



飛航安全調查委員會

航空器飛航事故 調查報告（第一冊）

中華民國 106 年 6 月 10 日

凌天航空公司 BELL-206B 型機

國籍標誌及登記號碼 B-31118

於花蓮縣豐濱鄉執行空拍作業時墜毀

報告編號：ASC-AOR-18-10-001

報告日期：民國 107 年 10 月

本頁空白

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

中華民國飛航事故調查法第 5 條：

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

國際民航公約第 13 號附約第 3 章第 3.1 節規定：

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

本頁空白

摘要報告

民國 106 年 6 月 10 日，凌天航空公司一架 BELL-206B3 型直昇機，國籍標誌及登記號碼 B-31118，執行台灣阿布電影公司於南臺灣及花東地區之空中拍攝作業。該機於臺北時間約 1045 時自臺東縣池上鄉法林寺臨時起降場起飛，機上載有正駕駛員 1 員及空中拍攝作業員 2 員，共 3 人。約於 1154 時，該機墜落於花蓮縣豐濱鄉協進農場內，飛機起火焚毀，機上 3 名人員死亡。

因事故機無飛航資料及座艙語音紀錄，且大部分機體於撞擊地面時焚毀，無法進行殘骸勘驗及運轉測試，缺乏事故機系統及發動機狀態資訊，且事故地點附近無氣象測量數據，風場模擬只能作為參考。因此，專案調查小組以人員訪談、維護紀錄、現場勘驗、殘骸檢視、藥物檢驗、測試模擬及機載影像分析，來研判本事故的可能肇因及風險因素。

依據中華民國飛航事故調查法並參考國際民航公約第 13 號附約相關內容，飛航安全調查委員會為負責飛航事故調查之獨立機關，於事故發生後依法展開調查工作。受邀參與本次調查之機關（構）包括：Bell 直昇機公司、Rolls-Royce 發動機公司、交通部民用航空局、凌天航空公司、法務部法醫研究所、內政部警政署刑事警察局及相關單位。

本事故「調查報告草案」依程序於民國 107 年 8 月 31 日經本會第 70 次委員會議初審後函送相關機關（構）提供意見，並再經相關意見彙整後，於民國 107 年 10 月 18 日經本會第 72 次委員會議審議並修正通過。

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 18 項，改善建議計 18 項，分述如後：

壹、調查發現

一、與可能肇因有關之調查發現

1. 相關證據顯示正駕駛員甲存在 Chlorpheniramine 抗組織胺藥物之可能影響、法規規定之最低休息期間及偏高之飛航時間、長時間之直昇機震動、以及低空、山區飛行與夏日高溫之操作環境等狀況，可能使其於事故時處於疲勞或生理與心理表現能力降低的狀態。惟缺乏評估正駕駛員甲事故時操作表現或決策判斷之直接證據，以致未能判定前述狀況可能對正駕駛員甲安全執行任務之影響。(1.13.1, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 2.5.4)
2. 事故當時附近之天氣資訊及模擬機分析結果皆低於該型機風向風速之限制，惟山區天氣瞬息萬變，且風場數值模擬缺乏足夠之觀測資料提供驗證，故無法斷定事故機當時所遭遇之實際天氣狀況。(1.7, 2.3)
3. 因該機未裝置飛航紀錄器，無相關飛航資料，且大部分機身遭火焚燒殆盡，無法進行殘骸勘驗及發動機運轉測試，以致未能判定事故發生時該機飛行操控系統及動力系統之狀況。(1.11, 1.12, 1.16, 2.2)

二、與風險有關之調查發現

1. 正常人血中抗組織胺藥物濃度超過 17 ng/mL 以上即易產生嗜睡及肌肉虛弱，正駕駛員甲血液抗組織胺藥物濃度顯示為 24 ng/mL。此藥物殘留應屬正常用藥累積所致，惟未能確切判斷正駕駛員甲血液中抗組織胺藥物殘留濃度對航機操作能力影響之程度。(1.13, 2.5.1, 2.6.1)
2. 事故機正駕駛員甲於血液定量檢測出殘留抗組織胺藥物，國際民航組織及美國聯邦航空總署建議駕駛員若使用該類藥物期間，不適合執行飛航任務；依據多項研究顯示，使用該藥物可能會影響駕駛員之航機操作能力。民航局未參考國際民航組織及美國聯邦航空總署提出藥物使用指南，提供駕駛員及體檢醫師使用藥物之參考。(1.13, 2.5.1, 2.6.1)
3. 事故任務，正駕駛員甲於更改預定飛航計畫前未進行充分之溝通及評估，且未對改變之任務及面臨之狀況進行詳細之準備、規劃、溝通及提示，此作為不符組員資源管理之精神，增加無法及時因應飛航環境變化之風險。(1.11, 1.18, 2.6.3)
4. 凌天航空公司外場作業工作日誌所載之工作團隊當日上、下班時間，經

檢視後與飛航組員實際之執勤起訖時間有異，該公司亦無其他機制以記錄飛航組員外場作業之執勤期間，顯示該公司之管理機制未能正確記載飛航組員於外場作業之執勤期間，難以依紀錄查證飛航組員執勤與休息期間之法規符合狀況。（1.5.3, 1.17.1, 1.17.4, 1.17.7, 2.6.2.1）

5. 民航局對凌天航空公司之飛航與執勤相關紀錄之檢查，係使用飛航時間紀錄與航務手冊任務起迄相關規定，推估飛航組員可能之執勤與休息期間，未將外場作業日誌紀錄納入檢查，無法發現該公司於外場作業時，未能正確記載飛航組員執勤與休息期間之缺失。（1.17.6, 1.18.1, 2.6.2.2）
6. 凌天航空公司於航務手冊增訂飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之規定，與其原始意圖每曆日天飛航時間不得超過 6 小時不符，規定實施後亦未發現與實務作業之差異，對航務手冊之重視與執行仍須加強。（1.17.1, 1.18.1, 2.6.2.4）
7. 凌天航空公司訓練手冊未明確訂定執行空拍/空勘任務時，標準之操作技巧、臨時需求之評估及放棄任務作業之標準，影響任務作業之安全。（1.17, 1.18, 2.6.4）
8. 凌天航空公司於本次空拍作業時發生多項事故航次組員未遵守公司手冊規定之缺失，包括：於飛航中使用電子產品；執行不關車加油中上下機；以直昇機空運之權宜方式運送油樣之危險物品。以上作為危及直昇機或機上及地面人員安全，亦增加飛行安全之風險。（1.17.3, 1.17.8, 1.18, 2.7）

三、其他調查發現

1. 事故機在墜地前機體結構無異常；發動機於撞地前應係於運轉並傳送動力之狀態，惟無足夠證據判斷發動機輸出動力之多寡；自由飛輪已非墜地前之初始狀態，無法得知事故時傳動系統傳送之扭力係源於發動機或主旋翼之動力，亦無法得知墜地前是否有自動旋轉；該機墜地前主旋翼轉速有下降現象。（1.6.3, 1.16, 2.2）
2. 10 組警示燈，有 7 組警示燈之燈絲皆完整無斷裂，顯示該機墜地前該 7

