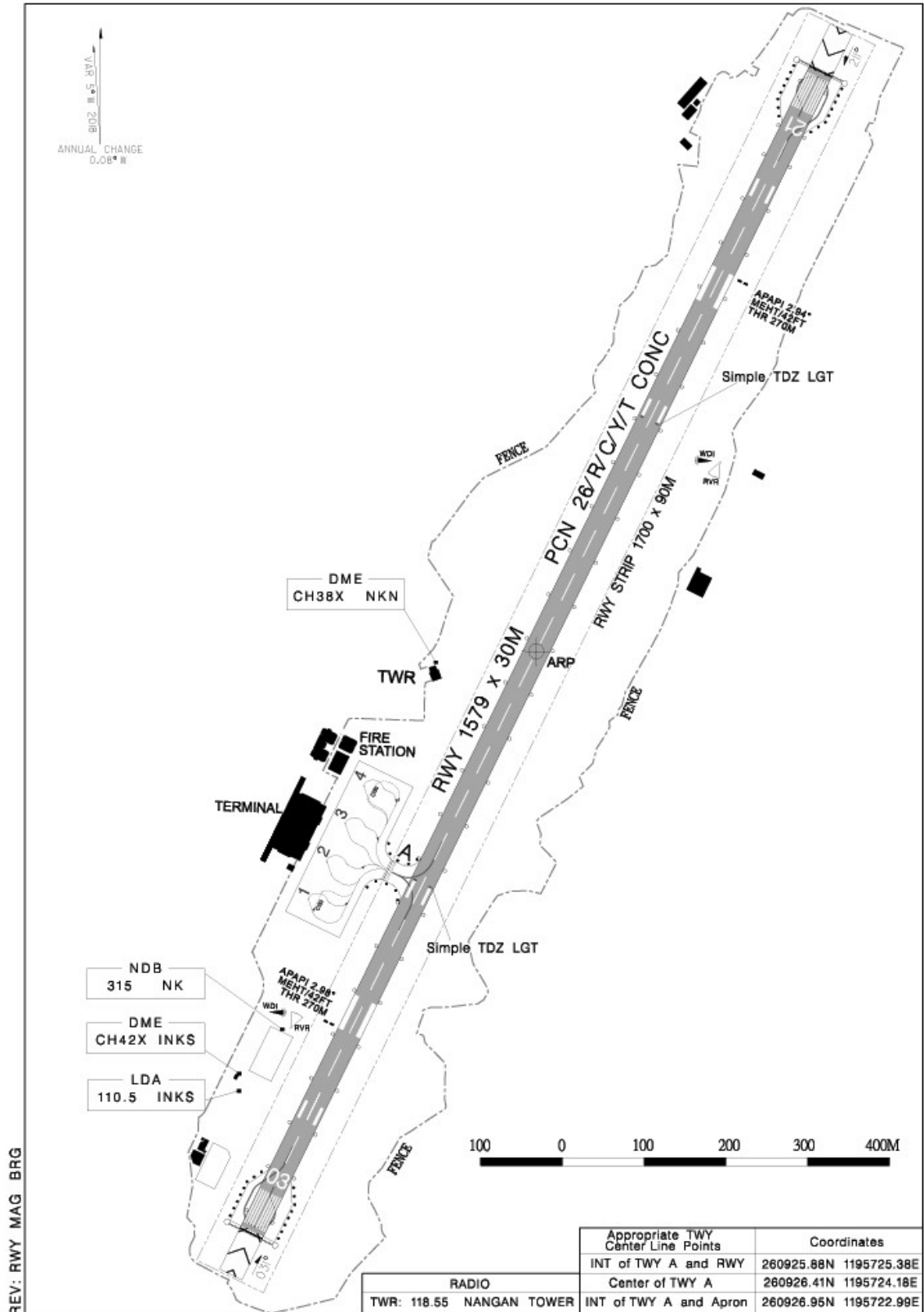


圖 1.10-1 南竿機場圖

南竿機場 21 跑道導航性能需求進場程序<sup>22</sup> (RNP APCH)，如圖 1.10-2 所示。

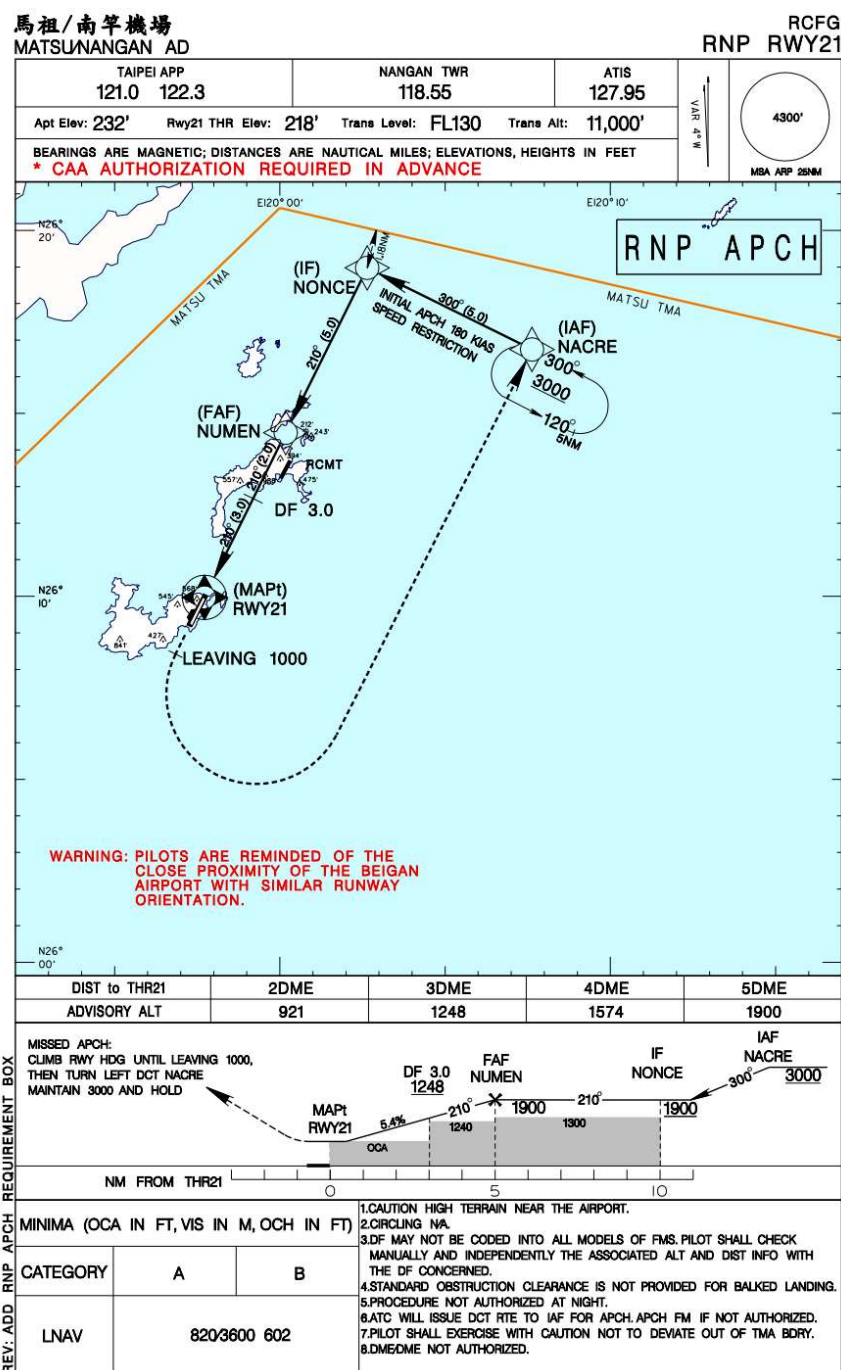


圖 1.10-2 南竿機場 21 跑道 RNP 儀器進場圖

本程序說明欄中以紅字載明，航空器操作人須先取得民航局許可，

<sup>22</sup>發布日期：民國 109 年 3 月 26 日。

始得執行本進場程序。圖中記載機場標高 (Apt Elev) 為 232 呎，21 跑道起點 (Rwy21 THR Elev) 標高為 218 呎。以機場參考點 (ARP) 為中心，25 哩範圍內之最低區域高度 (MSA)，全象限均為 4,300 呎。適用於具有左右導航 (LNAV) 能力、進場類別屬 A 類及 B 類 (category A & B) 之航空器。對此二類航空器，本程序最低能見度需求均為 3,600 公尺，最低障礙物間隔高度均為 820 呎，最低障礙物間隔實際高度均為 602 呎。進場圖中亦載明相對於跑道起點不同距離之通過高度，供飛航組員參考。

進場程序由最初進場定位點 (initial approach fix, IAF) NACRE 開始，通過該點之高度不得低於 3,000 呎，之後沿航向 300° 飛往中間進場定位點 (intermediate approach fix, IF) NONCE，最初進場 (initial approach) 速限為 180 哩/時，通過中間進場定位點 NONCE 之高度不得低於 1,900 呎。此處註記 NONCE 距離馬祖終端管制區域 (terminal control area, TMA) 邊界僅為 1.18 哩。之後航向 210° 飛往最後進場定位點 (final approach fix, FAF) NUMEN，通過該點之高度限制為 1,900 呎。之後繼續沿航向 210° 定向至航點 (direct to a fix, DF)，此航點離跑道起點 3 哩，通過該處之高度不得低於 1,248 呎，之後繼續沿航向 210° 飛往 21 跑道誤失進場點 (missed approach point, MAPt)。由最後進場定位點至誤失進場點之下降坡度為 5.4%，亦即每前進 1 哩下降 326 呎。如航機需執行誤失進場，其程序為保持跑道航向 210° 直到爬升通過 1,000 呎後，左轉定向 NACRE 航點，高度保持 3,000 呎並加入等待航線。

#### 1.10.1.2 松山機場

依據「臺北飛航情報區飛航指南」，松山機場位於臺北東北方 4.8 公里處，標高 18 呎，設有跑道一條，方向為 10/28。跑道長 2,605 公尺、寬 60 公尺，材質為面層瀝青混凝土與底層水泥混凝土疊合之加鋪結構，道面分類指數為 PCN 83/F/C/X/T。機場圖如圖 1.10-3。

依據臺北國際航空站提供之「松山機場跑道整修工程竣工圖」<sup>23</sup>，該跑道兩側設有道肩約 3.5 公尺。10 跑道之縱坡度約為 0.07%，縱坡度變化約在-0.28%至 0.36%之間，最大縱坡度變化值為 0.33%（距跑道頭約 1060 公尺處）。10 跑道之橫坡度，於跑道中心線南側部份約在 1.09%至 1.50%之間，平均約 1.35%；跑道中心線北側部份則約在 1.23%至 1.47%之間，平均約 1.33%。

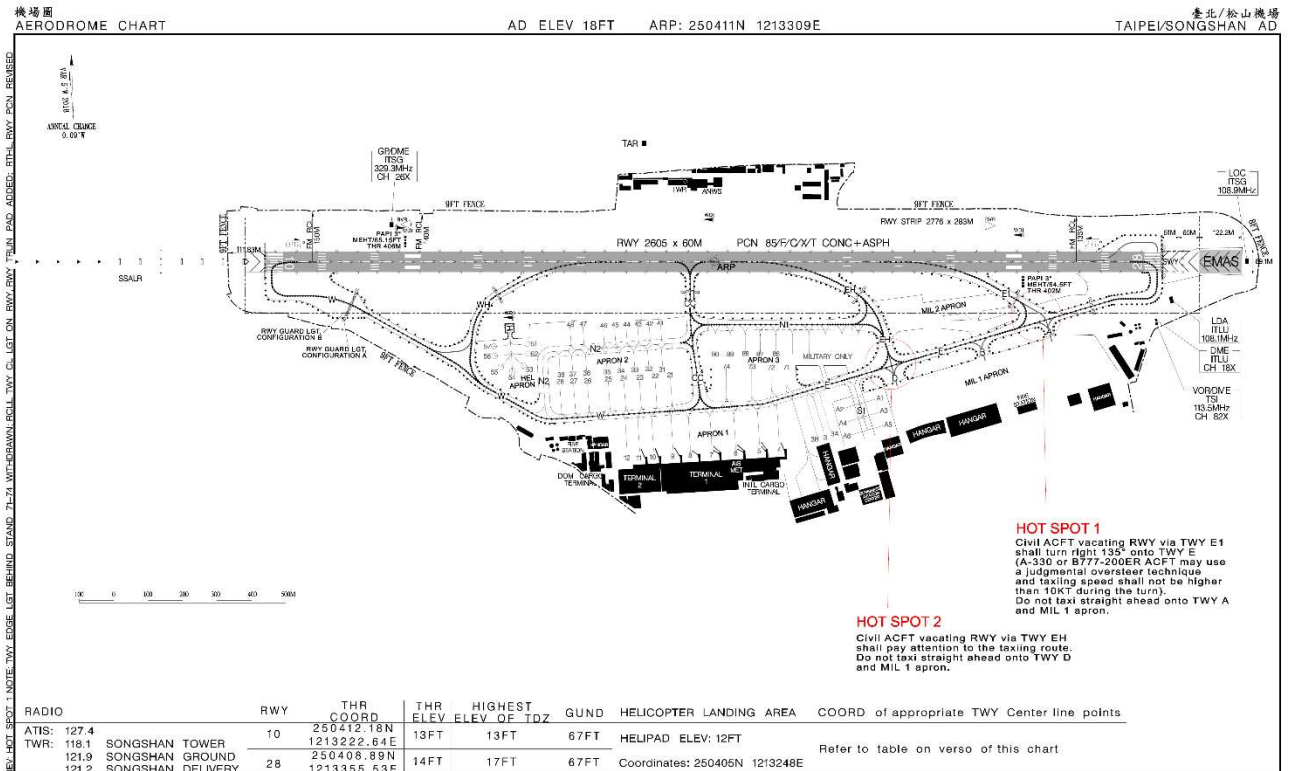


圖 1.10-3 松山機場圖

### 1.10.2 機場設計相關規範

民航局 110 年 4 月 30 日頒布修訂之「民用機場設計暨運作規範」與補充指導資料中，有關公布距離、跑道端安全區之規定如下：

#### 2.8 公布距離 (Declared distances)

供國際商業航空運輸使用之跑道，應以整數 m 或 ft 提供下列資

<sup>23</sup>圖說日期 109 年 1 月 31 日。



料：

- a) 可用之起飛滾行距離 (Take-off run available, TORA)。
- b) 可用之起飛距離 (Take-off distance available, TODA)。
- c) 可用之加速－停止距離 (Accelerate-stop distance available, ASDA)。
- d) 可用之降落距離 (Landing distance available, LDA)。

註－有關計算公布距離之指導原則，詳見附篇 A 第 3 節。

### 3.5 跑道端安全區<sup>24</sup> (Runway end safety areas)

3.5.1 跑道參考長度分類為 3 或 4 之跑道及跑道參考長度分類為 1 或 2 之儀器跑道，在跑道地帶兩端應提供跑道端安全區。

3.5.3 下列情況下，跑道端安全區長度應自跑道地帶延伸至少 90m：

- －跑道參考長度分類為 3 或 4 之跑道。
- －跑道參考長度分類為 1 或 2 之儀器跑道。

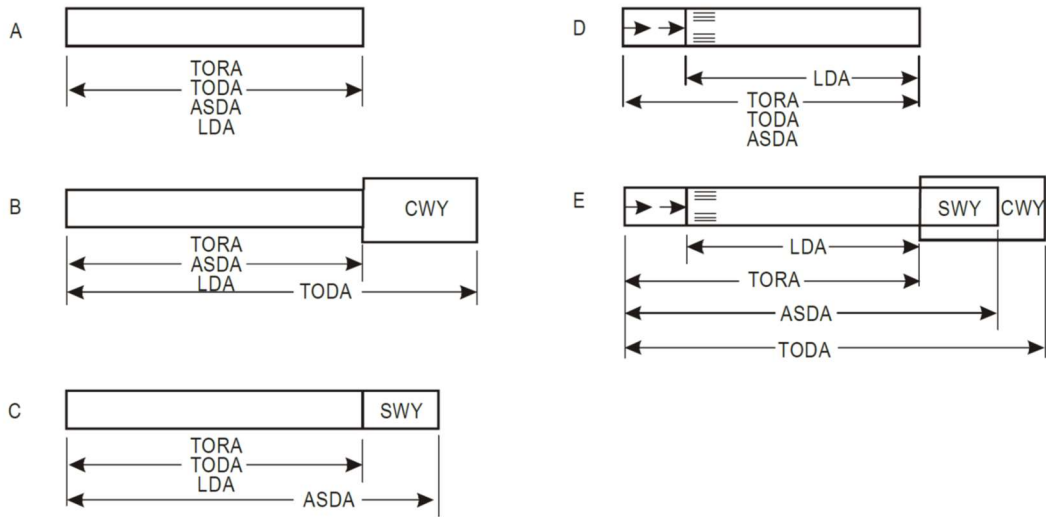
如果設置攔阻系統 (Arresting System)，可依據系統設計規格縮短上述長度。

#### 附篇 A 補充指導資料

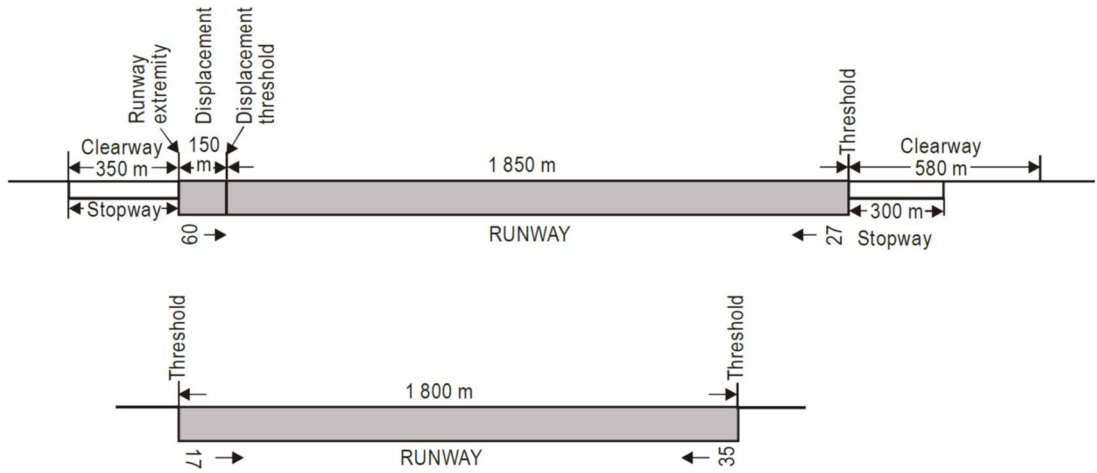
10.2 當完全無法設置跑道端安全區時，就必須得考慮將一些跑道公布距離予以減小作為提供跑道端安全區的空間及安裝攔阻系統的距離長度。

---

<sup>24</sup>對稱於跑道中心線延長線、與跑道地帶端相接之地區，主要作用為減少飛機過早觸地或衝出跑道時損壞之風險。



Note.— All declared distances are illustrated for operations from left to right.



F

RUNWAY	TORA	ASDA	TODA	LDA
	m	m	m	m
09	2 000	2 300	2 580	1 850
27	2 000	2 350	2 350	2 000
17	NU	NU	NU	1 800
35	1 800	1 800	1 800	NU

圖 1.10-4 附篇圖 A-1 公布距離圖示

## 1.11 飛航紀錄器

### 1.11.1 座艙語音紀錄器

事故航機裝置固態式座艙語音紀錄器 (cockpit voice recorder, CVR)，製造商為 L3Harris Technologies 公司，件號及序號分別為 2100-1020-02 及 000966131。該 CVR 具備 2 小時高品質錄音記錄能力，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、廣播系統麥克風及座艙區域麥克風，下載情形正常，錄音品質良好。CVR 所記錄之語音資料約 124 分 14 秒，包括該班機起飛、巡航、進場、事故發生期間、返回松山機場低空通過及至松山機場落地等過程，調查小組針對本事故製作之抄件約為 35 分鐘。

### 1.11.2 飛航資料紀錄器

事故航機裝置固態式飛航資料紀錄器 (flight data recorder, FDR)，製造商為 L3Harris Technologies 公司，件號及序號分別為 2100-4045-00 及 000832145。事故發生後，本會依據立榮提供之解讀文件<sup>25</sup>進行解讀，該 FDR 儲存 60 小時 59 分鐘 40 秒資料，記錄之參數約 800 餘項。

本事故之時間基準係根據 CVR 與 FDR 所記錄之關鍵事件參數將 CVR 時間與 FDR 同步，再比對高雄近場管制塔臺提供之錄音抄件，各資料來源整合後之時間誤差小於 1 秒，並以台北時間表示。FDR 資料經下載解讀後，比對現場測量資料，摘錄飛航相關資料如下：

1. 0926 時，該機自松山機場 10 跑道起飛。
2. 1002 時，該機通過南竿機場 21 跑道 RNP 進場程序之中間進場定位點 (IF)，定向南竿機場並持續下降，自動駕駛維持作動，飛航模式顯示 (flight mode annunciator, FMA) 橫向為 LNAV (左右導

---

<sup>25</sup>SERVER LETTER ATR72, No. ATR72-31-6010, Revision No.12.

航) 模式、縱向為 VS (垂直速度) 模式，儀表板發動機警告顯示(engine warning display, EWD) 頁面顯示「BEFORE LANDING」程序。

3. 1002:36 時，該機襟翼伸放至 15 度，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 7 哩，無線電高度 2,424 呎，空速 (computed airspeed) 151 哩/時，下降率-384 呎/分。
4. 1002:46 時，該機起落架手柄放下，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 6.6 哩，無線電高度 2,362 呎，空速 141 哩/時，下降率-560 呎/分。
5. 1003:10 時，該機襟翼伸放至 33 度，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 5.8 哩，無線電高度 2,143 呎，空速 122 哩/時，下降率-416 呎/分。
6. 1003:23 時，EWD 顯示清空 (cleared) 並維持至落地前，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 5.4 哩，無線電高度 2,043 呎 (目標高度 1,296 呎)，空速 118 哩/時 (目標空速 119 哩/時)，下降率-368 呎/分 (目標下降率-304 呎/分)。
7. 1004:29 時至 1004:36 時，該機接近目標高度，FMA 縱向模式由 VS 轉為 ALT\* (接近目標高度) 模式，此期間目標高度由 1,296 呎改為 2,992 呎，自動駕駛模式再回到 VS 模式，1004:36 時該機離南竿機場 21 跑道頭 3.24 哩，無線電高度 1,326 呎 (目標高度 2,992 呎)，空速 118 哩/時 (目標空速 119 哩/時)，下降率-784 呎/分 (目標下降率-608 呎/分)，垂直導航偏差-32 呎<sup>26</sup>。
8. 1004:47 時，該機目標下降率改為 512 呎/分，此時該機離南竿機

---

<sup>26</sup>FDR 參數 Vertical deviation from FMS，飛航管理系統 (FMS) 依航機現在位置比對飛航計畫預劃路徑，計算水平及垂直誤差，並以偏移點位 (dot) 的方式顯示於主要飛航顯示器 (PFD) 上供駕駛員參考以修正飛航路徑。依據本型機操作手冊，在進場階段可顯示的垂直導航偏差量最大為 +/-150 呎 (+/-2 dot)。

場 21 跑道頭 2.9 哩，無線電高度 1,186 呎，空速 120 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-640 呎/分（目標下降率-512 呎/分），垂直導航偏差-64 呎。

9. 1005:03 時，該機目標下降率改為 400 呎/分，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 2.4 哩，無線電高度 1,025 呎，空速 119 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-528 呎/分（目標下降率-400 呎/分），垂直導航偏差-64 呎。
10. 1005:06 時，FMA 橫向模式由 LNAV 轉為 LNAV LO（低高度左右導航）模式，縱向模式維持 VS 模式，此時該機離南竿機場 21 跑道頭 2.3 哩，無線電高度 1,002 呎，空速 118 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-416 呎/分（目標下降率-400 呎/分），垂直導航偏差-48 呎。
11. 1005:15 時至 1005:29 時，該機目標下降率由-400 呎/分向下逐漸調整至-912 呎/分，此時該機離南竿機場 21 跑道頭自 2.0 哩接近至 1.6 哩，無線電高度自 932 呎下降至 805 呎，空速維持 119 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率自-464 呎/分增加至-640 呎/分（目標下降率自-400 呎/分增加至-912 呎/分），垂直導航偏差自-32 呎變化至 0 呎。
12. 1005:57 時至 1005:59 時，該機目標下降率由-912 呎/分改為-304 呎/分，1005:59 時該機離南竿機場 21 跑道頭 0.64 哩，無線電高度 361 呎，氣壓修正高度 376 呎，空速 122 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-928 呎/分（目標下降率-304 呎/分），垂直導航偏差-112 呎。
13. 1006:03 時，該機離南竿機場 21 跑道頭 0.53 哩，無線電高度 301 呎，氣壓修正高度 317 呎，空速 120 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-880 呎/分（目標下降率-304 呎/分），垂直導航偏差達到觸

地前最大值-128 呎。

14. 1006:08 時至 1006:10 時，該機目標下降率由-304 呎/分改為上升率 96 呎/分，1006:10 時該機離南竿機場 21 跑道頭 0.29 哩（1,780 呎），無線電高度 236 呎，氣壓修正高度 253 呎，空速 114 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-560 呎/分（目標上升率 96 呎/分），垂直導航偏差-112 呎。
15. 1006:13 時，該機左右發動機油門連桿角度（power lever angle, PLA）由 46 度推進至 58 度，此時發動機扭力輸出分別為 24.1%（左）及 23.4%（右），該機離南竿機場 21 跑道頭 0.18 哩（1,100 呎），無線電高度 215 呎，氣壓修正高度 232 呎，空速 113 哩/時（目標空速 119 哩/時），下降率-464 呎/分（目標上升率 96 呎/分），垂直導航偏差-112 呎。
16. 1006:16 時，該機解除自動駕駛，FMA 縱向模式轉變為 GA（重飛）模式，此時左右 PLA 角度皆為 58 度，發動機扭力輸出分別為 56.4%（左）及 56.1%（右），該機離南竿機場 21 跑道頭 0.085 哩（510 呎），無線電高度 204 呎，氣壓修正高度 221 呎，空速 114 哩/時，下降率-240 呎/分，垂直導航偏差-96 呎。
17. 1006:17 時，該機左右 PLA 推進至 88 度（左）及 87 度（右），發動機扭力輸出分別為 61.5%（左）及 62.2%（右），左側操縱桿角度由 0 度增加到-12 度（拉桿），操作桿作用力（control column effort）由 58 牛頓增加到 1,058 牛頓，該機離南竿機場 21 跑道頭 0.061 哩（370 呎），無線電高度 39 呎，氣壓修正高度 221 呎<sup>27</sup>，空速 114 哩/時，下降率-144 呎/分，EWD 頁面顯示「AFTER TAKE OFF」程序。

