



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 113 年 11 月 4 日

安捷航空 Tecnam P2012 Traveller 型機

國籍標誌及登記號碼 B-86002

金門機場落地後發現機體結構實質損害

報告編號：TTSB-AOR-25-11-001

報告日期：民國 114 年 11 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運輸安全之用。

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 113 年 11 月 4 日，安捷航空股份有限公司一架 Tecnam P2012 Traveller 型機，國籍標誌及登記號碼 B-86002，執行金門機場至臺北/松山機場之緊急醫療服務（Emergency Medical Services, EMS）後，1747 時返回金門機場備勤。1925 時於金門機場 06 跑道落地滾行時，發生左主輪爆胎，隨後停止於跑道上，無人員傷亡。11 月 5 日，安捷機務人員拆除左起落架箱梁整流罩後，發現機身外蒙皮有皺褶現象及 7 顆固定鉚釘斷裂；11 月 7 日拆除機身內牆板後，發現左起落架箱梁前、後之機身框架變形。

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、安捷航空股份有限公司。本事故調查報告依程序於民國 114 年 10 月 17 日經運安會第 79 次委員會議審議通過後發布。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 7 項，改善建議計 3 項，分述如後：

壹、調查發現

與可能肇因有關之調查發現

1. 事故機左起落架箱梁前、後之機身框架遭受實質損害，其可能原因為落地過程左主輪觸地時，機體結構所承受之衝擊力超出負載能力所致。依該機航電系統（G1000）之飛航資料紀錄，自交機後有數架次之垂向/橫向加速度、下降率或坡度等數值偏高；然因 G1000 紀錄之取樣率（1 Hz）較低，可能有實際落地時之加速度峰值遠高於紀錄數值而未被記錄，且安捷於事故前未曾檢查過該受損部位，無相關資料可佐證實際損害發生時間，故無法確認該機結構受損之確切原因。

與風險有關之調查發現

1. 安捷之「疑似重落地」評估機制完全仰賴所屬操作人員主動提報，惟其

安全管理系統未能有效發揮促進人員主動提報潛在風險事件之功能，致使航機發生重落地後可能未被及時檢查，相關結構如有損害，亦可能未被及時發現，進而導致航機於週期性維護檢查前，存在帶損害飛行之風險，危及飛航安全。

2. 受限於 P2012 型機缺乏模擬機與安捷機隊規模，以及緊急醫療服務任務具不可預期及頻率不定之特性，致使飛航組員飛行時數偏低，任務間隔缺乏規律，影響該型機飛行操作熟練度之維持，此狀況以原操作大型飛機轉訓該型機之飛航組員，尤為明顯。
3. 該機落地時，操控駕駛員可能於蹬舵操作中觸動左煞車踏板，致左主輪煞車壓力於觸地時作用於煞車制動鉗，致左主輪無法轉動，胎面橡膠及編織層於跑道上拖行過程中磨穿進而爆胎。

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安捷要求。飛航組員事故前 72 小時之休息及活動正常，事故發生時無身體不適情況，於任務前接受酒精檢測值為零。
2. 事故航機之載重與平衡均位於限制範圍內，查閱該機階檢維護計畫及經歷紀錄、機體維修紀錄、適航指令及製造商服務通告，無異常登錄，亦無與本次事故相關或未執行之適航指令。
3. 事故當時之天氣狀況符合安捷進場落地規範，本次事故與天氣因素無關。

貳、改善建議

致 安捷航空股份有限公司

1. 強化「疑似重落地」之監控與通報機制，以及早發現航機重落地所造成之結構損害。
2. 加強飛航組員進場落地操作之訓練與考驗，以提升其操作熟練度。

致 交通部民用航空局

1. 督導安捷強化「疑似重落地」之監控與通報機制，並加強飛航組員進場落地操作之訓練與考驗。

目 錄

摘要報告.....	i
目 錄.....	iv
表目錄.....	vii
圖目錄.....	viii
常用中英文名詞暨縮寫對照表	ix
第 1 章 事實資料.....	1
1.1 飛航經過.....	1
1.2 人員傷害.....	2
1.3 航空器損害.....	2
1.4 其他損害情況.....	3
1.5 人員資料.....	3
1.5.1 飛航組員基本資料	3
1.5.1.1 正駕駛員甲	3
1.5.1.2 正駕駛員乙	4
1.5.2 飛航組員事故前 72 小時活動	5
1.5.2.1 正駕駛員甲	5
1.5.2.2 正駕駛員乙	6
1.6 航空器資料.....	7
1.6.1 航空器與發動機基本資料	7
1.6.2 航空器維護資訊	8
1.6.3 載重與平衡.....	9
1.7 天氣.....	11
1.8 助導航設施.....	12
1.9 通信	12
1.10 場站資料.....	12
1.11 飛航紀錄器	14
1.11.1 座艙語音飛航資料紀錄器.....	14
1.11.2 其他飛航資料紀錄.....	17

1.12 航空器殘骸與撞擊資料	18
1.12.1 機身構造及損害情形	18
1.12.2 起落架構造及損害情形	20
1.12.3 輪胎磨耗及煞車系統檢視	21
1.13 醫療與病理.....	22
1.14 火災.....	22
1.15 生還因素.....	23
1.16 測試與研究.....	23
1.17 組織管理.....	23
1.18 其他.....	23
1.18.1 訪談紀錄.....	23
1.18.1.1 正駕駛員甲	23
1.18.1.2 正駕駛員乙	27
1.18.1.3 民國 113 年 1 月 24 日金門-松山 EMS 任務之操控駕駛員.....	31
1.18.1.4 安捷普通航空業業務部簽派經理	33
1.18.1.5 安捷 P2012 機隊總機師	34
1.18.1.6 安捷安管處普通航空業飛安經理	36
1.18.1.7 隨機機務人員訪談	37
1.18.2 安捷相關手冊內容	38
1.18.2.1 異常事件通報程序	38
1.18.2.2 落地操作程序	40
1.18.2.3 重落地維修指引	42
1.18.2.4 失速速度.....	45
1.18.2.5 進場速度.....	46
1.18.2.6 穩定進場條件	46
1.18.2.7 標準呼叫.....	48
1.18.2.8 輪胎維護手冊	50
1.18.3 重落地之評估.....	51

1.18.4 事件序.....	52
第 2 章 分析.....	53
2.1 概述.....	53
2.2 進場落地操作.....	53
2.3 左主輪爆胎之可能原因.....	55
2.4 機身結構損害之可能原因	56
2.5 重落地事件之評估與主動通報機制	59
2.6 飛航組員訓練.....	61
第 3 章 結論.....	63
3.1 與可能肇因有關之調查發現	64
3.2 與風險有關之調查發現.....	64
3.3 其他調查發現.....	64
第 4 章 運輸安全改善建議	66
4.1 改善建議.....	66
4.2 已完成或進行中之改善措施	66

表目錄

表 1.5-1 飛航組員基本資料表.....	3
表 1.6-1 航空器基本資料.....	7
表 1.6-2 發動機基本資料.....	8
表 1.6-3 SB 執行紀錄.....	8
表 1.6-4 載重及平衡相關資料表.....	9
表 1.18-1 本次事故事件序.....	52

圖目錄

圖 1.1-1 事故航機飛航軌跡圖.....	2
圖 1.6-1 重心限制範圍.....	9
圖 1.6-2 「金門-松山」任務派遣時預估之載重平衡資料.....	10
圖 1.6-3 「金門-松山」任務依實際數據計算之載重平衡資料.....	10
圖 1.6-4 「松山-金門」任務派遣時預估之載重平衡資料.....	11
圖 1.6-5 「松山-金門」任務依實際數據計算之載重平衡資料.....	11
圖 1.10-1 金門機場圖.....	13
圖 1.11-1 事故航機落地軌跡、關鍵事件與機場場面套疊圖.....	15
圖 1.12-2 機身蒙皮變形區域及鉚釘脫落位置	19
圖 1.12-3 機身框架損害情形	19
圖 1.12-4 前起落架及主起落架	20
圖 1.12-5 事故航機於跑道停止後輪胎破損情形	21
圖 1.12-6 煞車系統及油路.....	22
圖 1.18-1 加速度資料來源與存儲媒介.....	51
圖 2.2-2 事故航機進場高度 50 呎至落地期間之仰角與垂直速率變化	54
圖 2.3-1 左主輪損傷樣態對照.....	55
圖 2.4-1 事故航機落地前後之水平姿態變化.....	57
圖 2.4-2 民國 113 年 1 月 24 日進場落地之 G1000 相關紀錄參數趨勢.....	58

常用中英文名詞暨縮寫對照表

AAL	Above Aerodrome Level	機場平面以上
AD	Airworthiness Directive	適航指令
AFM	Aircraft Flight Manual	飛航手冊
AHRS	Attitude & Heading Reference System	姿態及航向參考系統
AMM	Aircraft Maintenance Manual	飛機維護手冊
AMP	Aircraft Maintenance Program	飛機維護計畫
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
CVFDR	Cockpit Voice Flight Data Recorder	座艙語音飛航資料 紀錄器
EMS	Emergency Medical Services	緊急醫療服務
FCTM	Flight Crew Training Manual	飛航組員訓練手冊
FD	Flight Director	飛航導引
FOM	Flight Operation Manual	航務手冊
FOQA	Flight Operations Quality Assurance	飛航操作品質保證
GPS	Global Positioning System	全球衛星定位系統
IAU	Integrated Avionic Unit	航電整合器
ILS	Instrument Landing System	儀器降落系統
IOE	Initial Operating Experience	初始操作經驗
IPC	Illustrated Parts Catalogue	零件冊
PF	Pilot Flying	操控駕駛員
PM	Pilot Monitoring	監控駕駛員
SB	Service Bulletin	服務通告
SMS	Safety Management System	安全管理系統
SRM	Structure Repair Manual	結構維修手冊
UTC	Coordinated Universal Time	世界協調時

第 1 章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 113 年 11 月 4 日，安捷航空股份有限公司（以下簡稱安捷）一架 Tecnam P2012 Traveller 型機（以下簡稱 P2012），國籍標誌及登記號碼 B-86002，執行金門機場至臺北/松山機場（以下簡稱松山機場）之緊急醫療服務（Emergency Medical Services, EMS）後，1747 時¹自松山機場起飛返回金門機場備勤。1925 時於金門機場 06 跑道落地滾行時左主輪爆胎，隨後停止於跑道上，無人員傷亡。

安捷於事故當日中午接獲衛生福利部空中轉診審核中心通知，轉送 1 名新生兒病患由金門至臺北；該機完成任務前準備工作後，於 1417 時自金門機場起飛，機上載有正駕駛員 2 名、隨行機務人員、護理師、醫師、病患及家屬各 1 名，共計 7 人；1547 時於松山機場落地，由護理師、醫師陪同病患及家屬前往醫院。

待護理師及醫師返回松山機場後，該機於 1747 時自松山機場起飛返回金門機場備勤，機上載有正駕駛員 2 名、隨行機務人員、護理師及醫師各 1 名，共計 5 人，由正駕駛員甲坐於駕駛艙左座擔任監控駕駛員（Pilot Monitoring, PM），正駕駛員乙坐於駕駛艙右座擔任操控駕駛員（Pilot Flying, PF）。

該機於金門機場採用 06 跑道 ILS²進場程序，金門塔臺管制員於 1917 時許可該機落地並告知飛航組員風向 040 度、風速 10 浬/時。1925:04 時，該機於金門機場 06 跑道落地，當時空速 97.8 浬/時，磁航向 68.1 度，仰角 -1.9 度，右坡度 1.1 度，下降率約 480 呎/分，垂向加速度最大 1.86 g's；著陸點距離跑道頭約 800 呎、位於跑道中心線附近。

1925:17 時，該機速度約 50 浬/時，座艙語音飛航資料紀錄器（Cockpit

¹ 除非特別註記，本報告所列時間皆為臺北時間，即世界協調時（Coordinated Universal Time, UTC）+8 小時。

² 儀器降落系統（Instrument Landing System, ILS）。

Voice Flight Data Recorder, CVFDR) 記錄到不明聲響，隨行機務人員及飛航組員於 1925:26 時先後表示「爆胎了」。1925:32 時，該機停止於距離 06 跑道頭約 2,800 呎處，位於跑道中心線左側。依據訪談記錄，飛航組員表示落地感覺偏重，滾行時飛機震動、左偏，認為是爆胎，便通知塔臺後將該機停止於接近 D 滑行道之位置，請隨行機務人員下機檢查，發現左主輪爆胎(該機之飛航軌跡如圖 1.1-1)。

民國 113 年 11 月 5 日，安捷機務人員拆除左起落架箱梁整流罩後，發現機身外蒙皮有皺褶現象及 7 顆固定鉚釘斷裂；11 月 7 日拆除機身內牆板後，發現左起落架箱梁前、後之機身框架變形。

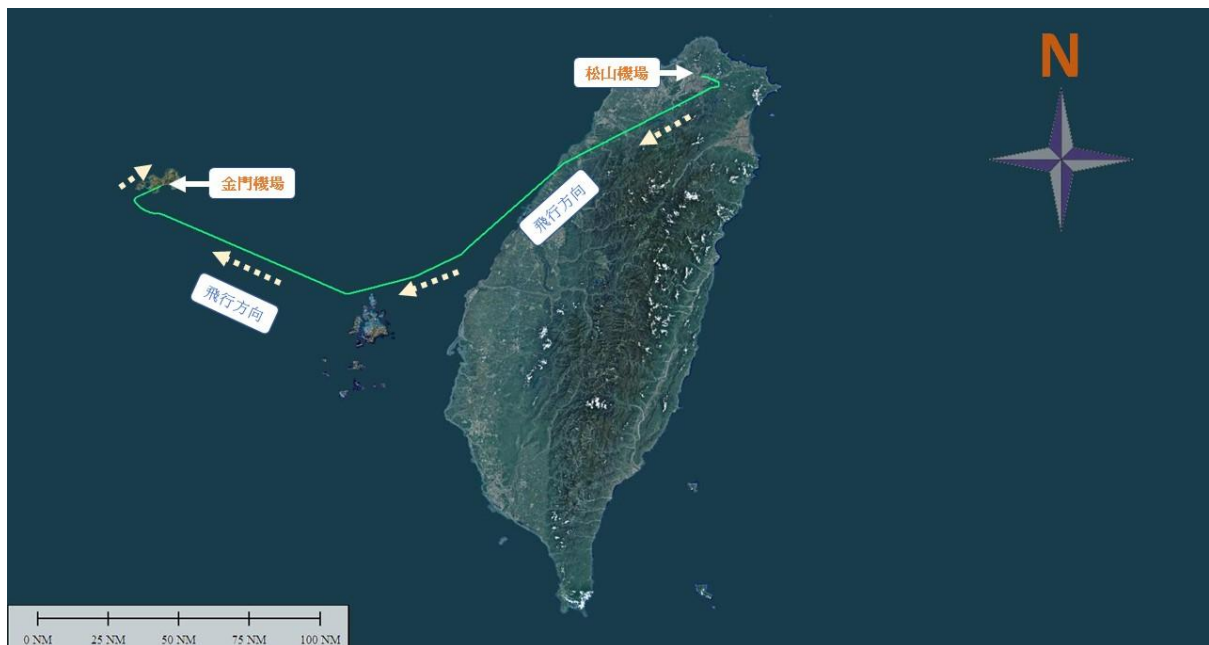


圖 1.1-1 事故航機飛航軌跡圖

1.2 人員傷害

無。

1.3 航空器損害

航空器機體結構遭受實質損害，損害集中於機身中段左側起落架箱梁之前、後機身蒙皮及框架，詳見 1.12 節。

1.4 其他損害情況

無。

1.5 人員資料

1.5.1 飛航組員基本資料

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 甲	正 駕 駛 員 乙
性	別	男	男
事 故 時 年 齡		60	58
進 入 安 捷 日 期		民國 113 年 5 月	民國 112 年 7 月
航 空 人 員 類 別		飛機民航運輸駕駛員	飛機民航運輸駕駛員
檢 定 項 目	期 期	P2012 A-320 MD-80S MD-90 民國 113 年 8 月 12 日 民國 118 年 7 月 21 日	P2012 A-330 民國 112 年 10 月 16 日 民國 117 年 10 月 15 日
體 格 檢 查 種 類	終 止 日 期	甲類駕駛員 民國 113 年 11 月 30 日	甲類駕駛員 民國 113 年 12 月 31 日
總 飛 航 時 間	³	19,277 小時 50 分	11,257 小時 32 分
事 故 型 機 飛 航 時 間		38 小時 14 分	131 小時 26 分
最 近 12 個 月 飛 航 時 間		38 小時 14 分	115 小時 22 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間		30 小時 46 分	36 小時 08 分
最 近 30 日 內 飛 航 時 間		16 小時 03 分	24 小時 04 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間		6 小時 31 分	7 小時 08 分
事 故 前 24 小 時 飛 航 時 間		3 小時 30 分	3 小時 30 分
派 飛 事 故 首 次 任 務 前 之 休 息 期 間	⁴	72 小時 00 分	96 小時 00 分

1.5.1.1 正駕駛員甲

中華民國籍，曾任職於國內外民航運輸業航空公司擔任飛航駕駛員，民國 113 年 5 月進入安捷，同年 6 月接受 P2012 初始訓練，於同年 8 月通過給證考試、完成初始操作經驗（Initial Operating Experience, IOE）之航路

³ 本表所列之飛航時間，均包含事故航班之飛行時間，計算至事故發生當時（1925 時）為止。

⁴ 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」。

訓練並通過航路考驗後，擔任該型機正駕駛員。檢視正駕駛員甲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。

正駕駛員甲持有中華民國飛機民航運輸駕駛員檢定證（Airline Transport Pilot License, ATPL），檢定項目欄內之註記為：「*Aeroplane, Land, Multi-Engine, Instrument Rating P2012 A-320 MD-80S MD-90, Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，限制欄內之註記為：「*NIL*」，特定說明事項欄內註記為：「*English Proficiency ; ICAO L4 Expiry Date 09 Mar 2028*」。

正駕駛員甲體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 113 年 7 月 1 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.*」。正駕駛員甲於任務前接受酒精檢測值為零。

1.5.1.2 正駕駛員乙

中華民國籍，曾為軍機駕駛員，退役後曾任職於國內外民航運輸業航空公司擔任飛航駕駛員，於民國 112 年 7 月進入安捷，同年 8 月接受 P2012 初始訓練，於同年 10 月通過給證考試、完成初始操作經驗之航路訓練並通過航路考驗後，擔任該型機正駕駛員。113 年 2 月開始接受 P2012 教師駕駛員升等訓練，完成並於同年 3 月通過實機考驗後，升任該型機教師駕駛員。

正駕駛員乙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：「*Aeroplane, Land, Multi-Engine, Instrument Rating P2012 A-330, Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，限制欄內之註記為：「*NIL*」，特定說明事項欄內註記為：「*NIL*」。

正駕駛員乙事故前最近一次年度適職性訓練及實機考驗於民國 113 年 10 月 29 日通過，結果均為「*overall performance satisfactory*」。檢視正駕駛員乙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。

正駕駛員乙體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 113 年

6 月 18 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.*」。正駕駛員乙於任務前接受酒精檢測值為零。