組警示燈之相關系統並未致動。其餘 3 組警示燈，1 組「ENG OUT」警示燈應未亮起；1 組「TRANS OIL PRESS」警示燈應係冷態（未亮起之狀態）受震斷裂；另 1 組「ROTOR LOW RPM」警示燈致動，燈絲應係熱態（亮起之狀態）受震斷裂。（1.16.4, 2.2.2）

3. 事故機墜地前無外洩燃油導致冒煙或起火之狀況。貨艙內無火藥、炸藥殘跡存在，因爆裂物導致該機飛行中爆炸或燃燒因素應可排除。（1.12.3, 1.14, 1.16.5, 2.2.3）
4. 事故機墜地之強震，使燃油管自燃油箱接頭處斷落，噴濺之燃油受鄰近發動機高溫引燃，火勢向下方機體破裂油箱流竄，導致劇烈燃燒。（1.12.3, 1.14, 2.2.3）
5. 事故發生地點三面環山，附近並無高壓電纜及流籠纜線之障礙物存在。（1.15）
6. 該機於事故航次所使用之燃油樣本品質合格。（1.16.3）
7. 飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。本次事故與航機之載重平衡無關。事故機補充型別認證項目清單，機載攝影機之補充型別認證核可相關文件完整。事故機之空拍作業符合民航法規之規定。（1.5, 1.6, 1.17, 1.18.1, 2.4）

貳、改善建議

致凌天航空公司

1. 參照交通部民用航空局訂定之規範，建立駕駛員使用藥物之相關機制，並強化宣導、訓練及列入風險控管項目。（ASC-ASR-18-10-001）
2. 針對直昇機不同之飛航環境，特別是涉及山區飛航環境，訂定確實可行之風險評估內容，以減少飛航中可能發生之風險。（ASC-ASR-18-10-002）
3. 檢視飛航任務監控方法，積極應用簡式紀錄器之資料識別飛航風險，提升飛航安全。（ASC-ASR-18-10-003）
4. 評估任務特性，提供飛航組員疲勞相關訓練或資訊，強化飛航組員對疲

勞風險之警覺與管理。(ASC-ASR-18-10-004)

5. 建立機制並加強宣導，確認飛航組員均能了解航機操作及性能限制，並能於飛航中遵守航務手冊相關飛航計畫之規定、應注意之安全事項及飛航前之風險評估等。(ASC-ASR-18-10-005)
6. 檢視與強化外場作業管理機制，並要求相關作業人員，確依飛航計畫執行作業，避免臨時改變計畫增生之風險。(ASC-ASR-18-10-006)
7. 檢視與修訂航務手冊有關飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之限度與實務運作之差異，並強化飛航時間、執勤期間與休息期間之紀錄保存系統，以避免誤解與符合法規要求。(ASC-ASR-18-10-007)
8. 訂定確實可行之空照/空勘任務操作要領、標準及放棄任務作業之標準，及適合公司任務需求之組員/單一駕駛員資源管理之訓練教材。(ASC-ASR-18-10-008)
9. 建立機制並加強宣導，要求相關作業人員確依手冊規定執行各項任務，包括：飛航中不得使用行動電話等電子產品；不關車加油時之編組、職掌及程序；油樣等危險物品運送及其他與安全相關之各項作業。(ASC-ASR-18-10-009)

致交通部民用航空局

1. 參照國內外既定規範，建立藥物使用指南，提供駕駛員及航醫使用藥物參考準則；督導凌天航空公司建立駕駛員使用藥物之相關機制，並強化宣導、訓練及列入風險控管項目。(ASC-ASR-18-10-010)
2. 督導凌天航空公司針對直昇機不同之飛航環境，特別是涉及山區飛航環境，訂定確實可行之風險評估內容，以減少飛航中可能發生之風險。(ASC-ASR-18-10-011)
3. 針對普通航空業，積極評估安裝簡式飛航紀錄器的可行性及應用其飛航資料以提升飛航安全。(ASC-ASR-18-10-012)
4. 督導凌天航空公司評估任務特性，提供飛航組員疲勞相關訓練或資訊，強化飛航組員對疲勞風險之警覺與管理。(ASC-ASR-18-10-013)

5. 督導凌天航空公司建立機制，確認飛航組員均能瞭解航機性能限制，並能於飛航中遵守航務手冊相關飛航計畫之規定及應注意之安全事項。
(ASC-ASR-18-10-014)
6. 督導凌天航空公司檢視與強化外場作業管理機制，並要求相關作業人員，確依飛航計畫執行作業，避免臨時改變計畫增生之風險。(ASC-ASR-18-10-015)
7. 督導凌天航空公司檢視與修訂航務手冊有關飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之限度與實務運作之差異，並強化飛航時間、執勤期間與休息期間之紀錄保存系統，以避免誤解與符合法規要求。
(ASC-ASR-18-10-016)
8. 督導凌天航空公司訂定確實可行之空照/空勘任務操作要領、標準及放棄任務作業之標準，及適合公司任務需求之組員/單一駕駛員資源管理之訓練教材。(ASC-ASR-18-10-017)
9. 督導凌天航空公司建立機制並加強宣導，要求相關作業人員確依手冊規定執行各項任務，包括：飛航中不得使用行動電話等電子產品；不關車加油時之編組、職掌及程序；油樣等危險物品運送及其他與安全相關之各項作業。(ASC-ASR-18-10-018)

目 錄

摘要報告	iv
目 錄	X
表 目 錄	xvi
圖 目 錄	xviii
英文縮寫對照簡表	xxii
第1章 事實資料	1
1.1 飛航經過	1
1.2 人員傷害	3
1.3 航空器損害情況	4
1.4 其他損害情況	4
1.5 人員資料	4
1.5.1 正駕駛員甲	4
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動	6
1.5.3 駕駛員事故前 90 日執勤期間相關紀錄	7
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 維修資訊	9
1.6.3 發動機系統簡介	9
1.6.4 傳動系統簡介	10
1.6.5 載重與平衡	13
1.7 天氣資訊	14
1.7.1 天氣概述	14
1.7.2 地面天氣觀測	17
1.7.3 其他天氣資訊	19
1.8 助、導航設施	19
1.9 通信	19

1.10 場站資料	20
1.11 飛航紀錄器	20
1.11.1 座艙語音紀錄器	20
1.11.2 飛航資料紀錄器	20
1.11.3 航管雷達資料	20
1.11.4 機載錄影裝置	22
1.11.5 機載攝影機影像下載及判讀	22
1.11.6 主旋翼轉速計算	31
1.11.7 影片解讀	32
1.12 航空器殘骸與撞擊資料	33
1.12.1 事故現場及周遭環境	33
1.12.2 現場量測資料	36
1.12.3 航空器撞擊資料	37
1.13 醫學與病理	44
1.13.1 解剖報告書暨鑑定報告書	44
1.13.2 藥物定量檢驗	44
1.13.3 醫療病史	46
1.14 火災	46
1.15 生還因素	49
1.15.1 人員安全帶繫縛狀況	49
1.16 測試與研究	50
1.16.1 航機結構及系統檢驗	50
1.16.1.1 機體結構	50
1.16.1.2 傳動系統	55
1.16.2 發動機檢驗	57
1.16.2.1 發動機本體檢驗	57
1.16.2.2 發動機附件檢測	60
1.16.3 燃油檢驗	60