---

<sup>27</sup>依據民航局電子式飛航指南（eAIP），南竿機場 21 跑道頭標高為氣壓高度 218 呎，於懸崖邊之高台型跑道。

18. 1006:17.3 時至 1006:18.06 時，該機縱向、橫向及軸向加速度皆有大幅度變化，其中於 1006:17.875 時紀錄到最大縱向加速度 4.81g、橫向加速度 0.25g 及軸向加速度 0.13g，1006:18 時該機離南竿機場 21 跑道頭 173 呎<sup>28</sup>，無線電高度 4 呎，氣壓修正高度 223 呎，空速 113 浬/時。
19. 1006:19 時，該機通過南竿機場 21 跑道頭約 80 呎，左右 PLA 收回至 79 度（左）及 80 度（右），發動機扭力輸出分別為 85.1%（左）及 84.5%（右），左側操縱桿角度維持-2 度到-4 度之間（拉桿），操作桿作用力由 162 牛頓減少到 68 牛頓，無線電高度 21 呎，氣壓修正高度 235 呎，空速 114 浬/時，爬升率 160 呎/分。
20. 1006:26 時，該機通過南竿機場 21 跑道頭約 1,350 呎，起落架手柄收起，左右 PLA 分別為 79 度（左）及 77 度（右），發動機扭力輸出分別為 99.7%（左）及 99.6%（右），無線電高度 194 呎，氣壓修正高度 417 呎，空速 116 浬/時，爬升率 1,648 呎/分。
21. 1006:28 時，主警告持續作動 3 秒鐘<sup>29</sup>，1006:30 時無線電高度 317 呎，空速 119 浬/時，爬升率 1,824 呎/分。
22. 1006:36 時，該機襟翼收回至 15 度，無線電高度 468 呎，空速 120 浬/時，爬升率 1,440 呎/分。
23. 1008:30 時，該機襟翼收回至 0 度，無線電高度 2,176 呎，空速 150 浬/時，爬升率 304 呎/分。
24. 1009:08 時，該機接上自動駕駛，無線電高度 2,551 呎，空速 158 浬/時，爬升率 1,648 呎/分，襟翼 0 度。
25. 1041:38 時，該機離松山機場 10 跑道約 8 浬，起落架手柄放下。

---

<sup>28</sup>依南竿機場平面圖，21 跑道頭前區域延伸約 190 呎。

<sup>29</sup>FDR 參數 Detection\_Red\_Warning\_12: LDG GEAR NOT DN（起落架未放下）顯示 3 秒。

26. 1044:48 時，該機離松山機場 10 跑道約 0.83 哩，解除自動駕駛。
27. 1045:11 時，該機通過松山機場 10 跑道頭，無線電高度 51 呎，下降率-496 呎/秒，空速 118 哩/時。
28. 1045:19 時，該機通過松山機場 10 跑道頭約 1,750 呎，無線電高度 19 呎，停止下降並開始爬升，空速 118 哩/時。
29. 1046:32 時，該機接上自動駕駛，維持起落架放下狀態，無線電高度 1,650 呎，通過松山機場 10 跑道頭約 4.3 哩。
30. 1106:40 時，該機第二次進場，離松山機場 10 跑道約 0.84 哩，解除自動駕駛。
31. 1107:04 時，該機通過松山機場 10 跑道頭，無線電高度 48 呎，下降率-720 呎/秒，空速 112 哩/時，地速 124 哩/時。
32. 1107:14 時，該機觸地並開始滾行，空速 105 哩/時，地速 117 哩/時。
33. 1107:41 時，該機完全停止，位置離松山機場 10 跑道頭約 4,300 呎。
34. 1114:38 時，FDR 停止記錄。

圖 1.11-1 為事故航機起飛至落地主要飛航資料繪圖，圖 1.11-2 為事故航機於南竿機場重飛階段之飛航資料繪圖，圖 1.11-3 為南竿機場落地前解除自動駕駛重飛期間飛航資料繪圖。



事故後本會取得立榮 ATR 機隊過往於事故相近時段（1000 時前後）與事故航班採相同進場路線，於南竿機場 21 跑道落地共計 7 個航班之快速擷取紀錄器（quick access recorder, QAR）飛航資料，匯整其飛航路徑與南竿 21 跑道 RNP 進場剖面及機場地形資料套疊如圖 1.11-4 所示。

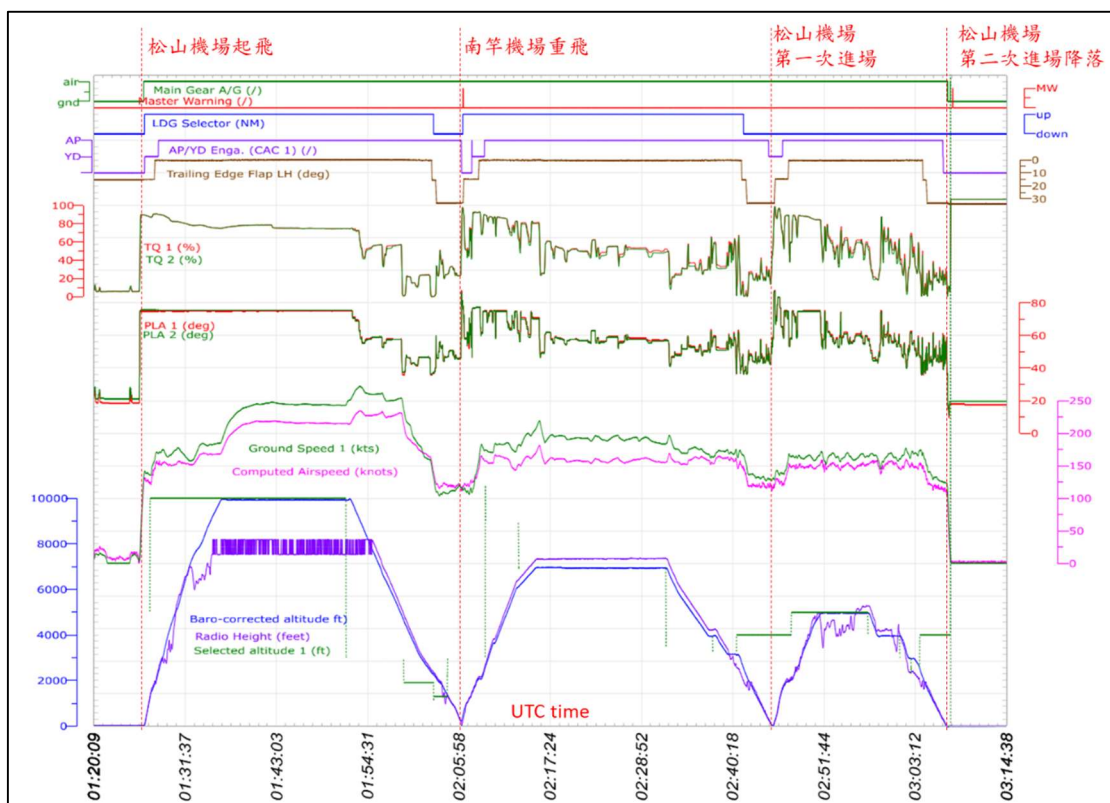


圖 1.11-1 起飛至落地主要飛航資料繪圖

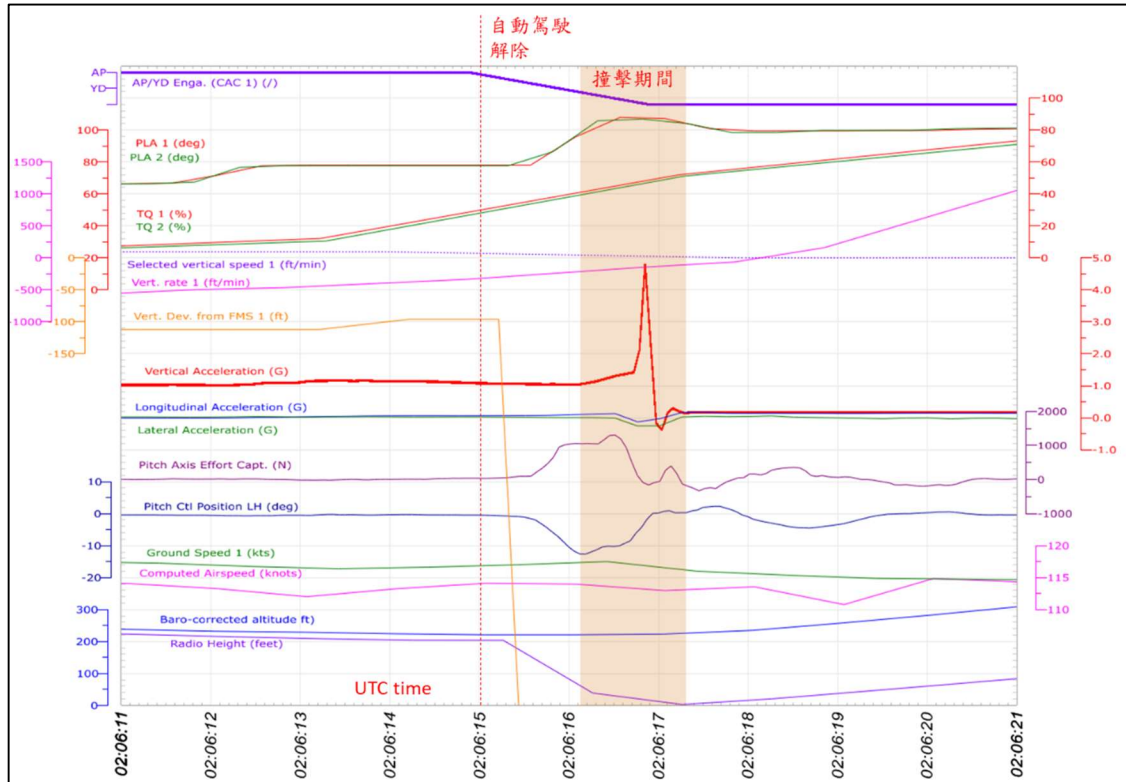


圖 1.11-2 南竿機場重飛階段飛航資料繪圖

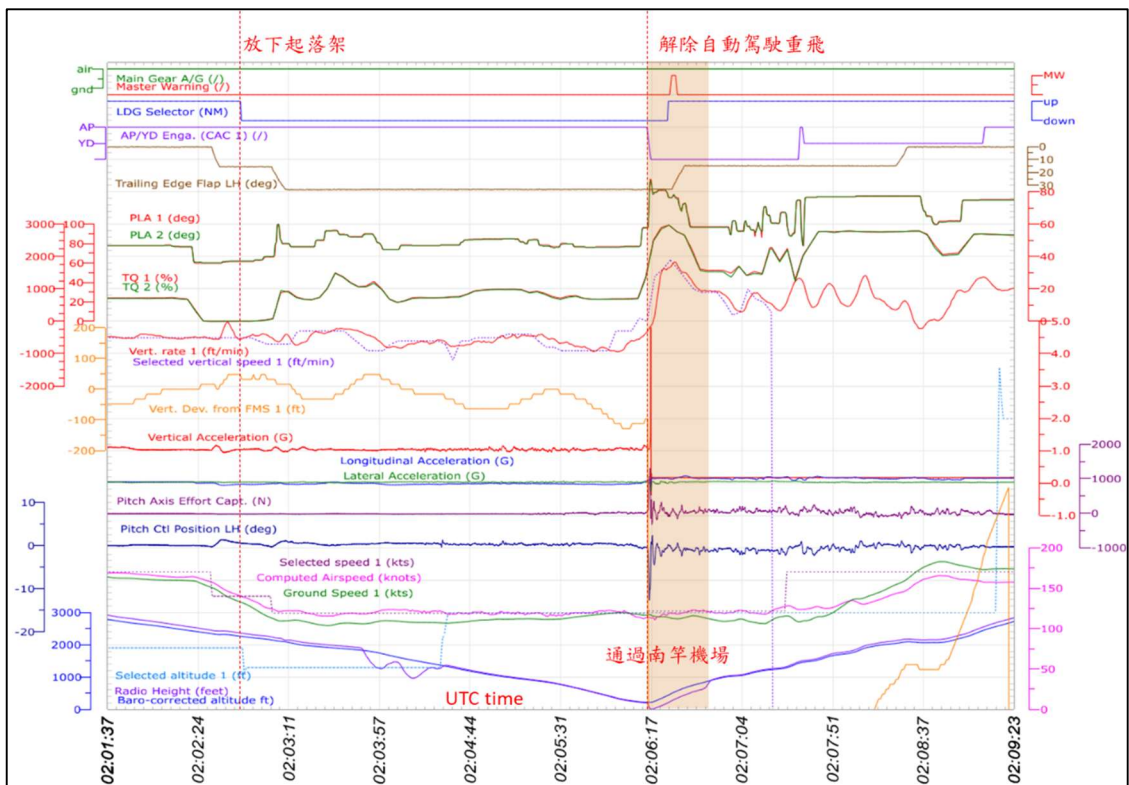


圖 1.11-3 解除自動駕駛重飛期間飛航資料繪圖

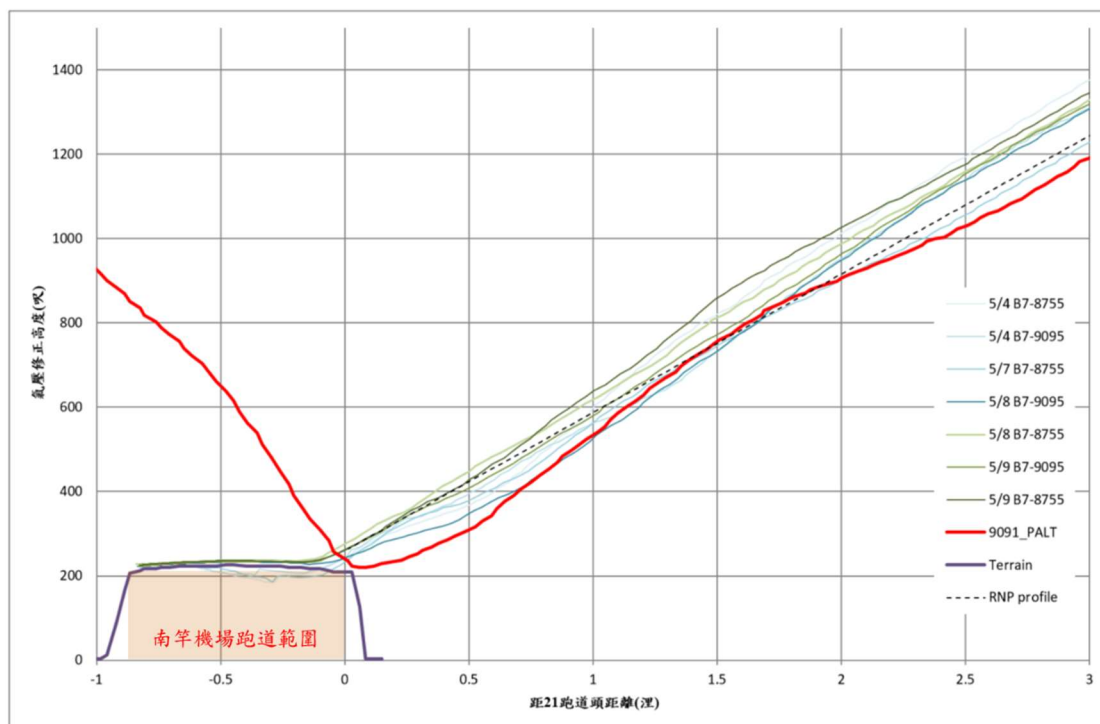


圖 1.11-4 事故前 7 班相近條件航班進場剖面比較圖

### 1.11.3 跑道監控錄影資料

事故發生期間，南竿機場架設於塔臺，面對 21 跑道頭供航空站使用之監視攝影機畫面<sup>30</sup>記錄到進場航道附近能見度狀況及事故航機重飛過程，其所在位置與概略拍攝角度示意如圖 1.11-5 所示。



圖 1.11-5 事故期間攝影機所在位置與拍攝角度

<sup>30</sup>事故期間之跑道監視錄影係紅外線紀錄模式，故呈灰階畫面。

本會取得上述影像資料經過比對 FDR 相關參數後完成時間同步，兩者顯示時間誤差小於 0.5 秒。依錄影資料，事故航機觸地前後約 30 分鐘，機場東方、北方海面有低雲（雲底低於機場高度）或海霧，向北方移動，約略可見塔臺東北方約 1.5 公里的黃官嶼。1006:16.5 時，該機穿出 21 跑道頭外側不遠處之低雲/海霧，出現在畫面中，估計該低雲/海霧距離塔臺約 1 公里，詳圖 1.11-6。



圖 1.11-6 21 跑道監視錄影畫面截圖

影像資料顯示之事故航機進場狀況相關資訊整理如下：

1. 1006:16.0 時以前，跑道頭前方持續有來自畫面右方（東方）海面之水氣沿海岸地形向機場方向上升，其中黃官嶼於 0955 時之後被雲霧覆蓋，若隱若現直至 1015 時才露出大部分（圖 1.11-7），未見到事故航機（圖 1.11-8(1)）。
2. 1006:16.5 時，事故航機自 21 跑道頭前方雲霧中出現（圖 1.11-8(2)）。
3. 1006:17.0 時，事故航機接近跑道，姿態未改變（圖 1.11-8(3)）。
4. 1006:17.125 時，事故航機通過 21 跑道頭外緣端牆，左側降落燈閃現 0.125 秒後，右側降落燈恆亮可視（圖 1.11-8(4)）。
5. 1006:18.0 時，事故航機右側降落燈維持恆亮可視，並開始爬升（圖 1.11-8(5)）。
6. 1006:18.5 時，事故航機離開持續爬升（圖 1.11-8(6)）。

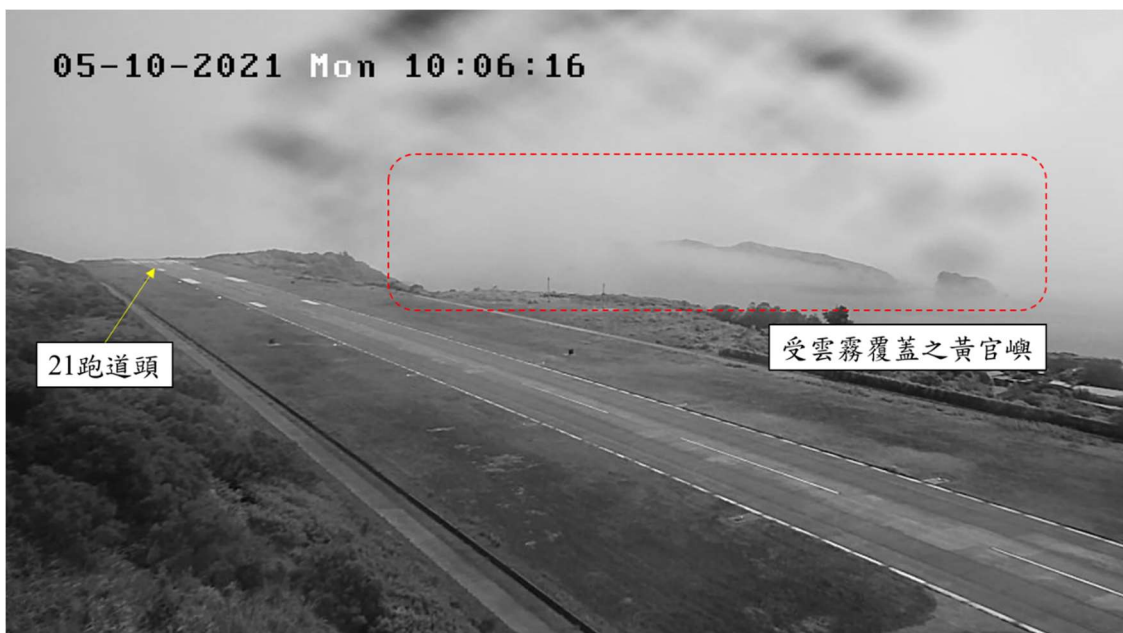


圖 1.11-7 事故航機進場時影像

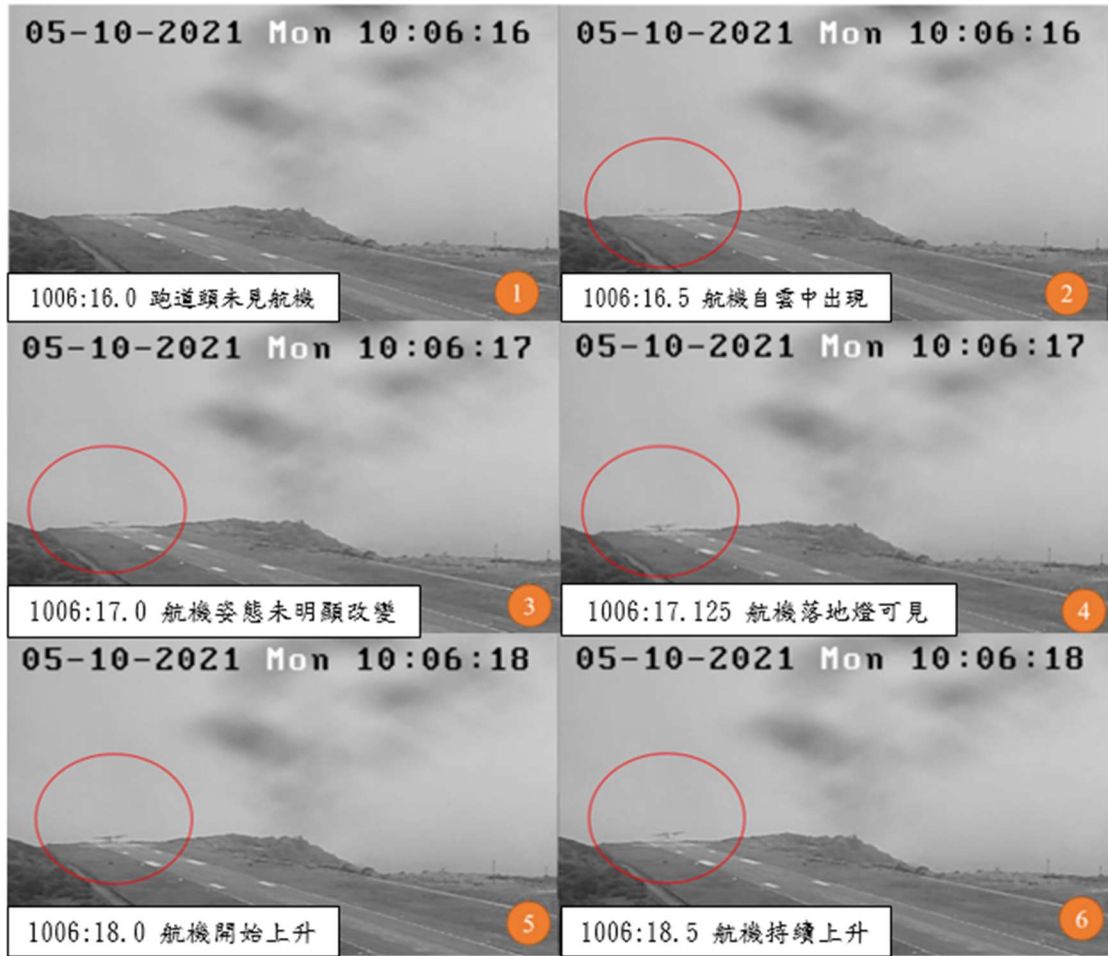


圖 1.11-8 事故期間影像畫面（放大 21 跑道頭部分）

## 1.12 現場量測與航空器撞擊資料

### 1.12.1 現場量測

事故發生後，調查小組依南竿機場道面邊界分布圖，套疊南竿航空站提供之現場量測分布如圖 1.12-1，其中事故航機左右主輪與南竿機場 21 跑道頭前區域端牆接觸後，留下 20 至 50 呎之 3 組刮痕及部份輪胎與輪框零組件，如圖 1.12-2 所示，各量測項目之位置如表 1.12-1。



圖 1.12-1 南竿機場道面量測分布圖

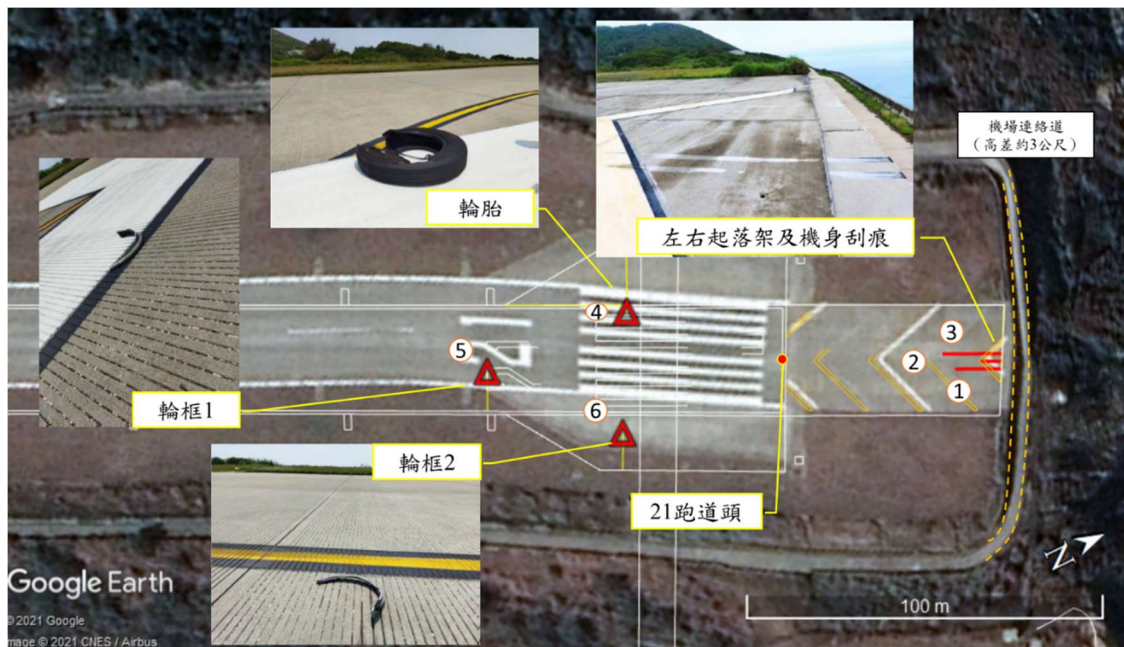


圖 1.12-2 南竿機場 21 跑道端牆刮痕



表 1.12-1 南竿機場道面測量項目

項次	量測標的	距 21 跑道頭位置 (呎)	備註
1.	左起落架刮痕	-190	長約 41 呎，兩輪間距約 20 公分
2.	機腹蒙皮刮痕	-190	長約 20 呎
3.	右起落架刮痕	-190	長約 50 呎，兩輪間距約 20 公分
4.	輪胎	140	離右側道肩約 55 呎
5.	輪框#1	260	離左側道肩約 36 呎
6.	輪框#2	140	離左側道肩約 34 呎

事故航機返回松山機場降落後，調查小組以松山機場 10 跑道頭標線、跑道邊燈及千呎牌為參考基準，沿該機留於跑道面上之零組件及可辨識之胎痕軌跡進行量測，包括右主輪穀與道面之刮痕，散落之零組件以及該機停止位置。量測結果顯示松山機場 10 跑道道面上之輪穀刮痕於離 10 跑道頭約 1,920 呎開始，停止於離 10 跑道頭約 4,300 呎位置，並沿路徑兩側留下胎皮、輪框及其他較小組起落架組件。量測項目詳表 1.12-2，量測項目分布如圖 1.12-3 所示。