1.5.2 飛航組員事故前 72 小時活動

本節係摘錄自飛航組員於事故後填答之「事故前睡眠及活動紀錄」問卷，問卷內容涵蓋睡眠⁵、睡眠品質⁶、工作、私人活動及「疲勞自我評估表」等部分。填答者係於「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

1.5.2.1 正駕駛員甲

- 11 月 1 日 休假；2300 時於自宅臥室就寢，約 5 分鐘後入睡。
- 11 月 2 日 休假；1000 時起床，睡眠品質「良」。2300 時於自宅臥室就寢，約 5 分鐘後入睡。
- 11 月 3 日 休假；1000 時起床，睡眠品質「良」。2200 時於自宅臥室就寢，約 5 分鐘後入睡。
- 11 月 4 日 0600 時起床，睡眠品質「良」。0700 時搭機前往金門待命，抵達金門後於宿舍寢室休息，1200 時接獲 EMS 任務，1250 時抵達金門機場，1417 時自金門起飛擔任操控駕駛員，1547 時於松山落地，1600 時前往安捷辦公室休息用餐，1710 時返回機邊執行飛行前檢查，1747 時自松山起飛擔任監控駕駛員，1925 時降落金門時發生左主輪爆胎事故。

⁵ 「睡眠」係指所有睡眠型態，如：長時間連續之睡眠、小睡（nap）、勤務中休息之睡眠等。

⁶ 睡眠品質則依填答者主觀感受區分為優（excellent）、良（good）、可（fair）、差（poor）。

事故後，正駕駛員甲員圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「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」；

正駕駛員甲於問卷中表示，每日睡眠需求約 6 至 9 小時，無駕駛勤務時之正常睡眠時段為 2300 時至 0900 時；平日無不易入睡或持續睡眠之情況；自 11 月 1 日起至 11 月 4 日事故發生時無身體不適情況；平日每日於早上服用血壓藥一次。

1.5.2.2 正駕駛員乙

11 月 1 日 休假；2300 時於自宅臥室就寢，約 10 分鐘後入睡。

11 月 2 日 休假；0800 時起床，睡眠品質「良」。2300 時於自宅臥室就寢，約 10 分鐘後入睡。

11 月 3 日 休假；0800 時起床，睡眠品質「良」。1500 時返抵安捷金門宿舍，1700 時出門用餐，1800 時返回宿舍，2300 時於宿舍寢室就寢，約 10 分鐘後入睡。

11 月 4 日 0800 時起床，睡眠品質「良」。1200 時接獲 EMS 任務，1250 時抵達金門機場，1417 時自金門起飛擔任監控駕駛員，1547 時於松山落地，1600 時前往安捷辦公室休息用餐，1710 時返回機邊執行飛行前檢查，1747 時自松山起飛擔任操控駕駛員，1925 時降落金門時發生左主輪爆胎事故。

事故後，正駕駛員乙圈選最能代表事故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」。正駕駛員乙於問卷中表示，每日睡眠需求約 8 小時，無駕駛勤務時之正常睡眠時段為 2300 時至 0800 時；平日偶有不易入睡或持續睡眠之情況，未服用藥物幫助睡眠；自 11 月 1 日起至 11 月 4 日事故發生時無身體不適情況；平日未服用任何藥物。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器與發動機基本資料

事故航機基本資料詳表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表（統計至民國 113 年 11 月 4 日）	
國 籍	中 華 民 國
航 空 器 登 記 號 碼	B-86002
機 型	P2012 TRAVELLER
製 造 廠 商	Costruzioni Aeronautiche Tecnam S.p.A.
出 廠 序 號	051
出 廠 日 期	民國 112 年 6 月 29 日
接 收 日 期	民國 112 年 8 月 16 日
所 有 人	Chailease Specialty Finance Co., Ltd.
使 用 人	Apex Aviation Inc.
國 籍 登 記 證 書 編 號	112-1718
適 航 證 書 編 號	113-08-179
適 航 證 書 生 效 日	民國 113 年 8 月 1 日
適 航 證 書 有 效 期 限	民國 114 年 7 月 31 日
航 空 器 總 使 用 時 數	494 小時 14 分
航 空 器 總 落 地 次 數	460 次
上 次 定 檢 種 類	Airframe 50FH Insp. & Airframe 150FH Insp.
上 次 定 檢 日 期	民國 113 年 10 月 8 日
上 次 定 檢 後 使 用 時 數	44 小時 45 分
上 次 定 檢 後 落 地 次 數	30 次
最 大 起 飛 重 量	3,680 公斤
最 大 落 地 重 量	3,630 公斤

事故航機裝有 2 具美國 Lycoming 公司生產之 TEO-540 型水平對向 6

汽缸、空氣冷卻、4 行程渦輪增壓往復式活塞發動機，其基本資料詳表 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 113 年 11 月 04 日)			
製 造 廠 商	Lycoming		
編 號 / 位 置	#1/LH	#2/RH	
型 別	TEO-540-C1A	TEO-540-C1A	
序 號	L-230-84A	L-229-84A	
製 造 日 期	民國 110 年 5 月 21 日	民國 110 年 5 月 20 日	
上次維修廠檢修後使用時數	44 小時 45 分	44 小時 45 分	
上次維修廠檢修後使用週期數	30	30	
總 使 用 時 數	494 小時 14 分	494 小時 14 分	
總 使 用 週 期 數	460	460	

1.6.2 航空器維護資訊

根據飛機/發動機階檢維護計畫及經歷簿，機體已執行 50 小時週期檢查 8 次、100 小時 4 次、150 小時 3 次；左/右發動機均已執行 50 小時週期檢查 8 次、100 小時 4 次、250 小時 1 次、400 小時 1 次；螺旋槳每百小時執行檢查，左/右各檢查 4 次，發動機及螺旋槳均無更換紀錄。

至事故日為止，安捷接獲該型機之適航指令（Airworthiness Directive, AD）1 份、製造商服務通告（Service Bulletin, SB）共計 37 份，其中之 AD 與事故航機無關，與本事故相關之 SB 表列如下：

表 1.6-3 SB 執行紀錄

MSB 編號	公告內容	執行情形
SB586-CS	P2012 MLG Piston Rod Inspection	已執行
SB632-CS	P2012 MLG Piston Locking System Improvement	未執行（選擇性項目，是否執行由操作者決定）
SB654-CS	P2012 Wheel Assembly-Inspection	已執行

經檢視事故航機自安捷接收日（民國 112 年 8 月 16 日）至事故當日（113 年 11 月 4 日）止之機體維修經歷，除例行週期維護及飛航操作缺點改正外，無機體結構、起落架相關缺點，亦無組員曾登載重落地、疑似重落地或滑行偏移等缺點敘述；根據維修經歷記載，左、右側主輪均於 113 年 5 月 22 日因磨耗超限更換新胎。根據 P2012 飛機維護計畫（Aircraft Maintenance Program, AMP），該型機起落架、箱梁及周邊結構檢查，應於每 550 飛行小時拆除整流罩執行檢查，截至事故當日，事故航機累積飛時為 494 小時，尚未執行此檢查項目。

1.6.3 載重與平衡

事故航班載重與平衡相關資料如表 1.6-4 及圖 1.6-1 所示。

表 1.6-4 載重及平衡相關資料表

最大機坪總重	3,700 公斤
最大起飛總重	3,680 公斤
最大落地總重	3,630 公斤
最大零油重量	3,560 公斤
空重	2,580 公斤

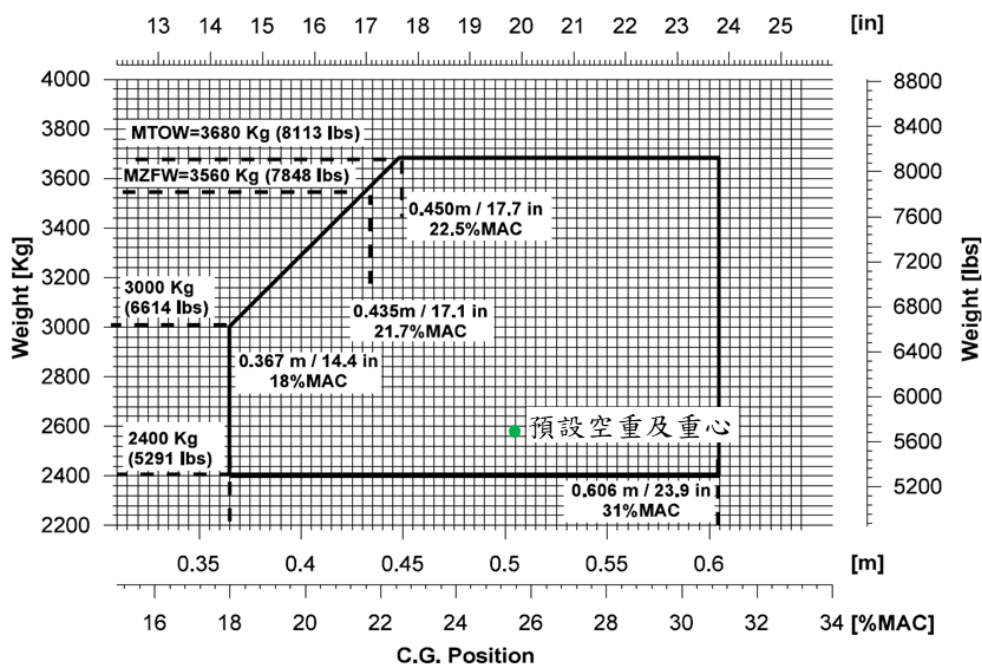


圖 1.6-1 重心限制範圍

安捷使用 Tecnam 原廠提供之軟體計算飛航任務載重平衡數據，依據該公司普通航空業業務部簽派經理表示，該機預設空重為 2,580 公斤，已包含防冰系統及防冰液之重量。

事故當日該機執行「金門－松山」及「松山－金門」來回任務，安捷於任務派遣時預估之載重平衡資料，與本會取得實際數據計算之載重平衡資料，皆於限制範圍內，詳如圖 1.6-2 至圖 1.6-5 所示。

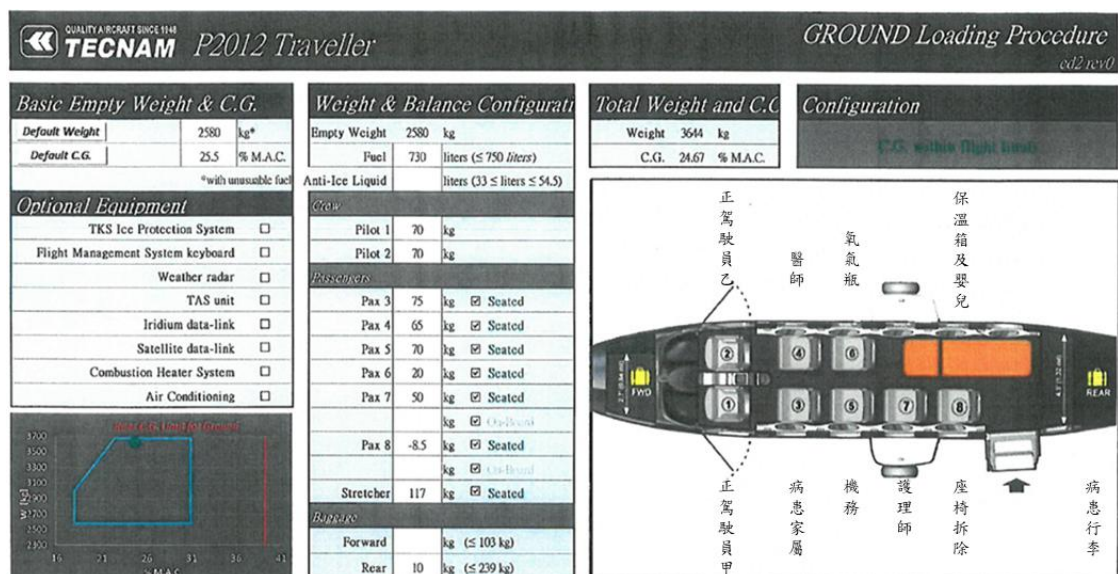


圖 1.6-2 「金門-松山」任務派遣時預估之載重平衡資料

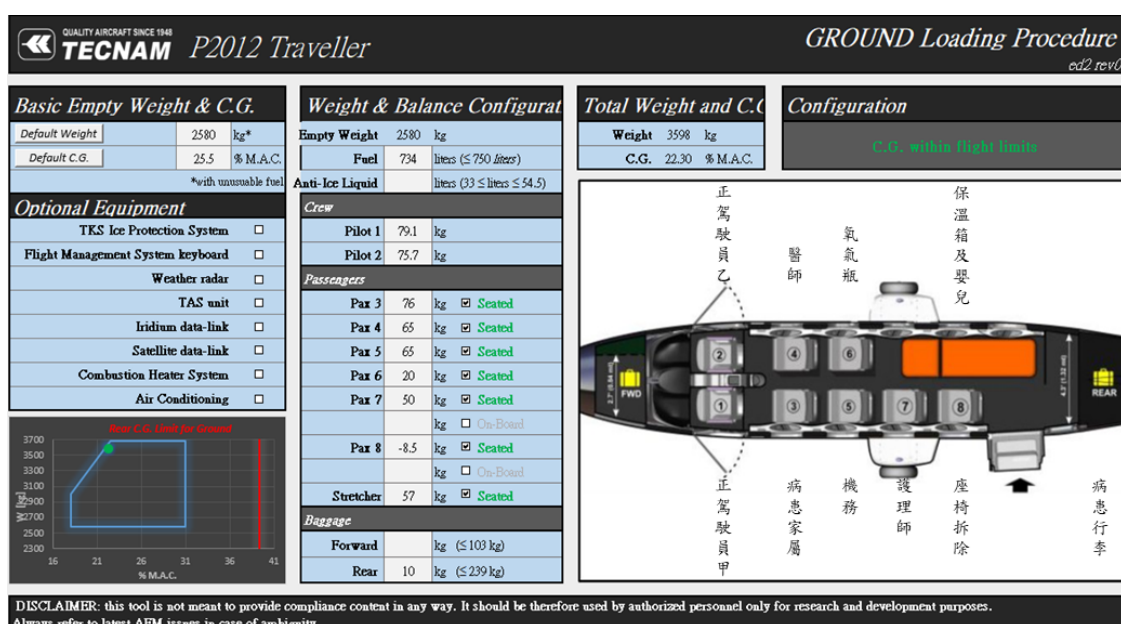


圖 1.6-3 「金門-松山」任務依實際數據計算之載重平衡資料

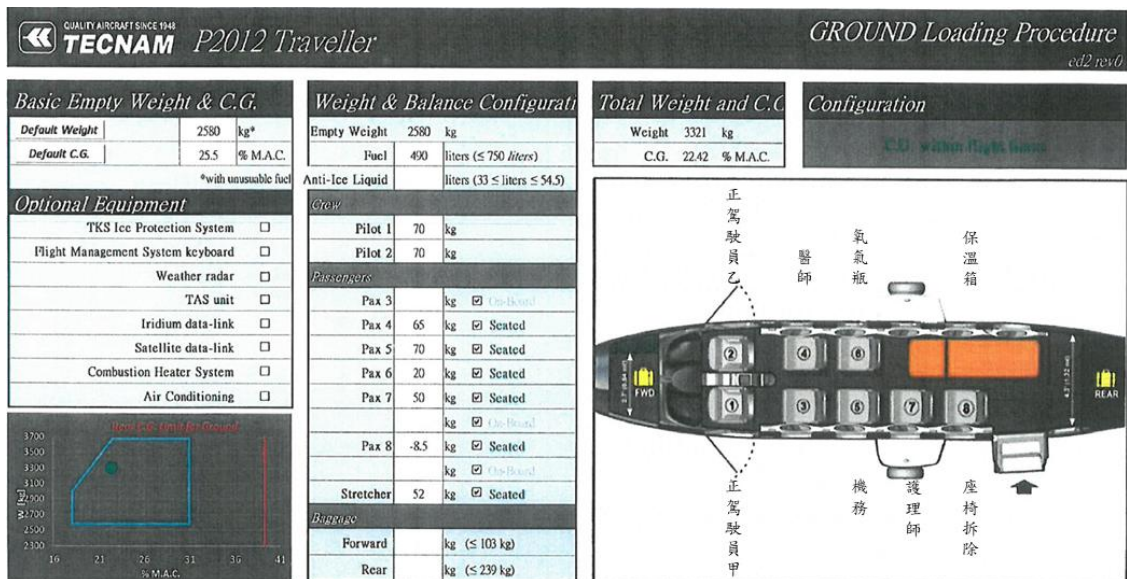


圖 1.6-4 「松山-金門」任務派遣時預估之載重平衡資料

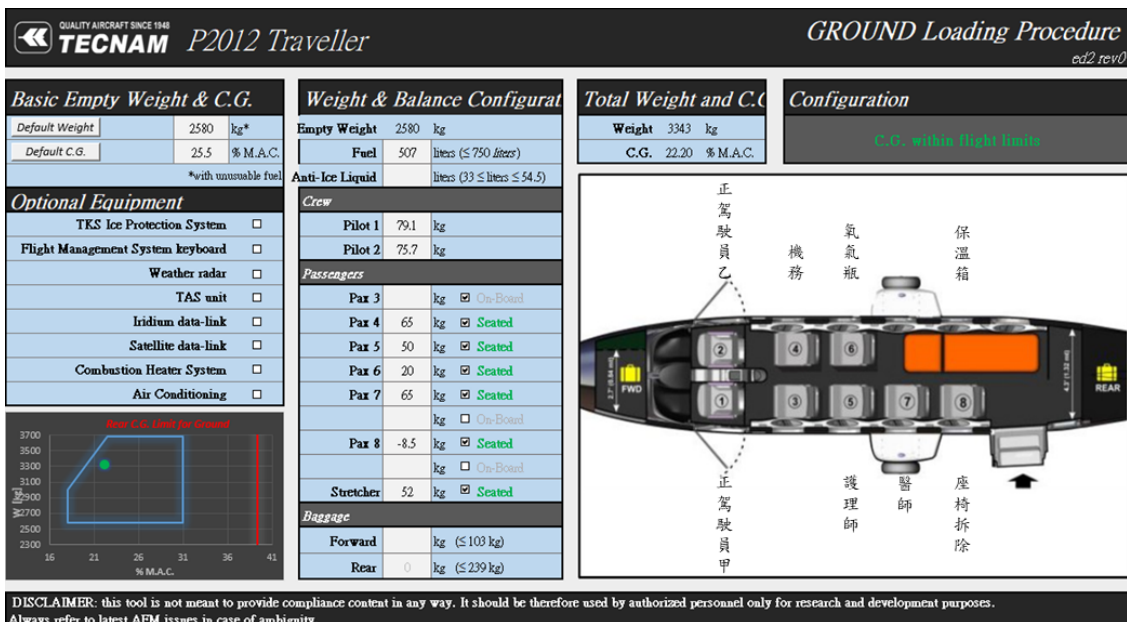


圖 1.6-5 「松山-金門」任務依實際數據計算之載重平衡資料

1.7 天氣

事故當日金門地區受大陸冷高壓影響，地面盛行風為偏東北風，1930 時金門機場地面天氣觀測紀錄如下：

風向 030 度，風速 11 哩/時，風向變化範圍 010 度至 070 度；能見度 10 公里或以上；稀雲 3,000 呎，疏雲 23,000 呎；溫度 24℃，露點 19℃；高