1.16.4	警示面板燈泡檢測.....	61
1.16.4.1	警示面板燈泡檢測國外研究.....	62
1.16.5	爆裂物檢測.....	63
1.16.6	模擬機測試.....	64
1.16.7	風場數值模擬.....	66
1.17	組織與管理.....	66
1.17.1	人員職責及飛航規定.....	66
1.17.2	人員訓練.....	70
1.17.3	直昇機性能及操作限制規定.....	73
1.17.4	疲勞與藥物使用限制規定、訓練或資訊.....	75
1.17.5	飛航組員執勤與休息相關法規.....	75
1.17.6	民航局對執勤與休息相關紀錄之檢查.....	76
1.17.6.1	普通航空業航務檢查員手冊.....	76
1.17.6.2	民國 106 年度對凌天之航務檢查紀錄.....	77
1.17.7	不關車加油程序.....	77
1.17.8	危險品置放規定.....	78
1.18	其他資訊.....	78
1.18.1	訪談資料.....	78
1.18.1.1	正駕駛員乙訪談摘要.....	78
1.18.1.2	資深教師駕駛員訪談資料.....	80
1.18.1.3	相關正駕駛員訪談紀錄.....	81
1.18.1.4	航空維護工程師訪談資料.....	82
1.18.1.5	維修員甲訪談資料.....	83
1.18.1.6	維修員乙訪談資料.....	84
1.18.1.7	航務簽派員及業務人員訪談資料.....	85
1.18.1.8	空拍助理訪談資料.....	86
1.18.1.9	民航局航務檢查員訪談資料.....	87
1.18.1.10	目擊者甲訪談資料.....	89

1.18.1.11	目擊者乙訪談資料	90
1.18.2	操作規定與限制	91
1.18.3	燃油消耗	95
第2章	分析	97
2.1	概論	97
2.2	航機結構及機械狀況	97
2.2.1	機體結構及飛操系統	97
2.2.2	發動機及附件與動力傳動狀況	98
2.2.3	失火原因	101
2.3	天氣	101
2.4	飛航操作	103
2.4.1	飛行計畫變更	103
2.4.2	風險評估	104
2.4.3	墜毀前操作	105
2.5	人為因素	107
2.5.1	藥物影響	107
2.5.2	工作與休息時間	108
2.5.3	工作負荷	109
2.5.4	疲勞	110
2.6	航務與安全管理	110
2.6.1	藥物使用指南	110
2.6.2	疲勞管理	111
2.6.2.1	凌天執勤與休息紀錄管理	111
2.6.2.2	民航局對執勤與休息紀錄之監理	112
2.6.2.3	疲勞管理訓練或資訊提供	113
2.6.2.4	單一飛航組員飛航時間 6 小時之規定	113
2.6.3	組員資源管理訓練	114
2.6.4	空拍作業程序與標準	114

2.7	飛航作業程序之落實	115
2.7.1	電子用品使用	115
2.7.2	不關車加油規定	115
2.7.3	危險物品置放規定	116
2.8	簡式飛航紀錄器及相關飛安改善建議	117
第3章	結論	119
3.1	與可能肇因有關之調查發現	119
3.2	與風險有關之調查發現	120
3.3	其他發現	121
第4章	飛安改善建議	123
4.1	改善建議	123
4.2	已完成之改善措施	125
4.2.1	凌天航空公司	125
4.2.2	交通部民用航空局	126

本頁空白

表 目 錄

表 1.2-1	人員傷亡表	4
表 1.5-1	正駕駛員甲基本資料表	4
表 1.5-2	執勤期間與相關飛航紀錄簿之時間紀錄對照表	7
表 1.6-1	航空器基本資料表	8
表 1.6-2	發動機基本資料表	8
表 1.6-3	載重平衡表	14
表 1.11-1	影片抄件摘要表	32
表 1.12-1	事故現場量測表	37
表 1.17-1	不關車加油作業編組與職掌	77
表 2.6-1	事故前兩日工作日誌記錄時間與實際執勤時間比較表	112

本頁空白

圖 目 錄

圖 1.1-1	事故機飛航路徑示意圖	1
圖 1.1-2	事故機最後 2 分鐘飛航示意圖	3
圖 1.6-1	壓力參數訊號位置示意圖	10
圖 1.6-2	主旋翼及尾旋翼傳動系統	11
圖 1.6-3	自由飛輪離合器耦合示意圖	12
圖 1.6-4	自由飛輪離合器脫離耦合示意圖	12
圖 1.6-5	縱向重心位置圖	13
圖 1.6-6	橫向重心位置圖	14
圖 1.7-1	0800 時亞洲地面天氣分析圖	15
圖 1.7-2	0800 時花蓮探空觀測斜溫圖	15
圖 1.7-3	1200 時可見光衛星雲圖	16
圖 1.7-4	有效時間至 1400 時之低層顯著天氣圖	17
圖 1.7-5	中央氣象局自動氣象站位置圖	18
圖 1.7-6	靜浦自動氣象站風向風速紀錄圖	19
圖 1.11-1	事故機 Mode-C 高度及地速圖	21
圖 1.11-2	雷達軌跡圖	21
圖 1.11-3	機載攝影機及其內部記憶卡外觀圖	22
圖 1.11-4	第 1 段影片開始記錄及停止記錄比對圖	23
圖 1.11-5	第 72 段影片開始記錄及停止記錄比對圖	24
圖 1.11-6	第 72 段影片編號 5,400 幅影像圖	24
圖 1.11-7	事故機雷達軌跡及起飛位置	25
圖 1.11-8	第 45 段影片雷達軌跡與機載影像軌跡	26
圖 1.11-9	事故機於豐濱鄉空拍期間之雷達軌跡與機載影像軌跡	27
圖 1.11-10	第 72 段影像第 1 段飛航軌跡與事故現場套疊圖	28
圖 1.11-11	第 72 段影像第 2 段飛航軌跡與事故現場套疊圖	28
圖 1.11-12	第 72 段影像之飛航軌跡分析	29