表 1.12-2 松山場道面測量項目

項次	量測標的	距 10 跑道頭位置 (呎)	備註
1.	該機左主輪刮痕#1	1,920	長約 70 呎
2.	該機左主輪刮痕#2	2,190	長約 2,130 呎
3.	起落架零組件	2,100	
4.	起落架零組件	2,320	
5.	起落架零組件	2,380	
6.	輪胎皮	3,000	
7.	起落架零組件	3,740	
8.	起落架零組件	3,825	
9.	起落架零組件	3,840	
10.	該機右主輪停止位置	4,320	兩輪胎皮皆已脫落

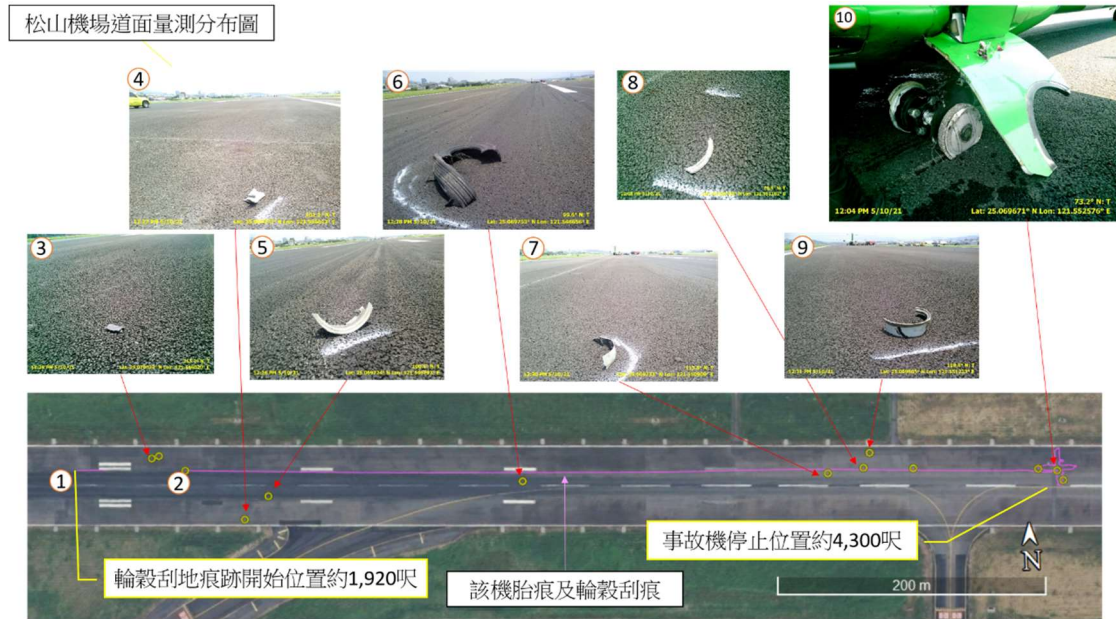


圖 1.12-3 松山機場道面量測分布圖

### 1.12.2 航空器受損資料

事故航機於松山機場立榮維修棚廠進行損害檢視，損害簡述如下：

#### 右起落架受損情況

右主輪第 3、4 號主輪煞車組及輪胎嚴重破損，詳如圖 1.12-4 之 1、2。

- 右起落架減震唧筒損壞，詳如圖 1.12-4 之 3、4。
- 右起落架減震唧筒前樞軸斷裂，詳如圖 1.12-4 之 5。
- 右起落架收、放液壓桿彎曲，詳如圖 1.12-4 之 6。

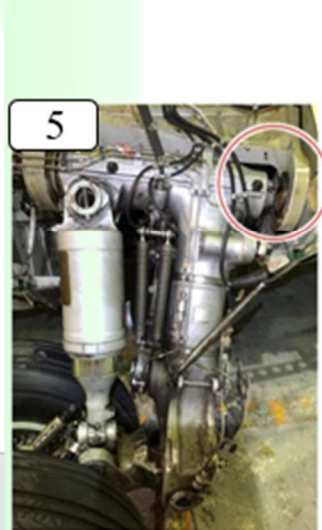
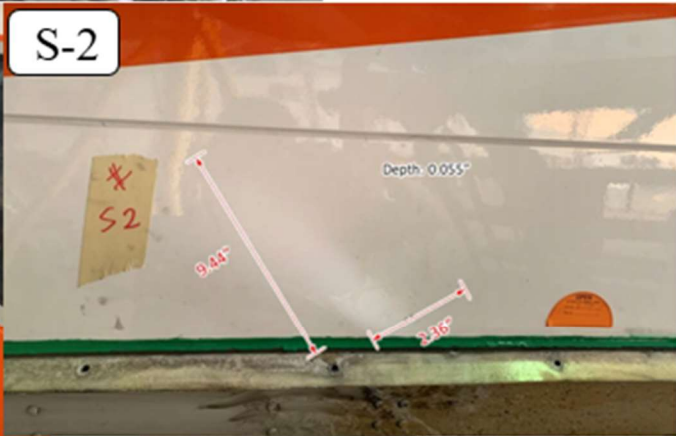
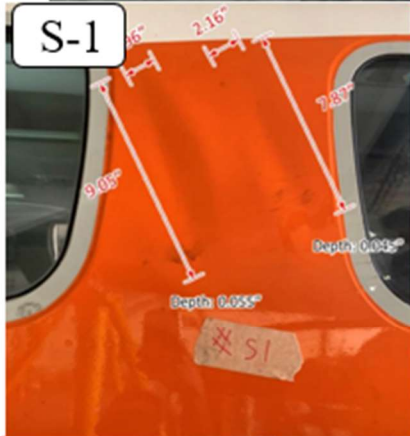
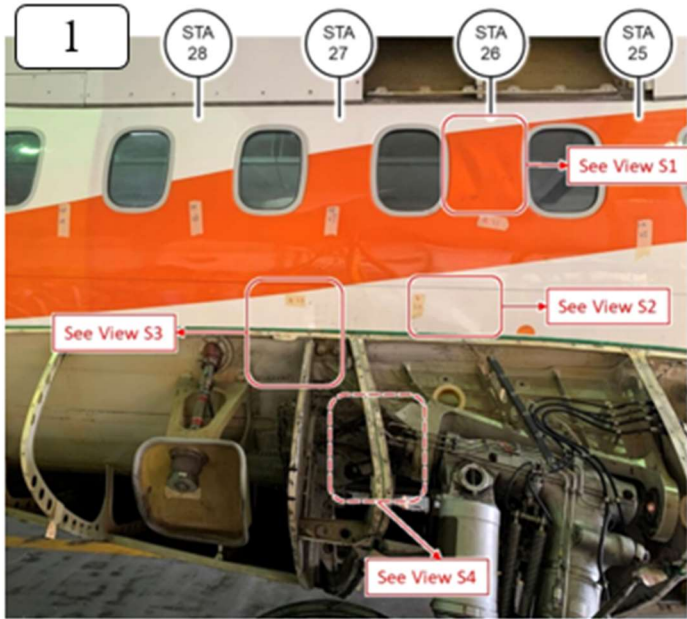




圖 1.12-4 右起落架受損照片

### 機身蒙皮

- 右側機身第 26 號框架 (frame) 機身蒙皮 2 處皺摺變形，各長 9.05 吋、寬 1.96 吋、深 0.055 吋與長 7.87 吋、寬 2.16 吋、深 0.045 吋（如圖 1.12-5 之 1、S-1）。
- 右側機身第 26 與 27 號框架間機身蒙皮皺摺變形，長 9.44 吋、寬 2.36 吋、深 0.055 吋（如圖 1.12-5 之 1、S-2）。
- 右側機身第 27 與 28 號框架間機身蒙皮皺摺變形，長 14.56 吋、寬 2.36 吋、深 0.078 吋（如圖 1.12-5 之 1、S-3）。
- 右側機身第 26 與 27 號框架，主減震支架隔艙 (bulkhead) 上蒙皮皺摺變形，長 18.63 吋、寬 6.3 吋（如圖 1.12-5 之 1、S-4）。



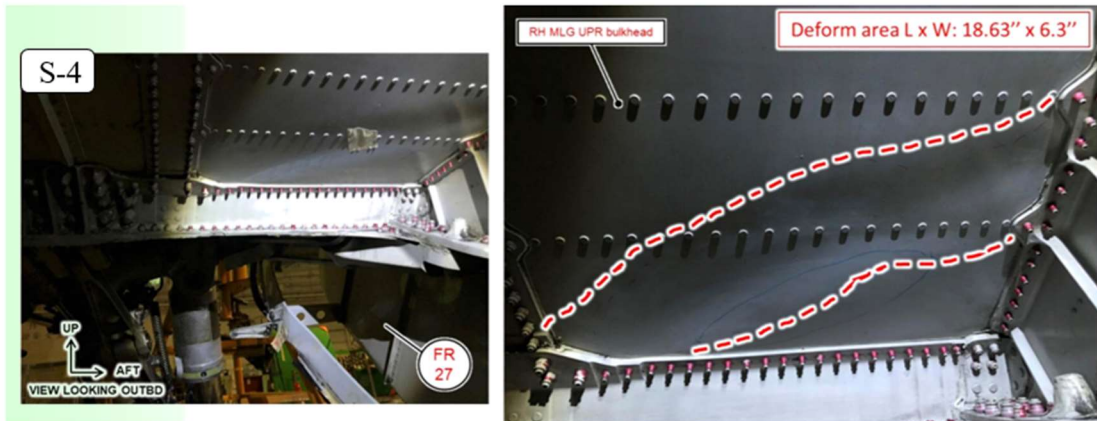


圖 1.12-5 機身蒙皮變形（第 25 號框架至第 28 號框架）

航機機翼區域

- 內側襟翼下方第 3、4 號翼肋（rib）間蒙皮破損（如圖 1.12-6 之 view A）。
- 襟翼上方第 3 號翼肋處，上翼後緣下方蒙皮破損（如圖 1.12-6 之 view B）。

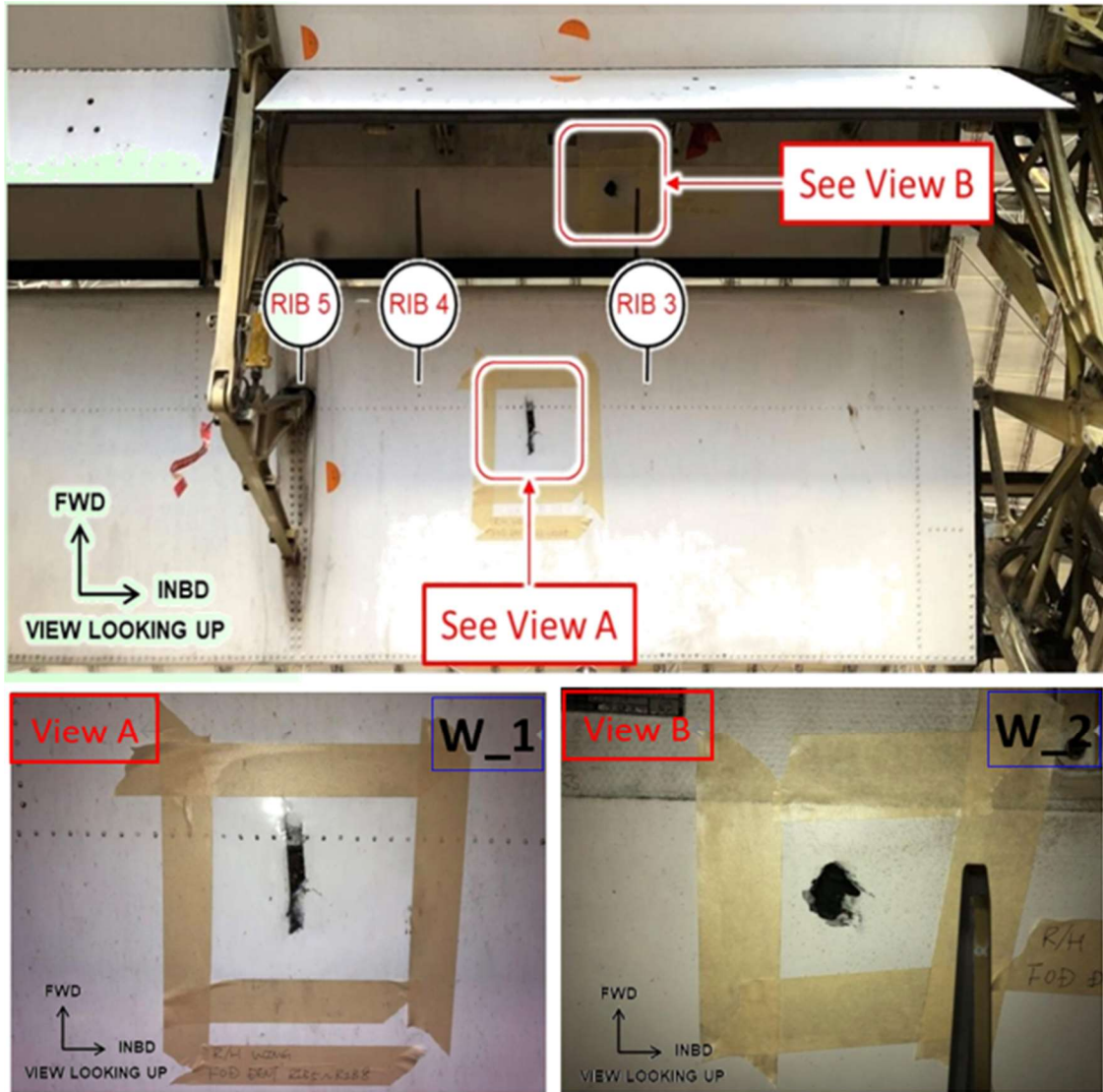


圖 1.12-6 內側襟翼及上翼後緣側面板破損



### 主起落架整流板區域

- 主起落架整流板區域 192UR 面板破損，長 2 吋、寬 2 吋（如圖 1.12-7 之 1）。
- 主起落架整流板區域 194CR 面板 1 處破損，長 5 吋、寬 2 吋；1 處蒙皮變形，長 14 吋、寬 3 吋（如圖 1.12-7 之 2）。
- 主起落架整流板區域 196ES 面板 4 處破損（如圖 1.12-7 之 3-1、3-2），各為：長 8 吋、寬 3 吋；長 1 吋、寬 1 吋；長 3 吋、寬 2 吋；長 5 吋、寬 1 吋。
- 主起落架整流板區域 196FS 面板 1 處蒙皮變形並有裂紋（如圖 1.12-7 之 3-3）。

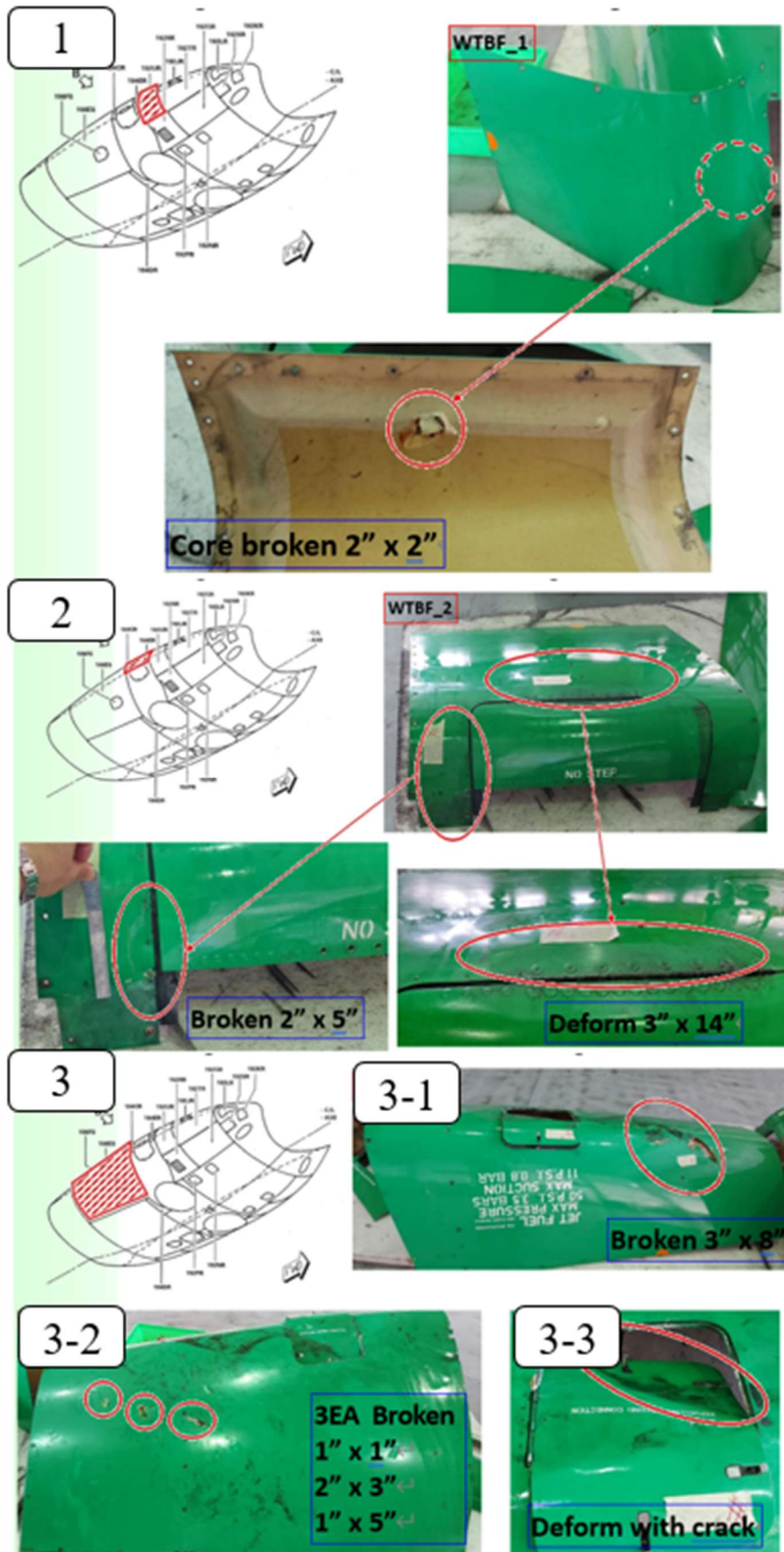


圖 1.12-7 主起落架整流板區域

- 主起落架整流板區域 196CR 面板破損，長 8 吋、寬 2 吋（如圖 1.12-8 之 1）。
- 主起落架整流板區域 194CR 面板穿破，長 12 吋、寬 2 吋（如圖 1.12-8 之 2）。
- 主起落架整流板區域 195BP 面板絞鍊（hinge）損壞（如圖 1.12-8 之 3）。

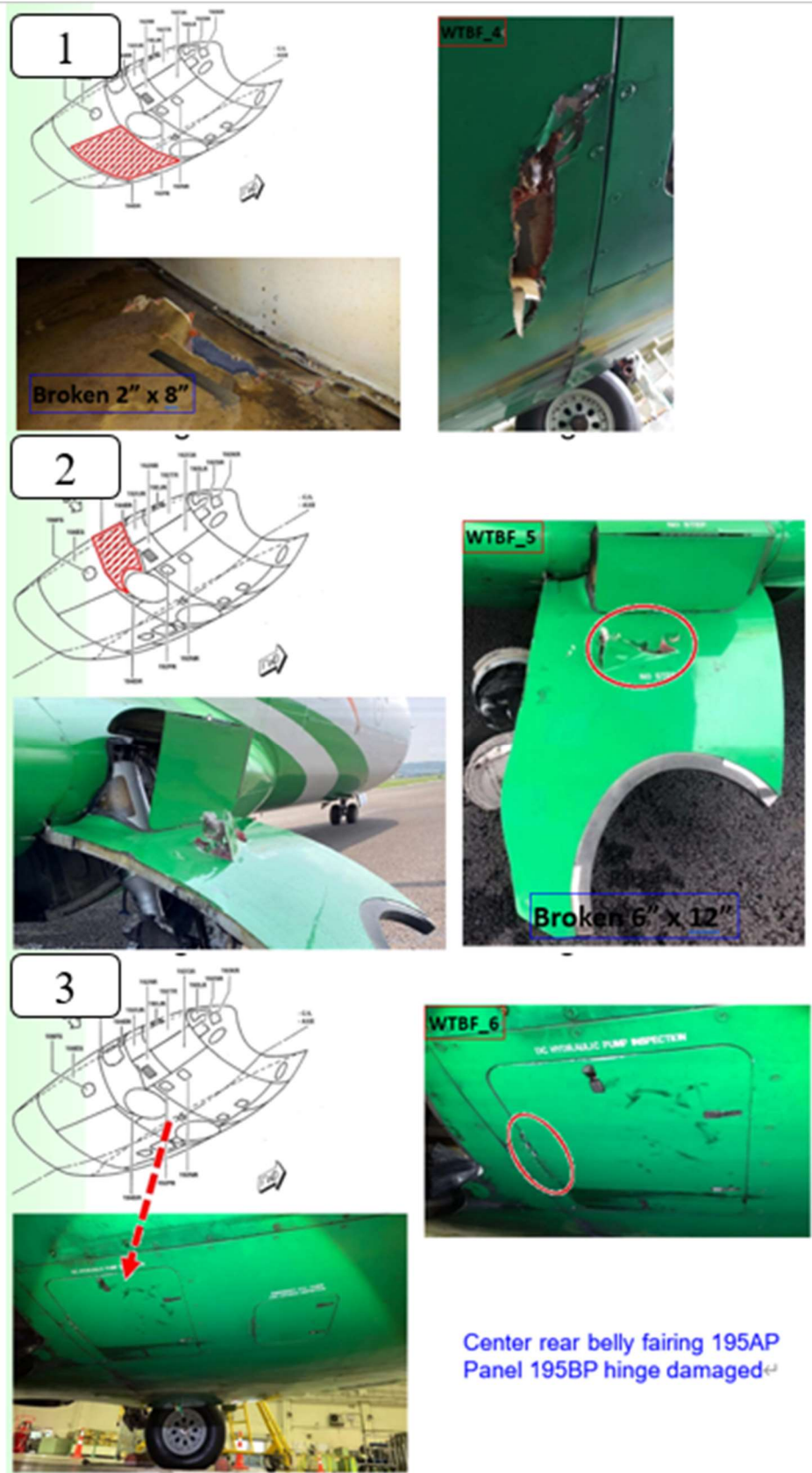


圖 1.12-8 機腹中央及右主起落架外側整流面板破損

### 主起落架整流板區域結構

- 右主起落架整流板區域面板支撐結構變形(如圖 1.12-9 之 1、2、3)。
- 肋框 (rib) 變形 (如圖 1.12-10 之 A-A)。
- 支架 (bracket) 變形 (如圖 1.12-10 之 B-B)。
- 支架變形及配件 (fitting) 及密封座 (seal retainer) 摩擦損傷 (如圖 1.12-10 之 C-C)。
- 角架 (angle) 變形 (如圖 1.12-11 之 D-D)。
- 加強條 (stiffener) 變形及鉚釘剪力破壞 (如圖 1.12-11 之 E-E、F-F)。
- 第 27 號框架肋框及與主起落架撐桿接頭 (rod fitting) 彎曲及裂紋 (如圖 1.12-12 之 G-G)。
- 肋框及整流面板角架變形 (如圖 1.12-12 之 H-H、I-I、J-J)。
- 加油孔護罩 (shroud) 破裂 (如圖 1.12-13 之 K-K)。
- 主起落架整流板加強支撐架變形 (如圖 1.12-13 之 L-L、M-M)。
- 主起落架整流板加強支撐架變形 (如圖 1.12-14 之 N-N、O-O)。

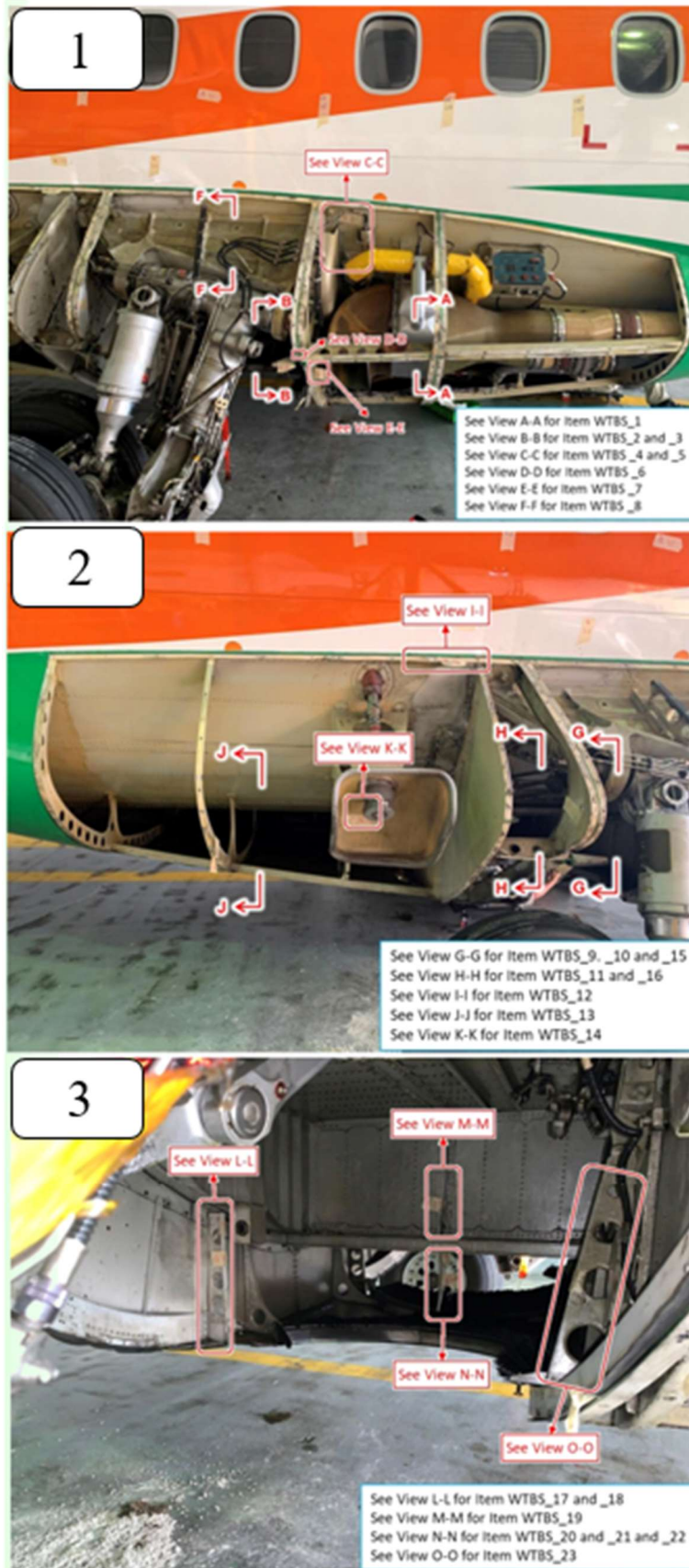


圖 1.12-9 機腹右側整流面板結構破損 (1)