度表撥定值 1018 百帕；趨勢預報—無顯著變化。

金門機場 06 跑道自動氣象觀測系統⁷（Automated Weather Observation System, AWOS）於 1924:00 時至 1926:00 時每 10 秒鐘一筆的風向風速紀錄為：風向 036 轉 033 度，風速 10 浬/時，最大風速 16 浬/時。

1.8 助導航設施

無相關議題。

1.9 通信

無相關議題。

1.10 場站資料

依據「臺北飛航情報區飛航指南」（以下簡稱飛航指南，生效日期民國 113 年 10 月 3 日），金門機場標高 56 呎，設有跑道 1 條，跑道名稱為 06/24，長 3,004 公尺、寬 45 公尺，材質包括水泥混凝土以及瀝青混凝土兩種。其中，水泥混凝土部份僅設置於 06 跑道之位移跑道頭前區域，長 504 公尺；06 位移跑道頭至跑道中段之瀝青混凝土部份，長 1,000 公尺；近 24 跑道頭之瀝青混凝土部份，長 1,500 公尺。06/24 跑道之跑道地帶範圍長 3,124 公尺、寬 300 公尺，跑道末端均設有長、寬皆為 90 公尺之跑道端安全區，未設置緩衝區與清除區。同時，針對 06/24 跑道之跑道地帶，於飛航指南之跑道場面特性備註欄中列有「跑道地帶寬度不符 Annex 14 之規定。」說明。

飛航指南中金門機場之機場圖如圖 1.10-1 所示。

⁷ 設置位置詳圖 1.11-1。

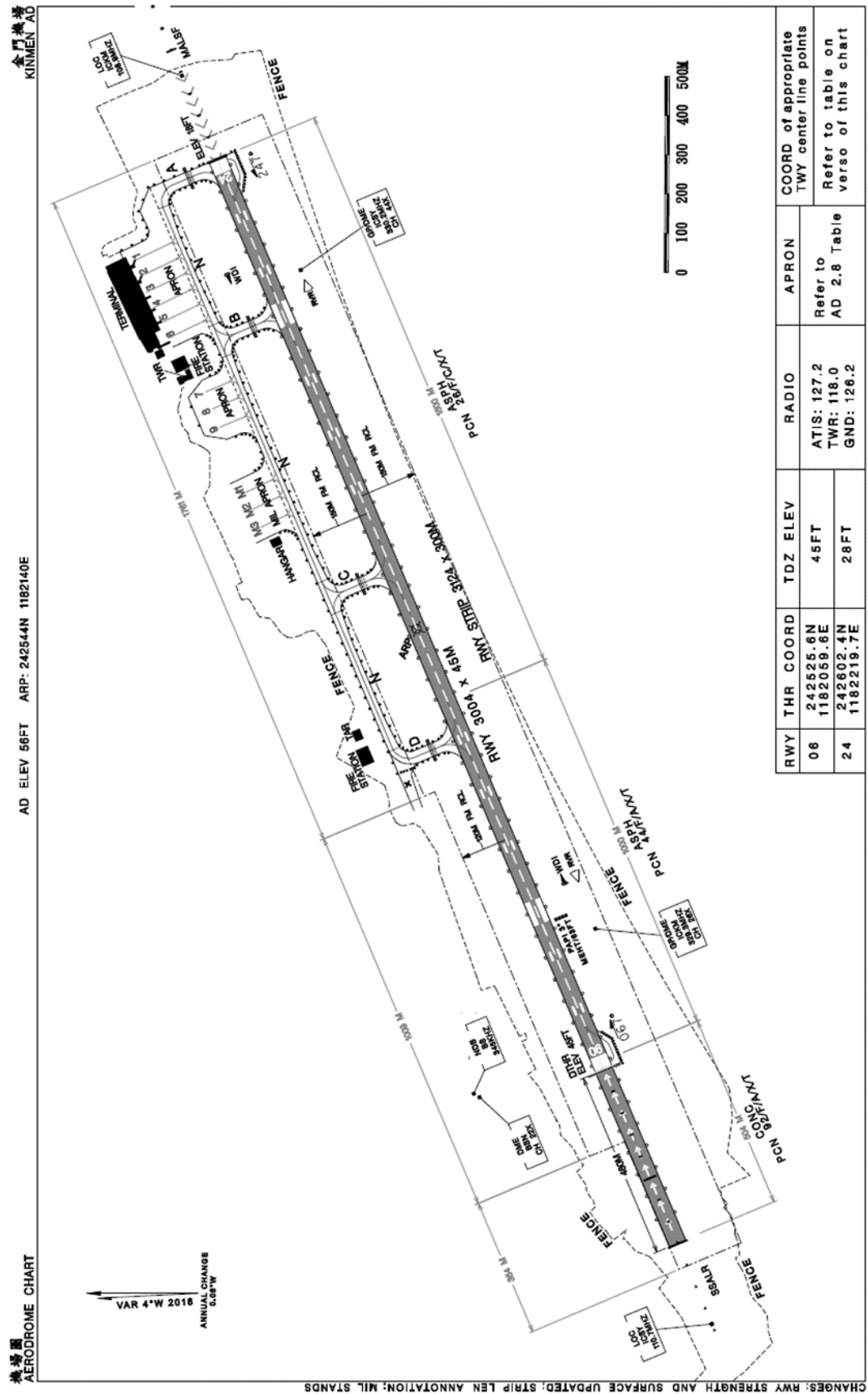


圖 1.10-1 金門機場圖

1.11 飛航紀錄器

1.11.1 座艙語音飛航資料紀錄器

事故航機裝置固態式 CVFDR，製造商為 Flight Data Systems 公司，件號及序號分別為 89000042-300 及 00164874，該紀錄器具備 2 小時高品質錄音及 25 小時飛航資料記錄能力。座艙語音之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。該座艙語音紀錄器下載情形正常，錄音品質良好。語音資料紀錄約 129 分 36.0 秒，包括該事故航次起飛、巡航、進場，及落地後發生爆胎等過程。針對本事故製作之抄件約為 13 分鐘。依據 Aerodynamic 公司提供之轉譯資料，該紀錄器可記錄約 170 餘項參數。有關資料之時間同步係根據座艙語音與飛航資料所記錄關鍵事件參數之時間同步後，再與金門塔臺航管時間同步，各資料來源整合後之時間誤差小於 1 秒。CVFDR 經解讀後，與事故相關之飛航參數記錄資料，及重要座艙語音事件，摘錄如下：

1. 1747:57 時，該機自松山機場起飛。
2. 1922:32 時，該機伸放落地外型，氣壓高度約為 1,200 呎。
3. 1922:47 時，飛航組員完成落地檢查表項目，氣壓高度約為 1,050 呎。
4. 1923:51 時，駕駛員解除自動駕駛，此時該機氣壓高度約 463 呎，空速 96.0 浬/時，磁航向 66.0 度，航機仰角-1.0 度，右坡度 0.5 度，下降率約 420 呎/分。
5. 1924:58 時，該機通過金門機場 06 跑道頭，此時空速 102.5 浬/時，磁航向 68.3 度，航機仰角介於-3.5 度與-2.5 度之間，左坡度介於 1.2 度與 1.8 度之間，下降率約 600 呎/分，左發動機動力比約 45%，右發動機動力比約 48%。
6. 1925:01 時，該機距地面高度約 30 呎，空速約 102 浬/時，航機仰角自-3.7 度逐漸增加至-1.6 度，左坡度介於 2.3 度與 3.3 度之間，平飄過程中下降率由 600 呎/分短曾短暫降至 240 呎/分後再回復至 600 呎/分，左發

動機動力比約 42%，右發動機動力比約 44%。

7. 1925:04 時，該機主輪於距 06 跑道頭約 800 呎，近跑道中心線處落地，空速 97.8 浬/時，磁航向 68.1 度，航機仰角-1.9 度，右坡度 1.1 度，下降率約 480 呎/分，垂向加速度最大 1.86 g's，橫向加速度⁸0.15 g's，左發動機動力比由 23%降至 16%，右發動機動力比由 32%降至 17%。
8. 1925:17 時，該機速度 50.0 浬/時，兩具發動機動力比均為 7%，此時 CVFDR 記錄到不明聲響，隨後航機滾轉姿態由右坡度 0.9 度於 13 秒內轉為左坡度 1.8 度。
9. 1925:32 時，該機停止於距 06 跑道頭約 2,800 呎，近跑道中心線左側處。
10. 1930:34 時，CVFDR 停止記錄。

有關該機與事故過程相關軌跡圖及飛航參數如圖 1.11-1 至圖 1.11-2。



圖 1.11-1 事故航機落地軌跡、關鍵事件與機場場面套疊圖

⁸ 橫向加速度正值為向右側之側滑，因 CVFDR 無此參數，此處係引用 G1000 紀錄之數值。

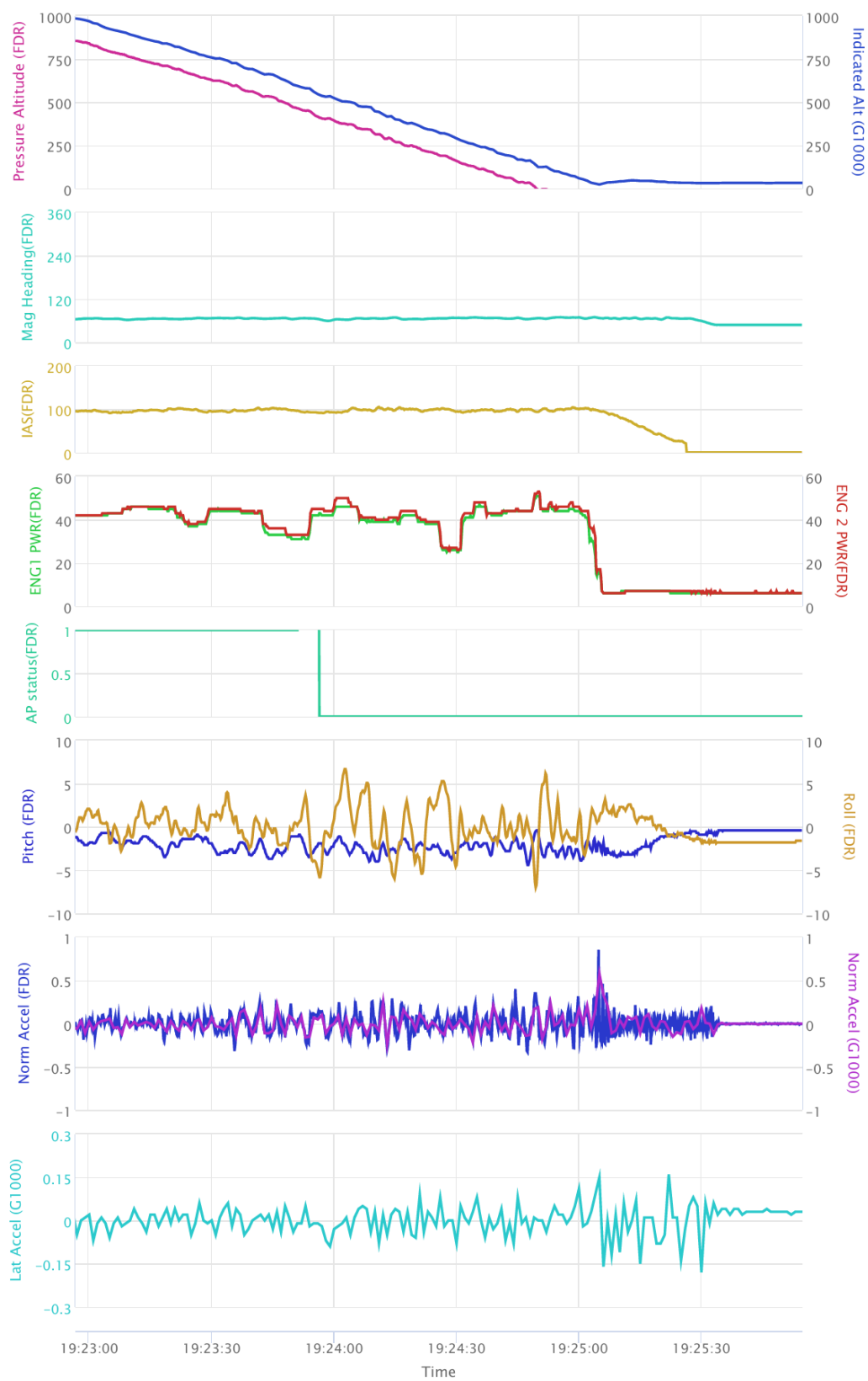


圖 1.11-2 事故航機操作相關參數圖（氣壓高度 500 呎以下）

1.11.2 其他飛航資料紀錄

事故航機裝有一套 Garmin G1000 航電系統（以下簡稱 G1000），具備記錄飛航資料功能，包含飛航軌跡、航空器姿態、導航與發動機相關資訊，最多可記錄近 100 項參數（資料取樣率為 1 Hz），並儲存於系統之記憶卡。

該機 G1000 紀錄資料經解讀後，包括：導航資料（GPS⁹時間、GPS 高度、地速、經緯度、航向、航跡角）、大氣資料（氣壓高度、風速、風向）、航空器空速、垂直速率、俯仰角、坡度、發動機資料（轉速、動力設定、燃油量、燃油壓力、滑油壓力與溫度）、加速度與無線電設定等參數。經比對事故航機 CVFDR 及 G1000 均有記錄之飛航參數資料，兩者資料一致並呈現相同趨勢，惟 CVFDR 所記錄之資料參數取樣率較 G1000 系統高¹⁰，有助於擷取記錄週期極短之事件。

為瞭解事故航機於發生事故前運用情況，本會自安捷取得該機自 112 年度交機後 G1000 系統所有飛行紀錄資料。經檢視後列舉事故航班及數筆航機以較大加速度或坡度落地資料：

- 112 年 8 月 28 日 1625:50 時於臺東機場 04 跑道落地時曾記錄垂向加速度 2.0 g's，橫向加速度 0.12 g's，主輪落地時空速 81.3 浬/時，下降率約 158 呎/分，航機仰角 0.2 度，左坡度 0.5 度；（飛行訓練）
- 112 年 9 月 26 日 1358:07 時於臺東機場 04 跑道落地時曾記錄垂向加速度 2.13 g's，橫向加速度 0.56 g's，主輪落地時空速 69.9 浬/時，下降率約 201 呎/分，航機仰角 6.4 度，右坡度 2.4 度；（飛行訓練）
- 113 年 1 月 18 日 2008:12 時於金門機場 06 號跑道落地時曾記錄垂向加速度 1.92 g's，橫向加速度 -1.17 g's，主輪落地時空速 74.0 浬/時，下降率約 236 呎/分，航機仰角 1.2 度，右坡度 1.8 度；（空機飛渡）
- 113 年 1 月 24 日 0436:01 時於松山機場¹¹10 號跑道落地時曾記錄垂向

⁹ Global Positioning System 全球衛星定位系統。

¹⁰ CVFDR 紀錄資料之取樣率為 8 或 16 Hz，而 G1000 紀錄資料之取樣率皆為 1 Hz。

¹¹ 當日松山機場 0500 時天氣紀錄為：風向 060 度，風速 5 浬/時，風向變化範圍 030 度至 090 度；能見度 10 公里或以上；疏雲 1,200 呎，裂雲 3,500 呎；溫度 10℃，露點 3℃；高度表撥定值 1030 百帕。

加速度 1.78 g's，橫向加速度 -0.48 g's，主輪落地時空速 67.7 浬/時，下降率約 394 呎/分，航機仰角 6.2 度，左坡度 11.5 度；(EMS)

- 113 年 11 月 4 日事故航班於金門機場 06 跑道落地時記錄垂向加速度 1.58 g's，橫向加速度 0.15 g's，主輪落地時空速 97.6 浬/時，下降率約 444 呎/分，航機仰角 -1.9 度，右坡度 1 度。

1.12 航空器殘骸與撞擊資料

1.12.1 機身構造及損害情形

P2012 為半硬殼式機體構造，由艙壁、桁條、框架及蒙皮所構成；機身中段主框架上方連接機翼，下方連接起落架箱梁¹²，採盒狀加強結構，以承受機翼飛航操作及起落架落地衝擊，詳圖 1.12-1。機體損害集中於左側箱梁前、後機身蒙皮及框架，機身蒙皮變形區域及鉚釘脫落位置詳圖 1.12-2，其中鉚釘斷裂面呈現強制性破壞特徵；機身主、次框架損害情形詳圖 1.12-3。

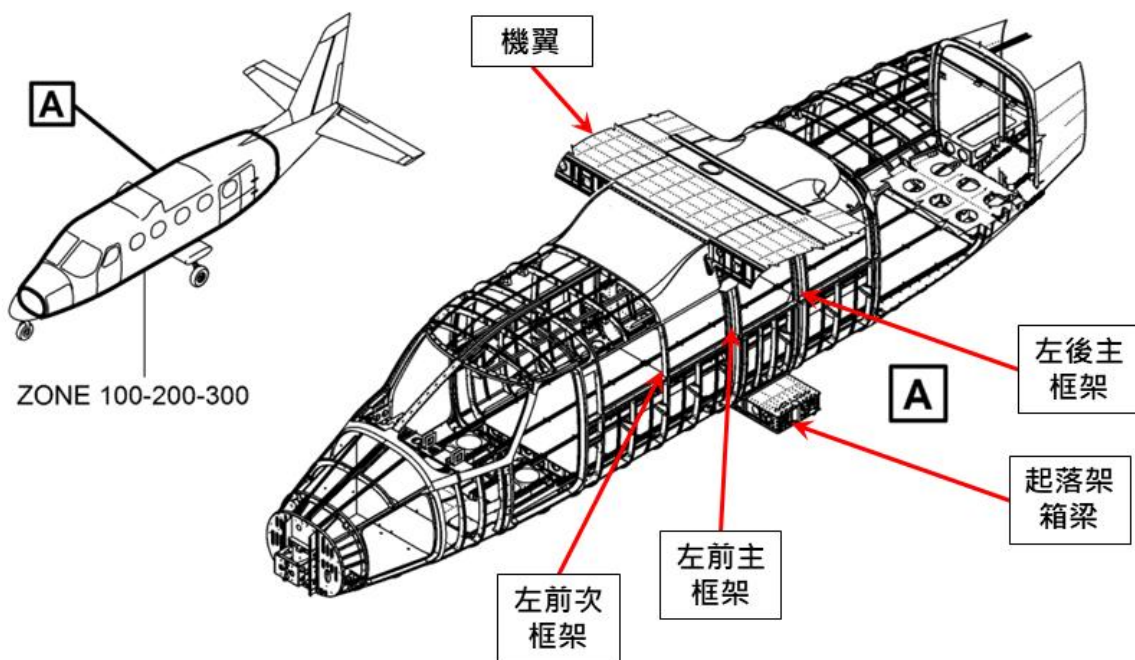


圖 1.12-1 機身中段框架及起落架箱梁位置

¹² P2012 於歐盟航空安全總署型式認證資料中不具結構維修手冊 (Structure Repair Manual, SRM)，已發布之飛機維護手冊 (Aircraft Maintenance Manual, AMM) 章節 06-Dimensions & Inspection Caps 亦缺乏飛機結構站位及編號資訊，因此本事故損傷位置標示採零件冊 (Illustrated Parts Catalogue, IPC) 圖示標示及文字說明。