圖 1.11-13 第 72 段影像之（第三段）飛航軌跡分析.....	30
圖 1.11-14 第 72 段影像之飛航軌跡分析.....	31
圖 1.12-1 事故現場主殘骸失火情況.....	34
圖 1.12-2 事故現場周遭環境圖.....	35
圖 1.12-3 事故機拍攝之事故現場影片截圖.....	35
圖 1.12-4 事故現場空拍圖.....	36
圖 1.12-5 主殘骸分布圖及近景圖.....	37
圖 1.12-6 尾桁斷落情形.....	39
圖 1.12-7 機身結構及蒙皮完全焚毀情形.....	39
圖 1.12-8 主齒輪箱外殼燒熔內部齒輪裸露情形.....	40
圖 1.12-9 左、右滑橈折斷插入地面情形.....	40
圖 1.12-10 斷開之尾傳動軸及翼片折斷之尾旋翼總成.....	41
圖 1.12-11 垂直安定面損害情形.....	41
圖 1.12-12 燃油管接頭斷落情形.....	42
圖 1.12-13 發動機損害情形.....	42
圖 1.12-14 各殘骸於機體相對位置圖.....	43
圖 1.12-15 散布於主殘骸附近之零件.....	43
圖 1.12-16 散布於主殘骸附近之部分尾桁蒙皮.....	44
圖 1.14-1 現場消救影片截圖.....	47
圖 1.14-2 消救人員初期滅火情形.....	47
圖 1.14-3 消救人員滅火狀況.....	47
圖 1.14-4 事故機於事故現場燃燒情形.....	48
圖 1.14-5 現場消救影片截圖.....	48
圖 1.14-6 事故機滅火後殘骸圖.....	49
圖 1.15-1 安全帶鎖扣殘留圖.....	50
圖 1.16-1 尾桁蒙皮因破損嚴重且變形曲面呈直線狀.....	51
圖 1.16-2 主旋翼撞擊尾桁模擬.....	51
圖 1.16-3 主旋翼外觀.....	52

圖 1.16-4	尾旋翼外觀.....	52
圖 1.16-5	滑橇殘骸重組狀況.....	53
圖 1.16-6	L 型油箱燒毀情形.....	54
圖 1.16-7	油箱底部內外部燒毀狀況.....	54
圖 1.16-8	油箱底部外觀狀況.....	55
圖 1.16-9	主齒輪箱損壞情形.....	56
圖 1.16-10	撓性主傳動軸彎曲斷裂面皆呈現過負載破壞現象....	56
圖 1.16-11	自由飛輪無異常磨耗痕跡.....	57
圖 1.16-12	發動機檢查.....	58
圖 1.16-13	壓縮器定子及葉片刮痕.....	59
圖 1.16-14	2 號軸承.....	59
圖 1.16-15	遭受火燒之警示燈面板.....	62
圖 1.16-16	警示燈燈座及燈泡受損情形.....	62
圖 1.16-17	事故機之機身搭地線.....	64
圖 1.18-1	受訪者於事故當時目擊事故直昇機飛行軌跡.....	90
圖 1.18-2	最大馬力狀況下之最大爬升率.....	93
圖 1.18-3	地面效應外之滯空升限.....	94
圖 1.18-4	臨界相對風之方位區域.....	94
圖 1.18-5	海平面/溫度 15°C 條件下燃油消耗量.....	95
圖 1.18-6	海平面/溫度 35°C 條件下燃油消耗量.....	96
圖 2.2-1	燈絲延展捲曲現象.....	100
圖 2.2-2	圖左為撞擊前之正常燈絲，圖右為撞擊後燈絲些微延 展捲曲現象.....	100
圖 2.3-1	事故地點周圍地形及風場示意圖.....	102
圖 2.4-1	機載攝影機影像飛航軌跡與飛航參數對照.....	106

本頁空白

英文縮寫對照簡表

FWU	Freewheeling Unit	自由飛輪
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
MSTS	Multi Sensor Tracking System	多重監測追縱系統
STC	Supplemental Type Certificate	補充型別認證

本頁空白

第1章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 106 年 6 月 10 日，凌天航空公司（以下簡稱凌天）一架 BELL-206B3 型直昇機，國籍標誌及登記號碼 B-31118，執行台灣阿布電影公司（以下簡稱阿布）於南臺灣及花東地區之空中拍攝作業（以下簡稱空拍作業）。該機於臺北時間約 1045 時自臺東縣池上鄉法林寺臨時起降場（以下簡稱池上）起飛，機上載有正駕駛員 1 員及空中拍攝作業員（以下簡稱空拍員）2 員，共 3 人。約於 1154 時，該機墜落於花蓮縣豐濱鄉協進農場內，飛機起火焚毀，機上 3 名人員死亡，事故機飛航路徑示意如圖 1.1-1。

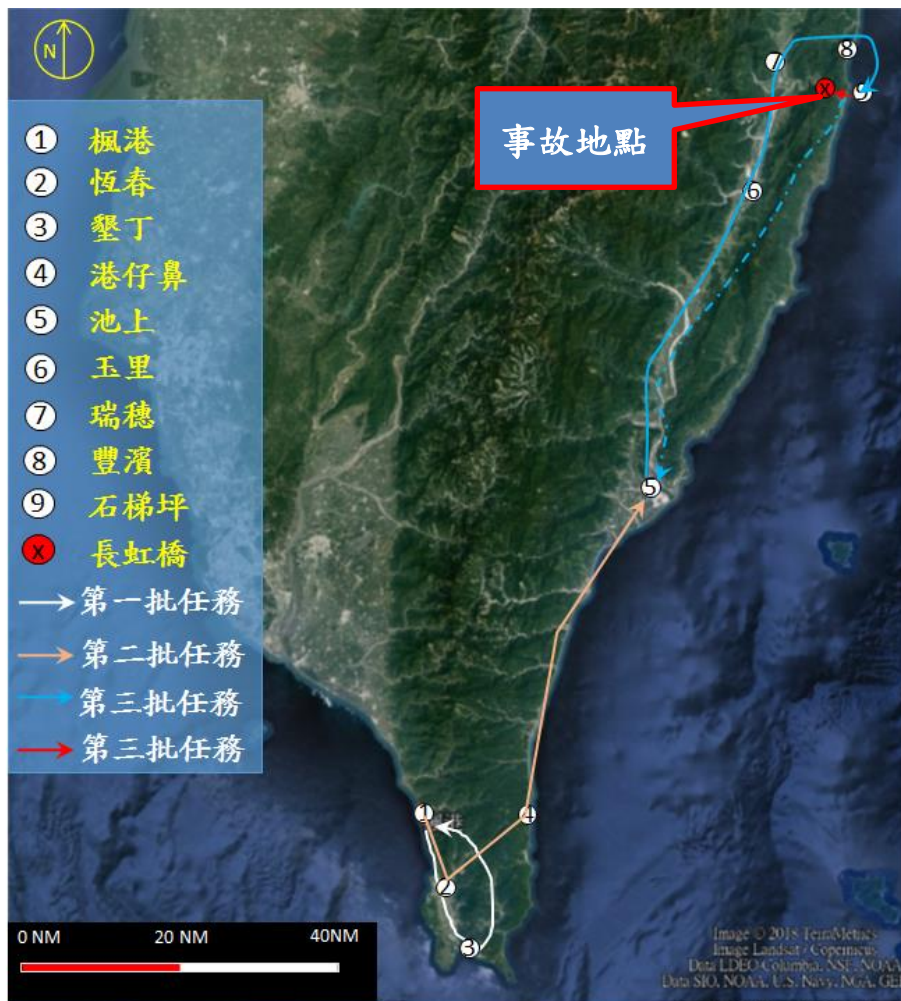


圖 1.1-1 事故機飛航路徑示意圖

6月9日（事故前一日）1910時執行空拍作業機組人員，含正駕駛員2員、航空維護工程師1員、油車駕駛2員、業務人員1員及空拍員2員，共8員於屏東楓港一處餐廳內進行6月10日任務提示，內容含任務概述、航機狀況、機組員個人資料、任務分派、航路狀況、天氣狀況/飛航公告、緊急程序背誦、臨時起降場注意事項、應注意天氣變化及障礙物清除處置。當時擬訂次日作業計畫如下：