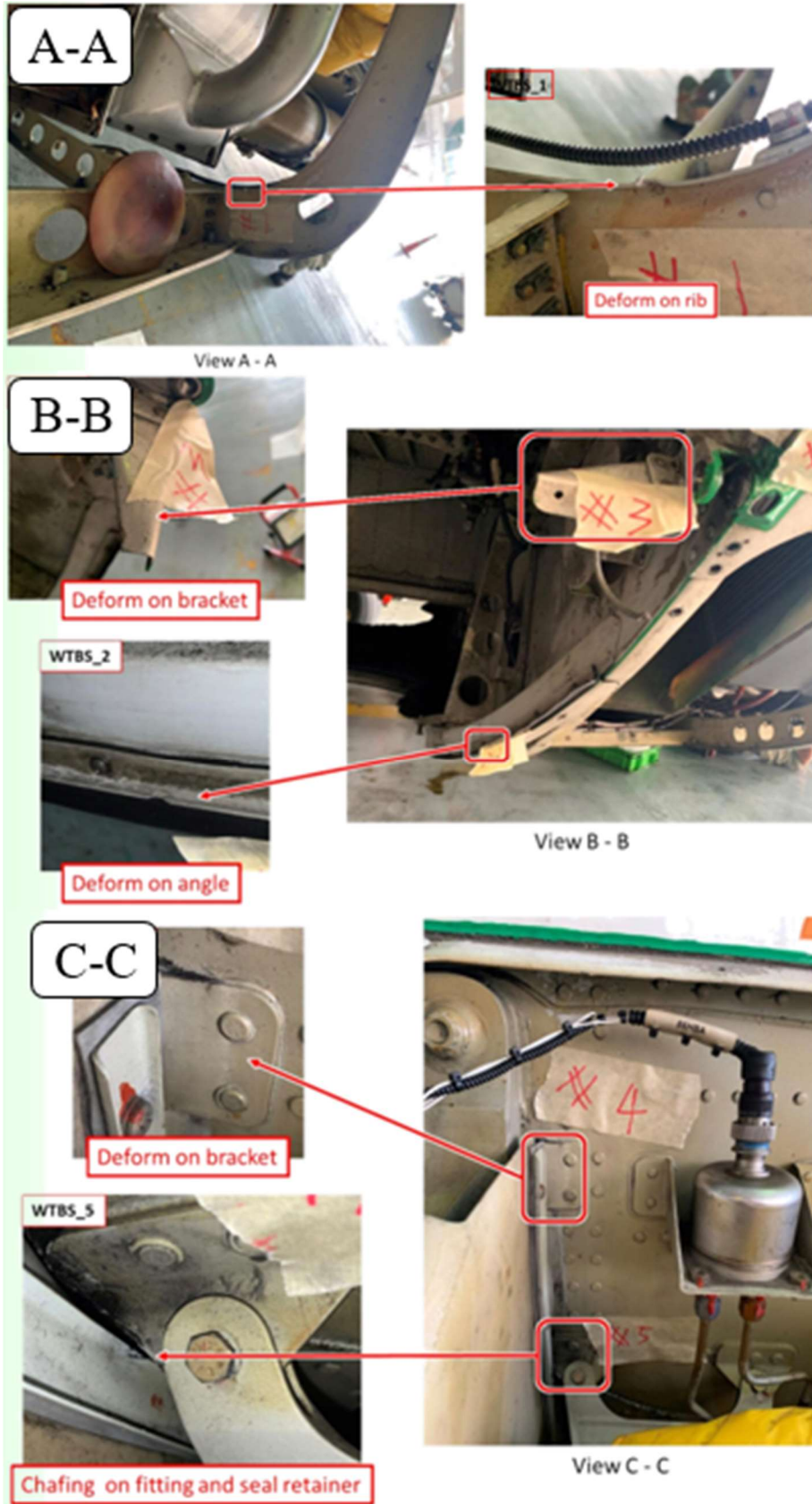


圖 1.12-10 機腹右側整流面板結構破損 (2)

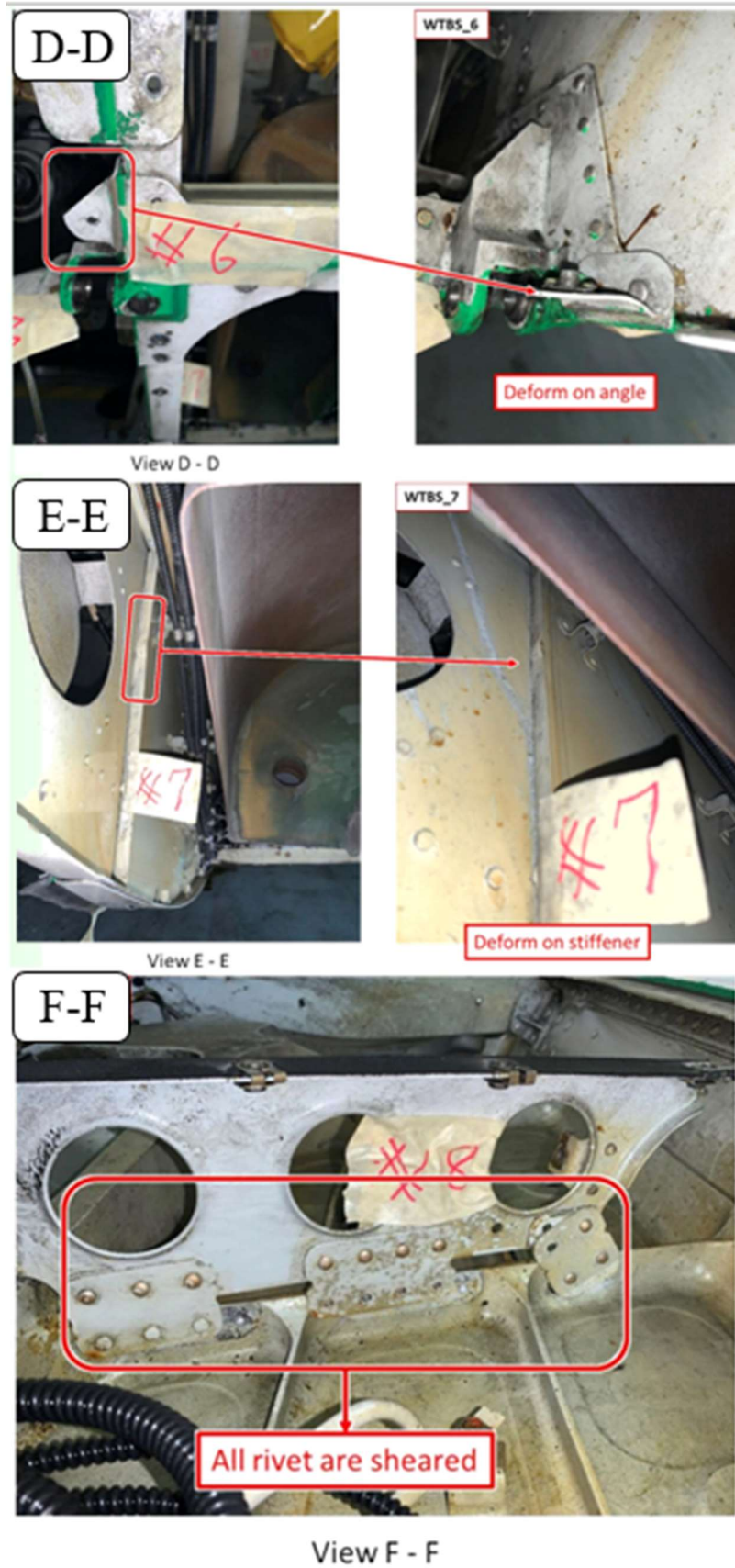


圖 1.12-11 機腹右側整流面板結構破損 (3)



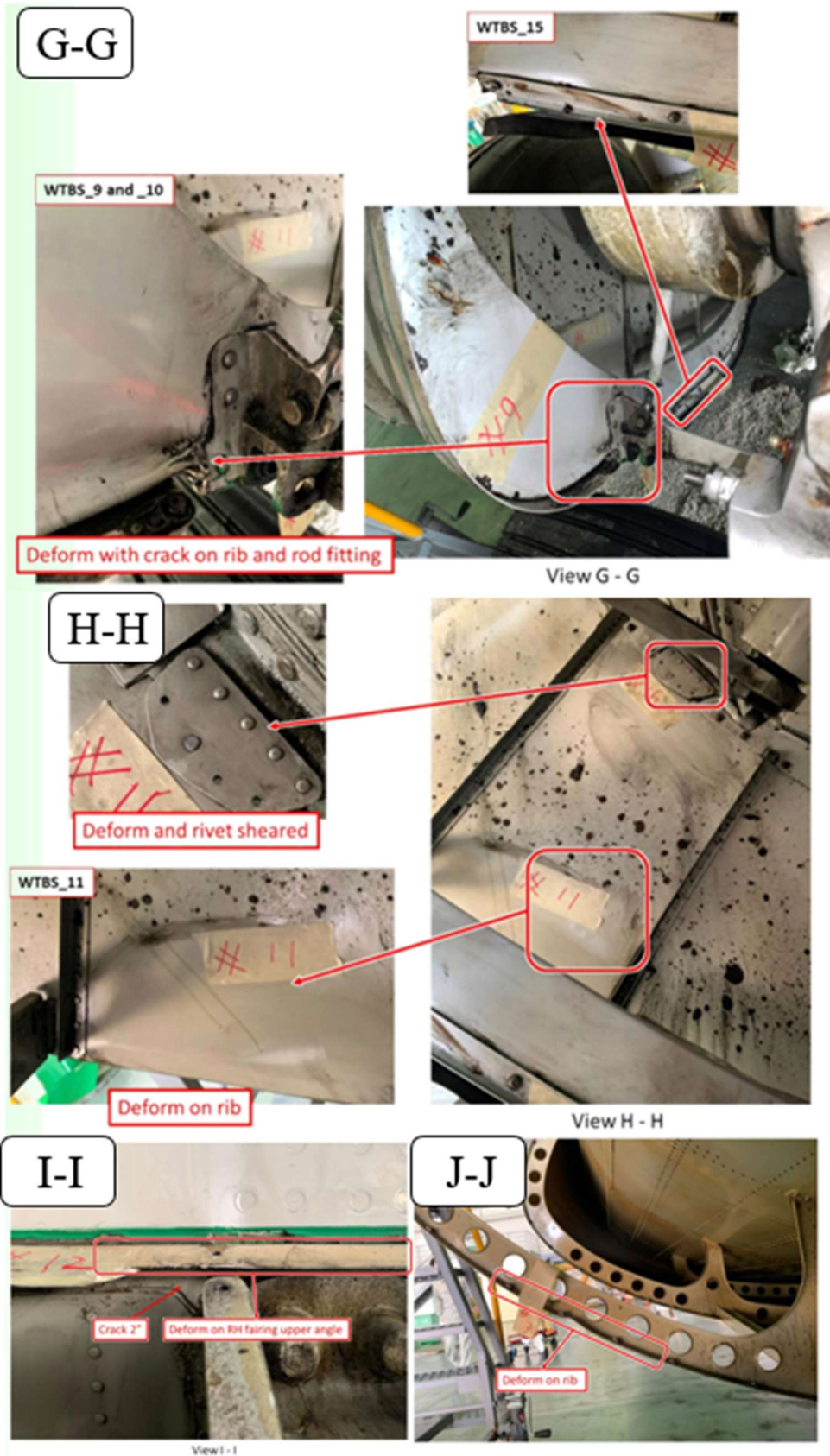


圖 1.12-12 機腹右側整流面板結構破損 (4)

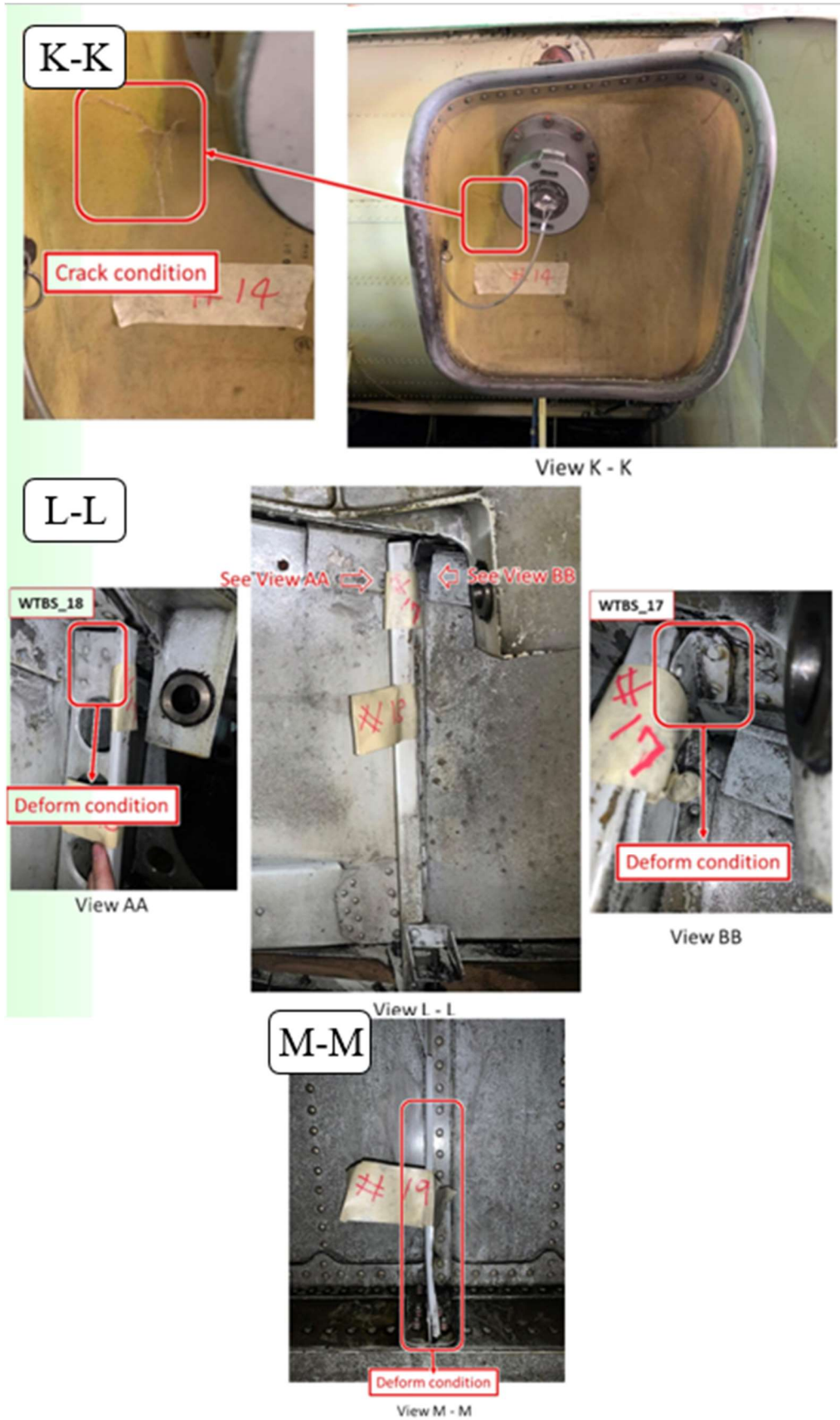


圖 1.12-13 機腹右側整流面板結構破損 (5)

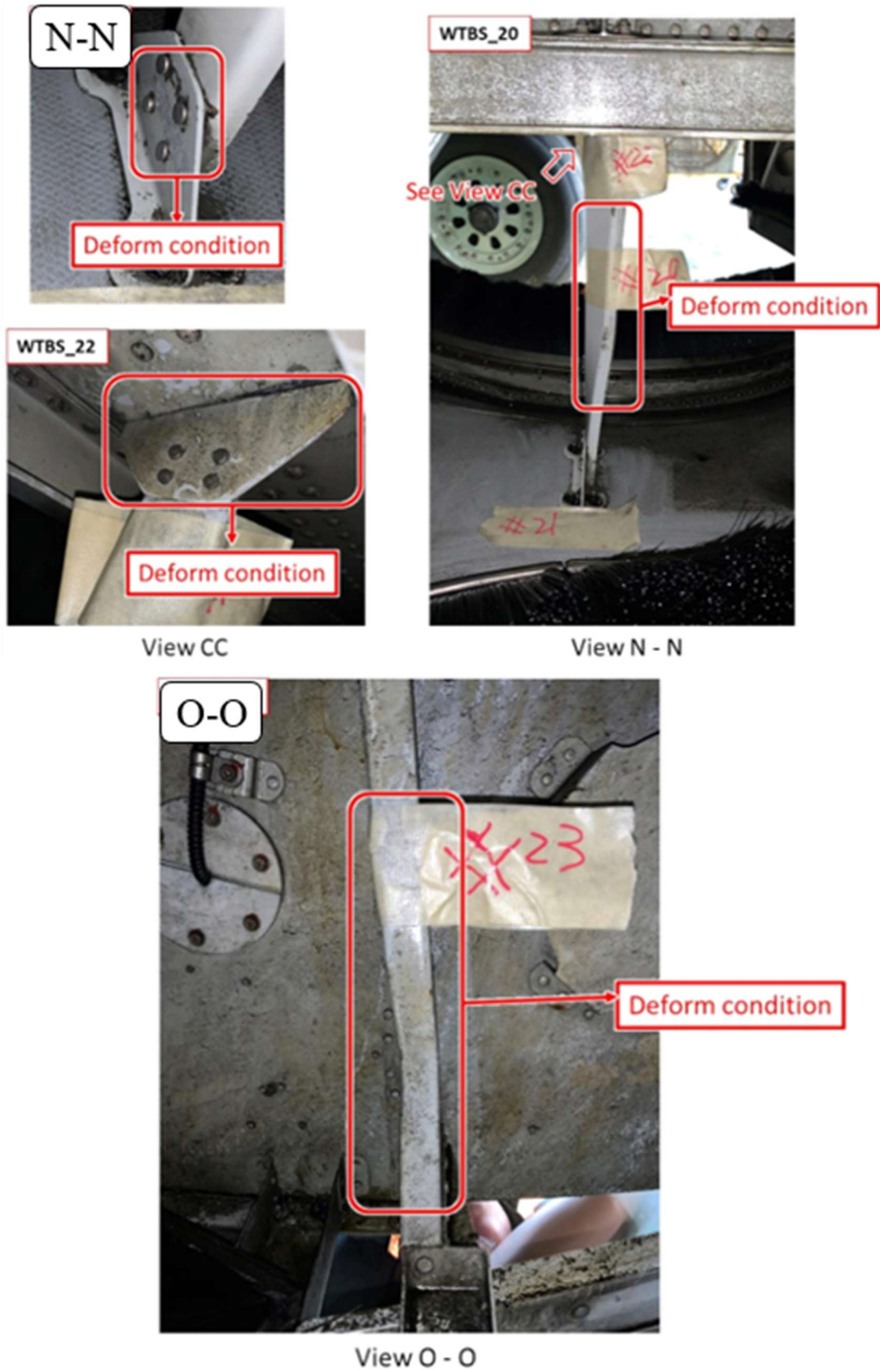


圖 1.12-14 右側主起落架整流面板附屬結構破損 (6)

### 航機尾橇 (tail bumper)

- 航機尾橇有磨擦痕跡，詳如圖 1.12-15。



圖 1.12-15 尾橇受損

### 機身框架、縱桁

- 在第 5、6 號框架間蒙皮及第 28、29 號框架在第 13 號縱桁處蒙皮變形，詳如圖 1.12-16。
- 於第 27 號框架與第 11、12 號縱桁附近有 2 處框架與蒙皮出現縫隙，如圖 1.12-17 之 1；於第 26 號框架與第 12 號縱桁處發現 2 處裂痕，詳如圖 1.12-17 之 2。
- 右主起落架減力桁架構件發現變形、刮傷 (gouge) 與軸承磨擦 (chafing)，詳如圖 1.12-18。
- 機身第 25 與第 27 號框架，經測量框架前緣與後緣並比對後，發現兩框架均因撞擊而產生扭曲變形，詳如圖 1.12-19 (第 25 號框架) 及圖 1.12-20 (第 27 號框架)。