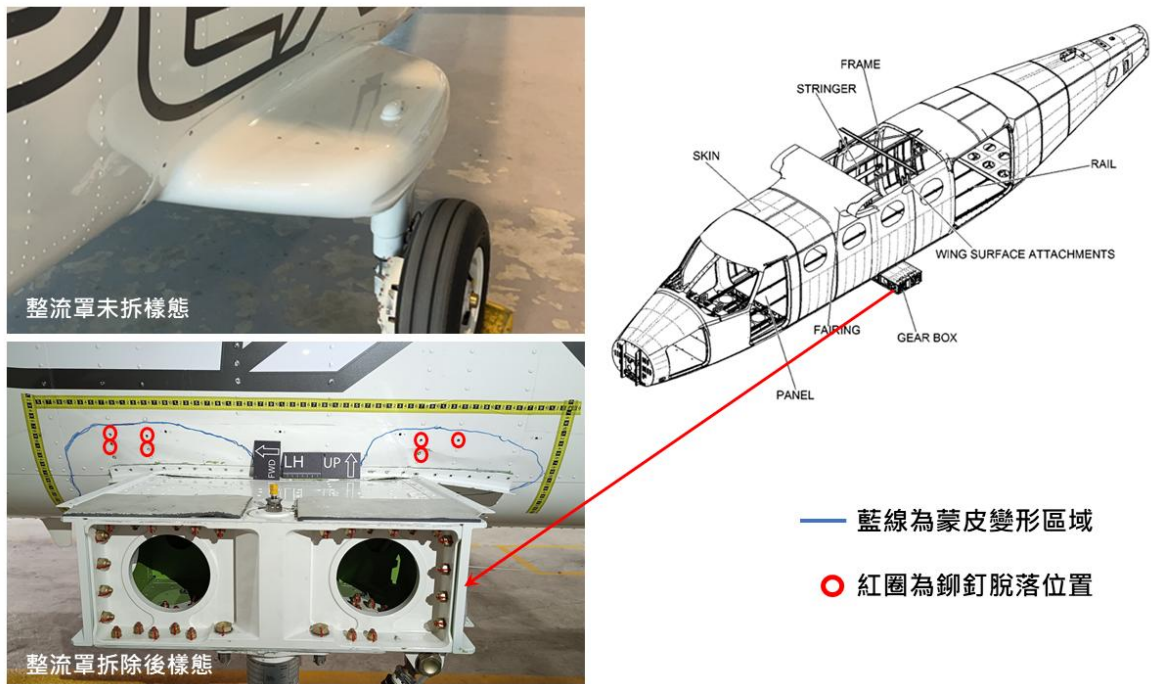


圖 1.12-2 機身蒙皮變形區域及鉚釘脫落位置

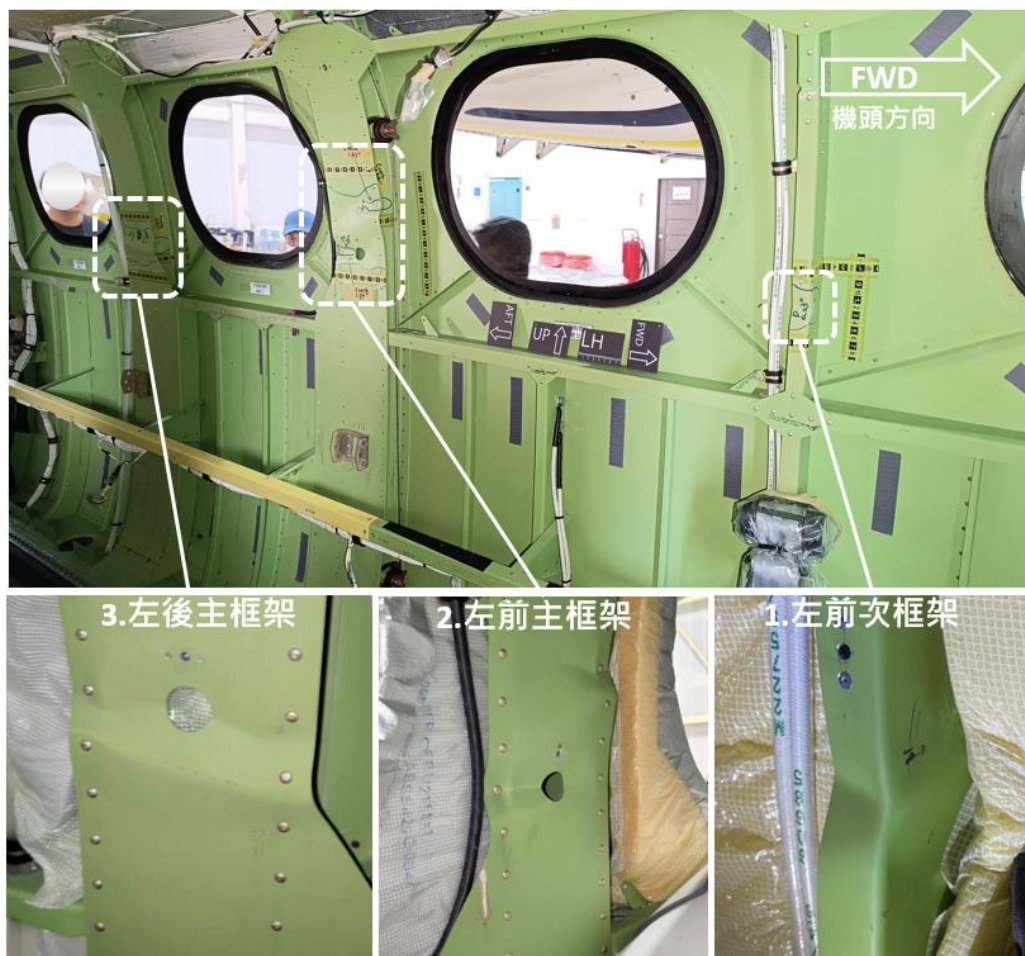


圖 1.12-3 機身框架損害情形

1.12.2 起落架構造及損害情形

P2012 之起落架為固定式（不可收放），主起落架由氣/油壓減震支柱、輪胎及煞車所組成。支柱安裝於機身下方箱梁兩側，並以整流罩降低箱梁空氣阻力，兩側起落架各安裝一只 6.50-10 主輪及液壓制動之單碟式煞車；前起落架為氣/油壓減震支柱單輪設計，安裝於機鼻艙壁中央。前、主起落架如圖 1.12-4。

事故航機於跑道停止後，隨機機務人員下機目視檢查發現左主輪胎面單點磨穿（Flat Spot），輪胎洩氣，如圖 1.12-5，減震支柱及煞車無可見損害。受損之左主輪為 Goodyear 生產之 Flight Custom III 有內胎式航空用輪胎，件號 P/N:650C06-3，序號 S/N:22800191，2022 年 10 月 6 日於美國加州 Danville 生產，胎面編織層 10 層，胎面寬度 6.5 英吋，輪圈直徑 10 英吋。

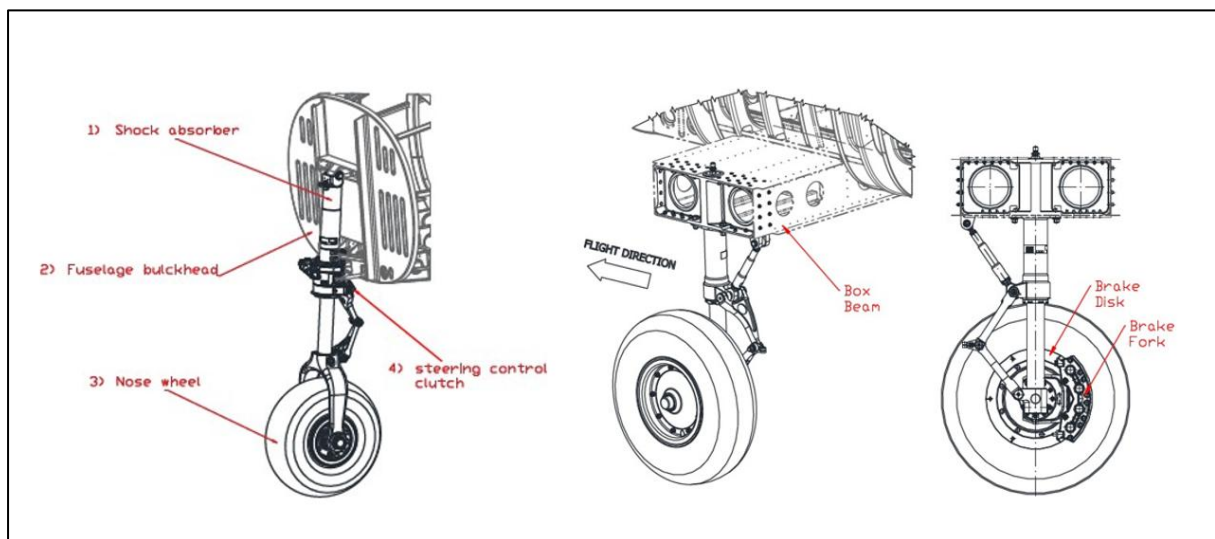


圖 1.12-4 前起落架及主起落架



圖 1.12-5 事故航機於跑道停止後輪胎破損情形

1.12.3 輪胎磨耗及煞車系統檢視

P2012 煞車系統為簡易液壓卡鉗式煞車，左、右系統獨立，液壓油缸位於左座踏板下方，左、右座均可獨立踩下踏板傳送油壓至相應卡鉗，經由卡鉗內四具活塞推動煞車塊夾持煞車碟盤以達減速目的；左、右側壓力油路匯集處裝有停駐煞車控制閥（Parking Brake Valve），單向閥設計可於供給煞車壓力後阻斷回油，以達持續煞車功能。該煞車系統無儲壓器及防滑功能，無輪速感應、踏板位置、煞車溫度等電子感測元件，煞車系統及油路如圖 1.12-6、主輪煞車組件剩餘厚度量測如表 1.12-1。兩主輪除左主輪磨破區域外，其餘胎面均完好，無異常磨耗及外物損傷跡象，剩餘胎紋深度約為 5 毫米；比較兩側煞車塊與煞車碟盤磨耗程度一致，左、右座踏板液壓缸無卡滯現象，頂舉起落架測試輪胎轉動與煞車功能均無異常。

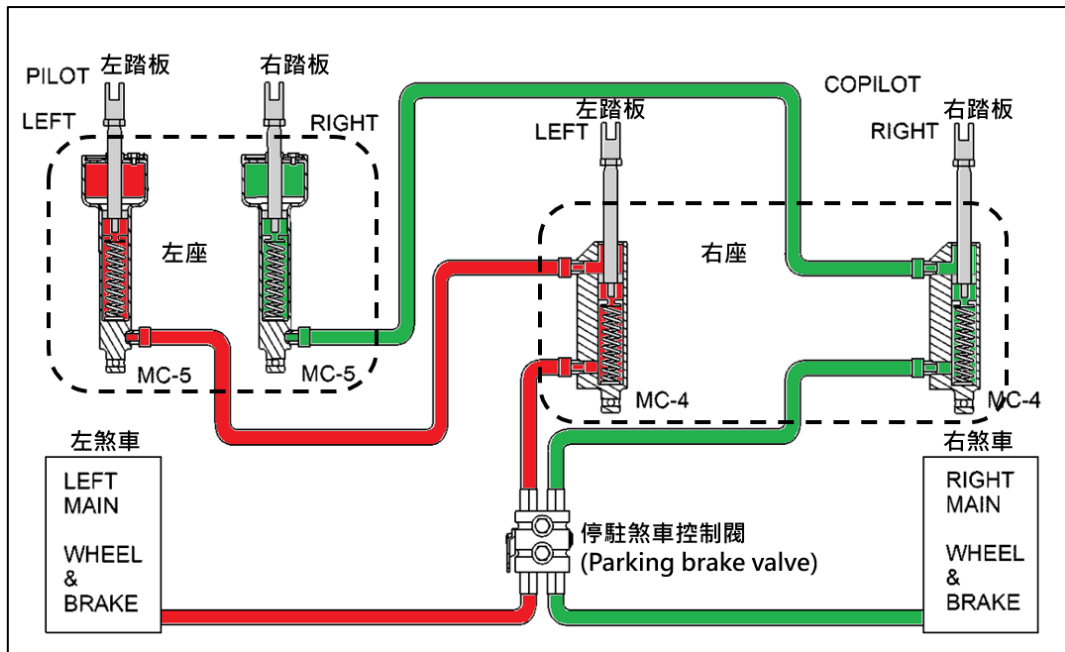


圖 1.12-6 煞車系統及油路

表 1.12-1 主輪煞車組件量測結果 (單位：毫米)

	左輪		右輪	
煞車碟	13.04		12.96	
	外側	內側	內側	外側
煞車塊 1	5.28	9.82	9.64	5.42
煞車塊 2	5.30	9.74	9.54	5.52
煞車塊 3	5.50	9.58	9.66	5.44
煞車塊 4	5.42	9.52	9.64	5.48
平均	5.375	9.665	9.62	5.445

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 組織管理

無相關議題。

1.18 其他

1.18.1 訪談紀錄

1.18.1.1 正駕駛員甲

受訪者過去曾任職於國內外民航運輸業航空公司，飛行 Saab 340、Dornier 228、BAE 146、MD-90、B737、MD-82/83、A320 等機種。民國 113 年 5 月進入安捷，完成地面學科訓練後，於臺東進行本場訓練，完成後再經過民航局考試，取得 P2012 的資格；由於 P2012 沒有模擬機，因此所有訓練都在實機上進行。

EMS 任務型態

安捷的 EMS 任務排班通常分為白天班和夜間班，具體安排如下：

白天班（A 班）：四天連班，時間為 12 時至 00 時。

夜間班（B 班）：四天連班，時間為 00 時至 12 時。

連續 4 天班後有 1 天的休息時間，之後再接另 1 組 4 天的班次。

在待命期間，公司會安排宿舍供機組人員使用。通常待在宿舍旁的 1 樓辦公室，進行航班準備工作，例如查閱飛行資料、酒精檢測等。在接到任務後，便立刻出發執行飛行任務。任務主要以金門縣政府的醫療緊急後送為

主，因此頻率不固定。當有病患需要緊急送往台北就醫時，便會馬上接到任務並迅速執行。

當日執行任務時無疲勞感，精神狀況正常，未受排班影響。

事故經過

受訪者去程坐於左座擔任 PF，回程擔任 PM。當天去程載送一名剛出生的嬰兒，同行有家屬、一位醫生、一名護理人員，及隨行的機務人員。飛行中天氣狀況穩定，航路無異常。回程機上有醫護及機組人員，天氣是目視條件，在飛行途中獲得的天氣報告顯示能見度大於 10 公里，風向 060 度、風速 10 浬/時。當時風向是頂風，基本穩定，沒有明顯的側風影響，天氣因素應該算是正常，沒有特別影響進場和降落。

在進場階段，飛機的下滑道一開始稍微偏高，接近一個「Dot」的高度，但仍在允許範圍內。當時提醒 PF 高度偏高，建議適當減推力修正。隨後 PF 進行了修正，順利攔到下滑道，進場過程基本穩定。進場過程中自動駕駛及飛航導引（Flight Director, FD）約在 500 呎時解除，左右滾轉角度不超過 10 度。

此次進場是手動油門操作，PF 在進場速度上也不斷調整，保持在正常的速度範圍內。在進場過渡到觸地的階段，感覺飛機的仰角似乎不足，觸地的姿態不像通常應有的仰角，而是較為平坦，受訪者認為落地仰轉平飄時俯仰角正常約維持於 3 度內。飛機觸地時震動感明顯，稍有彈跳，隨後穩定下來，落地感覺偏重，為有感落地，非嚴重的重落地。但受訪者認為個人在 P2012 上僅有 20 多個落地，因此感覺可能不夠全面。

當時的環境光線較差，周圍缺乏輔助燈光，P2012 沒有無線電高度，飛機自身的落地燈亮度也有限，可能影響了視覺判斷，不是很確定觸地點的位置。

事故航機落地後，起初並未出現偏側現象。無法準確判斷是哪個輪胎先著地，感覺上是瞬間的重力作用導致飛機有些左右搖晃。速度減至約 50

至 60 哩/時，聽到輪轂滾動時出現異常聲音，並夾雜著震動感，隨後飛機開始向左偏。由於這架飛機的主輪只有各一個輪胎，因此任何不正常的滾動現象都會非常明顯。當時直覺認為輪胎可能出現了問題；飛機可能發生爆胎並且輕微向左傾斜，當時後排的機務人員也提出是否可能爆胎的疑問，研判這應該就是爆胎現象，因此建議 PF 將飛機停在跑道上。

受訪者作為 PM，負責通話，故立即向塔臺報告：「懷疑輪胎出現問題，需要停留在目前位置」，同時向塔臺請求支援並進行必要的觀察。支援人員到達後，先安排機上人員撤離，然後下機進行檢查。檢查中發現輪胎呈現一種「削西瓜皮」的破損狀態，並非整個輪胎爆裂，而是一種局部破損、表面磨損嚴重的現象。

爆胎可能原因的推測

受訪者根據其飛行經驗，認為以下幾種因素可能導致這次的輪胎損壞：

1. 側風影響：側風較大時，如果落地過程控制不穩定，可能會增加輪胎受力不均的風險。
2. 煞車使用：落地前輪胎尚未完全接觸地面時，煞車可能已被含著，這會導致輪胎局部過度磨損。
3. 跑道異物：跑道表面可能有異物，造成輪胎在著陸或滾動中受損。

受訪者表示，作為 PM，在操控駕駛員落地操作時，雙腳會保持在地板上，並不會主動踩上煞車踏板，因此對於 PF 何時啟用煞車，感知並不十分明確。過去的經驗中，個人習慣是在飛機穩定觸地後，腳才會放到煞車踏板上進行操作，避免在飛機尚未完全觸地或有彈跳情況時，不小心踩到煞車而導致不必要的磨損。

過去在擔任教官時，會指導學員不要在落地時將腳放在煞車踏板上，尤其是在風大或有機會彈跳的狀況下，誤踩煞車會增加發生像「削西瓜皮」輪胎損壞現象的風險，煞車應在落地穩定後再進行操作較為安全。至於當天 PF 煞車操作細節，因為並未特別留意其腳的位置或動作，所以無法確定。

天氣與飛機狀態

當天天氣條件良好，無風切或其他顯著氣象影響，金門機場地面風速穩定在 060 度、10 哩/時左右範圍。根據維護紀錄簿紀錄，該機的機務狀態無任何待修項目，進行任務前也已完成必要檢查，無異常報告。在松山起飛前，按照標準程序進行了煞車測試，當時煞車狀態完全正常。飛行途中，也未感覺到任何煞車或輪胎異常情況。

機型特性與操作

受訪者認為 P2012 操作上有幾個明顯特性：

1. 抗風性相對較差：由於飛機重量較輕，在風大的情況下，飛行穩定性較低，對駕駛技術要求較高，操作上需要有些功力，尤其在落地或遇到側風時。
2. 結構設計影響阻力：此機型的起落架為固定式（無法收放），並未採用收放結構，因此在飛行過程中阻力相對較大。
3. 手動操控需求較高：P2012 不像大型客機配備液壓輔助系統，因此在操作時更需依賴駕駛的操控能力。