6月10日第一批任務計劃0630時該機由楓港臨時起降場（以下簡稱楓港）起飛，沿恆春、墾丁、鵝鑾鼻執行拍攝作業，然後返回楓港落地。第二批任務0830時由楓港起飛，沿恆春、港仔鼻飛渡至池上。第三批任務1500時由池上起飛，執行玉里、瑞穗、豐濱空拍任務後，返回池上落地。該任務飛航組員由單一駕駛員操作，第一批任務及第二批任務由正駕駛員乙擔任操控駕駛員，第三批任務由正駕駛員甲（兼該次空拍任務領隊）擔任操控駕駛員。提示過程中，空拍員甲曾建議事故當日第三批任務改為1045時執行，任務領隊考量地面支援不及，決定維持原案。

6月10日事故當日，第一批任務約於0630時楓港起飛，由正駕駛員乙坐於駕駛艙右座擔任操控駕駛員，空拍員甲坐於駕駛艙左座，空拍員乙坐於客艙右座。該機起飛後，正駕駛員乙因無法與航管取得聯繫而返降，後於0645時再次起飛，並與航管取得通聯。期間，空拍員甲以手機傳訊業務人員：「要不要換飛」，經業務人員轉告任務領隊，任務領隊表示同意。當日第一批任務完成於0830時返回楓港落地。第二批任務操控駕駛員改為正駕駛員甲，該機約於0845時由楓港起飛，約1020時到池上落地。落地後執行不關車加油，加油過程中，正駕駛員甲全程坐於駕駛座上未曾下機。第三批任務約於1045時由池上起飛，按計畫至玉里、瑞穗、豐濱地區執行空拍作業，於1154時發生事故。

航機墜落於農場內斜坡處（北緯23°28'24.19"，東經121°28'45.49"，標高約為295呎）。該機墜落前最後2分鐘飛航示意如圖1.1-2。

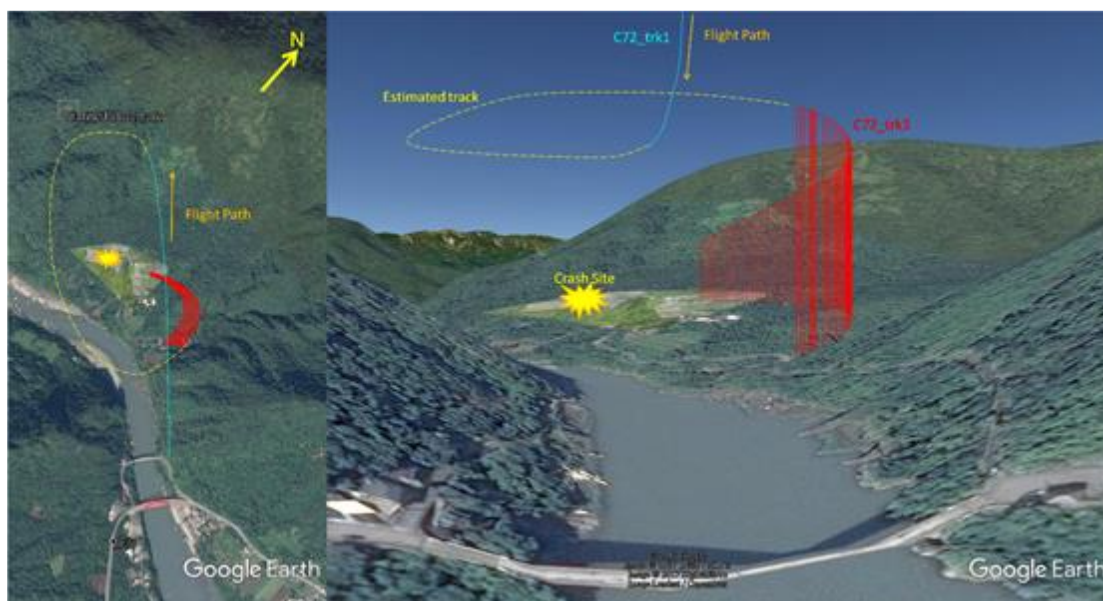


圖 1.1-2 事故機最後 2 分鐘飛航示意圖

依據雷達資料及事故機上之錄影紀錄，該機約於 1146 時位於秀姑巒溪出海口，雷達高度約 2,100 呎，飛航狀況正常。約於 1152 時位於豐濱鄉長虹橋附近，高度約 1,400 呎，沿秀姑巒溪向西飛航。1153:28 時至 1153:46 時，機載攝影機拍得事故機主旋翼旋轉畫面，經計算當時主旋翼轉速約為 97%，航機航跡約為 150 度左轉中，高度有下降趨勢。1154:15 時，該機海拔高度約為 850 呎、離地高度約 550 呎、下降率約為 900 呎/分。1154:15 時至 1154:27 時，航機高度自 850 呎下降至 581 呎（離地高度約 285 呎）。1154:34 時，機載攝影機再次拍得航機主旋翼旋轉畫面，計算出當時主旋翼轉速約為 52%~36.5%，同時拍得航機有抖動現象，當時航機之航跡約為 250 度。1154:37 時機載攝影機停止記錄。

1.2 人員傷害

事故機共搭乘 3 名人員，包括駕駛艙右座之正駕駛員甲、駕駛艙左座之空拍員甲及客艙右座之空拍員乙，傷亡情形如表 1.2-1。

表 1.2-1 人員傷亡表

傷亡情況	飛航組員	客艙組員	乘客	其他	小計
死亡	1	0	2	0	3
重傷	0	0	0	0	0
輕傷	0	0	0	0	0
無傷	0	0	0		0
總人數	1	0	2	0	3

1.3 航空器損害情況

航空器全毀。

1.4 其他損害情況

無。

1.5 人員資料

1.5.1 正駕駛員甲

正駕駛員甲基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 正駕駛員甲基本資料表

項目	正駕駛員甲
性別	男
事故時年齡	53
進入公司日期	民國 95 年 8 月
航空人員類別 證號	直昇機商用駕駛員 302xxx
檢定項目	BELL-206
檢定日期	民國 106 年 3 月 14 日
有效日期	民國 111 年 3 月 13 日

體 檢 種 類	乙類駕駛員
終 止 日 期	民國 106 年 12 月 31 日
總 飛 航 時 間	5,529 小時 17 分
事 故 型 機 飛 航 時 間	2,156 小時 7 分
最 近 12 個 月 飛 航 時 間	273 小時 52 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	28 小時 9 分
最 近 30 日 內 飛 航 時 間	9 小時 25 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	7 小時 50 分
事 故 前 24 小 時 內 已 飛 時 間 ¹	7 小時 35 分
事 故 前 休 息 時 間	10 小時 0 分 ²