1 Dent on skin of RH fuselage between FR5 and FR6, L: 4.9" W: 2.9" Depth: 0.035"



2 Dent on skin of RH fuselage between FR28D and FR29, STGR 13 and 14, L: 13.3" W: 4.1" Depth: 0.098"

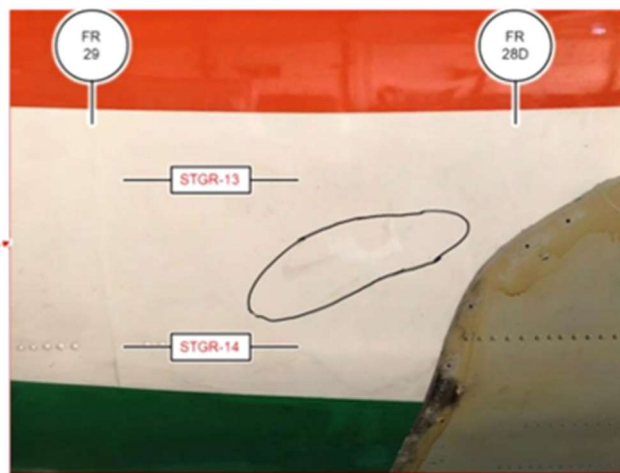


圖 1.12-16 第 5、6 號框架間蒙皮凹痕及第 28、29 號框架皺褶

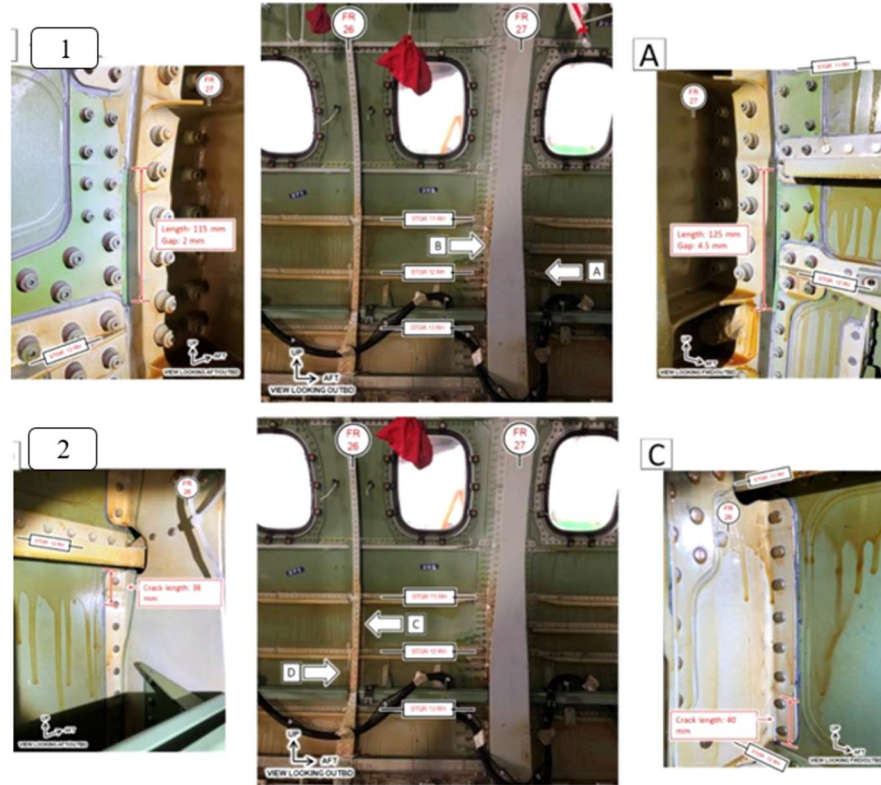


圖 1.12-17 第 27 號框架與第 11、12 號縱桁附近結構受損

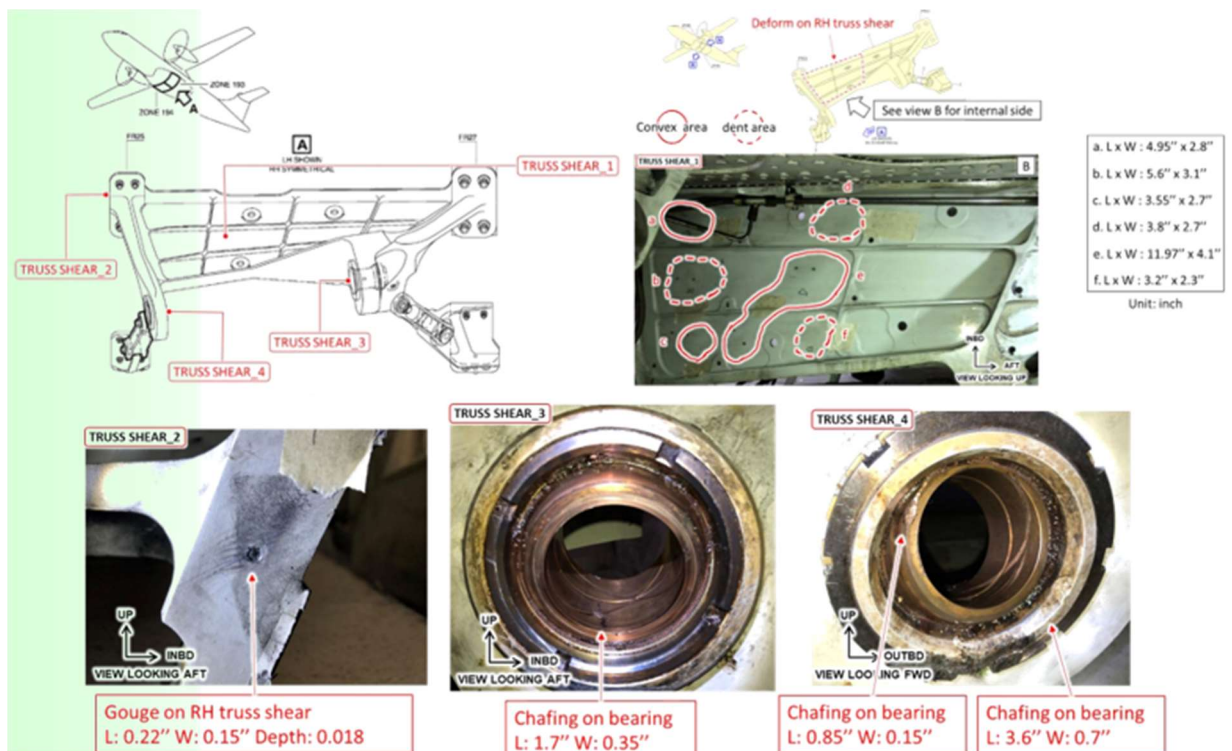


圖 1.12-18 右主減震支柱減力桁架受損

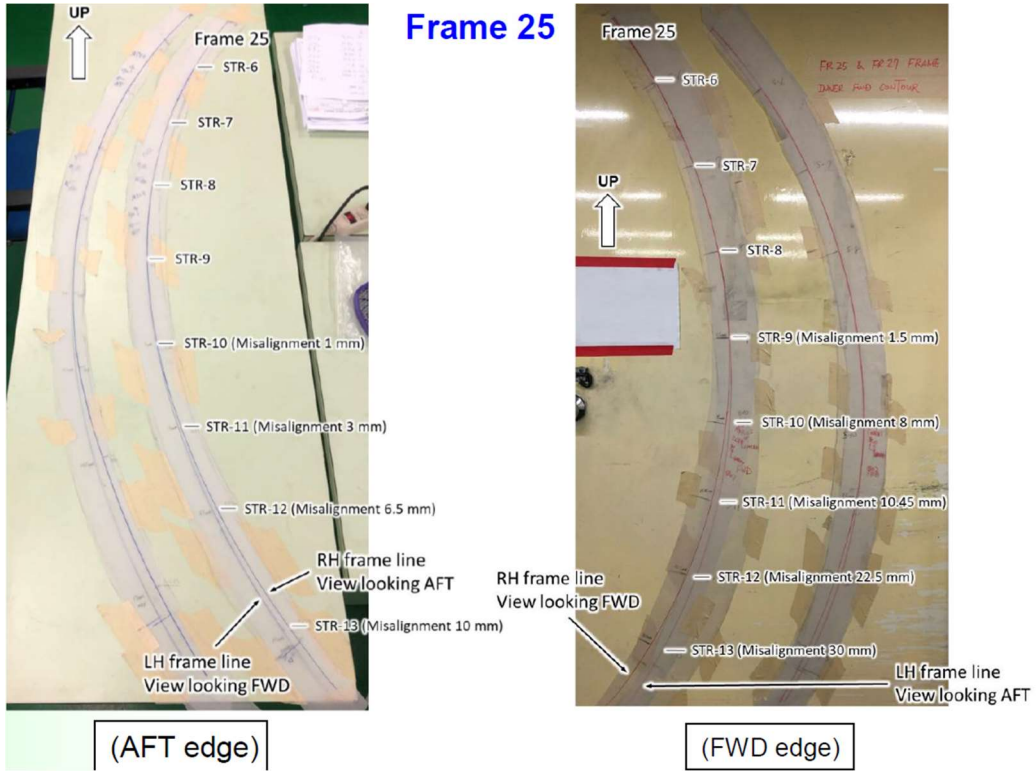


圖 1.12-19 第 25 號框架位移測量

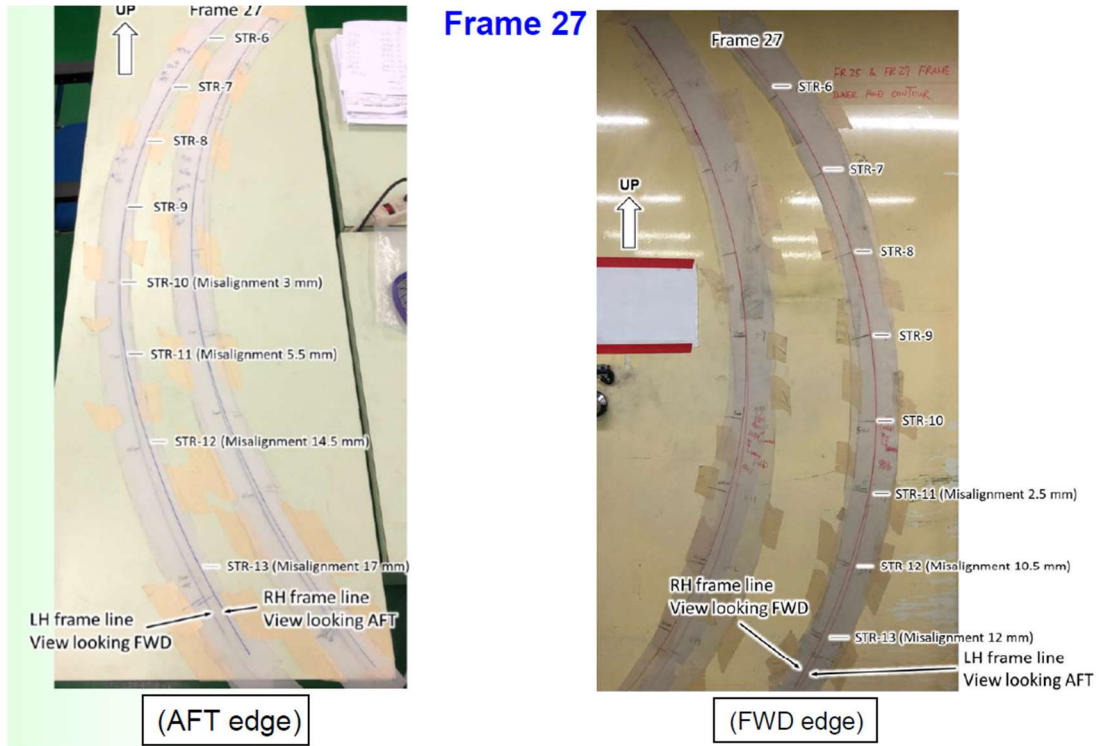


圖 1.12-20 第 27 號框架位移測量

## 1.13 醫療與病理

無相關議題。

## 1.14 火災

無相關議題。

## 1.15 生還因素

無相關議題。

## 1.16 測試與研究

無相關議題。

## 1.17 組織與管理

### 1.17.1 特殊機場訓練

依據立榮提供之書面資料，該公司針對南竿機場之特殊機場訓練（SAP），重點內容如下：

- 目視天氣情況下，03/21 跑道導航性能需求進場（RNP approach RWY03/RWY21 under visual conditions）
- 儀器天氣情況下，03 跑道左右定位輔助臺測距儀進場（LDA DME<sup>31</sup> approach RWY03 under IMC<sup>32</sup> conditions）
- 日間目視天氣情況下，03/21 跑道目視進場（Visual approach RWY03/21 under visual conditions）

目前南竿機場所有跑道之起降僅能由正駕駛員操作（captain only），該公司係依據航空器飛航作業管理規則第 167 條規定，於派遣正駕駛員（機長）執行特殊機場任務前，提供相關訓練。法規條文

---

<sup>31</sup>distance measuring equipment，測距儀。

<sup>32</sup>instrument meteorological conditions，儀器天氣狀況。



如下：

民航局或航空器使用人得依機場或航路之環境因素，指定其為特殊機場或特殊航路。駕駛員除符合下列條件之一，航空器使用人不得派遣其擔任飛航該特殊航路或特殊機場之機長任務：

- 一、應於最近十二個月內至少一次於駕駛艙或飛行模擬機中擔任駕駛員、觀察員。
- 二、由已取得資格之飛航教師、檢定駕駛員帶飛該特殊航路或於該特殊機場完成起降。
- 三、完成經民航局核准之詳盡圖文說明之機場及航路訓練課程。

副駕駛員未接受特殊機場訓練，但於模擬機（FFSII lesson7）、多組員飛機駕駛員訓練（MPL TPM<sup>33</sup> M4C）、初次航路操作經驗（initial operating experience, IOE）及年度複訓時，皆有機會以監控駕駛員身分執行南竿機場進場，訓練過程中對於標準程序執行、南竿機場特性及公司規定，皆有要求。

### 1.17.2 駕駛艙權力梯度

依據立榮提供之書面資料，該公司為避免駕駛艙權力梯度（cockpit authority gradient）過度傾斜，所提供之訓練與相關政策如下：

- 實證訓練（evidence-based training, EBT）針對溝通（communication）、領導力（leadership）及團隊合作（team work）等行為指標進行分析與訓練；另於組員資源管理（crew resource management, CRM）訓練及航務手冊（flight operations manual, FOM）<sup>34</sup>第5章〔HUMAN FACTORS（CREW RESOURCE

---

<sup>33</sup>training procedures manual，訓練程序手冊。

<sup>34</sup>版次為 34，生效日期 2021/04/30。

MANAGEMENT)]] 中亦有相關內容。

透過實證訓練中針對飛航組員溝通能力的適職性分析，建立組員行為指標，鼓勵良好及有效的溝通，並維持公司內部良好的溝通管道，包括航行報告（voyage report）及安全報告（safety report）等。

該公司於管理上，透過實證訓練、年度航路訓練、航行報告及安全報告，來確保飛航任務中是否發生駕駛艙權力梯度過度傾斜之現象。

### 1.17.3 最後進場階段通過最低下降高度後失去目視參考

依據立榮提供之書面資料，該公司針對「最後進場階段通過最低下降高度後失去目視參考」情形，所提供之訓練與相關政策如下：

- 航務手冊「7.9.10. Go-Around」章節提到，進場時必須考慮重飛之情況：

- 於決定高度（實際高度）/最低下降高度（實際高度）時未獲得所需目視參考，或於著陸前未能保持所需目視參考（*If required visual reference are not obtained at DA(H)/MDA(H) or maintained before touchdown.*）

- 目視進場時無法維持目視參考（*If visual reference cannot be maintained during visual approach.*）

- 訓練程序手冊（training procedures manual, TPM）

- 4.6. FFS II LESSON 6 章節，於偏出跑道（runway excursion）項目中，練習於平飄或放棄落地過程中失去跑道目視參考（*Practice loss of runway visual reference during flare and reject landing.*）。

- 9.11.PRE-AIRCRAFT TRAINING 章節，於落地過程目視參考受限（limited visual reference during landing）項目中，教師駕駛員將於航機進場落地接近平飄時逐步調降能見度，學員將於能見度受限時執行重飛（*IP will set +RA and reduce the visibility gradually once*

*aircraft approach to the runway near flare. Trainee will perform G/A once the visibility become limited.*)。

對於飛航組員於「最後進場階段通過最低下降高度後失去目視參考」情況下是否延遲重飛或未重飛，該公司目前無任何裝備可以偵測；惟組員於此情況下應立即遵守重飛規定，若刻意違反規定，其他組員可透過安全報告通知公司。

#### 1.17.4 非精確進場通過最低下降高度後過度低於正確下滑道

依據立榮提供之書面資料，針對如何偵測「非精確進場通過最低下降高度後過度低於正確下滑道」情形，說明如下：

- 需比對進場程序所設計之垂直路徑（designed vertical path）與航機實際飛行距離及高度。

- 本次事故後，該公司已於飛航操作品質保證（flight operations quality assurance, FOQA）系統中，針對 ATR 之 VDEV 參數增設三項監控條件：

- 當航機實施 RNP 進場，快速擷取紀錄器（QAR）記錄為 LNAV 進場模式

- 無線電高度介於 1,000 呎至 50 呎

- VDEV 超過 1 格偏離（連續 3 秒 > 80 呎）

當上述三項監控條件皆符合時，FOQA 系統即會提出警示，再由 FOQA 工程師及飛安督導進行人工判讀，並依判讀結果通知機隊採取必要之矯正措施。

## 1.18 其他資料

### 1.18.1 訪談資料

#### 1.18.1.1 正駕駛員

##### 第 1 次訪談

事故航班為正、副駕駛員當日第一架次任務，表定 0830 時起飛，正駕駛員及副駕駛員各約於 0700 時及 0720 時抵達報到中心，兩人一同檢視天氣及飛航公告（notice to airmen, NOTAM）資訊；南竿機場 21 跑道 RNP 進場之最低能見度標準為 3,600 公尺，當時南竿機場的能見度僅有 200 至 300 公尺，低於落地標準；約莫等待至 0830 時，簽派人員告知南竿機場開場，能見度為 3,800 公尺。

依據維護紀錄簿，飛機無異常；起飛前檢查、旅客登機、後推及發動機啟動等過程一切正常，起飛階段由副駕駛員擔任操控駕駛員，於一萬呎巡航通過鞍部後，正駕駛員接手操控。該次進場使用 21 跑道，依當時抄收之天氣資訊（ATIS H）：能見度仍為 3,800 公尺，裂雲（broken）2,500 呎、疏雲（scatter）300 呎，有靄（mist），風向 180 度、風速 4 浬/時；正駕駛員認為，天氣資訊與實際情況吻合。下降檢查及轉入五邊後一切正常，南竿機場塔臺隨後頒發落地許可。進場速度（Vapp）為落地參考速度（Vref）加 8 浬/時，精確數字已不記得，大約 110 幾浬/時。

繼續進場通過最低下降高度（minimum descent altitude, MDA）時，能見度雖然受到靄影響，但仍可目視跑道的形狀與輪廓，副駕駛員於 500 呎呼叫「stable」時，仍可保持目視。持續進場下降過程中，正駕駛員低頭檢查發動機扭力（torque）、高度表、下降率並調整油門及速度，此時該機進入疏雲，確切的高度無法斷定，只知道失去目視參考（lost visual contact）時高度蠻低的，持續時間沒有很長；當時的下降率約為 660 至 700 呎左右，自動駕駛尚未解除。過程中未注意外面的

情況，副駕駛員亦未特別提醒，再抬頭時看見跑道，因為覺得高度太低所以呼叫「go around」重飛，拉起機頭重飛的過程中聽到「碰」的一聲，當時依循正常的重飛程序進行收起落架等處置。

隨後南竿機場塔臺管制員告知右邊起落架可能受損，但駕駛艙內所有指示與警告燈並未顯示異常，起落架指示燈亦顯示綠燈。正駕駛員考量起落架可能受損，而南竿機場剛才的天氣不好，且為窄跑道，因此不適合再執行一次落地；過程中曾考慮改降桃園機場，因其道面支撐性較佳，但對於乘客較不方便，且距離較近將縮短執行程序的時間；而松山機場流量較低，且公司的維修設施也在那邊，因此決定回航松山機場並向臺北近場管制塔臺提出申請。事故當次任務攜帶 2,500 公斤油料，松山飛往南竿之航行耗油量約為 500 至 600 公斤，因此當時剩餘油量約為 2,000 公斤左右，是足夠的。

回航過程中曾宣告急迫情況 (PAN PAN) 並告知起落架可能有受損情形，同時請臺北近場管制塔臺向松山機場塔臺轉達該機狀況及可能需要協助；由於航管已獲知該機狀況，駕駛艙裡也無異常顯示，因此飛航組員後續未再次宣告 PAN PAN。

隨後，正駕駛員告知客艙組員及乘客起落架可能受損，以及回航松山機場之決定；由於可能會執行緊急落地 (emergency landing)，落地後也可能會偏側出跑道，遂請客艙組員準備四大步驟，客艙組員亦持續回報完成進度。

回航途中，正、副駕駛員討論起落架異常程序，正駕駛員認為重點在於落地後減速及避免偏離跑道之操作；由於油量約剩下 1,200 公斤左右，並不太多，故未進行燃油平衡 (fuel balance)。第一次於松山機場進場採取低空通過 (low approach) 之方式，以利航務組人員協助確認起落架狀況。由於 ATR 駕駛艙中並無胎壓指示，因此當接獲塔臺管制員回報「右主輪爆胎」時，飛航組員才真正瞭解到飛機的實際狀況。

低空通過重飛後，正駕駛員考量右主輪受損，故決定不收起落架，速度保持 150 浬/時，請求航管引導加入航線，重新執行一次進場。過程中，收到松山機場 10 跑道之風向為 290 度、風速 9 至 10 浬/時。正駕駛員告訴副駕駛員，雖有左側尾風但仍在限制範圍內；在右主輪受損情況下，落地時將著陸在跑道左半邊，萬一發生偏側才有足夠空間將飛機停在跑道上。正駕駛員向塔臺告知將停止於跑道上，並請求消防車、乘客接駁車及拖車；五邊時向客艙組員提醒「two minutes to touch down」，落地前 30 秒前提醒「brace brace brace」。

著陸後，正駕駛員盡量操控飛機正直並維持在跑道左半邊。考量使用反推力可能導致方向控制性更差，因此落地後未使用反推力減速，僅使用煞車；減速過程中起落架振動情形明顯，但方向控制沒有問題，飛機保持直線直到完全停止於中心線左半邊。飛機停止後，關掉所有開關，按程序拉起發動機滅火瓶手柄（fire handle），告知客艙組員等候進一步指示。做完程序後，將 FDR/CVR 斷電器拔出，填寫紀錄簿，乘客正常下機後，依規定將電池關閉後離機。

正駕駛員表示，於松山機場落地前有看到航務組車輛於跑道邊待命，但因專注於落地操作，故未注意到消防車之狀況；由於該機剛落地消防車隨即抵達，據此判斷消防車應已前往待命。

正駕駛員認為，事故任務期間與副駕駛員之互動與溝通情況良好，副駕駛員於 ATR 機隊任職之時間雖不長，但並未顯現出驚慌失措，反而能主動提供資訊；針對其不足之處，正駕駛員也予以提醒。

南竿機場跑道設有邊燈，但無中心線燈，由於事故當日進場是在白天，且正駕駛員是看整個跑道的狀況，故未特別注意邊燈是否開啟。跑道長度為 5,180 呎，正常落地情況下可自 A 滑行道脫離，煞停距離沒有問題，也沒有壓力。事故當日於南竿機場進場過程中，未遭遇風切（wind shear）或大陣風（gusty wind）。

正常情況下，正駕駛員執行南竿機場落地時的測場點（aiming point）係對準跑道上的標線（marking）；執行 RNP 進場時，會交互檢查測場點及儀表上的垂直偏差指引（vertical deviation indication），在能見度不佳的情況下，則會以 indication 為主要參考。

基於地障、短跑道、窄跑道、風切等因素，南竿與北竿是兩個風險很高的機場，依據過去進場落地的經驗，在 MDA 高度時，能見度可能會接近標準值的邊緣，每次進場的情況也不一樣；有時能見度報 3,600 公尺，但很早就能看到跑道；有時能見度報 5 公里以上，但到了那邊卻仍看不到，這是比較特殊的地方。針對這類風險較高的機場，正駕駛員個人的建議是「safety first，不要勉強」。

## 第 2 次訪談

正駕駛員表示，事故當日飛經北竿機場上空時，往下可以看見北竿機場，但當時仍距離南竿機場太遠，還看不到南竿機場；因此當下垂直能見度是好的，至於水平能見度則不清楚。

基於 ATR 型機之特性，平日執行非精確性進場時，都會盡量不要去攔截高度（capture altitude），可略高於下滑剖面（profile），以減少工作負荷。事故當日執行南竿機場 21 跑道非精確性進場，通過最後進場定位點（FAF）時，是以略高於高度限制（1,900 呎）通過，後續進場亦略高於下滑 profile，操作方式是透過垂直速度（vertical speed）來控制。由於導航性能需求（RNP）進場並無距離做為參考，當時雖設定南竿測距儀（DME）做為參考，但主要還是依據主要飛航顯示器（PFD）上的 vertical deviation indication 來調整 profile。

當看見 MDA 的標記顯示在高度表上時（two amber bars on altimeter in view），設定重飛高度 3,000 呎，因為同時改變了模式（mode）及高度，飛航模式轉變為 pitch hold，正駕駛員隨即利用 vertical speed 去修正，在高度 capture 情況下，將 vertical speed 加大了一些，以便

及早回到下滑 profile。繼續進場至 1,000 呎（氣壓）高度時尚未看到跑道，有點模模糊糊，故正駕駛員呼叫「autopilot」。

接近 MDA 高度時（approaching minimum），已可看到跑道的形狀、外型，右手邊則是牛角嶺。跑道頭附近因為有靄的緣故，有些地方可以看穿（see through）、看得見，有些地方則是看不見。當時看到跑道的印象是整體的，但對於 piano bar、runway marking 等標線則不太有印象。正駕駛員呼叫「runway insight」，不記得副駕駛員是否回應「check」，但顯然副駕駛員應該看到一樣的狀況；因此繼續進場，仍以 vertical speed 模式保持下滑 profile。

正駕駛員表示，印象中自己在該次進場時沒有太注意簡式精確進場滑降指示燈（APAPI），也無印象曾看見 APAPI，事故後詢問副駕駛員，其亦表示沒有特別注意。因為根據過去飛行南竿機場的經驗，APAPI 在最後進場階段靈敏度很高，只要飛機仰角（pitch）因為調整高度或速度而有一點點變化，APAPI 就會顯示兩白或兩紅，去追這個燈的結果，就會導致五邊高高低低，根本飛不進去，因此覺得 APAPI 沒那麼有參考價值。故通常在執行 RNP 進場時，是以目視及 vertical deviation indication 做為主要的參考。依據自己飛行南竿機場的豐富經驗，vertical deviation indication 非常可靠、準確，但必須靈活地運用它來保持下滑 profile。

繼續進場至 500 呎（無線電）高度時，副駕駛員呼叫「stable」，當時看見跑道的樣貌仍與之前差不多，也就是跑道頭區域不是那麼明確，但可看見整個跑道的外型，有些地方可以看穿，有些地方看不見。依據 38 年的飛行經驗及 vertical deviation indication，正駕駛員當時認為飛機是位在下滑道上。因為狀況仍正常，所以繼續進場。由於空速有點跳動，正駕駛員持續調整發動機扭力，飛機的仰角及偏航角（yaw）則隨之而變，必須持續做細微的調整。



大約 400 呎（氣壓）高度左右，正駕駛員低頭檢查發動機參數，大約一兩秒時間，並努力調整下滑 profile；因為看見跑道形狀的變化，並發覺 vertical deviation indication 快速往下移動，因而推了較大的下降率，一定是看到高了，才會這樣做。增加下降率，速度就會增加，減低下降率，速度就會減小，ATR 沒有自動油門，飛航組員必須隨時注意發動機馬力，這是操作上較為困難之處。之後高度可能慢慢有比較低，正駕駛員認為自己應該有減低下降率。

約莫 300 呎（氣壓）高度左右，當時是否因為專注於維持飛航軌跡 (flight path)，將注意力過於集中在駕駛艙中，而將機場標高 (airport elevation) 200 多呎這個資訊遺忘掉，因為整個過程發生的很快，已記不得。接著進雲、失去目視參考 (lost visual contact)、看不見跑道，可能有一點延遲；正駕駛員決定重飛，推油門並把機頭帶起，緊接著就發生撞擊，同時間才再次看到跑道。沒有注意到 300 呎高度已距離機場標高非常近，著手重飛的高度太低了，應該是失去狀況警覺 (situational awareness lost)，也可能是飛了這麼久，太有自信了。

正駕駛員表示，進場過程中並未覺得高度低了，當時係依據 vertical deviation indication 操作，當它的指示離開中間，就會趕快調整讓它回來。事故後經由數據得知飛機事實上是低於下滑道，此部分是否因為 vertical deviation indication 在越接近道面時靈敏度越高，或者使用 vertical speed 去調整會有遲滯性所致，但自己並不是用很極端的操作去調整。事後回想，當時之所以那麼篤定地認為可以繼續進場，也許是憑藉自己的自信跟經驗，或者因為太相信 vertical deviation indication；因為之前的經驗，vertical deviation indication 是很準的，雖然它有時候跑得很快，但只要追得上，是可以保持在下滑道上。當時沒有解除自動駕駛 (autopilot)，可能是心想隨時會重飛，所以沒有解除。

副駕駛員可能沒有呼叫「go around」，因為正駕駛員曾向副駕駛

員提到落地前可能遭遇下沉氣流 (downdraft)，請其幫忙注意扭力，及速度不要低過  $V_{ref}$  以下；副駕駛員可能在幫忙確認這些東西，等到他回過頭來，正駕駛員已著手重飛，但當時的高度已經低了，接著就發生撞擊。正駕駛員記得副駕駛員並沒有多作提醒，表示他看的東西應該跟自己一樣。至於副駕駛員是否受到權力梯度 (power distance) 的影響而不敢講話，正駕駛員雖不確定，但覺得應該沒有，因為正駕駛員自認並不是那種只會罵人，自己卻亂七八糟的飛行員。事故後副駕駛員曾表示，原本也準備要呼叫重飛，但因為正駕駛員已經著手重飛，所以沒有機會呼叫。

關於副駕駛員於訪談中提到，300 呎時曾感覺遭遇下沉氣流，正駕駛員對此並無特別感覺，認為應係空速不穩定現象，飛行南竿機場每天都會遇到，除非靜風情況下，但那是不可能的事。

對於執行南竿機場進場落地，同時要注意外界，以及使用 vertical speed 來調整控制下滑 profile，正駕駛員並不覺得困難。由於南竿機場跑道兩端都有嚴重的下沉氣流，因此操作上都盡可能地保持自動駕駛，使用 vertical speed 調整到最後，直到確定可正常落地才會解除自動駕駛，藉以減輕工作負荷 (workload)。ATR 機型的特性是，油門桿移動一點點就會造成扭力很大的變化，仰角及偏航角等姿態也會馬上跟著改變，此型飛機最大的困難點在於速度控制，而這也是為什麼自己在事故任務中會如此專注在發動機參數的緣故。因此無論自己飛行或者擔任教官時，都會強調不要太早解除自動駕駛，專心將速度控制好，即使在南竿以外的機場也是如此。手冊中規範自動駕駛的最低使用高度，為高於機場平面 160 呎；一般而言，飛航組員於正常進場落地通過 500 呎、呼叫 stable 後，大約 400 呎左右就會解除自動駕駛，因此通常可以符合此項限制。但實際上沒有人會特別去按照這個數字操作，而是很自然的反應。

針對公司 ATR 機隊未購買 VNAV 功能，正駕駛認為，在沒有自

動油門的情況下，飛航組員仍須手動調整動力輸出，無法減輕多少工作負荷。原廠雖曾提供這個選項，但經過機隊討論後，覺得效益不大，故未購買。在此情況下，自動駕駛無法直接依照 vertical deviation indication 飛行，公司 ATR 機隊所有非精確性進場的垂直路徑（vertical path）控制，都是利用 vertical speed 模式。

正駕駛員表示，幾乎每周都會飛行南竿機場，事故當月則是天天有南竿任務。因為南竿機場兩端是懸崖，無線電高度在南竿的作用並不大，進場時駕駛艙並不會自動播報 100 呎、50 呎，一般只會播報 30 呎、20 呎，接著就要落地了。在過去飛行南竿的經驗中，雲一層一層的情況並不常見，總共遇過兩三次；天氣報疏雲 200、300 呎的情況很少，有時未報疏雲，但進場過程中卻會看到一些像霧氣的東西，還是可以隱隱約約看穿過去（see through）。曾有過幾次經驗，在可以看穿過去的情況下，通過那一點點的雲後就明朗（clear）了，當然過程中還是會做好重飛的準備。事故當日是不是有一點錯覺（illusion），並不確定。

正駕駛員認為，自己在三、四十年的飛行生涯中，是個自律甚嚴的人，公司也才會委以訓練、標準、考驗、總機長等重任。反省自己發生的狀況，是不是對自己太有信心、太有把握，因為之前也曾遭遇類似的天氣狀況，總以為，在可以目視但不是那麼清楚的情況下，穿過之後應該都可以看得見、可以落地。

南、北竿兩個機場的風險很高，過去擔任總機長期間，每天最擔心的就是這兩個機場的作業。公司過去使用 Dash-8 機種，操作上受限於航電系統，只能目視飛行，但是當飛機航電系統精進，風險與困難度卻是增加的，因為進場限制降低了，對飛航組員而言是更加危險。

公司 ATR 機隊所發生的不正常事件，包括偏滑（skid）、重落地等，幾乎都發生在南、北竿機場，雖說所有派遣皆符合規定，但舉例而言，北竿機場 03 跑道的起飛發動機失效程序，飛行員必須立即反