P2012 進場速度通常約 90 哩/時，若風速較大，進場速度會適當提高以增強穩定性，一般在 87 至 93 哩/時之間。該型機的失速速度約為 70 哩/時左右，當天進場過程中未聽到接近失速的警告聲。

結構損傷可能原因

受訪者認為，事故航機結構損傷可能是一次性劇烈衝擊導致，也可能是累積損耗的結果。需進一步檢測飛機是否存在疲勞累積，或評估該型機的結構設計是否能承受特定強度的衝擊。

異常事件通報程序

當天的爆胎異常已立即按程序通報公司，並進行後續檢查和維修。對

於此類事件，公司有完善的通報和處理規範，機組人員需配合填寫相關紀錄表單。

公司內部有一即時通訊群組，有明確要求哪些項目和情況需要進行通報，例如落地後會立即回報飛機的狀況。如果飛機正常，公司會在第一時間收到確認；如果飛機不正常，公司也會迅速調查原因。例如飛機系統發生異常時，公司會了解問題並評估是否需要更換零件或使用備胎。

落地後的例行回報屬於例行性操作，包括確認飛機狀況是否正常及加油需求等。這些資訊會通過內部 Line 群組即時傳遞，相關部門如機務、維修等可以立即掌握飛機狀況。

以此次爆胎事件為例，這次落地情況可能類似於較重的落地（例如 1.4 g's）。根據駕駛員的經驗，如果落地感覺較重，通常需要考慮是否進行通報。因 P2012 無偵測 G 值能力，駕駛員會根據主觀感受或檢查落地數據來判定是否超出限值。

針對重落地之標準，公司目前並未提供明確的數據參考。例如，1.6 g's 是否屬於重落地？或者是否有細分的黃區（需注意）與紅區（必須檢查）。以前飛過的某些機型會設置落地強度的判定區間。所以目前駕駛員無法即時得知落地強度的數據，也沒有清晰的提報標準。例如，什麼情況下需要通報？什麼情況下可以不通報？如果駕駛員覺得落地較重，需要在紀錄本中標註，並提交報告，但現行多是依個人判斷。

報告制度與文化

在異常事件通報方面，公司目前的文化比較開放，並不會有讓駕駛員不願意通報的情形。只要有狀況，駕駛員都可以自行提報。

1.18.1.2 正駕駛員乙

受訪者過去曾擔任軍事飛行員，退役後曾任職於國內外民航運輸業航空公司，飛行機種為 A330/340；民國 112 年 7 月進入安捷，先接受為期一個多月之地面學科訓練，學習 P2012 之系統、求生訓練及公司相關規定，

完訓通過檢定後開始上線飛行，主要負責金門至本島之 EMS 任務，未曾執行空拍或空中導覽任務。

EMS 任務型態

公司負責 EMS 任務之飛航組員共計 9 位，金門駐地每天維持約 6 名飛行人力；排班方式為 4 天日班、休息 1 天、接 4 天夜班，大約每 9 至 10 天會安排 3 至 7 天之休假。日/夜班待命時間均為 12 小時，飛航組員係於公司安排之寢室休息待命，交接班時間分別為 00 時及 12 時；受訪者表示，由於 EMS 任務無法預期，故其平日維持一般正常作息，即使輪值夜班期間亦不會特別調整睡眠時段。

EMS 任務頻率不定，依過去經驗，每月介於 1 至 6 次，飛航組員執行任務時，通常 1 人擔任去程 PF，另 1 人擔任回程 PF。

事故經過

事故當日自金門載運病患抵達松山機場後，返程任務由受訪者擔任 PF，過程中一切正常。金門機場當時風向 060 度為頂風，風速 10 至 16 浬/時，能見度 10 公里以上，天氣良好未曾遭遇風切或亂流。由於頂風較大，進場空速接近 100 浬/時，受訪者於落地仰轉前欲調整空速、減低下降率時，於收油門後，感覺飛機操控有點不好控制，機頭有點帶不起來，緊接著飛機落地，隨即保持在中心線減速滾行。使用煞車時，一開始輕輕把腳放在煞車踏板上慢慢施加壓力，隨後聽到一些異常聲響，並覺得與平常的感覺不太一樣，約莫滾行兩千多呎、接近 D 滑行道時，飛機開始向左偏側，受訪者雖已操控修正但效果不佳，飛機持續向左偏側且輪胎聲音越來越大，隨後隨機工程師表示「爆胎了」。受訪者將飛機停下後，經隨機工程師下機確認爆胎情況，遂向塔臺申請於跑道上關車。

事故當次之進場參考速度為 83 浬/時，進場速度為 95 浬/時，依據當時空速、下降率、下滑道等條件，受訪者認為該次進場符合穩定進場標準，最後進場階段下降率約五、六百呎/分，著陸位置約距跑道頭五、六百呎，著

陸姿態應為兩側主輪同時觸地，觸地後未有側滑情形。

事故當次飛航，停駐煞車（Parking Brake）於松山機場離場滑行前即已解除，至落地前未再使用；最後進場階段至落地滾行過程中，因無側風修正需要，故未使用方向舵；雖因仰轉操作有點不好控制而導致落地較重，但以過去飛行經驗判斷，仍應屬可接受範圍，不至於造成機身結構受損。落地後先請 PM 收起襟翼，約莫 5 至 6 秒後才開始把雙腳放在煞車踏板上慢慢使用兩邊煞車，因當時無側風，故未使用不對稱煞車控制方向。聽到異常聲響時曾鬆掉一點煞車，持續保持在中心線滾行，直到接近 D 滑行道時，開始感覺機翼向左傾，接著聽到更大的異常聲響，飛機偏側情況也開始加劇。

事故航機操作特性與狀況

事故型機因重量較輕，因此對載重平衡較為敏感。進場參考空速（Vref）依重量不同，大約介於 82 至 86 浬/時，再依風向風速調整。

載重平衡議題

事故當日自松山機場返航，於起飛仰轉時，感覺駕駛桿很重，飛機帶不太起來，必須一邊帶桿一邊使用配平，帶桿操縱量及飛機仰角都大於 FD 指示，飛機才慢慢離地，爬升仰角也很淺，當時即懷疑重心可能有問題，加上後來於金門落地仰轉時，也感覺機頭有點帶不起來，減低油門後飛機很快就觸地。

平日自金門前往松山之 EMS 任務，客艙通常搭載 4 人，分別為隨機工程師、隨機護理師、病患及其家屬各 1 人；事故當日任務，因病患為嬰兒，故客艙較平時多搭載一位醫師及保溫箱，為符合最大起飛重量限制，機務人員於自金門出發前，將原置於機尾之 60 公斤沙包取下，簽派員製作之載重平衡表並下調組員、乘員之預設重量；自松山返回金門任務，客艙乘員較去程減少病患及其家屬共 2 人，惟人員就坐及醫療器材放置之實際位置未依照載重平衡計畫，可能導致載重平衡計算結果失準；防冰液之重量亦

未納入計算。如以實際數據計算，飛機重心位置可能接近或超出限制範圍，進而可能導致起飛及落地仰轉操作異於平常。

因為超重緣故，而須將機尾 60 公斤沙包取下之情況，受訪者係第一次遇到。

異常事件通報

公司於航務手冊中，訂有需通報之異常事件項目，受訪者個人在通報上並未有特別的壓力或擔心後果，遇到該通報的異常事件皆會向公司通報。

該型機不像大型民航機一樣，系統會於重落地或疑似重落地事件後跳出訊息提醒飛航組員，相關手冊中並未說明起落架所能承受之最大落地 G 值，亦無有關落地最大仰角、坡度等姿態之相關限制數據，公司亦無飛航數據監控機制（FOQA），因此飛航組員對於何時該向公司通報「疑似重落地事件」，並無一致、明確的標準。

受訪者認為，如落地時發生彈跳，有可能造成重落地，在此情況下將會向公司通報「疑似重落地」，但過去未遭遇亦未曾向公司通報「疑似重落地」情況。

針對 113 年 1 月 24 日飛航任務¹³之描述

受訪者對該次落地仍有印象，但無從得知確切之相關數據。操控駕駛員當時剛完訓不久，時值凌晨 3、4 點鐘，精神狀況或許受到影響，可能因為想落得輕，落地仰轉時機稍微早了一點，導致空速較小，記得在落地前曾聽到失速警告音，飛機接著在第 2 聲失速警告音的時候著陸。受訪者認為該次落地還好，由於隨機工程師也覺得落得較重，故曾對輪胎及起落架結構進行檢查但未發現問題，飛航組員因此繼續執行返程任務，將飛機飛回金門，由受訪者擔任 PF，飛航過程中未發現異常。

¹³ 由受訪者擔任 PM、另一位飛航組員擔任 PF，駕駛同一架飛機於 113 年 1 月 24 日 0315 時自金門起飛前往松山之 EMS 任務，0436 時於松山機場 10 跑道落地。依據機載 G1000 資料，該次落地垂直加速度 1.78 g's，著陸姿態為左坡度 11.52 度，落地前空速 67 浬/時。

1.18.1.3 民國 113 年 1 月 24 日金門-松山 EMS 任務之操控駕駛員

受訪者為自訓飛行員，曾任職國內民航運輸業航空公司約 5 年時間，擔任 ATR-72 型機副駕駛員；民國 112 年 11 月 24 日進入安捷，先接受為期兩周之地面學科訓練及為期一周之實機操作訓練，通過檢定考試後，接受為期兩周之航路訓練，完訓後於 113 年 1 月 1 日開始於金門待命執行 EMS 任務，1 月 24 日金門-松山 EMS 任務為上線後的第 2 次飛行任務，距前一次飛行已 20 天。受訪當時擔任 P2012 型機正駕駛員，P2012 型機飛行時數約 70 至 80 小時，落地次數約 50 至 60 次，個人總飛行時數約 2,300 小時，已執行 20 至 30 次 EMS 任務。

緊急醫療服務任務型態

EMS 任務之排班方式分為早班及晚班，交接班時間分別為 1200 時及 2400 時，但各保有 2 小時彈性，一旦於 1000 時或 2200 時以後接獲任務，將由下一班飛航組員執行，藉以避免超時問題。

EMS 任務無法預期，受訪者於任職初期約花費兩週時間調整後已能適應，平日維持一般正常作息，未配合班別特別調整日常睡眠作息。

113 年 1 月 24 日飛航任務之描述

該次任務時值凌晨 3、4 點，由受訪者擔任 PF 自金門飛往松山，於 10 跑道 ILS 進場轉為目視飛航落地時，可能受視覺差異的影響（駕駛艙儀表較亮，外界環境較暗），導致仰轉判斷不是那麼精準，PM 曾針對高度及速度予以提醒；收油門後感覺飛機很重，有可能油門收得較多了，因此便將飛機仰角向後帶並維持住，突然間失速警告聲響，正準備修正的同時飛機隨即著陸。當時天氣狀況正常，風向為頂風、介於 040 至 100 度之間，風速約 10 浬/時。

該次進場於一千呎前放完落地外型並完成落地前檢查程序，持續修正速度（雖稍高但未超過 15 浬/時）、高度（雖稍高但未超過 1 個 dot）及姿態（坡度未超過 15 度），除了落地較重之外，應符合穩定進場標準，因此並

未考慮重飛。

由於隨機機務人員下機檢查飛機外觀後，並未告知有任何問題，受訪者自行查看飛機亦未發現異狀，飛航組員因此於 3、4 個小時後，繼續執行返程任務，將該機飛回金門。約莫一星期之後，機隊主管於得知相關訊息後，請受訪者提交報告，公司後續未針對該次事件提供額外加強訓練或其他措施。

事故航機操作特性與狀況

受訪者認為，P2012 與過去所飛行之 ATR 機種相比，同為螺旋槳機，除了重量較輕之外，沒有太大的差別，因此沒有適應上的問題，但如果公司能提供更多的訓練機會，將更有幫助。

由於 EMS 任務並不固定，過去曾遇過一整個月都沒有飛行任務的情況，此部分需要靠自己不斷地複習相關程序，來維持熟練度。

載重平衡議題

過去曾感覺任務去程搭載病患及醫療設備，與回程空機時，在落地仰轉階段所需的操縱力道不一樣，感覺去程的操縱桿較重；未曾實際驗算載重平衡數據。

異常事件通報

公司設有強制報告管道，飛航組員遇到鳥擊、重落地、宣告緊急狀況等異常情況，應透過線上或紙本方式提報。受訪者個人在通報方面未感到特別的壓力或擔心後果，只要應通報事項夠明確，會依規定向公司通報。

受訪者認為，在離島易受東北季風影響的環境之下操作，包括自己在內，幾乎每位飛航組員或多或少都曾經發生落地較重的情況，可能的影響因素包括風向風速、飛機重心位置、飛行員操作等。

由於每個人對於落地輕、重的感受不同，例如坐於客艙的機務人員可能感覺落得很重，但飛航組員可能覺得還好，因此在沒有明確判斷標準或

依據的情況之下，實務上並不容易界定，飛航組員實際上也並不知道落地的確切 G 值，因此難以有效衡量是否發生疑似重落地事件及是否需要向公司通報。

1.18.1.4 安捷普通航空業業務部簽派經理

受訪者於民國 110 年加入安捷，曾任職於國內民航運輸業及普通航空業航空公司，皆從事簽派工作。

在接到需要執行 EMS 的任務後，會先查閱相關資料，包括天氣狀況及目的地機場的條件。根據公司的放行作業程序，準備操作飛航計畫、載重平衡表和相關文件，如飛航公告、即時天氣、預報天氣等，並按照公司規定發送派遣表。這些資料會上傳至公司雲端供組員下載列印，組員確認資料無誤後簽名回傳，資料則由公司按照規定保存至少三個月。

此次事故航班的簽派過程，一開始按照常規計算病人、家屬、醫務人員以及機務和飛行員的重量，但後來接到金門醫院的通知，新增了一名隨行醫生及加裝了保溫箱，故即時調整操作飛航計畫及載重平衡，並重新傳送文件至雲端，通知組員進行相關調整。

通常金門醫院會將資料提供給業務處，業務處再透過工作群組（例如 Line）將資料發給簽派，內容包括病患基本資料、醫生證明、病歷、家屬身分證明及相關作業文件等，對簽派作業，最重要的是病患和隨行人員的重量資料。

該架飛機的最大起飛重量為 3,680 公斤，預設空重為 2,580 公斤，防冰液已計算在內。當天的油量安排為去程 730 公升，回程 490 公升。會依據航機構型進行座位安排，例如病患及家屬的位置、醫務人員的位置及裝備放置區域。不同任務的構型可能會有所調整，例如醫療構型中需要拆除部分座位以放置保溫箱、醫療設備及氧氣瓶等，所有安排均在操作手冊範圍內執行。

保溫箱為公司固定裝備，重量為 52 公斤。醫院提供的新生兒重量及所

需設備重量合計 117 公斤。此外，醫院可能會附加其他醫療設備的重量，例如氧氣瓶等。按照醫院提供的總重量進行計算。因新增醫師及保溫箱，飛機重量接近限制，故移除沙包。沙包通常重 60 公斤，放在後艙以便調整重心，但考量到當天的特殊需求，所以臨時移除。

受訪者表示，載重平衡的計算一般是使用固定經驗值，飛航組員一般使用 80 公斤的基準值。事故航班因當天裝備與病患的特殊情況，修正為 70 公斤計算，分別坐 1、2 號位。家屬 75 公斤坐位 3 號，隨行的醫生 65 公斤坐位 4 號，隨機機務 70 公斤坐位 5 號，6 號坐位是 20 公斤的醫療裝備、氧氣瓶，7 號坐位是醫療人員，50 公斤；8 號座椅拆除故減掉重量。

當天飛航組員未反映任何操縱上的異常。亦未曾收到飛航組員回報該機因重心問題導致操作困難。

1.18.1.5 安捷 P2012 機隊總機師

受訪者曾任軍機飛行員，退役後曾任職於國內民航運輸業及普通航空業航空公司，擔任駕駛員及航務主管；民國 111 年 11 月進入安捷，事故當時擔任 P2012 機隊總機師、教師駕駛員及檢定駕駛員，總飛行時數約六千多小時。

安捷於民國 110 年 8 月引進 P2012 機種時，首批飛航組員係前往義大利原廠受訓，後續飛航組員則由安捷已完訓之教師駕駛員於國內施訓。P2012 尚無模擬機可用，因此飛行術科訓練皆須於實機上進行，安捷正與原廠洽談模擬機建置事宜。

疑似重落地事件之通報

本次事故前，安捷尚未建置飛航資料監控機制，針對疑似重落地事件需仰賴飛航組員主動提報。P2012 相關手冊中，無重落地之判斷依據與標準。本次事故後，機隊已著手利用 G1000 記錄資料進行飛行安全數據監控，未來每批飛行任務結束後都將下載資料並進行檢視。以疑似重落地事件為例，目前先以落地垂直加速度 1.6 g's 界定，同時考量橫向加速度及落地姿

態等因素，一旦評估認為有重落地風險，將請機務人員對航機執行相應檢查；機隊並已詢問原廠是否有更適當、精確之評估數值。

經事故後下載並檢視公司 2 架 P2012 自接收以來所有 G1000 記錄資料後，共過濾出 5 個架次落地垂直加速度大於 2 g's，50 個架次大於 1.6 g's，惟過去未曾接獲飛航組員有關疑似重落地事件之主動提報，航機維護紀錄簿上亦無有關疑似重落地事件之登錄。經機隊於飛安月會中提報相關資訊並提醒飛航組員後，落地垂直加速度已有減低趨勢。

本次事故後，公司飛安經理已獲得高層支持，將持續以獎勵的方式，鼓勵全員主動提報。

事故航機操作特性

受訪者個人並未覺得 P2012 型機在操作上有什麼特別不一樣之處，由於手飛時操縱桿較重，飛航組員必須透過調整配平來減輕手上的壓力。然而有幾位由大型民航機轉訓之飛航組員，可能因尚未適應，較常發生落地重之情形。

金門 EMS 每月平均約有 10 趟次任務，由 4 組飛航組員輪班，因此實際飛行的機會並不多。派駐金門之飛機，因需待命執行 EMS 任務，無法常態性用於飛行訓練，飛航組員年度適職性訓練與考驗須回到台東基地使用另一架飛機執行。

飛行前檢視載重平衡資料時，會確認起飛總重與重心範圍是否超限及油量等資訊，過去未曾感覺載重平衡數據與飛行操作感受不一致之情況。EMS 任務起飛總重皆可控制在最大起飛重量 3,680 公斤之內，多半落在 3,640 公斤左右。

本次事故調查與改善

本次事故係公司 P2012 機隊首次發生爆胎事件，受訪者依據輪胎破損型態（單側削西瓜皮）、G1000 記錄資料及爆胎發生時機等因素研判，不排除高速時有大量的煞車輸入，致兩主輪受力不均所致。

事故後，機隊已於 113 年 11 月底針對航務手冊規定、側風落地及煞車使用技巧、避免重落地等科目加強學科訓練，待事故航機修復或新機引進後，將加強機隊全體飛航組員術科訓練，並特別強化松山及金門機場之夜間起降訓練。