正駕駛員甲為中華民國籍，民國 95 年 8 月進入凌天。持有中華民國直昇機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內註記為：「*BELL-206 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：「*BELL-206 VFR ONLY*」，特定說明事項欄內註記為：空白。

正駕駛員甲原為軍用直昇機飛行員，進入凌天後於民國 95 年 9 月 5 日通過 BELL-206 型機副駕駛員檢定給證考試，開始擔任 BELL-206 型機副駕駛員。民國 96 年 3 月 14 日完成升等訓練，開始擔任 BELL-206 型機正駕駛員。正駕駛員甲於民國 106 年 3 月 9 日完成 106 年度之年度複訓（含性能飛行、緊急程序及基本儀器飛行），訓練簽署欄內容為：符合程序及要求標準，並於民國 106 年 3 月 10 日實施年度複訓考驗，考驗結果及格，符合 BELL-206 型機正駕駛員目視飛航（VFR ONLY）資格標準。

正駕駛員甲體格檢查種類為乙類駕駛員，上次體檢日期為民國 105 年

¹ 事故日已飛時間包含事故航班之飛行時間，計算至事故發生當時為止。

² 民國 106 年 6 月 9 日 2000 時（依據訪談紀錄 2000 時結束任務提示）至 6 月 10 日 0600 時（依據航務手冊附表三起飛前 30 分鐘任務提示並瞭解任務天氣資料）。

12月15日，體檢及格證限制欄內註記為：「視力需戴眼鏡矯正，*Holder shall wear corrective glasses for near vision.*」。

1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

依據 B-31118 機飛航紀錄簿、6 月 9 日與 10 日飛航任務提示暨歸詢報告表及執行該空拍作業其他機組人員訪談紀錄，綜整正駕駛員甲事故前 72 小時之活動情形如下：

6 月 8 日： 休假。

6 月 9 日： 正駕駛員甲為本次空拍任務領隊，0800 時執行任務提示，0900 時至機場辦公室接受酒測，0930 時開始執行飛行前檢查。1025 時開車，1030 時起飛執行第一批任務，1224 時於臺南善化臨時起降場落地後採不關車加油。1250 時起飛執行第二批任務，1435 時於楓港落地，1440 時關車休息。1625 時開車，1630 時起飛執行第三批任務，1800 時於楓港落地，1805 時關車。1910 時晚餐並實施任務歸詢及次日任務提示。2000 時回旅館休息。

6 月 10 日： 起床後約 0530 時用餐。本日由正駕駛員乙於 0625 時開車執行第一批任務，並於 0630 時起飛；正駕駛員甲則於地面監控飛航狀況。0830 時落地後不關車。0845 時由正駕駛員甲接手起飛執行第二批任務，1020 時於池上落地後不關車加油。1045 時起飛執行第三批任務，直至 1154 時發生事故。

1.5.3 駕駛員事故前 90 日執勤期間相關紀錄

凌天飛航駕駛員於無飛航任務情況下，係以員工出勤簽到簿上、下班時間作為執勤期間紀錄。於有外場任務時，係以外場作業工作日誌作為執勤期間紀錄。外場工作日誌係由凌天業務人員統籌編寫，內容包括整組外場工作人員（含飛航組員）當日之上、下班時間。

依據凌天提供事故前 90 日內，正駕駛員甲、正駕駛員乙外場作業工作日誌，及 B-31118 機飛航紀錄表，摘要如表 1.5-2。

表 1.5-2 執勤期間與相關飛航紀錄簿之時間紀錄對照表

日期	外場作業工作日誌	飛航紀錄簿	對照差異
民國 106 年 6 月 10 日	上班時間：0630 時 下班時間：1800 時	第一批飛行開車時間：0625 時	開車時間早於上班時間
民國 106 年 6 月 9 日	上班時間：0800 時 下班時間：1730 時	最後關車時間：1805 時	關車時間晚於下班時間
民國 106 年 4 月 7 日	上班時間：0630 時 下班時間：1525 時	第一批飛行開車時間：0630 時 最後關車時間：1710 時	最後關車時間晚於下班時間
民國 106 年 4 月 6 日	上班時間：0700 時 下班時間：1530 時	第一批飛行開車時間：0655 時 最後關車時間：1550 時	最後關車時間晚於下班時間

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器與發動機基本資料

事故航空器基本資料統計至民國 106 年 6 月 10 日，如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料表

航空器基本資料表 (統計至民國 106 年 6 月 10 日)	
國籍	中華民國
國籍標誌及登記號碼	B-31118
機型	BELL-206B3
製造廠商	Bell Helicopter TEXTRON
出廠序號	4552
出廠日期	民國 90 年 11 月 23 日
交機日期	民國 90 年 11 月 27 日
所有人	凌天航空公司
使用人	凌天航空公司
國籍登記證書編號	90-836
適航證書編號	105-08-172
適航證書生效日	民國 105 年 8 月 1 日
適航證書有效期限	民國 106 年 7 月 31 日
總使用時數	4,627 小時 43 分
總落地次數	9,300 次
上次定檢種類及日期	100 小時檢查/民國 106 年 4 月 13 日
上次定檢後使用時數	22 小時 51 分
上次定檢後落地次數	23 次
最大起飛重量	3,200 磅
最大落地重量	3,200 磅

事故機發動機基本資料統計至民國 106 年 6 月 10 日，詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料表

發動機基本資料表 (統計至民國 106 年 6 月 10 日)	
製造商	Rolls-Royce
型號	250-C20J
序號	CAE-270910
製造日期	民國 90 年 8 月 29 日
上次定檢種類	100 小時檢查
上次定檢日期	民國 106 年 4 月 13 日
上次定檢後使用時數	22:51 小時
裝機後使用時數	4,472:37 小時
裝機後使用週期	2,591 週期

1.6.2 維修資訊

檢視該機事故前 6 個月飛航紀錄表、飛行前/後檢查及過境檢查紀錄、最後一次執行之各項定檢紀錄及延遲改正缺點紀錄，皆無異常登錄；審視該機適航指令及服務通告紀錄，均依時限及期程執行管制。

檢視該機補充型別認證 (supplemental type certificate, 以下簡稱 STC) 項目，該機安裝機外攝影機之 STC 相關文件完整。

1.6.3 發動機系統簡介

事故機裝置 Rolls-Royce 公司的 Allison 250-C20J 型渦輪軸發動機，該型發動機由 6 級軸向及 1 級離心式壓縮器、單燃燒室、2 級氣體產生氣渦輪及 2 級動力渦輪所組成，發動機動力輸出經由發動機附件齒輪箱之自由飛輪 (freewheeling unit)，將動力傳遞至主、尾齒輪箱驅動負載。