應以避開地障，跑道又只有三千多呎，對於新進機長而言，仍造成很大的壓力。真的發生了，不知道有多少飛航組員可以辦到，是否每天都在測試運氣。

### 1.18.1.2 副駕駛員

事故當日報到後，先與正駕駛員確認天氣資料，當時南竿機場為關場狀態；約 0830 時獲知南竿機場開場後，隨即與正駕駛員進行飛行前準備，並按照正常程序執行飛航任務。依據到場前接獲之天氣報告，能見度為 3,800 公尺，比較 margin，低雲 300 呎。通過最後進場定位點（FAF）時，可以目視位在下方的北竿機場，但因為南竿機場當地有薄霧，繼續進場至高度 1,000 呎時，尚未看到跑道。繼續下降至 MDA 前，約 900 呎至 870 呎間，看到跑道道面，因此繼續進場，至 300 呎前都可以看到跑道；500 呎時檢查仰角、高度及速度都正常且航機位在下滑道上，故副駕駛員呼叫「stable」；約於 300 呎時，副駕駛員感覺該機遭遇下沉氣流（down draft），未遭遇風切，遂低頭檢查儀表確認姿態及速度是否正常，當時下降率約介於正常值 600 至 800 呎/分之間；再抬頭時，約莫 200 呎左右，已看不見外面（lost visual contact），約莫一兩秒後正駕駛員呼叫 go around，著手（initiate）重飛後又可以看到跑道，在發動機推力（power）還沒上來前聽到碰撞聲響，當時約位在跑道頭 threshold 前的位置，尚未進入跑道；不記得該次進場正駕駛員解除自動駕駛的時機。

重飛後依程序收起落架時，除了收起的過程較平常所需的時間稍長之外，儀表上的起落架指示燈顯示正常；塔臺管制員約於該機爬升至 1,000 呎高度時告知鼻輪疑似受損，正駕駛員遂決定返航松山機場，途中曾與正駕駛員複習手冊中的「landing with abnormal landing gear」程序。

自重飛至返航過程中，駕駛艙未出現任何警告或警示，除了在檢查系統頁面時，發現客艙高度顯示為負四、五千較為特殊外，其餘顯

示皆正常。依正常程序放下起落架後，儀表上的起落架指示燈顯示正常。在航管的安排下，先於松山機場執行一次低空通過（low approach），以便塔臺管制員協助確認起落架受損情況；隨後塔臺管制員告知右起落架內側輪胎缺損，外側輪胎爆胎，機長決定不收起落架，保持於放下位置。

重飛至再次進場期間，正、副駕駛員再次複習「landing with abnormal landing gear」程序，該程序未有與煞停距離相關之內容，落地時依該程序關閉兩具發動機供氣（bleed），著陸時正駕駛員刻意著陸於跑道左側，依正常程序減速，關閉發動機並拉起兩具發動機滅火器手柄，由於確認發動機並未著火，因此未擊發滅火瓶。

事故航班為副駕駛員當日第一趟飛航任務，事故當時之生理與心理狀況皆正常。副駕駛員曾與正駕駛員搭配飛行 5 次以上，包括事故任務在內，與正駕駛員於飛行中之互動與分工情形正常，未因正駕駛員為教官身分而有所不同。

南竿機場無論使用 03 或 21 跑道進場，容易於低高度遭遇下沉氣流，公司在飛航公告（NOTAM）中有提到需特別注意速度、仰角、發動機扭力，副駕駛員在任務前提示中會複習到。南竿機場的天氣較不穩定，一旦能見度稍微高於起降標準就會開場，讓飛航組員實際去嘗試，有時天氣資料更新的不夠快，抵達當地後才發現實際天氣狀況與預報值有所差距，導致飛航組員應變的時間較短。事故當次任務，南竿機場當地的實際天氣狀況與自己所收接到之內容（information hotel），在能見度方面是差不多的，但雲高則不太一樣。

### **1.18.1.3 於事故航班後嘗試南竿機場 21 跑道進場之飛航組員**

為瞭解南竿機場於事故時段之天氣狀況，及該機場進場落地操作特性，調查小組於事故後訪談事故當日立榮 B7-8755 及 B7-9095 兩航班共計 4 名飛航組員。

此兩航班與事故航班相同，皆由松山機場飛往南竿機場；其中：

B7-8755 航班，表定 0915 時起飛，1010 時到達，實際約於 0937 時起飛。事故航班（B7-9091）執行南竿機場 21 跑道進場於 1006 時重飛後，因機場進行道面檢查作業，故 B7-8755 航班約於 1014 時加入 NACRE 等待航線。隨後執行 21 跑道進場，約於 1033 時、高度介於 500 呎至 300 呎之間重飛，原定返航松山機場，後因機場關場而轉降臺中清泉崗機場。

B7-9095 航班，表定 0935 時起飛，1030 時到達，實際約於 0957 時起飛。因管制員告知南竿機場能見度下降至低於落地標準，故約於 1034 時加入 NACRE 等待航線，最後轉降北竿機場並於 1055 時落地。

飛航組員之訪談紀錄摘要，依主題分類綜整如下：

#### 南竿機場天氣狀況

B7-8755 飛航組員表示，切換至南竿機場塔臺波道後，管制員曾提醒「touch down 附近的能見度可能有問題不行的話就麻煩重飛」。進場過程在遠處即已看到跑道，下降至 1,000 呎時，21 跑道頭懸崖前方、低高度非常貼近跑道的一小段，有薄薄一層類似霾或霧，不像雲那樣的扎實，因為非常的薄，故仍可依稀看到跑道頭；除此之外，跑道其餘部分及為在左側之 APAPI 都可以很清楚地看到，在 1,000 呎時覺得沒有影響。

下降通過 500 呎呼叫「stable」後，看到那一層薄雲阻擋到跑道頭前面，雖然依稀可以看到跑道頭，但於 400 呎至 300 呎之間，APAPI 變得有點迷濛，對飛航組員於著陸區的判斷及平飄操作，產生一定的影響及威脅，且塔臺管制員已提醒跑道頭能見度不好，故飛航組員於進入那層薄雲前，即決定重飛。

南竿機場的特性是天氣千變萬化，即使前後兩架進場航機相距時間很短，但能見度、雲高或亂流等天氣狀況卻可能完全不同。加上五

邊進場快接近跑道時會遭遇下沉氣流，東北季風來臨時，亂流及風切現象會特別嚴重，因此進場須特別注意速度，飛航組員隨時要有重飛的準備。

依過去經驗，進場下降通過 MDA 後又進雲的狀況並不常見。

#### 南竿機場非精確進場操作方式

五邊進場須比對航圖上通過各點的高度限制，確認各距離所對應的高度，並依據地速選擇適當的垂直速率來修正垂直路徑。PFD 上之 vertical deviation pointer 或 FMS 中之 VDEV，亦是可用的輔助資訊之一，主要用於進場前半段，可用來交叉比對，並非最主要的參考項目。外界環境則主要參考 APAPI。

對於 vertical deviation pointer 及 VDEV 之精確度，飛航組員皆表示正常、準確。

#### 對南竿機場之建議

希望能提升為精確進場，天氣觀測系統能更加準確，塔臺管制員針對天氣狀況能給予適度提醒。

#### **1.18.1.4 南竿機場塔臺管制員**

受訪者輪值南、北竿塔臺管制員已接近 7 年，南竿塔臺為單一席位，此次輪值時間為 5 月 1 日至 16 日，每天 0630 時至 1830 時值班。

事故當日天氣整天矇矓的有靄，早上 21 跑道有一些時間低於起降標準，至 0825 時才開放。因為有靄，五邊進場時於北竿附近是靠落地燈目視事故航機，降至高度約 400 呎時無法以肉眼目視，用望遠鏡也看不到，於是交互看航情顯示器監控該機的高度變化及目視觀察，該機高度接近零時，再回頭看跑道頭，發現該機疑似撞到東西，零件噴飛，急速拉高重飛。受訪者指示該機依誤失進場程序保持 3,000 呎，交由近場臺管制。因觀察到跑道疑似有異物，遂暫停跑道起降，並通

知航務室及消防班進跑道巡視。航務室告知發現一個輪胎和零件，清除異物後於 1024 時跑道恢復起降，下一架立榮 8755 班機於 1031 時因為看不到跑道而重飛。

事故當時 21 跑道頭的左側至東方海面有低雲，該機撞擊跑道頭之前無法目視該機。一般常見是中層，薄薄的雲，飛機進去一下很快就出來了，這次這麼低的雲類似海霧很罕見。每年 4 至 6 月是馬祖的霧季，天氣變化很快，海霧會突然爬上來，一會又消散，氣象人員便會忙於編報天氣，有新的天氣報會立即通知在空機。

#### 1.18.1.5 南竿機場氣象臺氣象員

受訪者擔任南竿氣象臺氣象員約 11 年，南竿氣象臺為單一席位，每年 3 月至 6 月霧季的值班時間為 0430 時至 1900 時，此次輪值時間為 5 月 8 日至 24 日。南竿機場是唯一位於山上的離島機場，機場特性比較不同。一般來說，3 月中到 6 月中是馬祖的霧季，4、5 月最明顯，會產生低雲或海霧，天氣變化比較快，此現象在鋒前暖區較容易發生，偶爾鋒面過後也有低雲起霧的狀況；鋒前暖區因為是平流霧，西南風越強，霧越大，且持續時間長，整天都是霧。

事故當天西南風不大，但是因為在鋒前暖區，所以也有起霧。當天早上 0430 時只有海霧，機場未起霧但有靄，能見度約 4,000 公尺，有一些低雲約 300 呎，低層裂雲雲幕高約 600 呎；6 點多海霧上來，機場起大霧，8 點多霧退往海面，海面上低層雲幕慢慢消散為疏雲，能見度變好但仍有靄，肉眼觀測能見度為 3,800 公尺，較 AWOS 測量值為低。進行 1000 時天氣觀測時，北竿方向的天氣變好，能見度 4,500 公尺，海面上有低層疏雲飄移，高度約 300 呎，裂雲雲幕高 2,500 呎，北面航道上沒有特別明顯的低雲；之後天氣因視障影響慢慢變差，1030 時能見度低於起降標準。

受訪者在外面觀測天氣時，有看到事故航機在五邊進場的燈光，回到室內看到該機在跑道頭以很大的角度爬升，有東西掉下來，右邊



起落架沒有收好。在南竿常見飛機重飛，一種是看不到跑道後在高高度重飛，另一種是飛機已經過跑道頭，因為風的影響而重飛，沒有看過當天這種重飛樣態。

## 1.18.2 飛航操作相關手冊內容

### 1.18.2.1 南竿機場相關規定

#### 航務手冊 (FOM)

APPENDIX 6.1: AIRPORT OPERATING RESTRICTIONS 章節提到：南竿機場所有跑道之起降，均須由正駕駛員執行。

APPENDIX 6.2: DESIGNATED SPECIAL AIRPORTS 章節提到：南竿機場因受山陵地形影響，被認定為特殊機場。

#### 公司組員通告 (Company NOTAM) <sup>35</sup>

1. 飛航組員須向航管申請標準儀器到場航線或告知希望進場的方式。

2. 注意兩側跑道於低高度，離地高度 300 呎至著陸期間，可能會有大陣風及空速驟降情形。於接近跑道時，可能遭遇非預期下沉氣流。勿使航機空速低於正確進場速度過久，平飄即將著陸時，避免為減低下降率而進行忽然、劇烈及大操作量的帶桿，以防止機頭過高及機尾觸地。監控駕駛員應立即呼叫任何不正常狀況。

---

<sup>35</sup>版期為 Jan-06-2021 R01 of 2021。

原文摘錄如下：

1. *Pilots need to request STAR or approach intention to ATC.*

2. *Be cautious of possibly gusty condition and sudden speed lost at low altitude from 300ft AGL till touch down in both runway directions.*

*An unexpected downdraft might be encountered when approaching runway. Do not fly below correct Vapp for prolonged time. Avoid sudden abrupt and large pull on the yoke to save the sink rate at the very last moment during flare to prevent nose high and tail strike. PM should call out any abnormal parameters immediately.*

飛航操作補充手冊 (flight operations supplementary manual, FOSM)

36

3.10.8. MATSU - NANGAN (RCFG / LZN) 章節提到：

位置…南竿機場為特殊機場。

氣候…依據操作經驗，即使是輕微不定的風，都會讓兩側跑道的短五邊產生明顯的上升或下沉氣流。於此機場操作時，須時刻提防速度或升力於短五邊時降低。…

跑道…減速時煞車使用須小心計劃，特別是降落於具下坡角度的 21 跑道。由於位置的限制，跑道並未設置跑道終端安全區域。而採減少跑道公告長度（少 120 公尺），將該部分作為跑道終端安全區域以為替代。…

進場…RNAV21 進場<sup>37</sup>，所有高度限制包含下降航點（DF）<sup>38</sup>皆需遵守，以迴避地障。同時，避免誤認北竿 21 跑道為落地跑道。於

---

<sup>36</sup>版期為 Mar-22-2021 R20。

<sup>37</sup>應為 RNP APCH 21。

<sup>38</sup>應為 Direct to a fix 或 Direct track fix。

儀器天氣下，需遵從接近地面警告系統的警示。

原文摘錄如下：

*Location...Nangan airport is a special airport.*

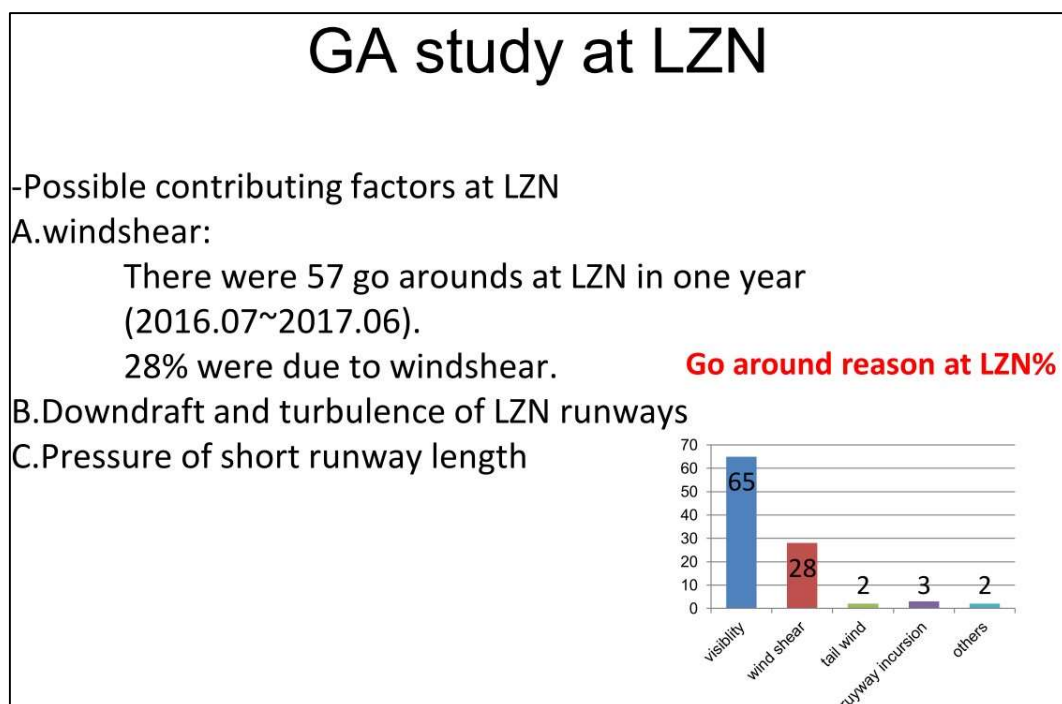
*Weather...According to operational experience, even with light or variable wind, distinct updraft or downdraft could still exist on short final at either runway. Always be ready for speed or lift drop on short final when operating into this airport. ...*

*Runway ...Braking application for stopping should be carefully planned especially when landing on Runway 21 with downhill slop. Due to site constraints, runway end safety area are not available. A reduced runway declare distance (120m less) is made for runway end safety area alternatives. ...*

*Arrival...For RNAV 21 approach, all altitude restriction including Descent Fix (DF) must be followed in order to avoid terrain, and do not mistake Beigan runway 21 as landing runway. Respect GPWS warning in case in IMC.*

ATR 避免機尾觸地教材 (ATR tail strike avoidance material)

立榮 ATR 避免機尾觸地教材，主要包含案例分享、原因探討及避免方式等內容。其中關於南竿機場，除說明周遭氣流紊亂之原因外，亦提到 2016 年 7 月至 2017 年 6 月一年期間之重飛統計資料，總計發生 57 次，其中與能見度 (65%) 及風切 (28%) 因素相關者佔比最高。該文件針對南竿機場進場亦提出 5 點注意事項，著重於風切狀況之相關提醒，其中包括航機進場速度設定，進場過程中空速可能急遽變化，及航機落地煞停性能計算等。教材內容摘錄如下：



### Inner Office Communication

此內部文件提到，立榮原規定正駕駛員自其升訓過程之第 3 階段起算，累積擔任操控駕駛員 100 個航段，再完成為期兩日之特殊機場訓練後，即可派遣北竿及南竿機場任務。自 2020 年 5 月 5 日起，正駕駛員須於升訓完成後，才開始計算擔任操控駕駛員之航段，累積 100 個航段後，才接受為期兩日之特殊機場訓練。

### 1.18.2.2 穩定進場條件

立榮航務手冊(FOM)有關穩定進場條件(stable approach criteria)之內容，摘錄如下：

進場過程，於儀器天氣情況下須於航機通過機場標高 1,000 呎前，或目視天氣情況下須於航機通過機場標高 500 呎前，達成穩定進場條件。

註：對渦輪螺旋槳機隊，不論儀器或目視天氣，均須於通過機場標高 500 呎以上，達成穩定進場條件。

穩定進場之條件如下：

- a. 航機位於落地於跑道中心線與著陸區內的正確飛行路徑上。
- b. 維持此正確飛行路徑僅須小幅度的航向與俯仰調整。
- c. 航機速度不超過進場速度+15 湮指示空速，且不小於落地參考速度；
- d. 航機為正確的落地外型；
- e. 下降率不超過 1,000 呎/分；若進場需要超過 1,000 呎/分的下降率，需進行特別的提示；
- f. 動力設定符合航機狀態且不得低於飛航組員操作手冊所定義之進場最低動力設定；
- g. 完成所有提示與檢查表；
- h. 特定進場程序須同時滿足下列條件始為達成穩定條件：
  - 儀器降落系統進場須保持在下滑道指標及左右定位台指標偏移量一個點（1 dot）內
  - 左右定位台進場須保持在左右定位台指標偏移量一個點以內
  - 特高頻多向導航進場須保持在少於二分之一偏移量的幅向內；

歸航臺進場須保持在所需方位的 5 度偏移內

●在環繞進場時，機翼須在航機通過機場標高 300 呎的五邊前即保持水平

i. 特定的進場程序或是不正常狀態下而須偏離上述穩定進場條件時須做特別的提示。

原文摘錄如下：

#### *7.8.4. Stable Approach*

...

*An approach shall be stabilized by 1,000 feet above airport elevation in instrument meteorological conditions (IMC) and by 500 feet above airport elevation in visual meteorological conditions (VMC).*

*NOTE: For turbo propeller fleet is 500 feet above airport elevation in either IMC or VMC.*

*An approach is stabilized when all of the following criteria are met:*

*a. The aircraft is on the correct flight path to land on the runway center line and within TDZ;*

*b. Only small changes in heading/pitch are required to maintain the correct flight path;*

*c. The aircraft speed is not more than  $V_{app} + 15$  KIAS and no less than  $V_{REF}$ .*

*d. The aircraft is in the correct landing configuration;*

*e. Sink rate is no greater than 1,000 fpm; if an approach requires a sink rate greater than 1,000 fpm, a special briefing should be conducted;*

*f. Power setting is appropriate for the aircraft configuration and is not*

*below the minimum power for approach as defined by the FCOM;*

*g.All briefings and checklists have been conducted;*

*h. Specific types of approaches are stabilized if they also fulfill the following:*

- *ILS approaches must be flown within one dot of the glide slope and localizer;*
- *LOC approaches must be flown within one dot of localizer;*
- *VOR approach must be flown within the radial less than 1/2 deflection; NDB must be flown within less than 5 degrees from required bearing;*
- *During a circling approach, wings should be level on final when the aircraft reaches 300 feet above airport elevation;*

*i.Unique approach procedures or abnormal conditions requiring a deviation from the above elements of a stabilized approach require a special briefing.*

### **1.18.2.3 非精確性進場**

#### 航務手冊 (FOM)

7.9.5.1 Non-Precision Approaches (NPA) — Continuous Descent Final Approach (CDFA) :

持續性下降進場 (continuous descent final approach, CDFA) : 這種方式需要持續性下降，飛行時可以使用機載設備所計算的垂直導航 (VNAV) 引導，也可以根據手動計算所需的下降率，無需在下降過程中改平。選擇並調整下降率，從而達到持續下降至著陸跑道頭上方約 50 呎處，或平飄操作的起始點。此一下降過程須能符合通過各進場定位點之最低高度限制。

當航機接近最低下降高度/最低下降實際高度 (MDA/H) 時，飛

航組員未能目視著陸所需之目視參考物，誤失進場垂直（爬升）操作部分，應於 MDA/H 之上的高度開始，以確保航機不會低於 MDA/H。航機不得於 MDA/H 或接近之高度處平飛，到達誤失進場點（MAPt）前，不得進行任何誤失進場程序中的轉彎。同樣地，若航機於下降至 MDA/H 之前先到達誤失進場點，則誤失進場應於誤失進場點開始執行。

原文摘錄如下：

*This technique requires a continuous descent, flown either with VNAV guidance calculated by on-board equipment or based on manual calculation of the required rate of descent, without level-offs. The rate of descent is selected and adjusted to achieve a continuous descent to a point approximately 50 ft above the landing runway threshold or the point where the flare maneuver should begin for the type of aircraft flown. The descent shall be calculated and flown to pass at or above the minimum altitude at any step down fix.*

...

*If the visual references required to land have not been acquired when the aircraft is approaching the MDA/H, the vertical (climbing) portion of the missed approach shall be initiated at an altitude above the MDA/H sufficient to prevent the aircraft from descending through the MDA/H. At no time is the aircraft to be flown in level flight at or near the MDA/H. Any turns on the missed approach shall not begin until the aircraft reaches the MAPt. Likewise, if the aircraft reaches the MAPt before descending to near the MDA/H, the missed approach shall be initiated at the MAPt.*

飛航組員訓練手冊第一卷（flight crew training manual, FCTM Vol I）

3.16.2. Non-precision Approach：



優先採用持續性下降進場 (CDFA)；除非情況特殊、飛航管理電腦 (flight management computer, FMC) 或儀器失效，或進場程序禁止，無法採用 CDFA，才使用階梯進場 (step down) 方式。

飛航管理電腦 VNAV 頁面提供目標垂直速率 (target VS)，主要飛航顯示器 (PFD) 上之垂直偏差指示 (vertical deviation indication) 則提供依照下滑角度計算而得之垂直路徑。

...

警告：進場階段任何時刻航機未達穩定進場條件，必須執行重飛。

附註 1：

- 監控駕駛員 (PM) 須報出高度與距離的對應關係，以及與期望路徑的高度偏差量。
- 操控駕駛員 (PF) 藉由調整垂直速率進行修正。

...

對於 RNAV GNSS 進場：

ATR72-600 經認證，具備執行精確性區域航行 (precision-area navigation, PRNAV) 程序 (終端區域作業：標準儀器離場/標準儀器到場航線) 及全球導航衛星系統區域航行 (或導航性能需求進場程序) 能力。系統相關限制規定於飛航手冊 (AFM) LIM.5 章節。

全球定位系統 (global positioning system, GPS) 僅被認證在左右導航 (LNAV) 模式啟動下，用於橫向導引。

- 操控駕駛員 (PF) 需計算相對於終端下降路徑及地速所需之垂直速率。
- 飛航導引 (flight director, FD) 橫向模式來源為 NAV，提供橫向導引 (進場路徑、最初、中間及最後進場)

- 飛航導引 (FD) 縱向模式來源為垂直速率。

監控駕駛員 (PM) 須報出高度與距離的對應關係，以及與期望路徑的高度偏差量；操控駕駛員 (PF) 藉由調整垂直速率進行修正。

進場前檢查主要飛航顯示器 (PFD) 左下角已顯示「TERM」(表示 RNP 1.0)，並於最後進場階段轉變為「APPR」(表示 RNP 0.3)。

全球定位系統 (GPS) 之精確度 (actual navigation performance, ANP) 必須高於需求值 (RNP)。

原文摘錄如下：

*Continuous descent final approach (CDFA) is the preferred method. The stepdown method is only used if it is not possible to use the continuous descent technique due to unique characteristics of the approach or due to FMC or instrument failure or predefined non-CDFA.*

*FMC VNAV page provides target VS and vertical deviation indication on PFD provides calculated vertical path for predicted descent angle.*

...

*WARNING: If anytime during approach the aircraft is not stable, GO AROUND must be performed.*

*NOTE 1:*

- *PM announces altitude versus distance, and altitude deviation above or below the desired path.*

*PF corrects by adjusting VS.*

...

*For RNAV GNSS approach:*

*ATR 72-600 are capable/certified of following PRNAV procedures*

*(terminal area operations: SID<sup>39</sup>/STAR<sup>40</sup>) and RNAV GNSS (or RNP APCH) approach. Refer to AFM LIM.5 for limitations.*

*The GPS is only certified for lateral guidance, with LNAV mode engaged.*

- *PF computes Vertical speed versus final descent path and Ground speed.*
- *The FD lateral mode selected is NAV for lateral guidance (Arrival route, Initial, Intermediate and final approach) .*
- *The FD vertical mode selected is Vertical Speed.*

*PM announces altitude versus distance and altitude deviation above or below the desired one, PF corrects by adjusting VS.*

*Crosscheck TERM (RNP 1.0) is displayed on lower left of PFD before commences the approach and change to APPR (RNP 0.3) during final approach.*

*GPS integrity (ANP) must be better than requirement (RNP) .*

#### **1.18.2.4 重飛/誤失進場**

##### 航務手冊 (FOM)

##### 7.9.10. Go-Around

進場過程中，必須考慮重飛或誤失進場之情況：

喪失狀況警覺或對狀況警覺有疑慮。

...