1.18.1.6 安捷安管處普通航空業飛安經理

受訪者曾任軍機飛行員，民國 104 年退役後曾任職國內民航運輸業航空公司約 5 年時間，擔任 MD-82/83 駕駛員；後轉任普通航空業商務專機公司擔任飛安專員及航務經理，113 年 2 月進入安捷，擔任安管處普通航空業飛安經理。

業務內容

目前安捷安管處由受訪者一人負責普通航空業飛安管理相關業務，受訪者就任後，陸續針對組織架構、人力、訓練及普通航空業安全管理（Safety Management System, SMS）手冊等方面向公司安全委員及負責人提出相關建議，以便因應持續擴展之業務型態。

受訪者負責執行公司有關 SMS 之業務包括：相關手冊修訂、自我督察及改正追蹤、緊急應變演練、安全會議召開。每個月訪視松山機場約 3 至 4 次、台東基地約 1 次，金門機場則約 3 個月訪視 1 次。

異常事件通報

公司 SMS 手冊及航務手冊中，訂有異常事件通報及強制報告項目內容，提報管道包括紙本、面談、Line 群組、電子郵件及電話等；113 年度截至事故當時共計接獲 2 件主動提報，皆與航機故障有關，目前係以紙本與掃描方式存檔，尚未建置電子化資料庫；受訪者就任後未曾接獲與疑似重落地有關之主動提報。

本次事故前，公司尚未建置飛航資料監控機制，因此對於疑似重落地事件之監控，需仰賴飛航組員主動提報，公司得知後再透過訪談、航跡判讀等資訊蒐集方式，對事件進行瞭解。事故航機不若大型民航機，針對重

落地並無具體的判斷指標或參考依據，因此公司在偵測上不易執行。

本次事故調查與改善

針對本次事故，在相關資訊有限的情況下，難以判斷造成爆胎及重落地原因，經公司內部討論，依落地前下降率 400 多呎、飛機重量很輕及軌跡偏側情況綜合判斷，應仍屬正常範圍，未達重落地情況；至於爆胎可能原因，因檢查煞車系統未發現異常，目前主要關注在人為操作方面。

公司於本次事故後，已於 113 年 11 月底發布公告鼓勵全員主動提報，宣導安全是全體同仁共同責任，並新增主動提報的表格，公司高層亦決定持續加強安全文化。航務方面，除針對所有飛航組員一次性加強授課，同時檢討飛航組員飛行時數偏低的情況，研擬維持飛行技術的因應措施。此外，公司已著手進行透過機載 G1000 記錄資料進行飛行安全數據監控，由機隊負責執行。

1.18.1.7 隨機機務人員訪談

受訪者曾任空軍維修人員，具民航局 B1.1、B1.2¹⁴航空器維修工程師執照，於民國 112 年 7 月加入安捷，P2012 完訓取得授權後，同年 11 月起擔任簽放工程師。事故當日執行 EMS 任務飛往松山，回程除飛航組員外，後艙除受訪者另有兩名醫護人員；關於重落地，就隨機的經驗，回程於金門落地時的震動、跳動並無特別異常。

當日由松山起飛前，因為前一日銀杏颱風的影響，組員特別注意金門的風速，印象約 14 哩/時。事故航機於金門觸地時有「嘯」一聲，輕輕抖了一下，受訪者感覺是煞爆所造成，輪胎胎壓 100 PSI 瞬間洩氣，滾動時因跛行，一路發出啪..啪..啪的聲響，駕駛員因戴著耳機對外界聲音感受可能不明顯，於是提醒前方飛行組員停車、輪胎煞爆，請組員「Low speed」。該機停止後受訪者下機確認爆胎狀況後，請組員先關車及聯繫塔臺，接著聯繫拖車帶拖桿前來移離飛機。當時該機的位置約於 D 滑行道出口附近，印象

¹⁴ B1.1 為裝置渦輪式發動機之飛機機體及發動機維修、B1.2 為裝置往復式發動機之飛機機體及發動機維修。

中停止位置沒有特別偏離中心線。

受訪者每月隨機次數約 1 至 5 次，在近一年的經驗中，偶有落地較重的狀況，但這次落地感覺算正常，當時雖爆胎後跛行，但滾行方向控制得很好。事故航機拉回棚廠後頂起左主輪，檢視外觀除煞爆的輪胎外無其他異常，當時因部分胎皮與煞車盤干涉，轉動不是很順暢，隔日清除阻礙物後測試輪胎轉動、煞車功能均正常。

發現機身變形是因爆胎檢查列於 AMM 05-50 中的重落地章節，依照程序拆除整流罩才發現蒙皮皺摺，以及斷掉的鉚釘頭。受訪者提及本次落地的 G1000 數據似乎無特別異常，和他對落地的感覺不謀而合，推測這次的結構損傷可能是過去落地所造成。

1.18.2 安捷相關手冊內容

1.18.2.1 異常事件通報程序

安捷安全管理手冊¹⁵中，有關飛航安全相關事件通報程序之內容如下：

7.3.2 飛航安全相關事件通報程序

A. 通報項目

- a. 飛航事故(失事、重大意外事件)
- b. 意外事件、地面安全事件及機長因應緊急處置而違反當地國(國外)法令規章。
- c. 強制性報告之飛航安全相關事件。
- d. 航機飛安異常事件。

...

C. 通報流程

¹⁵ 第 6 版，生效日期 2023/10/14。

...

- b. 強制性報告之飛航安全相關事件及航機飛安異常事件，航務處簽派(人)員獲得訊息，依緊急應變手冊附表 1-2 及 1-3「緊急事件通報程序表」通報各相關單位。安全管理處於獲知訊息後電話轉報民航局，並於 24 小時內彙整資料填寫「航空器飛航安全相關事件初報表」送民航局並於 72 小時內完成飛航安全作業管理系统(FSIMS)之填報作業。

安捷航務手冊¹⁶ (Flight Operation Manual, FOM) 中，有關飛航異常報告之內容如下：

9.2.3. Irregular Reports

Following the occurrence of an incident or irregular event, the crew members involved shall complete the “Flight Irregularity Report” form as soon as possible.

The completed report form shall be forwarded to FSD by the most rapid means available (this will normally be by email, through the next, following the event, landing aerodrome station office to administration department (AD). AD will pass the report to FSD.) On return to TTT: the crew shall submit the original form to administration department (AD), who will forward to FSD.

9.2.3.1. Similarly, the crew members shall indicate in the pilot operation report that such an event report has been filed and forwarded to FSD.

9.2.3.2. A list of other required reports (and type of report) are specified in Appendix 10, and forms are available in the flight diversion kit in

¹⁶ 第 5 版，生效日期 2024/07/05。

the flight deck.

5. Description of event¹⁷

Include any details you think are relevant to help Apex to understand what has happened...

--

Date: _____ Signature: _____

*For Company Use		
Internal Reference No.:		Occurrence Classification:
Issue No.:	Date of Receipt:	

Apex Aviation
Flight Irregularity Report

Send form by e-mail to:
zoe@apexaviation.com.tw
ga_dispatcher@apexaviation.com.tw



1. Reference Information¹⁷

Reporting Person		
Name of submitter:	Phone No.:	Email Address:

2. Occurrence Summary¹⁷

Tech Log Entry:		
Date of occurrence:	Position of Occurrence:	Phase of flight:
Aerodrome of Departure:	Aerodrome of first intended landing:	Type of Flight Plan:
Aircraft Altitude:	Aircraft Configuration:	Aircraft Heading:
Airspeed:	Altimeter Setting:	Flight Level / Altitude:
Effect on flight: (specify):		
Time (local):		

3. Aircraft Information¹⁷

Aircraft Model:	Aircraft Registration:	Transponder Code:
-----------------	------------------------	-------------------

4. Weather Conditions at time of event (if applicable)¹⁷

Conditions were: (VMC / IMC)	Flight Visibility: km	Runway: (Wet / Dry)
Wind: /	Cloud:	Temp:

1.18.2.2 落地操作程序

安捷飛航組員訓練手冊¹⁷（Flight Crew Training Manual, FCTM）與落地操作有關之內容摘錄如下：

3.9. Normal Landing

Objective

Flight crews will develop knowledge, risk management, and skills associated with a normal landing with emphasis on proper use and coordination of flight controls to conduct safe and efficient normal approach and landing.

Description

- 1. The flight crews will extend flaps as required and complete BEFORE LANDING Checklist during IAP or TPO.*

¹⁷ 第 1 版，生效日期 2022/08/24。

2. *The PF will adjust pitch and power to keep a constant descent with proper airspeed and trim accordingly. Maintain a wind correction if crosswind condition exists.*
3. *The PM will call THREE at 300ft AAL, then the PF will call, or if unstable or unsafe to land.*

Warning: Flight crews must respect STABLE APPROACH CRITERIA.

4. *After 300ft AAL, the PF will maintain a constant descent towards the aiming point with VREF, and the transition to VTD should start after crossing the threshold.*
5. *During the transition from the approach to round out, the PF will retard the throttle levers slowly to idle and smoothly increase back elevator pressure.*
6. *The PF will adjust back elevator pressure smoothly to make nose up attitude (Flare) and touch down with the main wheels first.*
7. *After landing, the PF will check nose wheel steering is engaged and apply brakes as required to slow down, and maintain on the runway center line until intercepting a yellow lead out taxiway to vacate the runway.*

Standard of Performance

- *Flight crews will exhibit satisfactory knowledge, risk management, CRM, and skills associated with normal landing operation.*
- *Complete the appropriate checklist.*
- *Make radio calls as appropriate.*
- *Ensure the airplane is aligned with the correct/assigned runway or landing surface.*

- *Scan the runway or landing surface and adjoining area for traffic and obstructions.*
- *Select and aim for a suitable touchdown point considering the wind, landing surface, and obstructions.*
- *Establish the recommended approach and landing configuration and airspeed, and adjust pitch attitude and power as required to maintain a stabilized approach.*
- *Maintain manufacturer's published approach airspeed or in its absence not more than $1.3 V_{SO}$, +10/-5 knots with gust factor applied.*
- *Maintain directional control and appropriate crosswind correction throughout the approach and landing.*
- *Make smooth, timely, and correct control application during round out and touchdown.*
- *Touch down at a proper pitch attitude, within 200 feet beyond or on the specified over the runway center/landing path.*
- *Execute a timely go-around if the approach cannot be made within the tolerances specified above or for any other condition that may result in an unsafe approach or landing.*
- *Utilize runway incursion avoidance procedures.*

1.18.2.3 重落地維修指引

P2012 飛機維護手冊¹⁸AMM 05-50-00 Unscheduled Maintenance 中，針對嚴重亂流、重落地或超重量落地之維修指引摘錄如下：

4. Severe turbulence, hard or overweight landing

¹⁸ 第 5 版修訂版 1，生效日期 2023/11/14。

A. General

- (1) The extend of inspection necessary after a heavy landing is governed by the nature of the landing itself. The decision taken in this respect, therefore, must always rest with the engineer/inspector who is responsible for certifying the airplane fit for further flight.*
- (2) The following inspection is recommended for information and guidance only. In the event of a heavy landing or landing made with airplane overweight, an inspection procedure in the following sequence is recommended. This procedure should also be applied in case of a tyre rupture during landing.*

CAUTION: It is possible that Minor or apparently superficial damage indicates a more severe condition somewhere else in the structure.

Table 3 - Landing Gear Inspection

ITEM	INSPECTION INTERVAL	INSPECTION
Landing gear struts. (Not required for severe turbulence.)	Each occurrence, before further flight.	-
Wheels, tires, brakes. (Not required for severe turbulence.)	Each occurrence, before further flight.	Cracks, signs of overstress deformation, loose or damaged strut housings. Axles for cracks, bending or flat spots. Damaged oleos and seals, hydraulic leaks and landing gear alignment.
Wheel wells and landing gear attach points. (Not required for severe turbulence.)	Each occurrence, before further flight.	Cracks, chips, loose or cracked mounting bolts, alignment of slippage marks, sidewall distress, hydraulic or air leaks. Inspect the wheels (penetrant dye method) and wheel bolts (magnetic particle method).
Wings	Each occurrence, before further flight.	Buckling, cracks, overstress, wing skin buckling and side brace for damage and condition.
Engines and propellers	Each occurrence, before further flight.	Wing attachment bolts for slippage, damage and overstress. Upper and lower wing skins for wrinkles, cracks, popped or loose rivets. Remove access plates and inspect for internal damage to ribs, stringers and sparwebs; fuel tanks for damage and leaks.
Engines and propellers	Each occurrence, before further flight.	Engine mounts for distortions and damage to elastomeric parts. Propeller for evidence of ground strike (i.e. - hard or overweight landing).
Fuselage	Each occurrence, before further flight.	Loose or missing rivets, door alignment, windows and attachment for overstress cracks or damage. Stringers, bulkheads, keel beams for buckling, cracks or damage. Avionics, instruments and accessories installation for security and operation.
Empennages	Each occurrence, before further	Skin for buckling wrinkles, loose or

ITEM	INSPECTION INTERVAL	INSPECTION
	flight.	missing rivets. Elevator, rudder and vertical fin for security of attachment and overstress of bolts. Ribs, stringers for buckling, cracks and damage.

1.18.2.4 失速速度

依據 P2012 型機飛航手冊¹⁹ (Aircraft Flight Manual, AFM)，該型機不同情況下之失速速度如下：

STALL SPEEDS

3680 kg (8113 lbs) – MOD2012/017							
Bank	UP		TO		LN		
deg	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	
3680 kg (8113 lbs)	0	76	80	68	74	65	71
	15	77	81	70	76	67	72
	30	82	86	74	80	71	76
	45	92	95	84	88	80	85
	60	110	113	102	105	98	101

3600 kg (7937 lbs)							
Bank	UP		TO		LN		
deg	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	
3600 kg (7937 lbs)	0	75	79	68	74	65	70
	15	76	80	69	75	66	72
	30	81	85	73	79	70	76
	45	90	94	83	88	79	84
	60	109	111	101	104	97	100

3400 kg (7496 lbs)							
Bank	UP		TO		LN		
deg	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	
3400 kg (7496 lbs)	0	72	77	65	72	62	68
	15	74	78	67	73	64	70
	30	78	82	71	77	68	74
	45	88	91	80	85	77	81
	60	106	108	98	101	94	97

3200 kg (7055 lbs)							
Bank	UP		TO		LN		
deg	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	
3200 kg (7055 lbs)	0	70	74	63	69	60	66
	15	71	76	64	71	61	68
	30	76	80	69	75	65	71
	45	85	88	77	83	74	79
	60	102	105	94	98	91	94

3000 kg (6614 lbs)							
Bank	UP		TO		LN		
deg	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	
3000 kg (6614 lbs)	0	68	72	60	67	58	64
	15	69	73	62	68	59	65
	30	73	77	66	72	63	69
	45	82	86	74	80	71	76

Figure 5-3 - Stall Speeds

¹⁹ 第 6 版，生效日期 2024/5/21。

1.18.2.5 進場速度

依據 P2012 型機飛航手冊 (AFM)，該型機不同外型下之進場速度如下：

Table 3-6a - Reference Approach Speeds (MOD2012/017)

CONFIGURAT.	V _{REF} (@MLW=3630 kg / 8003 lbs)
Flaps UP	101 KIAS (-1 KIAS per 100 Kg (220 lbs) below MLW)
Flaps T/O	92 KIAS (-1 KIAS per 100 Kg (220 lbs) below MLW)
Flaps LDG	89 KIAS (-1 KIAS per 100 Kg (220 lbs) below MLW)

1.18.2.6 穩定進場條件

依據安捷航務手冊²⁰ (FOM)，航機進場需於完成落地檢查表、伸放落地外型並符合穩定進場條件之時機如下：

儀器天氣情況下一機場平面以上²¹1,000 呎前；

目視天氣情況下一機場平面以上 500 呎前。

不同情況下之穩定進場條件如下：

²⁰ 第 5 版，生效日期 2024/7/8。

²¹ Above Aerodrome Level, AAL。

		P2012
Precision Approach	Configuration	set for landing
	Speed	Vapp + 15 KIAS
	Bank angles	< 15°
	Rate of Descent	< 1000fpm
	LOC or GS	< one dot
	Descent profile	touchdown within the first 3000ft of the runway
Non-Precision Approach	Configuration	set for landing
	Speed	Vapp + 15 KIAS
	Bank angles	< 15°
	Rate of Descent	< 1000 fpm
	VOR	< 1/2 scale deflection
	NDB	± 5°
	Descent profile	touchdown within the first 3000ft of the runway
Visual Approach	Configuration	set for landing
	Speed	Vapp + 15 KIAS
	Bank angles	< 15°
	Rate of Descent	< 1000 fpm
	PAPI/VASI	shall not show full 'Red' or 'White'
	Descent profile	touchdown within the first 3000ft of the runway

1.18.2.7 標準呼叫

依據安捷飛航組員訓練手冊²²(FCTM)，飛航組員於進場落地階段之標準呼叫內容如下：

Standard Callouts	
ILS APPROACH	
PF	PM
➤ LOC Alive	
● Check AP – “NAV ARMED” ● Speed = 150 kt	● “LOCALIZER ALIVE”
➤ GS Alive	
● Check AP – “APP ARMED”	● “GLIDESLOPE ALIVE”
➤ LOC/GS Capture	
● Verify LOC / GS – “CHECK”	● “LOCALIZER / GLIDESLOPE CAPTURE”
➤ FAP / 2000 ft AAL (whichever first)	
● Reduce speed <126 KIAS ● “FLAPS 1” ● Speed = 110 KIAS	● “FINAL APPROACH POINT / TWO THOUSAND” ● “SPEED CHECK FLAPS 1” Select flap handle 1
➤ Before 1000 ft AAL	
● “FLAPS 2” ● “LANDING CHECKLIST”	● “SPEED CHECK FLAPS 2” Select flap handle 2 ● Complete Landing Checklist – “LANDING CHECKLIST COMPLETE”
➤ 1000 ft AAL	
● Stable Approach Criteria ● “STABLE, CONTINUE APPROACH / (Landing Types Clearance)”	● “ONE THOUSAND” ● “CONTINUE APPROACH / (Landing Types Clearance)”
➤ 100 ft Above DA/DH	
● “CHECK”	● “ONE HUNDRED ABOVE”
➤ DA/DH	
● “LANDING/GO AROUND”	● “MINIMUM”

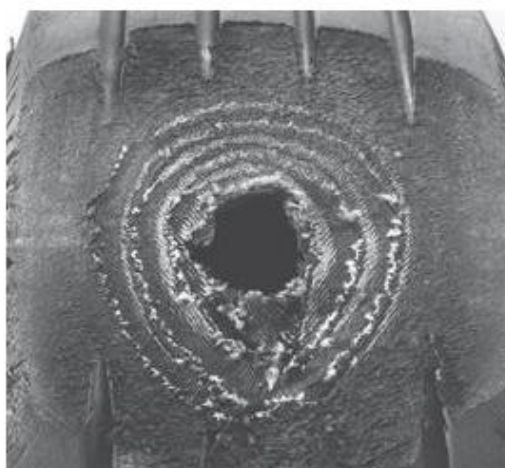
²² 第 1 版，生效日期 2022/7/20。

➤ Approaching IAF/IF	
PF	PM
Auto Flight	
● “NEXT ALTITUDE (IF/FAF) XXXX SET”	● “APPROACHING XXXXX (IAF/IF)” ● “CHECK”
Manual Flight	
● “SET NEXT ALTITUDE” ● “CHECK”	● “APPROACHING XXXXX (IAF/IF)” ● “NEXT ALTITUDE (IF/FAF) XXXX SET”
➤ Altitude deviation > 1000 ft	
● “CORRECTING”	● “ALTITUDE”
➤ Bank Angle > 30°	
● “CORRECTING”	● “BANK ANGLE”
➤ Speed +10 / - 5 kt of Target Speed (When at final approach, below 1000 ft AAL)	
● “CORRECTING”	● “SPEED”
➤ Sink Rate > 1000 ft/min (When at final approach, below 1000 ft AAL)	
	● “SINK RATE”
● “CORRECTING”	
➤ Pitch < -2.5° / > 10° (When at final approach, below 1000 ft AAL)	
● “CORRECTING”	● “PITCH”
➤ LOC/CDI deviation > 1 dot	
● “CORRECTING”	● “LOCALIZER / CDI”
➤ GS/VNAV Slope deviation > 1 dot	
● “CORRECTING”	● “GLIDESLOPE / VNAV SLOPE”

1.18.2.8 輪胎維護手冊

Goodyear 航空用輪胎維護手冊²³（Aircraft Tire Care & Maintenance）之胎面狀況損傷樣態摘錄如下：

Tread Conditions (Continued)



Skid

This occurs when the tire stops rotating while the aircraft is still moving. The runway grinds off rubber and fabric as the tire is dragged along the surface.