該型發動機燃油系統相關組件包含燃油泵、燃油控制器、動力渦輪調速器及燃油噴嘴。其中與發動機動力輸出相關的兩個自動控制燃油的組件為燃油控制器與動力渦輪調速器。燃油控制器功能為調節供給發動機燃油流量，接收發動機燃油泵加壓後的燃油並調控其壓力、自動調節自啟動後至慢車所需油量、加速發動機至操作轉速以及燃油關斷等。動力渦輪調速器功能為監控動力渦輪的轉速(N2)、接收並反應駕駛艙集體桿的位置訊號、比較燃油控制器壓力訊號以調整氣體產生器轉速(N1)，以及保持動力渦輪轉速，使發動機達到並持續保持需求馬力輸出。

燃油控制器燃油流量控制訊號來自與動力渦輪調速器油壓及氣壓訊號比較，其相關控制參數有：大氣壓力 (ambient air pressure, PA)、燃油旁通壓力 (bypass fuel pressure, P0)、燃油進油壓力 (inlet fuel pressure, P1)、燃油節流壓力 (metered fuel pressure, P2)、壓縮器出口壓力 (compressor discharge pressure, PC)、調節後氣體壓力 (regulated air pressure, PR)、動力渦輪調速器重置氣體壓力 (governor reset air pressures, PG)、加速風箱氣體

壓力 (acceleration bellows air pressure, PX) 及動力渦輪調速器伺服氣體壓力 (governor servo air pressure, PY) 等，相關參數於動力渦輪調速器及燃油控制器進口及通道位置示意圖詳圖 1.6-1。燃油控制器與動力渦輪調速器內部多為機械結構，透過彈簧、連桿及管路來控制各閥門作動。

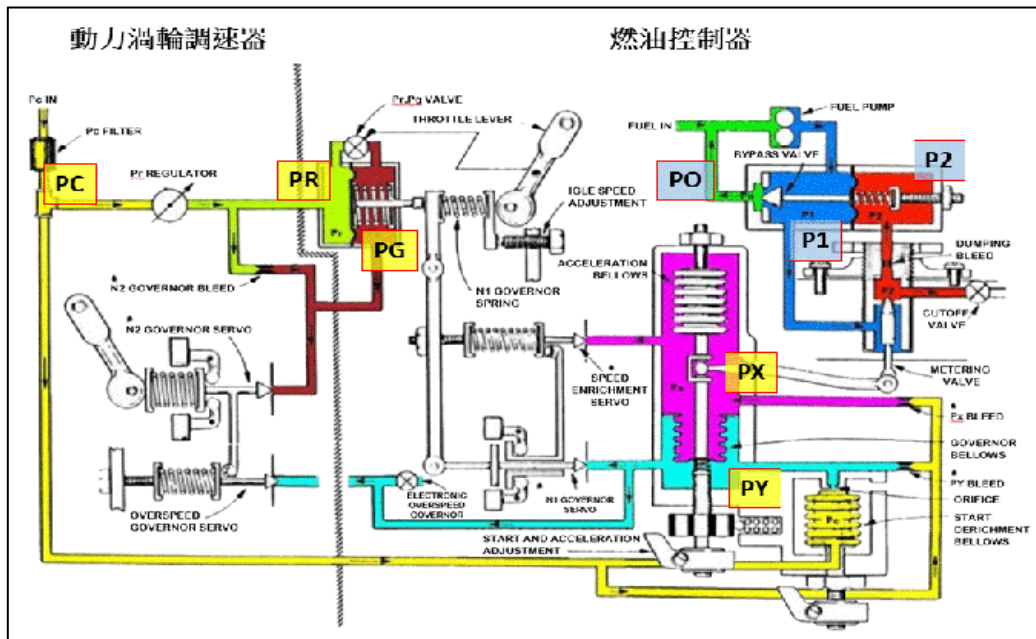


圖 1.6-1 壓力參數訊號位置示意圖

1.6.4 傳動系統簡介

發動機透過附件齒輪箱傳送扭力至自由飛輪(freewheeling unit, FWU) 之外環，自由飛輪在耦合狀態下透過內環，將發動機扭力往前傳送至主旋翼，往後傳送至尾旋翼。自由飛輪在耦合狀態下透過內環前軸，傳送扭力至撓性主傳動軸，撓性主傳動軸再傳送扭力至主齒輪箱，達成驅動主旋翼之目的；自由飛輪在耦合狀態下透過內環後軸，傳送扭力至撓性尾傳動軸，撓性尾傳動軸再傳送扭力至尾傳動軸，達成驅動尾旋翼之目的 (詳圖 1.6-2)。