於決定高度 (決定實際高度) / 最低下降高度 (最低下降實際高

---

<sup>39</sup>standard instrument departure，標準儀器離場。

<sup>40</sup>standard instrument arrival，標準儀器到場航線。

度)未獲得所需目視參考,或所需目視參考於著陸前無法維持。

原文摘錄如下:

*During an approach, a Go Around or Missed Approach must be considered:*

- *If there is a loss or a doubt about situation awareness.*
- ...
- *If required visual reference are not obtained at DA (H) /MDA (H) or maintained before touchdown.*

上述文字所稱之所需目視參考,於航務手冊(FOM)中之說明如下:

Chapter 2 Definitions — Minimum Descent Altitude (MDA) or Minimum Descent Height (MDH)

所需目視參考係指進場中可提供視覺輔助之區域,讓飛航組員在足夠時間下,得以對飛機相對於期望路徑之位置及位置變化率進行評估。

原文摘錄如下:

*The required visual reference means that section of the visual aids or of the approach area which should have been in view for sufficient time for the flight crew to have made an assessment of the aircraft position and rate of change of position, in relation to the desired flight path. ...*

#### 6.8.5.6. Required Visual Reference

飛航組員不應繼續進場低於最低下降高度(最低下降實際高度)/決定高度(決定實際高度),除非下列所需目視參考項目中,至少有一項明顯可見並能維持。

非精確進場及第一類儀器降落系統

- a.進場燈光系統的組成要件；
- b.跑道頭；
- c.跑道頭標線；
- d.跑道頭燈光；
- e.跑道頭識別燈；
- f.目視下滑道指示器；
- g.著陸區或著陸區標線；
- h.著陸區燈光；
- i.跑道或跑道標線；
- j.跑道端識別燈。

原文摘錄如下：

*A flight crew member shall not continue an approach below MDA(H)/DA(H) unless at least one of the following visual references for the intended runway is distinctly visible and is maintained.*

*Non-precision and CAT I precision approach*

- a. Elements of the approach light system.*
- b. The threshold.*
- c. Threshold markings.*
- d. Threshold lights.*
- e. Threshold identification lights.*
- f. Visual glide slope indicator.*
- g. Touchdown zone or touchdown zone markings.*
- h. Touchdown zone lights.*

*i. The runway or runway markings.*

*j. Runway end identifier lights.*

就調查小組詢問，假設飛航組員僅看見第 i 項「跑道或跑道標線」，依規定雖可繼續進場，但後續應如何保持於正確垂直路徑。立榮表示，除航務手冊 (FOM) 規定之所需目視參考項目外，飛航組員亦須具備充足時間來評斷航機位置、下降率及飛行路徑。在只看見跑道或跑道標線情況下，飛航組員需利用跑道形狀與大小的改變及周遭視覺輔助，來建立相對位置的判別。或利用基本飛行中，航圖上提供之高度表、地速與垂直速率的關係或 1 比 300 之斜率，輔助判斷高度；若目視參考不足以判別，則需執行重飛。

#### **1.18.2.5 自動駕駛解除時機**

##### 飛航組員操作手冊 (FCOM)

Procedure—Normal Operations( PRO—NOP )—Normal System Use (NSU) —22.3 TYPICAL AP-FD OPERATION—22.3.9 Non Precision Approach :

非精確性進場，使用垂直速率模式進場及左右導航模式下降時，建議使用自動駕駛。

原文摘錄如下：

*Use of autopilot is recommended with:*

*- VS mode for descent (VS pb on FGCP)*

*- LNAV mode for GNSS approach (NAV pb on FGCP)*

...

Limitations (LIM.5) —Systems—22 Auto Flight—22.1 Automatic Flight Control System :

使用垂直速率模式（VS mode）或指示空速模式（IAS mode）進場時，自動駕駛或飛航導引（FD）可以使用的最低高度為 160 呎。

原文摘錄如下：

*Minimum height for use of either AP or FD:*

...

*- VS or IAS mode during approach ..... 160 ft*

另於 ATR72-600 飛航手冊（AFM）— 22 Auto Flight— 22.1 Automatic Flight Control System 章節中，亦有相同規範。

飛航組員訓練手冊第一卷（FCTM Vol I）

Normal and Standard Operating Procedures — 3. Specific procedures—3.1 AP/FD use Philosophy：

該章節表列不同飛航階段下，可使用自動駕駛的最低高度限制；其中關於非精確進場，建議可使用自動駕駛直到最低下降高度。原文摘錄如下：

**AP Use**

<b>Flight Phases</b>	<b>Take-off</b>	<b>Non-precision Approach</b>	<b>Cat I Approach</b>	<b>Visual Approach</b>
<b>AP may be used</b>	from 100ft AAL (limitation)	down to MDA (recommendation)	down to 160ft AAL (limitation)	down to 500ft AAL (recommendation)

ATR 避免機尾觸地教材（ATR tail strike avoidance material）

Main sources of Hard Landings — Destabilization of the approach in the last 100 ft：

自動駕駛解除

飛航組員解除自動駕駛之時機，應預留足夠時間，以順利轉換為手動操控，並評估落地平飄前之側風操控。

飛航組員訓練手冊 (FCTM) 中建議為 500 呎；然飛航組員應評估大陣風情況下之工作負荷，在此況下，自動駕駛可分擔部分工作負荷，使飛航組員得以監控速度。

原文摘錄如下：

*Autopilot disconnection*

*Pilot should disconnect the AP early enough to resume manual control of the aircraft and to evaluate the cross wind control before flare.*

*In FCTM recommends 500ft; however, pilot should evaluate the workload in gusty condition. AP might share some workload in gusty condition to allow pilot to monitor speed.*

立榮表示，該公司飛航組員訓練手冊 (FCTM) 建議非精確進場於最低下降高度 (MDA) 時解除自動駕駛，但不得低於飛航組員操作手冊 (FCOM) 及飛航手冊 (AFM) 所規定之 160 呎。

以南竿機場 21 跑道為例，跑道頭標高為 218 呎，自動駕駛可使用之最低高度為 160 呎加上 218 呎，故應為 378 呎。若跑道頭有地障高於跑道道面，則需以該較高之高度加上 160 呎作為最低使用高度。

#### **1.18.2.6 起落架異常之落地程序**

立榮快速參考手冊 (quick reference handbook, QRH) <sup>41</sup>異常程序 (ABNORMAL PROCEDURES) 中有關起落架異常之落地程序 (LANDING WITH ABNORMAL LDG GEAR) 內容如下：

---

<sup>41</sup>版期為 Jul-2020 R10.0。



## LANDING WITH ABNORMAL LDG GEAR

### • Preparation

▶ CABIN CREW (PA)..... NOTIFY  
*Notify the cabin crew the nature of emergency encountered and state intentions.  
 Specify the available time.*

▶ ATC ..... NOTIFY  
*Notify ATC the nature of emergency encountered and state intentions.*

▶ XPDR ..... AS RQRD

▶ SIGNS..... ON

▶ GPWS ..... OFF  
*GPWS is selected OFF to avoid nuisance warnings.*

▶ CABIN AND COCKPIT..... PREPARE  
*Loose equipment secured.  
 Survival equipment secured.  
 Belts and shoulder harness locked.*

▶ FUEL WEIGHT..... IF POSSIBLE, REDUCE  
*Burn fuel to minimum possible weight. This reduces  $V_{APP}$  and effect on the load factor for touchdown impact, as energy must be dissipated.*

#### ■ If abnormal nose LDG GEAR

▶ CG LOCATION (if possible)..... AFT

#### ■ If abnormal main LDG GEAR

▶ FUEL UNBALANCE (if possible)..... ESTABLISH

#### Note

*Reduce fuel on side with failed LDG GEAR, and do not exceed fuel unbalance limit  
 730 kg (1 609 lb).*

### • Approach

▶ LDG GEAR lever ..... DOWN

▶ LDG GEAR EMER EXTENSION HANDLE..... PULL

▶ ENG START selector ..... OFF & START ABORT

▶ CABIN REPORT..... OBTAIN

### • Before landing

▶ ENG BLEEDS 1+2..... OFF

▶ BRACE FOR IMPACT..... ORDER

cont'd... >>>

<b>ATR</b>	<b>PROCEDURES</b>	PRO.NNO
B7 / 75 FCOM	<b>NON NORMAL OPERATIONS ABNORMAL PROCEDURES</b>	Page n°125

*cont'd... >>>*

- **At touchdown**
  - ▶ PL 1+2..... GI
  - ▶ CL 1+2..... FTR THEN FUEL S.O.
- **After touchdown**
  - ▶ FIRE HANDLES 1+2..... PULL
- **When aircraft has stopped**
  - ▶ BRAKE HANDLE..... PARKING
  - ▶ CABIN CREW (PA)..... NOTIFY
  - ▶ FUEL PUMPS 1+2..... OFF
  - ▶ AGENTS..... DISCH  
*Both agents can be discharged on the same engine or one agent per engine (e.g.ENG 1 AGENT 1 & ENG 2 AGENT 2)*
  - ▶ EVACUATION (PA)..... INITIATE
- **Before leaving aircraft**
  - ▶ BAT ..... OFF  
*Battery is kept ON until leaving the aircraft to ensure cabin communication on PA.*

**Additional Information**

0d2bd0b4-26f7-46ec-ac9b-05accbde744f 0.1  
ALL

The procedure is designed for one or more landing gear fail to extend and/or lockdown (either by normal or gravity extension). It is recommended to use all available gear locked down rather than carry out a belly landing. In these conditions, a hard surface runway landing is recommended.

Full advantage should be taken from foam spread on the runway

*cont'd... >>>*

此程序之設計係用以應對一個或更多起落架未能伸出，以及/或未能鎖定之狀況。該程序由準備階段開始，此階段主要係通知客艙組員作準備，並與航管聯繫，告知意圖。同時以燃油作為平衡物，針對航機的現況，預先調整飛機的重心。並在進場、落地及落地後各階段，指示組員如何操作，目的係幫助飛航組員於面對此一異常情況下，將損害減到最低。

程序最後有一段附加訊息，提供飛航組員額外資訊，目的是希望組員能做更妥適的判斷與決定。當中建議在跑道上噴灑泡沫，以求更好的效果。

### 1.18.3 機場天氣觀測及報告規範

民航局航空氣象規範第 4 章「氣象觀測及報告」中，現在天氣之測報範圍如下：

4.6.4.1 發生在機場內<sup>42</sup>及(或)機場鄰近地區<sup>43</sup>之現在天氣應予以觀測，至少包含下列現在天氣：雨、毛雨、雪及凍降水(包含強度)、霾、輕霧、霧、凍霧及雷暴(包含鄰近區域之雷暴)。

航空氣象規範附錄 3「氣象觀測及報告之技術規則」中，現在天氣測報之部分規定節錄如下：

4.4.2.3 在 METAR 及 SPECI 中，應編入報告之現在天氣現象簡字及其對飛航具重要性之有關標準如下：

b. 視障(水象)：

霧(Fog)                      FG

— 當能見度低於 1000 公尺，但有"MI" (淺)，"BC" (碎片)，"PR" (部分) 或"VC" (臨近) 時除外

霾(Mist)                      BR

— 當能見度於 1000 公尺以上但於 5000 公尺以下時編報

4.4.2.6 在 METAR 及 SPECI 中，必要時應編報現在天氣現象之特性及其相對應之簡字如下：

淺的(Shallow)              MI

— 離地面 2 公尺(6 呎) 以下

碎片(Patches)              BC

---

<sup>42</sup>機場內之定義為在機場參考點大約 8 公里半徑範圍。

<sup>43</sup>機場鄰近地區之定義為在機場參考點大約 8 至 16 公里內範圍。

— 碎霧片隨機覆蓋機場

部分 (Partial) PR

— 機場之主要部分被霧涵蓋，其他地方為晴朗<sup>44</sup>

4.4.2.8 在 METAR 及 SPECI 中，編報之現在天氣現象，其相關強度或相對於機場之距離位置應標示如下：

鄰近 VC

— 距機場參考點約 8 至 16 公里間之區域稱之。

航空氣象規範附錄 3「氣象觀測及報告之技術規則」中，雲測報之部分規定節錄如下：

#### 4.5.3 參考層

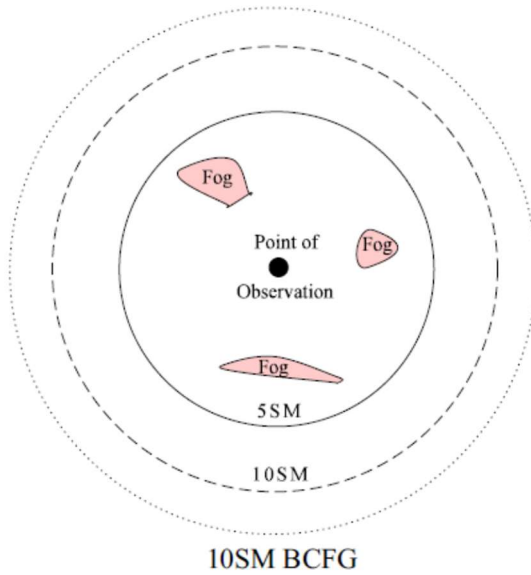
雲高應編報機場上空之高度。當使用精確進場跑道，其跑道頭低於機場高度 15 公尺 (50 呎) 以上，應適當調整作業，確保雲高值係指跑道頭上之高度。

美國國家氣象局 (National Weather Service) 之地面天氣觀測訓練指南 (Training Guide in Surface Weather Observations) 第 4 章「現在天氣」對於碎片霧 (BCFG)、部分霧 (PRFG) 及鄰近霧 (VCFG) 的例舉圖示如下：

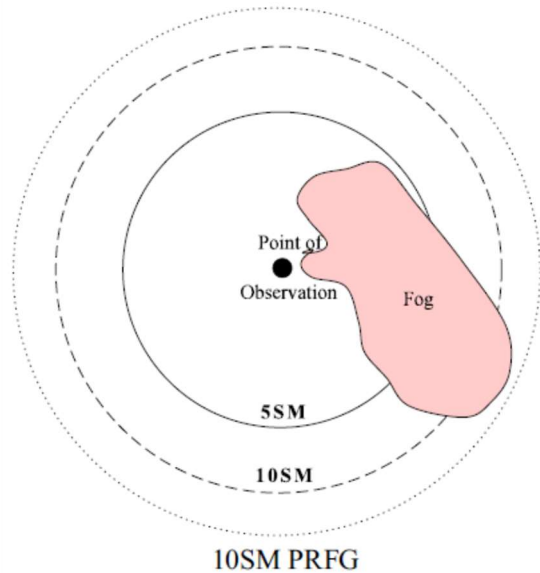
---

<sup>44</sup>國際民航組織第 3 號附約 Appendix 3: Partial fog — A substantial part of the aerodrome covered by fog while the remainder is clear.；美國 FAA Order JO 7900.5E Surface Weather Observing: PRFG (partial fog) indicates that a substantial part of the station is covered by fog while the remainder is clear of fog.。由以上原文之中譯應為：部分霧—機場之主要部分被霧涵蓋，其他地方沒有霧。

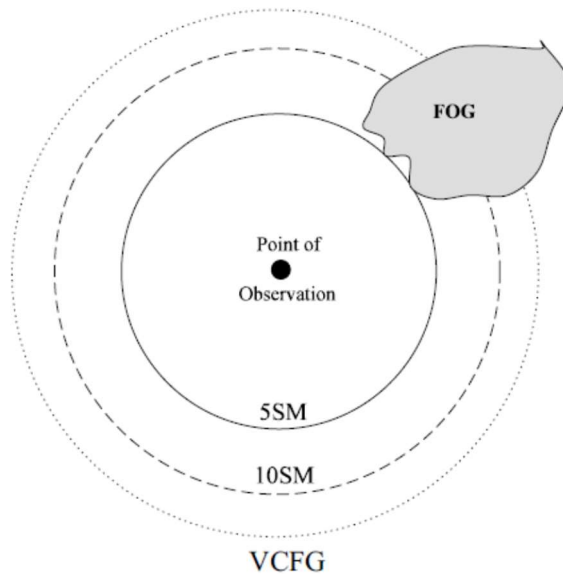
Patches of Fog: Indicates that patches of fog randomly cover the station<sup>45</sup>.



Partial Fog: Indicates that a substantial part of the station is covered by fog while the remainder is clear of fog.



*VCFG is coded to report any type of fog observed between 5 and 10 statute miles of the station.*



<sup>45</sup>圖示中 SM 代表哩 (statute mile)，5SM 為 5 哩 (8 公里)、10SM 為 10 哩 (16 公里)。

#### 1.18.4 事件序

本事故發生之重要事件順序詳如表 1.18-1。

表 1.18-1 事件序

時間	事件	資料來源
0926	自松山機場起飛。	FDR
0937	抄收南竿機場 ATIS「H」。	CVR
0938	飛航組員執行進場提示。	CVR
0951	臺北近場管制塔臺許可該機執行南竿機場 21 跑道導航性能需求 (RNP) 進場。	CVR、ATC 抄件
0957	南竿機場塔臺許可該機落地 21 跑道。	CVR、ATC 抄件
1000	南竿機場塔臺告知飛航組員 ATIS 變更為「I」。	CVR、ATC 抄件
1002	通過南竿機場 21 跑道導航性能需求 (RNP) 進場程序之中間進場定位點 (IF)，自動駕駛維持作動，橫向導航設定為「LNAV」模式，縱向導航設定為「VS」模式。	FDR
1003:49	通過南竿機場 21 跑道導航性能需求 (RNP) 進場程序之最後進場定位點 (FAF)。	CVR、FDR
1004	正駕駛員表示：「那可以看得到了」，副駕駛員回應：「有恩剛好一坨」。	CVR
1005:09	高度 958 呎，正駕駛員表示：「有跑道看見了」，副駕駛員回應：「有」。	CVR
1005:12	正駕駛員呼叫：「landing」，下達落地決定。	CVR
1005:15-1005:18	目標下降率由-400 呎/分，逐漸調整到-608 呎/分。	FDR
1005:20	通過最低下降高度 (MDA)，垂直導航偏差-16 呎。	CVR、FDR
1005:21-1005:23	目標下降率由-608 呎/分，逐漸調整到-800 呎/分。	FDR
1005:23-1005:30	垂直導航偏差均為 0 呎。	FDR
1005:29	目標下降率調整為-912 呎/分，距離南竿機場 21 跑道頭 1.6 浬，氣壓修正高度 796 呎，無線電高度 805 呎，下降率-640 呎/分，垂直導航偏差 0 呎。	FDR
1005:31	目標下降率維持-912 呎/分，下降率-672 呎/分，垂直導航偏差-16 呎。	FDR

1005:34	飛航組員提及：「很討厭喔、對阿、迷迷糊糊的、一點點」。	CVR
1005:34-1005:56	目標下降率維持-912 呎/分，下降率由-672 呎/分，逐漸變為-912 呎/分，垂直導航偏差由-16 呎逐漸轉為-96 呎。	FDR
1005:49	下降通過無線電高度 500 呎，副駕駛員呼叫「five hundred stable」。	CVR、FDR
1005:57	副駕駛員表示：「那邊剛好有一坨」，正駕駛員回應「對啊」。	CVR
1005:59	目標下降率調整為-304 呎/分，距離南竿機場 21 跑道頭 0.64 哩，氣壓修正高度 376 呎，無線電高度 361 呎，下降率-928 呎/分，垂直導航偏差-112 呎。	FDR
1006:03	目標下降率維持-304 呎/分，距離南竿機場 21 跑道頭 0.52 哩，氣壓修正高度 317 呎，無線電高度 301 呎，下降率-880 呎/分，垂直導航偏差-128 呎。	FDR
1006:05-1006:11	發動機油門連桿角度 (PLA) 調整並維持在左邊 46.41 度，右邊 46.05 度。	FDR
1006:10	目標垂直速率調整為上升率 96 呎/分，距離南竿機場 21 跑道頭 0.29 哩，氣壓修正高度 253 呎，無線電高度 236 呎，下降率-560 呎/分，垂直導航偏差-112 呎。	FDR
1006:13	目標上升率維持 96 呎/分，左右發動機油門連桿角度 (PLA) 由約 46.4 度推進至約 58 度，距離南竿機場 21 跑道頭 0.18 哩，氣壓修正高度 232 呎，無線電高度 215 呎，下降率-464 呎/分，垂直導航偏差-112 呎。	FDR
1006:14	正駕駛員呼叫：「來 go around」，距離南竿機場 21 跑道頭 0.15 哩，氣壓修正高度 229 呎，無線電高度 208 呎，下降率-400 呎/分，垂直導航偏差-112 呎。	CVR、FDR
1006:16	自動駕駛解除，飛航模式顯示 (FMA) 縱向模式轉變為重飛模式，距離南竿機場 21 跑道頭 0.08 哩，氣壓修正高度 221 呎，無線電高度 204 呎，下降率-240 呎/分，垂直導航偏差-96 呎。	CVR、FDR
1006:16.1	無線電高度播報「fifty」。	CVR
1006:17	左右發動機油門連桿角度 (PLA) 由約 58 度推進至約 88 度 (左) 及 87 度 (右)，左側操縱桿角度由 0 度增加到-12 度 (拉桿)，操縱桿作用力 (control column effort) 由 58 牛頓增加到 1,058 牛頓，距離南竿機場 21 跑道頭 0.06 哩，氣壓修正高度 221 呎，無線電高度 39 呎，下降率-144 呎/分。	FDR
1006:18	該機撞擊南竿機場 21 跑道頭前區域 (pre-threshold	FDR、現場

	area) 最外緣端牆頂部。	量測
1006:52	南竿機場塔臺告知該機鼻輪疑似受損，並建議返航松山機場。	CVR、ATC 抄件
1008:09	正駕駛員表示：「我以為肯定看得見」。	CVR
1008:31	飛航組員向臺北近場管制塔臺申請返航松山機場。	CVR
1009	臺北近場管制塔臺詢問該機重飛原因，飛航組員回答「沒有看到跑道」。	CVR、ATC 抄件
1011	臺北近場管制塔臺告知，於南竿機場跑道上發現破損輪胎。	CVR、ATC 抄件
1014:05	飛航組員向臺北近場管制塔臺告宣告急迫情況 (PAN PAN)。	CVR 抄件
1014:41	飛航組員告知臺北近場管制塔臺「鼻輪可能受損、落地後可能停止於跑道上、請松山機場塔臺預做準備」等資訊。	CVR、ATC 抄件
1019	正駕駛員表示：「我以為是可以看到」，副駕駛員表示：「對啊他好像到最後面才突然有一片上上來然後就就把他整個蓋住」。	CVR
1045	低空通過 (low approach) 松山機場，由航務組人員協助確認起落架狀況。	CVR、ATC 抄件
1046	於松山機場 10 跑道重飛，松山機場塔臺管制員轉達「右主輪爆胎」之資訊；隨後重新加入航線並再次進場。	CVR、FDR
1107	安降松山機場 10 跑道。	FDR



## 第 2 章分析

### 2.1 概述

事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與公司要求，訓練與考驗紀錄中查無與本案有關之異常發現。事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示有足以影響飛航組員操作表現之醫療、藥物與酒精因素。

事故航機之載重與平衡均位於限制範圍內。依維修資訊，事故前六個月內，事故航機之維護紀錄簿及飛機定檢工單均無與事故相關之異常登錄；該機適航指令項目及管制執行紀錄，無與本次事故相關之異常發現。事故航班自松山機場簽放時，無最低裝備需求手冊之故障項目，亦無延遲改正缺點項目。

有關本事故飛航操作、南竿機場天氣觀測及跑道現況之相關分析敘述如後。

### 2.2 飛航操作

#### 2.2.1 最後進場操作

事故航班於南竿機場實施 21 跑道非精確儀器進場，通過中間進場定位點後，操控駕駛員於自動駕駛模式下，將航機橫向導引設定為 LNAV（左右導航）模式，由飛航管理系統依據所計算之水平路徑，提供自動駕駛相應之操作指令；縱向導引設定為 VS（垂直速率）模式，依據地速、高度、距離及目視參考等資訊，並參考位於主要飛航顯示器上之垂直偏差指示，調整垂直速率設定，以自動駕駛修正航機進場之垂直路徑；操控駕駛員並須手動操控油門來調整航機進場速度。

依據立榮飛航組員訓練手冊，除非特殊狀況，飛航組員應以持續性下降進場方式執行非精確性進場。FDR 資料顯示，該機進場過程中，下降通過各進場定位點之高度皆符合最低高度限制，下降通過最低下降高度（870 呎）前，垂直路徑大致維持於 21 跑道 RNP 進場下滑道；

下降通過最低下降高度後，約距 21 跑道頭 1.5 哩、高度 760 呎時，航機開始逐漸、持續低於下滑道，直至距跑道頭約 0.5 哩、高度 317 呎時，垂直偏差量達到最大，低於 RNP 下滑道 128 呎，如圖 2.2-1 所示。

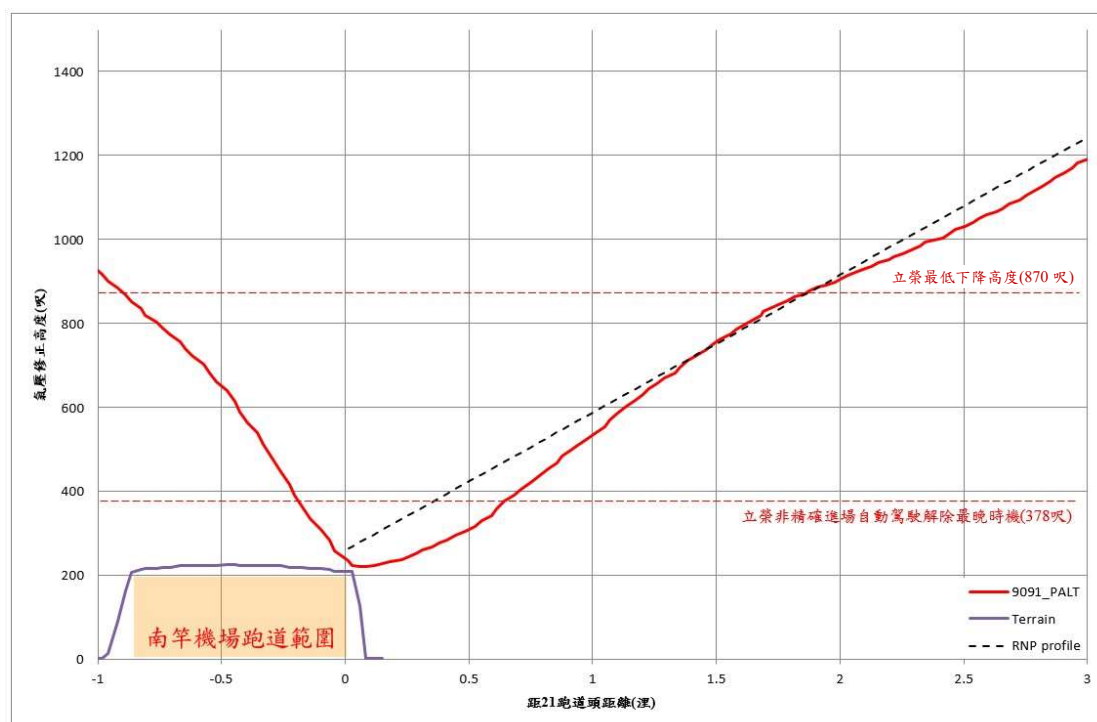


圖 2.2-1 事故航班最後進場階段垂直路徑

南竿機場監視攝影畫面、CVR 及訪談紀錄顯示，事故期間 21 跑道頭前方有低雲，雲底低於機場高度，事故航機下降至高度約 300 呎時進入跑道頭前方之低雲<sup>46</sup>，飛航組員失去目視參考，操控駕駛員持續進場並降低高度，未立即執行重飛，監控駕駛員亦未提醒或呼叫重飛。至該機距離跑道頭約 0.15 哩，操控駕駛員決定重飛時，高度為 229 呎，僅高於跑道頭標高約 11 呎<sup>47</sup>。操控駕駛員解除自動駕駛、推油門，並將機頭帶起，然已太過接近跑道頭，航機於建立有效爬升率