Action: Remove from service if balance is affected, fabric is exposed or tire is ruptured. Remove axle mate tire if ruptured.



Tread Rubber Reversion

An oval-shaped area in the tread similar to a skid, but where rubber shows burning due to hydroplaning during landing, usually caused by wet or ice-covered runways.

Action: Remove from service if balance is affected, or normal wear criteria is exceeded.



Open Tread Splice

A crack in the tread rubber where the joint (splice) separates in a radial (sideways) direction.

Action: Remove from service immediately.



Chevron Cutting

Tread damage caused by running and/or braking on cross-grooved runways.

Action: Remove from service if chunking to fabric occurs, tread cut removal criteria are exceeded, or normal wear criteria are exceeded.

²³ 版期 2024 年 6 月。

1.18.3 重落地之評估

P2012 可取得之加速度資料來自兩項元件，詳圖 1.18-1：

- 1 號姿態及航向參考系統（Attitude & Heading Reference System, AHRS）感測相對於地表水平之機體垂向及橫向加速度，資料傳送至 G1000 後儲存至外插記憶卡，資料取樣率 1 Hz，存儲量視記憶卡容量而定，1 G 記憶卡約可存儲 1,000 小時記錄。
- CVFDR 之加速度資料來源為 AHRS1 與 AHRS2，經 1 號航電整合器（Integrated Avionic Unit, IAU）處理後存入 CVFDR，資料取樣率 16 Hz。

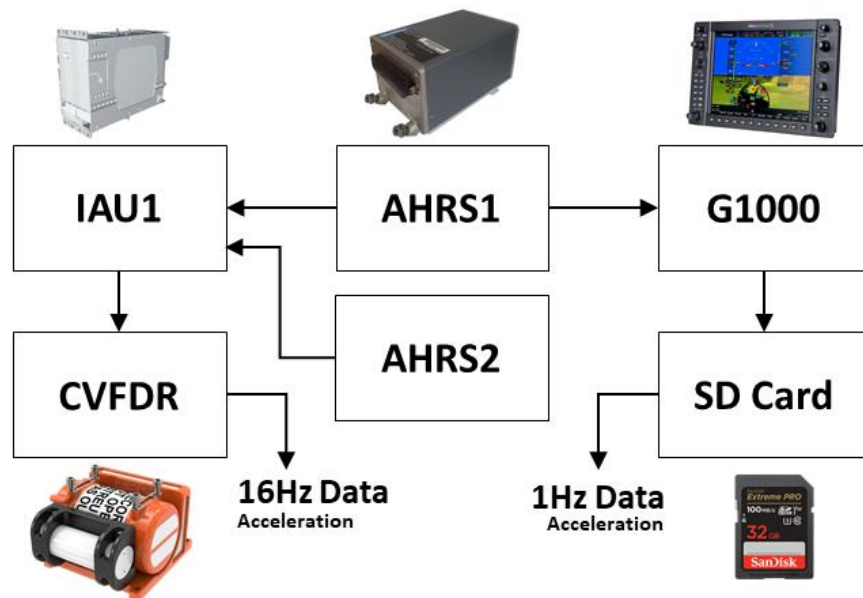


圖 1.18-1 加速度資料來源與存儲媒介

由以上兩項加速度資料記錄方式比較，均來自 AHRS 提供之水平及加速度資料，因兩者資料來源相同，均為真實產生之加速度值，如以觸地時之垂向加速度值比較，CVFDR 一秒記錄 16 筆，可較精確判斷觸地時之最高加速度值，而 G1000 一秒記錄 1 次，不一定能擷取到實際最高值。

P2012 型機原廠各手冊中，並未提及重落地之定義與評估準則，Tecnam 原廠表示，未採用落地垂向加速度或其他特定參數並設定閾值以作為重落地之判別依據，係鑑於機載 G1000 紀錄資料之取樣率偏低（僅為 1

Hz)，無法提供足夠且可靠之數據，實際落地衝擊力之峰值可能遠高於紀錄數值而未被準確捕捉；若僅以此失真數據作為是否構成重落地及是否須執行相關檢查之依據，恐有低估風險之虞，進而影響飛航安全之判斷。因此，原廠認為應從確保飛航組員在發生疑似重落地或其他異常事件時，皆能主動提出通報著手，以補足機載航電系統紀錄數據之不足，確保相應檢查與維護得以妥適執行。

因原廠維護手冊未定義重落地閾值，為瞭解此次事故所取得之加速度值，相較於其它航班是否有較高之情形或為疑似重落地，調查小組提取機上 G1000 記憶卡飛航資料，清查事故航機自民國 112 年 7 月 31 日至 114 年 11 月 3 日間共 459 次落地之垂直加速度資料，統計觸地時 G 值超過 1.6 g's 共 24 次；超過 1.8 g's 共 10 次，佔總落地次數 2%，其中 2 次超過 2.0 g's。

1.18.4 事件序

本事故發生之重要事件順序如表 1.18-1。

表 1.18-1 本次事故事件序

時間	事件內容	資料來源
11 月 4 日		
1417	該機自金門機場起飛前往松山機場。	CVFDR 飛航資料
1747	該機自松山機場起飛前往金門機場。	CVFDR 飛航資料
1917	金門塔臺管制員許可該機落地並告知飛航組員風向風速。	航管錄音抄件
1925:04	該機於金門機場 06 跑道落地。	CVFDR 飛航資料
	隨機機務人員於主輪觸地時聽見「嘯」之聲響，感覺機身輕微抖動、輪胎瞬間洩氣。	訪談紀錄
1925:17	座艙語音飛航資料紀錄器記錄到不明聲響	CVFDR 座艙語音
1925:26	隨行機務人員及飛航組員先後表示「爆胎了」。	CVFDR 座艙語音
1925:32	該機停止於 06 跑道上；隨機機務人員下機目視檢查，發現左主輪爆胎。	CVFDR 飛航資料、訪談紀錄
11 月 5 日	安捷機務人員拆除左起落架箱梁整流罩後，發現外蒙皮有皺褶及 7 顆固定鉚釘斷裂現象。	事故通報
11 月 7 日	安捷機務人員拆除內牆板後，發現左側起落架箱梁之前、後機身蒙皮及框架變形。	事故通報

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安捷要求。飛航組員事故前 72 小時之休息及活動正常，事故發生時無身體不適情況，於任務前接受酒精檢測值為零。

查閱事故航機階檢維護計畫及經歷紀錄、機體維修紀錄、適航指令及製造商服務通告，無異常登錄，亦無與本次事故相關或未執行之適航指令。

與本事故相關之分析包括：進場落地操作、左主輪爆胎之可能原因、機身結構損害之可能原因、重落地事件之偵測與主動提報機制及飛航組員訓練等議題，分別敘述如後。

2.2 進場落地操作

該機於金門機場採用 06 跑道 ILS 進場程序，天氣資料顯示，能見度 10 公里或以上，落地前、後各約 1 分鐘之風向介於 036 度至 033 度，風速 10 浬/時，最大風速 16 浬/時，天氣狀況符合安捷進場落地規範²⁴；飛航組員於訪談時亦表示，事故當日天氣狀況良好，未遭遇風切、亂流或受到其他顯著氣象影響。

該機進場約於下降通過 1,200 呎伸放落地外型，1,050 呎完成落地檢查表。高度 500 呎至落地約歷時 1 分鐘，下降率約介於 225 至 761 呎/分，坡度約介於右 6.2 度至左 7 度，著陸點距離跑道頭約 800 呎，以上情況符合安捷航務手冊所律定之穩定進場條件²⁵；惟空速於該期間內約介於 93 至 104 浬/時，累計約有 40 秒時間大於穩定進場條件之空速上限 97 浬/時²⁶，詳如

²⁴ 依據安捷航務手冊，金門機場適用之風速限制為：乾跑道—正側風 20 浬/時，尾風 10 浬/時。

²⁵ 精確性進場、目視天氣情況下，航機最遲應於 AAL 500 呎前完成落地檢查表及伸放落地外型，並符合穩定進場條件：空速不超過進場速度+15 浬/時，坡度小於 15 度，下降率小於 1,000 呎/分，下滑道及左右定位台偏移量不超過 1 個 dot，著陸點距離跑道頭 3,000 呎內。

²⁶ 事故航班落地總重約為 3,158 公斤，對應之進場速度為 82 浬/時，故穩定進場條件之空速上限為 82+15=97 浬/時。

圖 2.2-1；PF 未決定重飛，PM 亦未曾提醒。

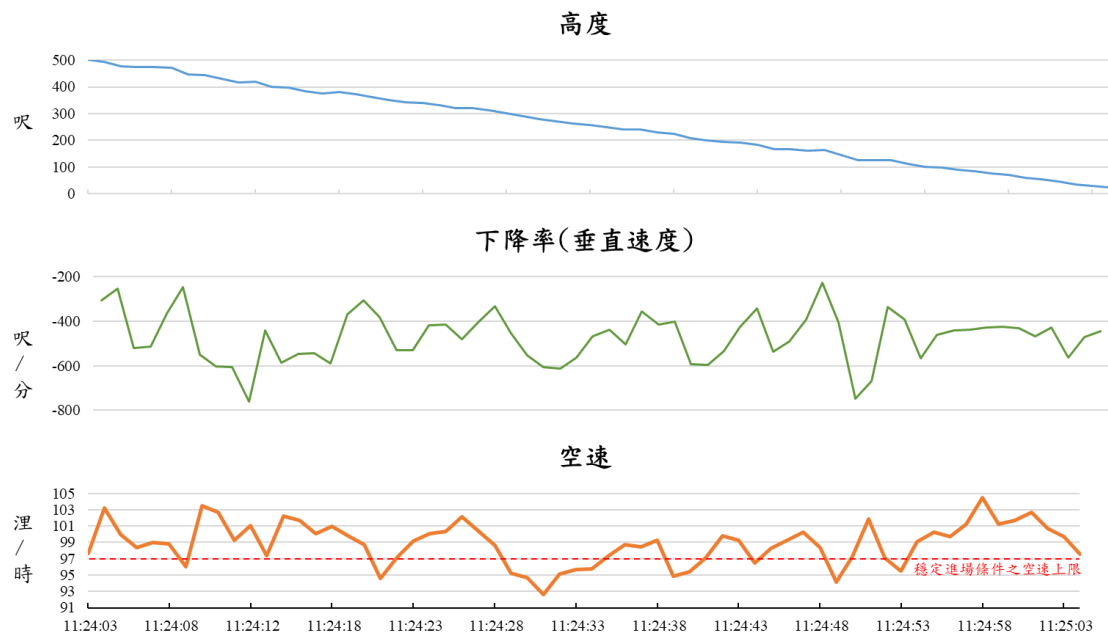


圖 2.2-1 事故航機進場高度 500 呎至落地期間之高度、下降率及空速變化

該機進場高度 50 呎至落地期間，仰角於-1.4 至-3.9 度間變化，下降率介於 424 至 562 呎/分，詳如圖 2.2-2；該機於落地前未建立機頭上仰姿態，下降率未明顯減低，顯示落地前未有仰轉平飄之操作，致該機以下降率約 480 呎/分、垂向加速度 1.86 g's、仰角-1.9 度落地。惟因該機 CVFDR 及 G1000 之紀錄資料均未包含控制面、操控桿及踏板位置…等參數，故本會無法驗證飛航組員之實際操作情況。

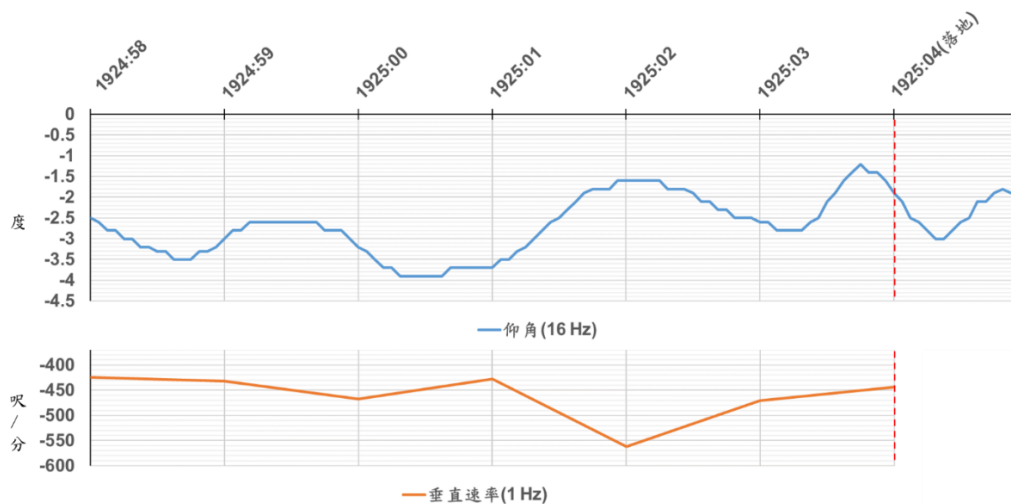


圖 2.2-2 事故航機進場高度 50 呎至落地期間之仰角與垂直速率變化

PF 曾於訪談時提出對該次任務飛機重心位置可能接近或超出限制範圍，進而影響起飛及落地仰轉操作之疑慮，惟經本會依實際數據計算後，事故當日該機執行「金門－松山」及「松山－金門」來回任務之載重平衡皆於限制範圍內，詳如 1.6.3 節所示。

2.3 左主輪爆胎之可能原因

該機於金門機場 06 跑道落地滾行時，發生左主輪爆胎，隨機機務人員於訪談時表示，主輪觸地時曾聽見「嘸」之聲響，感覺機身輕微抖動、輪胎瞬間洩氣，並於後續減速滾行過程中持續發出異常聲響。

經本會檢視，左主輪胎面單點磨穿，造成輪胎洩氣，其損傷情況符合輪胎原廠維護手冊中之「Skid」損傷樣態，詳如圖 2.3-1 所示。該手冊說明此種損傷係輪胎於航機移動過程中停止轉動，輪胎於跑道上拖行時，胎面橡膠及編織層受到磨損所致。



圖 2.3-1 左主輪損傷樣態對照

此外，該機因煞車系統未具備防滑功能，煞車踏板液壓油缸與制動鉗之間無任何調控元件，如煞車壓力於主輪觸地時未完全釋放，可能導致輪

胎無法自由轉動。經本會於事故後對該機煞車系統相關組件進行量測與檢驗，並未發現異常；故煞車壓力於主輪觸地時未完全釋放之原因，可能與 PF 蹬舵操作中觸動煞車踏板有關。

綜上所述，該機落地時，PF 可能於蹬舵操作中觸動左煞車踏板，致左主輪煞車壓力於觸地時仍作用於煞車制動鉗，以致左主輪無法轉動，胎面橡膠及編織層遂於跑道上拖行過程中磨穿進而爆胎。惟因該機飛航紀錄器及 G1000 之紀錄資料均未包含輪速、煞車壓力、煞車踏板位置…等參數，故本會無法驗證飛航組員之實際操作情況。

2.4 機身結構損害之可能原因

該機於金門機場 06 跑道落地滾行時發生左主輪爆胎後，因機組人員未反映有重落地或疑似重落地情形，安捷機務人員當下檢視機體外觀時亦未發現異常，故未於第一時間發現機身結構有損害情形。

安捷機務人員後續依維修手冊執行落地後爆胎檢查程序，於拆除左起落架箱梁整流罩時，始發現機身蒙皮皺摺及鉚釘斷裂現象，進一步拆除機身內艙牆板時，發現機身框架亦有變形情況。

檢查結果顯示，該機機身損害皆集中於左側，包括：左起落架箱梁前、後機身框架及蒙皮變形，導致蒙皮與機身框架剝離並有 7 顆固定鉚釘斷裂，而其斷裂面呈現強制性破壞特徵。其原因可能為某次落地左主輪觸地時，左側起落架及機體結構所承受之衝擊力超出該結構之設計負載能力所致。

惟檢視該機民國 113 年 11 月 4 日於金門機場 06 跑道之落地情境，雖因落地前未有仰轉平飄之操作，致該機以下降率約 480 呎/分、垂向加速度 1.86 g's 落地，然其水平姿態自落地前 1 秒開始維持右坡度，觸地時約為右坡度 1.1 度，詳如圖 2.4-1 所示；顯示該機並非單獨以左主輪觸地，此情境與該機集中於左側之機身框架結構與蒙皮損害情況不符，據此研判相關損害可能非該次落地所致。

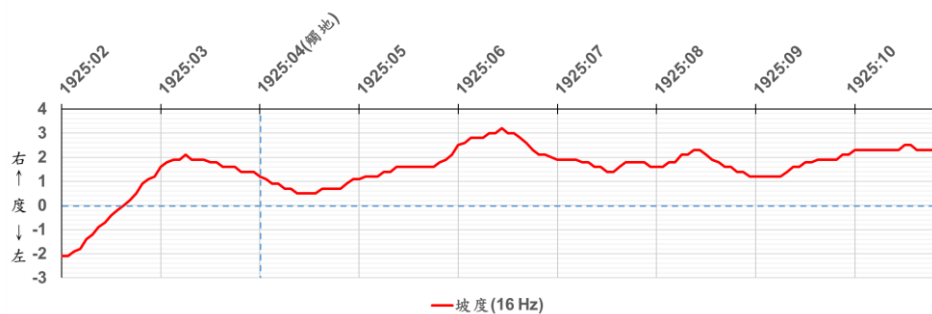


圖 2.4-1 事故航機落地前後之水平姿態變化

本會另檢視該機自民國 112 年度交機後之 G1000 所有飛行紀錄，篩選出落地垂向加速度值最高之前 3 筆資料，及 1 筆垂向加速度值較高且左坡度較大之資料，與民國 113 年 11 月 4 日之 G1000/CVFDR 紀錄資料進行比較，詳 1.11.2 節及表 2.4-1。其中 G1000 紀錄資料之取樣率為 1 Hz，代表每秒僅記錄 1 筆數據，因此實際峰值有可能高於紀錄中所呈現之數值。