<sup>46</sup>南竿機場塔臺管制員表示，事故航機降至高度約 400 呎時無法目視，於是以航情顯示器監控該機的高度變化；正駕駛員表示，約莫 300 呎左右……。接著進雲、失去目視參考、看不見跑道；副駕駛員表示，300 呎前都可以看到跑道。

<sup>47</sup>低於 RNP 下滑道約 112 呎。

前，主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部。撞擊的同時操控駕駛員始再次目視跑道。

### 2.2.2 自動駕駛的使用與狀況警覺

事故航機性能導航機載裝置具備左右導航 (LNAV) 能力，未具備垂直導航 (VNAV) 能力。飛航組員於執行南竿機場 21 跑道非精確儀器進場時，可使用自動駕駛 LNAV 模式執行橫向導引，維持航機進場航向，航機下降的操作控制，則需由操控駕駛員依下降路徑及地速計算所需之垂直速率，並參考航圖上之高度距離檢查表 (altitude reference table) 及垂直偏差指示，持續調整目標垂直速率之設定直至最低下降高度 (MDA)，並在 MDA 高度以下依據目視參考，控制航機維持在正確的下滑道上。

FDR 資料顯示，事故航機進場下降低於高度 2,000 呎後，操控駕駛員以約 -300 至 -900 呎/分之目標下降率控制航機大致依循 21 跑道 RNP 進場約 3.09 度下滑道進場<sup>48</sup>。當航機下降通過最低下降高度後，操控駕駛員將目標下降率增加為 -912 呎/分持續進場，航機下降率開始增加，高度則開始逐漸低於 RNP 下滑道，由高度約 774 呎時，低於 RNP 下滑道 16 呎，擴大為高度約 422 呎時，低於 RNP 下滑道 96 呎。飛航相關數據如表 2.2-1。

1005:58 時，航機高度 391 呎，操控駕駛員將目標下降率由 -912 呎/分調為 -800 呎/分。1 秒後，高度 376 呎時，操控駕駛員再將目標下降率調升至 -304 呎/分。於航機接續下降過程中，下降率由約 -928 呎/分逐漸縮小，然航機高度與下滑道垂直誤差值由低於 RNP 下滑道 96 呎持續增加至低於 RNP 下滑道 128 呎<sup>49</sup>，監控駕駛員於此期間，未協

---

<sup>48</sup>FDR 參數 Vert. Dev. from FMS 1 數據顯示，於高度 2,000 呎至 870 呎，航機高度與下滑道垂直誤差值為 +48 呎至 -64 呎間。

<sup>49</sup>FDR 參數 Selected vertical speed 1 與 Vert. Dev. from FMS 1 數據顯示，在未大幅改變發動機馬力設定狀況下，目標下降率調整後，具延遲反映現象，約需 10 秒以上航機高度與下滑道垂直誤差值之變化才會有所反映。

助監控並提報航機與期望路徑的高度偏差。隨後操控駕駛員於 1006:09 時，航機高度 260 呎，將目標下降率調為-112 呎/分，1 秒後又調為爬升 96 呎/分，然而由於航機高度過低，操控駕駛員持續仰賴自動駕駛操控航機，在自動駕駛垂直速率控制具遲滯性，未能有足夠時間反映向上爬升指令之狀況下，航機以約-64 呎/分的下降率，主輪及尾橇撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部。

表 2.2-1 航機進場最後階段相關數據

時間	氣壓修正高度(呎)	空速(浬/時)	仰角(度)	油門連桿角度(度)	油門連桿角度(度)	無線電高度(呎)	目標垂直速率(呎/分)	下滑道垂直誤差值(呎)	垂直速率(呎/分)
10:05:29	796	115.4	-3.37	46.05	45.70	804	-912	0	-640
10:05:31	774	116.4	-3.72	46.75	47.10	780	-912	-16	-672
10:05:39	670	119.9	-4.26	46.05	46.05	671	-912	-32	-768
10:05:45	586	119.0	-4.48	45.70	45.70	581	-912	-48	-848
10:05:48	540	119.7	-4.21	45.70	45.70	533	-912	-64	-928
10:05:53	469	121.8	-5.10	46.05	45.70	459	-912	-80	-816
10:05:56	422	122.4	-4.80	46.05	45.70	410	-912	-96	-912
10:05:58	391	121.9	-4.60	46.05	45.70	376	-800	-96	-912
10:05:59	376	121.7	-4.34	46.05	45.70	360	-304	-112	-928
10:06:03	317	119.6	-3.06	46.05	46.05	301	-304	-128	-880
10:06:04	306	122.2	-2.91	46.05	46.05	289	-304	-128	-768
10:06:05	295	120.4	-2.53	46.40	46.05	279	-304	-128	-688
10:06:06	285	120.0	-2.24	46.40	46.05	269	-304	-128	-656
10:06:07	277	118.7	-1.82	46.40	46.05	260	-304	-128	-592
10:06:08	268	116.9	-1.53	46.40	46.05	250	-304	-112	-608
10:06:09	260	116.1	-1.49	46.40	46.05	243	-112	-112	-592
10:06:10	253	114.4	-1.29	46.40	46.05	236	96	-112	-560
10:06:11	245	114.2	-1.17	46.40	46.05	228	96	-112	-560
10:06:12	238	114.0	-0.89	46.40	46.40	221	96	-112	-496
10:06:13	232	113.2	-0.14	51.67	56.60	214	96	-112	-464
10:06:14 <sup>50</sup>	229	112.0	0.80	58.00	57.65	208	96	-112	-400
10:06:15	224	113.2	0.95	58.00	57.65	204	0	-96	-336
10:06:16 <sup>51</sup>	221	114.1	0.52	58.00	57.65	203	-16384	-96	-240
10:06:17	221	113.9	1.68	75.58	85.78	38	400	-2800	-144
10:06:18	223	112.9	9.10	87.18	84.02	3	0	-2800	-64

<sup>50</sup>正駕駛員呼叫「go around」。

<sup>51</sup>自動駕駛解除。

飛航組員正確的使用自動駕駛，能較精準的操控航機，維持航機姿態、高度與航向，並能適度地降低工作負荷。惟飛航組員必須了解航機及自動駕駛的操控特性與使用限制，隨時掌控航機之狀態，才能安全的執行飛航任務。

依據立榮 ATR72-600 相關手冊<sup>52</sup>，建議飛航組員執行非精確進場，於航機進場至最低下降高度時解除自動駕駛，且最低不得低於距跑道頭標高 160 呎之自動駕駛使用限制高度。南竿機場 21 跑道頭標高為 218 呎，故自動駕駛可使用之最低高度應為 378 呎。事故航班操控駕駛員於進場過程中持續使用自動駕駛操控航機，直至 1006:16 時，高度 221 呎才解除自動駕駛，執行重飛。

訪談及 FDR 紀錄顯示，操控駕駛員於最後進場階段，使用自動駕駛垂直速率模式控制航機高度，並持續調整發動機扭力以維持進場速度。當航機進入低雲，失去目視參考的情況下，操控駕駛員的注意力集中在駕駛艙內相關操作，未意識到航機高度已非常接近跑道頭標高，且持續約 11 秒<sup>53</sup>，以調整自動駕駛垂直速率模式減低航機下降率並繼續進場，未立即執行重飛。

綜上所述，事故航機於最後進場階段，操控駕駛員於低於自動駕駛可使用之最低高度，繼續使用自動駕駛左右導航及垂直速率模式進場；航機高度逐漸低於 RNP 下滑道，操控駕駛員未即時修正，監控駕駛員亦未協助監控並提醒此高度偏差；操控駕駛員注意力集中在駕駛艙內相關操作，對航機位置失去狀況警覺，未意識到航機高度已非常接近跑道頭標高；當航機進入低雲，操控駕駛員無法保持目視跑道的情況下，未立即執行重飛，以約 11 秒之時間，繼續使用自動駕駛垂直速率模式減低航機下降率並持續進場，監控駕駛員亦未提醒或呼

---

<sup>52</sup>見 1.18.2.5 自動駕駛解除時機。

<sup>53</sup>航機自氣壓修正高度 295 呎下降至自動駕駛解除執行重飛之高度 221 呎，共約 11 秒。

叫重飛。在航機高度過低，操控駕駛員持續仰賴自動駕駛操控航機，未能及時改變航機下降之慣性，導致航機喪失與地障之安全距離，主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部。

### 2.2.3 飛航組員操作之監控

標準作業程序（standard operating procedures, SOPs）提供飛航組員一個有順序與步驟的操作指引，以確保組員能以可預測、一致性且安全的方式執行飛航操作，是確保飛航安全的重要因素。

本次事故中，飛航組員於最後進場階段之部分操作偏離立榮 SOPs，增加飛航作業之風險，包括：正駕駛員擔任操控駕駛員，於該機通過最低下降高度後，所需目視參考無法維持時，未依規定立即執行重飛；操控駕駛員未依操作限制於機場標高 160 呎以上解除自動駕駛改以手動操控；副駕駛員擔任監控駕駛員，於事故航機高度顯著低於 RNP 下滑道，及操控駕駛員之操作偏離 SOPs 時，未予以提醒。

飛航操作品質保證（FOQA）系統已普遍的被航空業者使用，藉由監看航機日常飛航數據，達到識別及降低飛航風險之目的。然而就本次事故中，飛航組員於航機通過最低下降高度後，無法持續維持目視跑道而未依規定立即執行重飛之高風險行為，並不易由監看 FOQA 相關數據偵測。

立榮表示，目前進場階段的 FOQA 監控，只能包含如精確性進場的左右定位、下滑道，及所有進場的下降率及進場速度等，對於在決定高度或最低下降高度以下失去目視參考時，若駕駛員刻意違反規定繼續進場之情況，可由其他組員透過安全報告提報予公司。

然就本次事故中，副駕駛員於正駕駛員的飛航操作偏離 SOPs 時，不論是因可能存在之權力梯度<sup>54</sup>壓力、工作執行管理不當、默許偏離

---

<sup>54</sup>駕駛艙權力梯度（trans-cockpit authority gradient）係指駕駛員間因資歷、條件及背景等因素影響下，彼此間存在正式或非正式之權力地位差距。

SOPs 之運作方式，或其他原因而未提出任何意見或提醒之情形，只依靠被動的蒐集組員安全報告，恐不足以有效偵測與識別日常作業中，飛航組員偏離 SOPs 之行為及其原因。

立榮表示，無論是 FOQA 之監控、程序之修改或是組員之安全報告，仍會有其盲點存在，要避免類似事故發生，最重要的是提升駕駛員的自律。因此該公司將持續透過不定期查核、教育訓練、安全夥伴計畫 (safety partner program) 及公正文化之推動，加強駕駛員的自律。

另外，針對此次事故中，航機於通過最低下降高度後，顯著低於 RNP 下滑道狀況之監控，立榮表示可比對預劃之下滑道與航機實際位置及高度來偵測。事故發生後，該公司已於 FOQA 系統中，針對 ATR 型機之 VDEV 參數增設 3 項監控條件，當條件皆符合時，FOQA 系統即會提出警示，再由 FOQA 工程師及飛安督導進行人工判讀，並依結果採取必要之矯正措施。

#### 2.2.4 可控飛行撞地飛航事故

可控飛行撞地 (control flight into terrain, CFIT)，意指飛行中非蓄意且非失控情況下撞擊地障、水面或障礙物。CFIT 被歸類為風險性極高之事故類別，可能造成災難性結果。民航局於「AC 120-049 安全績效指標<sup>55</sup>」民航通告中，依據我國 10 年安全資料統計分析結果列舉必須優先強化之安全領域，CFIT 事故即為首要 3 大項目之一。航空業者應依自身組織特性、營運型態及安全資料分析結果，訂定相對應之風險指標進行 CFIT 事故識別、分析及控管，以減低其可能對航機、組員及乘客造成之危害。

CFIT 事件可由眾多因素造成，包括飛航於低雲幕及/或低能見度地區、飛航組員失去狀況警覺、失去地障警覺、未遵守標準作業程序、

---

<sup>55</sup>發行日期：2015 年 11 月 11 日。



於儀器天氣情況下未充分準備即倉促實施進場程序等<sup>56</sup>。國際航空運輸協會（International Air Transportation Association, IATA）資料亦顯示，CFIT 事故中約有 79%發生於下降、進場、重飛與落地階段<sup>57</sup>，其中 SOPs 的遵守、組員的標準呼叫、高度/位置/速度的掌控、低能見度、缺乏目視參考等，皆為導致 CFIT 事故之相關因子。

世界飛安基金會（Flight Safety Foundation, FSF）則於 1993 年成立一國際性任務小組，期能降低 CFIT 事故之發生。該任務小組提出導致 CFIT 事故的相關風險為在低能見度下實施進場操作、未能認知誤失進場之必要性，及未能及時執行誤失進場等。而建立並遵守適當之 SOPs，則能改善進場及落地之安全<sup>58</sup>。任務小組隨後發展出一套避免 CFIT 事故之訓練輔助教材，稱之為降低進場與落地事故（approach-and-landing accident reduction, ALAR）工具。國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）亦建議民航主管機關應採納 CFIT 任務小組之建議，並充分利用其訓練教材以避免 CFIT 事故之發生<sup>59</sup>。

本次事故係航空器在可操控之狀況下撞擊地障，屬 CFIT 事故。事故航機進場過程中，使用非精確儀器進場程序、進入低能見度區域、飛航組員失去地障警覺及未遵守 SOPs 執行重飛等情況，均與可能導致此類型事故之風險因素吻合。依據立榮過去兩年提報民航局備查之「安全績效指標/目標執行情形」，針對 CFIT 事故風險管控所訂定之安全績效指標/目標，包含「增強型地面接近警告系統 PULL UP 警告（EGPWS hard warnings）」及「下降低於最低安全高度（descent below

---

<sup>56</sup>Australian Transport Safety Bureau. (2007). CFIT: Australia in context 1996-2005 (Aviation Research and Analysis Report B2006/0352). Canberra, ACT: Author.

<sup>57</sup>IATA Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report, 2008-2017 Data, 2018 Edition.

<sup>58</sup>FSF ALAR Task Force Conclusions and Recommendations, ALAR Tool Kit Update CD. Available: <https://flightsafety.org/toolkits-resources/past-safety-initiatives/approach-and-landing-accident-reduction-alar/alar-tool-kit-update-cd/>

<sup>59</sup>立榮表示，該公司 ATR 機隊於 2012 年成立時，就已將 ALAR 之內容納入相關手冊，並據以施訓及作業。

MSA)」兩項，皆無監控異常之情況發生。

檢視立榮相關風險管控作為，對於與本次事故有關之風險因素，如「飛航組員於通過最低下降高度後失去目視參考是否延遲重飛或未重飛」，及「非精確進場通過最低下降高度後顯著低於正確下滑道」等議題，未發現該公司於本次事故前已建立較具針對性之安全監控機制<sup>60</sup>。此次事故中存在之風險因子及導致之結果顯示，立榮目前訂定之 CFIT 安全績效指標與目標，及飛航組員增加 CFIT 事故風險飛航操作方式之監測與管控作為，尚有可調整、強化之處。

### 2.3 天氣觀測

依據南竿機場例行、特別天氣報告，及氣象員訪談資料，事故當日 0600 時後，海霧瀰漫至南竿機場上空並伴隨低雲幕，能見度最低降至 300 公尺。爾後天氣逐漸好轉，霧退往海面，0825 時以後能見度提升為 3,800 公尺，有靄。1000 時能見度提升為 4,500 公尺，有靄，最低層之疏雲雲高為 300 呎、裂雲雲幕高 2,500 呎，北竿方向天氣好轉，北面航道上沒有特別明顯的低雲。基於天氣報告編報之雲高為機場上空之高度，依南竿機場屬高地地形，標高為 232 呎，故事故航機進場時期低層疏雲雲底之海平面高度約略高於 500 呎，低雲以下有靄及霧<sup>61</sup>。

依據南竿機場 21 跑道監視錄影資料，於 0938 時至 1043 時間，南竿機場右側海面之海霧，隨南風向北方移動，受到機場旁之海岸地形影響，持續籠罩 21 跑道頭外緣端牆外側，跑道道面上之能見度未受海霧影響。當海面未受海霧遮蔽時，可清楚目視塔臺東北方約 1.5 公里的黃官嶼。因視角限制及海霧阻擋，監視錄影資料中無法辨識雲層及其高度、距離。1006:16.5 時，事故航機穿出 21 跑道頭外側之海

---

<sup>60</sup>立榮於本次事故後已針對 RNP 進場的下滑道垂直偏差 (VDEV) 進行偵測。

<sup>61</sup>雲底高度低於機場的雲亦屬之。

霧，出現在錄影畫面中，由該機位置估算，海霧距離塔臺約 1 公里，正位於 21 跑道頭外緣端牆附近。

訪談資料顯示，事故飛航組員於航機下降至約 900 呎時目視跑道道面，繼續進場下降至約 300 呎左右失去目視參考，於約 221 呎執行重飛後始再次目視跑道。於事故航機後約 26 分鐘進場南竿機場 21 跑道之另一架立榮航班飛航組員表示，進場下降至 1,000 呎時，可觀察到 21 跑道頭懸崖前方有薄薄一層類似霾或霧。該機於 400 呎至 300 呎之間，因視線受到影響，故於進入薄霧前即決定重飛。而依據塔臺管制員訪談，事故當時 21 跑道頭的左側至東方海面有低雲（海霧），事故航機五邊進場時，於位於北竿附近時尚可以目視，自高度約 400 呎以下至撞擊跑道頭之前無法目視該機。

綜上所述，事故航機最後進場階段，於下降通過最最低下降高度後未遭遇低雲遮蔽視線，約 300 呎以下至 221 呎重飛間遭遇的視障為隨風向北移動，受地形抬升至 21 跑道頭外側的海霧或低雲，而事故前後南竿機場例行及特別天氣報告中，測報疏雲 300 呎及霾。

依據國際民航組織第 3 號附約、民航局航空氣象規範，及美國國家氣象局地面天氣觀測訓練指南，距離機場參考點 8 公里範圍內，若機場主要部分被霧涵蓋，其他部分及觀測位置沒有霧，可在天氣報告的能見度及天氣現象之後，編報「部分霧(partial fog, 簡字為 PRFG)」，提供飛航組員機場主要部分有霧的資訊。

本次事故時期，位於 21 跑道頭外側的海霧，正好位於航機最後進場落地前的下滑道下方，隨風向、時間的變化，及駕駛員的操作方式，可能影響航機是否能順利進場落地。然南竿機場位於高地，除西側外皆直接鄰海，氣象員執行天氣觀測時，可作為距離參考之地標除北竿島外，僅有少數低於機場水平面之小島及礁岩，當有海霧遮蔽時，易影響能見度及低雲等天氣現象的觀測。且海霧易隨風及地形移動，變化快，其距離及跑道道面以上的高度不易判斷，部分霧的測報有一

定的難度。

本會認為，依飛航程序，飛航組員於最後進場階段，高度低於最低下降高度時失去目視參考即應立即執行重飛。事故前後南竿機場例行及特別天氣報告中測報疏雲 300 呎及靄，未包含受地形抬升至 21 跑道頭外側的海霧或低雲，雖不是導致此次事故之原因，然若能有相關輔助設備，或針對此類特殊天氣之觀測指引協助氣象員觀測及編報，將能增加駕駛員最後進場時對天氣狀況之警覺，並提升機場天氣報告的品質。

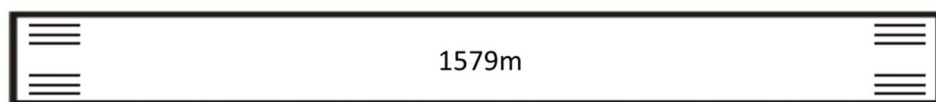
## 2.4 南竿機場跑道現況

南竿機場跑道因受周遭地形環境限制影響，無法於跑道地帶外設置跑道端安全區，故須依「民用機場設計暨運作規範」附篇 A 第 10.2 節，將一些跑道公布距離予以減小作為提供跑道端安全區的空間。跑道的各項公布距離，係按實際跑道頭標線所在位置，以及緩衝區、清除區之設置長度為基準計算而得，其計算方式詳見本報告第 1.10.2 節機場設計相關規範之附篇圖 A-1。

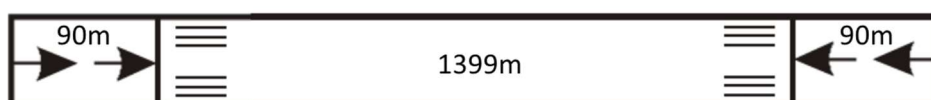
南竿機場 03/21 跑道，依據原規劃使用該機場之最關鍵飛機機型 (DASH-8-300) 需求跑道長度，規範之飛機參考場面長度分類係劃屬第「2」類，且 03 跑道屬儀器跑道，故該跑道須作為提供跑道端安全區空間而減小的跑道公布距離，按上開規範第 3.5 節規定為至少 90 公尺，且跑道兩端皆須設置跑道端安全區。

目前南竿機場 03/21 跑道之跑道頭標線繪設位置無法提供規範所要求跑道頭前最小跑道端安全區長度，跑道現況以及上述符合規範應有之配置對照示意如圖 2.4-1。此外，在緩衝區、清除區皆未設置之條件下，依圖 2.4-1(b)之配置可得 03/21 跑道「可用之降落距離(LDA)」、「可用之起飛滾行距離 (TORA)」、「可用之起飛距離 (TODA)」、以及「可用之加速 - 停止距離 (ASDA)」分別為 1,399 公尺、1,489 公

尺、1,579 公尺、1,489 公尺。然現行飛航指南列示上開各項公布距離之數值依序分別為 1,459 公尺、1,459 公尺、1,639 公尺、1,459 公尺，兩者顯有差異，詳如表 2.4-1 所列。



(a) 跑道現況



(b) 符合規範之配置

圖 2.4-1 南竿機場跑道端安全區配置示意圖

表 2.4-1 南竿機場跑道公布距離比較表

單位：公尺

跑道名稱	資料來源	可用之降落距離 LDA	可用之起飛滾行距離 TORA	可用之起飛距離 TODA	可用之加速-停止距離 ASDA
03	飛航指南	1,459	1,459	1,639	1,459
	依規範計算	1,399	1,489	1,579	1,489
21	飛航指南	1,459	1,459	1,639	1,459
	依規範計算	1,399	1,489	1,579	1,489

## 第 3 章 結論

本章中依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析，總結以下三類之調查發現：「與可能肇因有關之調查發現」、「與風險有關之調查發現」及「其他調查發現」。

### 與可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定為與本次事故發生有關之重要因素，包括不安全作為、不安全狀況，或與造成本次事故發生息息相關之安全缺失等。

### 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及影響飛航安全之潛在風險因素，包括可能間接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件，以及關乎組織與系統性風險之安全缺失，該等因素本身非事故之肇因，但提升了事故發生機率。此外，此類調查發現亦包括與本次事故發生雖無直接關聯，但基於確保未來飛航安全之故，所應指出之安全缺失。

### 其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清待決疑慮之作用者。其中部分調查發現係屬大眾所關切，且常見於國際民航組織（ICAO）事故調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全目的之用。

#### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故航機執行南竿機場 21 跑道非精確進場時，跑道頭前方有低雲或海霧覆蓋。於最後進場階段，操控駕駛員使用自動駕駛左右導航及垂直速率模式進場，因注意力集中在駕駛艙內相關操作，對航機位置失去狀況警覺，未意識到航機高度已非常接近跑道頭標高。當航機進入低雲，操控駕駛員無法保持目視跑道的情況下，

未依規定立即執行重飛，繼續使用自動駕駛持續進場，監控駕駛員亦未提醒或呼叫重飛。該機於高度 229 呎，高於跑道頭約 11 呎，操控駕駛員決定重飛時，因高度過低，在航機建立有效爬升率前，主輪及尾橈撞擊 21 跑道頭外緣端牆頂部，造成航機實質損壞。(1.1, 1.18, 2.2)

### 3.2 與風險有關之調查發現

1. 操控駕駛員未依操作限制於跑道頭標高 160 呎以上解除自動駕駛改以手動操控，繼續使用自動駕駛垂直速率模式控制航機下降率並持續進場，增加飛航作業之風險。(1.1, 1.11, 2.2)
2. 監控駕駛員於事故航機高度顯著低於正確下滑道，及操控駕駛員之操作偏離標準作業程序 (SOPs) 時，未提出任何意見或呼叫，未發揮組員合作、提醒之功能。(1.18, 2.2)
3. 立榮於事故前之安全監控機制，雖符合民航主管機關之要求，但無法較具有針對性的偵測與識別如本次事故中，飛航組員於最後進場階段部分操作偏離標準作業程序 (SOPs) 之行為及其原因。(1.1, 1.17, 1.18, 2.2)
4. 立榮事故前針對可控飛行撞地 (CFIT) 事故風險管控所訂定之安全績效指標與目標，及飛航組員增加 CFIT 事故風險飛航操作方式之偵測機制與管控作為，尚有可調整、強化之處。(1.17, 1.18, 2.2)

### 3.3 其他調查發現

1. 事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與公司要求，訓練與考驗紀錄中查無與本案有關之異常發現。事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示有足以影響飛航組員操作表現之醫療、藥物與酒精因素。(1.5, 2.1)
2. 事故航機之載重與平衡均位於限制範圍內，飛行前之適航資訊皆

無異常。(1.6, 2.1)

3. 事故前後南竿機場例行及特別天氣報告中測報疏雲 300 呎及靄，未包含受地形抬升至 21 跑道頭外側的海霧或低雲。(1.7, 2.3)
4. 南竿機場跑道頭標線之繪設位置、以及各項公布距離與民用機場設計暨運作規範要求不一致。(1.10, 2.4)



## 第 4 章運輸安全改善建議

### 4.1 改善建議

#### 致 立榮航空公司

1. 強化安全監控機制，識別並防範飛航組員偏離標準作業程序之行為，並要求監控駕駛員確實達成組員合作、提醒及糾正之功能，以降低飛航作業風險。(TTSB-ASR-22-08-001)
2. 依組織特性、營運型態及安全資料分析結果，檢視並強化可控飛行撞地(CFIT)事故風險管控及預防措施，包括：相關危害識別與監控、安全績效指標與目標訂定、飛航組員風險意識提升等，以避免此類型事故再次發生。(TTSB-ASR-22-08-002)

#### 致 交通部民用航空局

1. 督導立榮航空公司強化下列安全監控機制及效能：
  - 識別並防範飛航組員偏離標準作業程序之行為，要求監控駕駛員確實達成組員合作、提醒及糾正之功能。
  - 檢視並強化可控飛行撞地(CFIT)事故風險管控及預防措施，包括危害識別與風險評估、安全績效指標與目標訂定、飛航組員風險意識提升等，以降低飛航作業風險。(TTSB-ASR-22-08-003)
2. 評估於南竿機場設置相關輔助設備，或提供觀測指引，以協助氣象員觀測及編報跑道頭外側之海霧或低雲。(TTSB-ASR-22-08-004)
3. 依據民用機場設計暨運作規範，檢討南竿機場之跑道端安全區及跑道公布距離，併檢視所屬各機場之相關配置是否有類

似之情況。(TTSB-ASR-22-08-005)