表 2.4-1 事故航機自交機後落地垂向加速度值較高之資料

日期	垂向 加速度 (g's)	橫向 加速度 (g's)	下降率 (呎/分)	仰角 (度)	坡度 (度)	落地空速 (浬/時)
資料來源：G1000						
112 年 8 月 28 日	2.0	右 0.12	158	0.2	左 0.5	81.3
112 年 9 月 26 日	2.13	右 0.56	201	6.4	右 2.4	69.9
113 年 1 月 18 日	1.92	左 1.17	236	1.2	右 1.8	74
113 年 1 月 24 日	1.78	左 0.48	394	6.2	左 11.5	67.7
113 年 11 月 4 日	1.58	右 0.15	444	-1.9	右 1	97.6
資料來源：CVFDR						
113 年 11 月 4 日	1.86	無此參數	480	-1.9	右 1.1	97.8

其中民國 113 年 1 月 24 日該機於松山機場 10 跑道進場落地，高度 500 呎至落地期間，G1000 紀錄之相關參數趨勢，如圖 2.4-2 所示。資料顯示，該次進場期間，風向約介於 083 至 120 度，風速介於 5.2 至 6.2 浬/時。該機約自下降通過 300 呎開始逐漸高於下滑道①，飛航組員約於 180 呎時減低推力因應②，下降率開始隨之增加③，至約 75 呎時達最大之 752 呎/分，飛航組員開始增加該機仰角④，下降率開始減低⑤，仰角持續增加至落地前 2 秒達最大之 7.5 度；在推力未顯著增加情況下，空速自最高 91.38 浬/時持續下降⑥，至落地前 1 秒達最小之 67.17 浬/時，接近該機當時條件下

之失速速度²⁷。隨後該機以垂向加速度 1.78 g's、下降率 343 呎/分、左坡度 11.5 度之姿態落地。

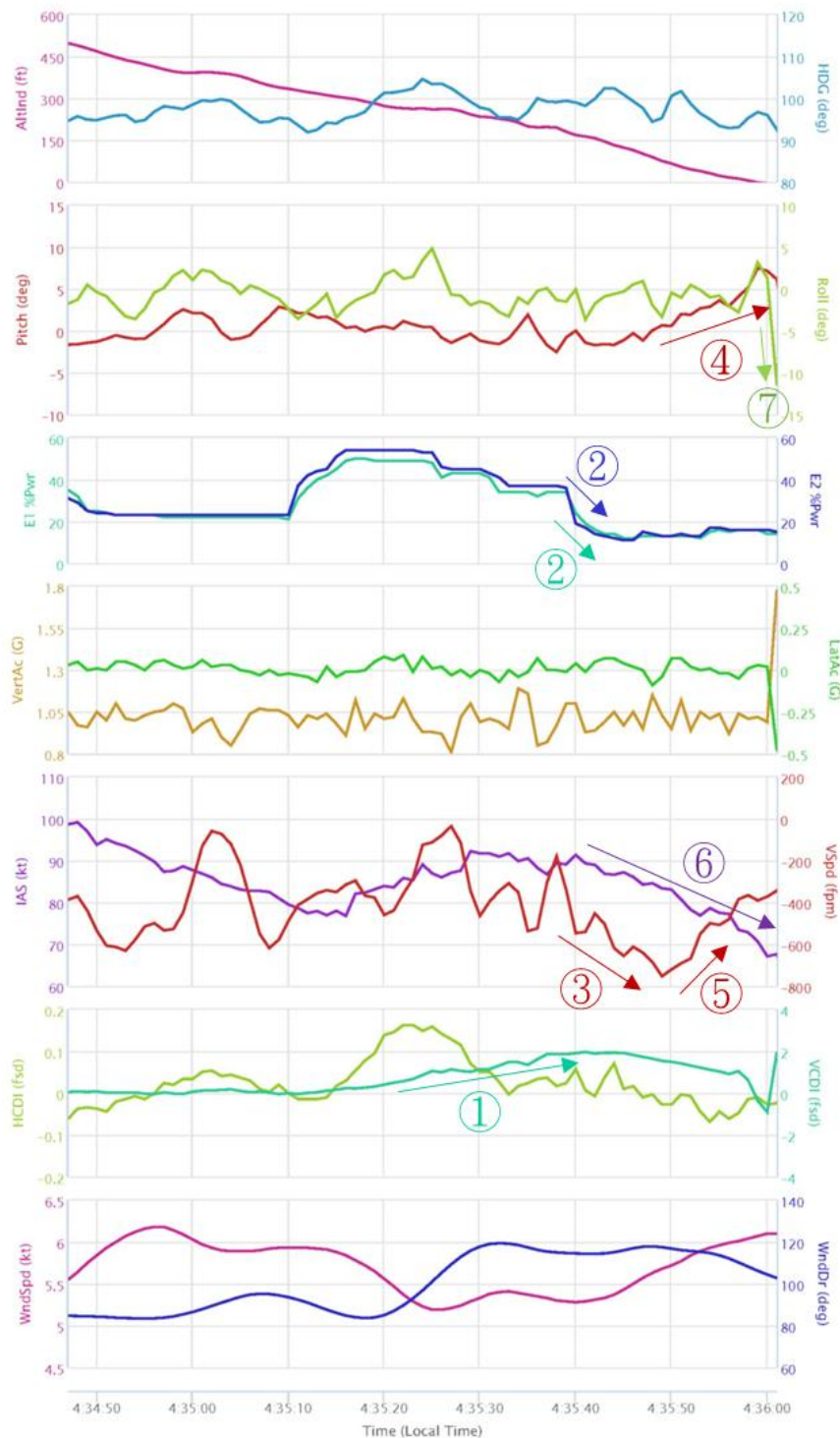


圖 2.4-2 民國 113 年 1 月 24 日進場落地之 G1000 相關紀錄參數趨勢

²⁷ 估算該機當時落地總重約為 3,492 公斤，對應之進場速度為 86.5 浬/時，於落地外型、機翼水平條件下之失速速度為 63.5 浬/時。

調查小組發現，民國 113 年 1 月 24 日該機於松山機場 10 跑道落地之資料，其垂向加速度 1.78 g's 雖非所有紀錄中之最大值，然其著陸水平姿態為左坡度 11.5 度，顯示當時係單獨以左主輪觸地，在左坡度較大情況下，右主輪可能於左起落架減震支柱完全壓縮時仍未觸地，以致觸地時之衝擊力完全由左側起落架及機體結構承受，超出該結構之設計負載能力，肇致機身框架結構變形、蒙皮與機身框架剝離、固定鉚釘斷裂等損害。

113 年 1 月 24 日當次任務之飛航組員於訪談時表示，PF 可能因落地仰轉時機稍早及油門減幅較大…等因素導致空速過低，並於落地前致動失速警告，該機隨後於 PF 修正的同時著陸。由於該次落地後，隨機機務人員檢查機身、輪胎及起落架等外觀未發現異常，故安捷並未拆除起落架箱梁整流罩對內部進行檢查，因此本會無從得知機身框架結構與蒙皮於當次落地後之實際情況，故無法確認機身框架結構變形、蒙皮與機身框架剝離、固定鉚釘斷裂等損害之確切原因。

綜上所述，該機機身損害集中於左側，包括：左起落架箱梁前、後機身框架及蒙皮變形，導致蒙皮與機身框架剝離並造成 7 顆固定鉚釘強制性破壞斷裂。由 G1000 之紀錄，該機自交機後有數架次之垂向/橫向加速度、下降率或坡度等數值可能與此機身損害相關，惟 G1000 紀錄之 1 Hz 取樣率偏低，可能有實際落地之峰值遠高於紀錄數值而未被準確捕捉，且安捷過去未曾拆除起落架箱梁整流罩進行檢查，實際損害情況不得而知，故本會無法確認該機左側機身之結構損害之確切原因。

2.5 重落地事件之評估與主動通報機制

「重落地 (Hard Landing)」係指航空器相對於平穩、可控之落地，以較大的下降率、加速度或不適當之姿態著陸，可能原因包括：飛航組員操作、天候、環境及機械等因素。如落地衝擊力超出航空器設計容許範圍，將可能對起落架、機身結構或相關系統造成損傷，需依飛機維護手冊進行相關檢查與評估，並視實際狀況維修，方能確保後續之飛航安全。

實務上，重落地之判別來自於駕駛員基於自身操作體感，於落地後主動回報重落地或疑似重落地，機務人員根據各項飛航數據，包括：落地重量、著陸姿態、下降率、垂向與橫向加速度等可量化數據，據以判斷重落地嚴重程度並根據手冊執行相應檢查程序。

P2012 型機原廠各式手冊中，並未提及重落地之定義與評估準則，Tecnam 原廠表示，未採用落地垂向加速度或其他特定參數並設定閾值以作為重落地之判別依據，係鑑於機載 G1000 紀錄資料 1 Hz 之取樣率偏低，無法提供足夠且可靠之數據，實際落地衝擊力之峰值可能遠高於紀錄數值而未被準確捕捉；若僅以此失真數據作為是否構成重落地及是否須執行相關檢查之依據，恐有低估風險之虞，進而影響飛航安全之判斷。因此，原廠認為應從確保飛航組員在發生疑似重落地或其他異常事件時，皆能主動提報為主，以補足機載航電系統紀錄數據之不足，確保相應檢查與維護得以妥適執行。此外，CVFDR 紀錄資料雖具較高之取樣率，然因安捷無法取得資料下載所需設備及轉譯技術，故無法常態性、逐架次下載紀錄資料用於安全監控用途。

安捷於本次事故後，下載並檢視所屬 2 架 P2012 型機自交機以來所有 G1000 系統之紀錄資料，經過濾分析，事故航機有 2 架次落地之垂向加速度大於 2 g's，另有 8 架次落地垂向加速度大於 1.8 g's；該結果顯示，雖然 G1000 系統紀錄數據存在取樣率偏低之侷限，但仍可作為「疑似重落地」之參考。安捷安全管理系統訂有「安全報告」機制，惟於本事故前未曾接獲與疑似重落地事件有關之主動提報，且航機維護紀錄簿上亦未曾登載與疑似重落地事件有關之內容，顯示安捷安全管理系統在促使所屬人員主動提報潛在風險事件方面，尚未能有效發揮其功能。

另安捷於本次事故前，針對 P2012 型機起落架與機身連接區域之結構，係依照原廠制定之週期性維護計畫，每隔 550 飛行小時拆除起落架箱梁整流罩以對內部結構進行檢查；惟事故航機於事故當時之飛行時數²⁸仍未達

²⁸ 494 小時 14 分，詳如本報告表 1.6-1 所示。

550 小時，故安捷尚未執行前述拆除起落架箱梁整流罩之檢查。直到本次發生爆胎事故，維修人員依飛機維護手冊「嚴重亂流/重落地/超重落地」章節執行檢查，依程序拆除整流罩及內艙牆板時，始發現結構損傷。

綜上所述，重落地可能對航空器起落架、機身結構或相關系統造成損傷，航空器使用人需透過適當機制及時檢查，並依程序進行檢修，方能確保飛航安全。實務上，重落地之判別藉由駕駛員主動提報，或參考各項飛航數據進行判定。P2012 型機原廠鑑於機載航電系統無法提供足夠且可靠之數據，未採用特定飛航參數及閾值作為判別重落地之依據，以避免因資料失真而低估重落地之風險，並認為應著重於強化飛航組員於發生疑似重落地時之主動提報機制為主，以彌補航電系統紀錄數據之侷限。安捷於本次事故前，「疑似重落地」之評估機制完全仰賴所屬人員主動提報，惟其安全管理系統未能有效發揮促進人員主動提報潛在風險事件之功能，致使航機遭遇潛在重落地後可能未被及時檢查，相關結構如有損害，可能未被及時發現，進而導致航機於週期性維護檢查前，存在帶損害飛行之風險，危及飛航安全。

2.6 飛航組員訓練

由於 P2012 型機於國內外尚無模擬機可供使用，故飛航組員之飛行術科訓練與考驗皆須於實機上進行；惟安捷受限於機隊規模，且待命執行 EMS 任務之航機無法常態性用於訓練，飛航組員之飛行術科訓練與考驗時機受到限制。另由於 EMS 任務無法預期、頻率不定之特性，進而導致飛航組員飛行時數偏低，任務間隔缺乏規律。

經檢視本次事故情況及解析安捷所屬兩架 P2012 型機自交機以來所有 G1000 紀錄資料顯示，安捷自 P2012 機隊成立以來，招募之飛航組員在上線初期，於進場落地階段之速度控制、仰轉操作、落地姿態及煞車使用等方面，存在尚未完全適應之情形。安捷並指出，原操作大型飛機之飛航組員轉訓 P2012 型機後，此類適應問題尤為明顯，且所需適應期明顯長於原操作小型飛機之飛航組員。

綜上所述，安捷宜強化飛航組員進場落地操作之訓練與考驗，提升並維持飛航組員對該型機飛行操作熟練度，以減低進場落地階段相關安全事件之再發生。

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運輸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，但基於確保未來運輸安全之故，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運輸安全、解決爭議或澄清待決疑慮之使用者。其中部分調查發現係屬大眾所關切，且常見於國際運輸事故調查組織調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善運輸安全目的之用。

3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故機左起落架箱梁前、後之機身框架遭受實質損害，其可能原因為落地過程左主輪觸地時，機體結構所承受之衝擊力超出負載能力所致。依該機航電系統（G1000）之飛航資料紀錄，自交機後有數架次之垂向/橫向加速度、下降率或坡度等數值偏高；然因 G1000 紀錄之取樣率（1 Hz）較低，可能有實際落地時之加速度峰值遠高於紀錄數值而未被記錄，且安捷於事故前未曾檢查過該受損部位，無相關資料可佐證實際損害發生時間，故無法確認該機結構受損之確切原因。（1.11, 1.12.1, 1.18.1.3, 1.18.2.3, 1.18.3, 2.2, 2.4）

3.2 與風險有關之調查發現

1. 安捷之「疑似重落地」評估機制完全仰賴所屬操作人員主動提報，惟其安全管理系統未能有效發揮促進人員主動提報潛在風險事件之功能，致使航機發生重落地後可能未被及時檢查，相關結構如有損害，亦可能未被及時發現，進而導致航機於週期性維護檢查前，存在帶損害飛行之風險，危及飛航安全。（1.6, 1.18.1, 1.18.3, 2.5）
2. 受限於 P2012 型機缺乏模擬機與安捷機隊規模，以及緊急醫療服務任務具不可預期及頻率不定之特性，致使飛航組員飛行時數偏低，任務間隔缺乏規律，影響該型機飛行操作熟練度之維持，此狀況以原操作大型飛機轉訓該型機之飛航組員，尤為明顯。（1.11, 1.18.1, 2.6）
3. 該機落地時，操控駕駛員可能於蹬舵操作中觸動左煞車踏板，致左主輪煞車壓力於觸地時作用於煞車制動鉗，致左主輪無法轉動，胎面橡膠及編織層於跑道上拖行過程中磨穿進而爆胎。（1.12.2, 1.12.3, 1.18.2.8, 2.3）

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安捷要求。飛航組員事故前 72 小時之休息及活

動正常，事故發生時無身體不適情況，於任務前接受酒精檢測值為零。(1.5, 2.1)

2. 事故航機之載重與平衡均位於限制範圍內，查閱該機階檢維護計畫及經歷紀錄、機體維修紀錄、適航指令及製造商服務通告，無異常登錄，亦無與本次事故相關或未執行之適航指令。(1.6, 2.1, 2.2)
3. 事故當時之天氣狀況符合安捷進場落地規範，本次事故與天氣因素無關。(1.7, 1.18.1.1, 1.18.1.2, 2.2)

第4章 運輸安全改善建議

4.1 改善建議

致安捷航空股份有限公司

1. 強化「疑似重落地」之監控與通報機制，以及早發現航機重落地所造成之結構損害²⁹。(TTSB-ASR-25-11-001)
2. 加強飛航組員進場落地操作之訓練與考驗，以提升其操作熟練度³⁰。(TTSB-ASR-25-11-002)

致交通部民用航空局

1. 督導安捷強化「疑似重落地」之監控與通報機制，並加強飛航組員進場落地操作之訓練與考驗³¹。(TTSB-ASR-25-11-003)

4.2 已完成或進行之改善措施

安捷航空股份有限公司提供之辦理情形

壹、改善建議

為強化組員夜航能力，鼓勵主動提報精神，已公告相關飛航主動提報規定及獎勵機制。

本次改善措施重點在強化夜航能力，制訂重點訓練方針及列入實機訓練課程，以確保組員熟稔相對狀況操控能力。另已循商洽詢同型機飛行訓練器(FTD)，目前進入蒐整評估作業。

貳、改善情形

(一) FOM 新增4.6.1.5 「When the flight duty is conducted by two captains, each captain should take turns evenly serving as the PIC (i.e. EMS flight duty for two sectors), unless the Flight Operations Division has designated a specific PIC.」明確制定雙機長飛航時擔任PIC規則。

(二) 對所有飛航組員實施FOM及「防範重落地及強/側風落地及煞車

²⁹ 本項改善建議，係因應「與風險有關之調查發現」第1項所提出。

³⁰ 本項改善建議，係因應「與風險有關之調查發現」第2項所提出。

³¹ 本項改善建議，係因應「與風險有關之調查發現」第1、2項所提出。

使用技巧」加強學科上課。

- (三) 運用年度PT術科訓練重點要求落地技巧訓練與技巧。
- (四) 「P-2012型機飛航駕駛員夜間飛航能力加強訓練計畫」，採實機夜航訓練方式執行。
- (五) 成立「G-1000分析小組」對每架次飛行後之Garmin Flight Data資料進行解析，於公司每月飛安會議提報落地G值，供管理者及安全委員會成員參考。
- (六) 續前，落地G值超過1.5G者，策勵該組員自我提升，反覆模擬落地操作技巧。
- (七) 凡超過1.6G者則通知機務處，機務處即依據Job Card No. 123295將左右起落架整流罩拆除檢查相關區域是否有受損。
- (八) 針對本次事件航機，配合階段檢查於首次150、550、1000飛行小時，依據Job Card No. 129997檢查修復後結構區域及左右起落架相關區域情況；如無異常，將於維護計劃內增訂每2000飛行小時定期檢查。
- (九) 修訂維護計劃，將原「每550飛行小時」檢查時距縮短為「每250飛行小時」依據AMM 05-20-00, 32-10-00檢查左右側起落架及機身相關結構區域情況。
- (十) 再次宣達主動提報機制，鼓勵報告異常事件，落實全員安全管理。

參、改善措施實施進度

本次事件部分改善措施已提交民航局審核並獲同意執行，除持續追蹤本案航機外，並列管改善措施及成效，確保飛行安全，提升飛安品質。

肆、結論

本公司持續依據安全管理手冊，持續精進飛行安全，特別針對本案策定訓練重點，提升機員夜航能力，加強對機場目視環境確認與識別。後續將依實施成效，適切調整相關程序，確保符合最佳飛航安全。