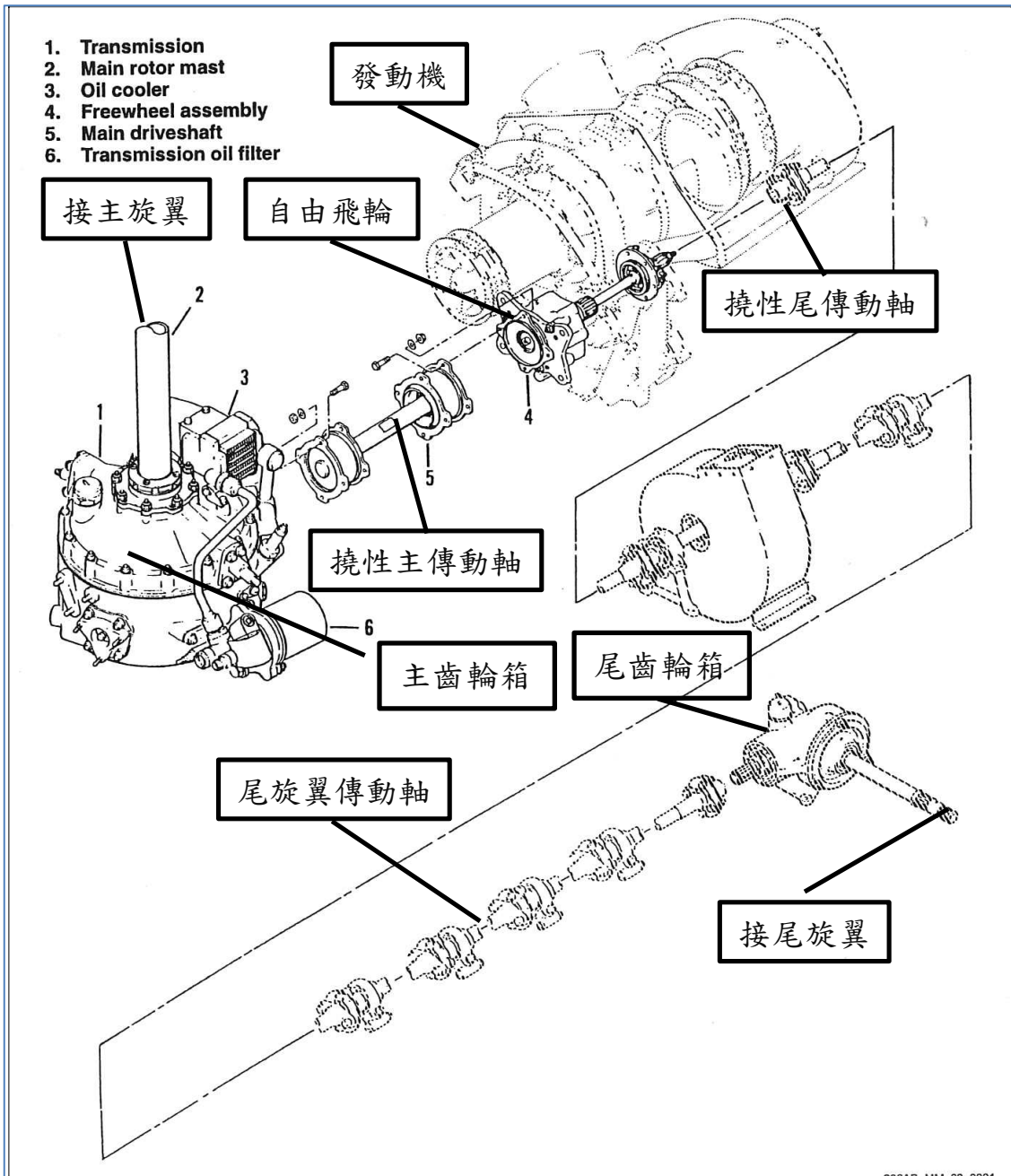


圖 1.6-2 主旋翼及尾旋翼傳動系統

自由飛輪安裝於發動機附件齒輪箱上，組件包含內環、外環及離合器。自由飛輪外環直接與發動機動力輸出軸透過減速齒輪聯結，發動機正常運轉時直接驅動自由飛輪外環，外環一旦旋轉則將推動靜止狀態的離合器移位至「耦合 (engaged)」位置，並驅動自由飛輪內環，透過與內環聯結之傳動軸，將發動機動力傳送至主旋翼、尾旋翼 (詳圖 1.6-3)。

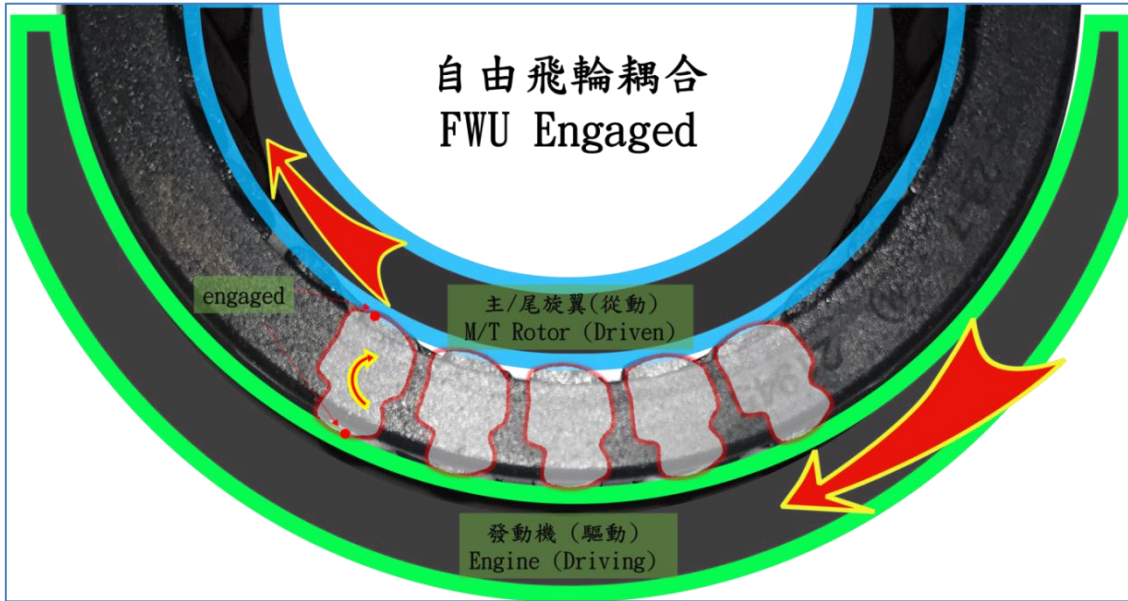


圖 1.6-3 自由飛輪離合器耦合示意圖

當發動機因故障而轉速降低或執行直昇機自動旋轉而發動機轉速低於主旋翼時，主旋翼將反向驅動主齒輪箱、繞性主傳動軸及自由飛輪內環前軸，使離合器移位至「脫離耦合 (disengaged)」位置，從而內環與外環脫離 (詳圖 1.6-4)。與外環脫離後之內環後軸經由繞性尾傳動軸等機構驅動尾旋翼。

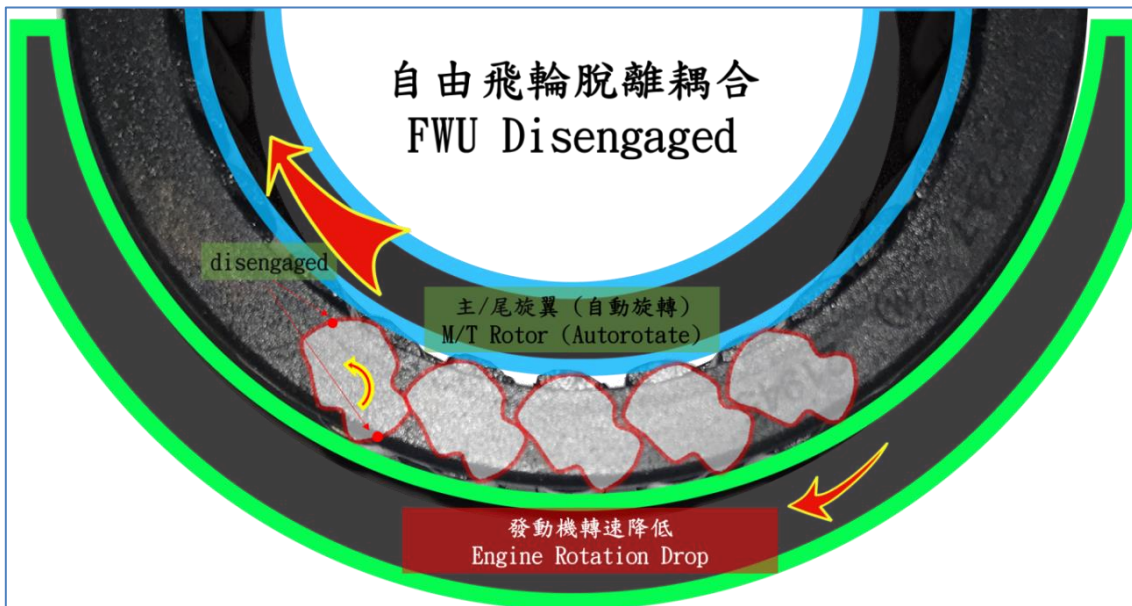


圖 1.6-4 自由飛輪離合器脫離耦合示意圖

1.6.5 載重與平衡

事故機縱向重心位置如圖 1.6-5，橫向重心位置如圖 1.6-6。依據該機事故航次載重平衡表及飛航計畫，其載重及平衡相關資料如表 1.6-3。

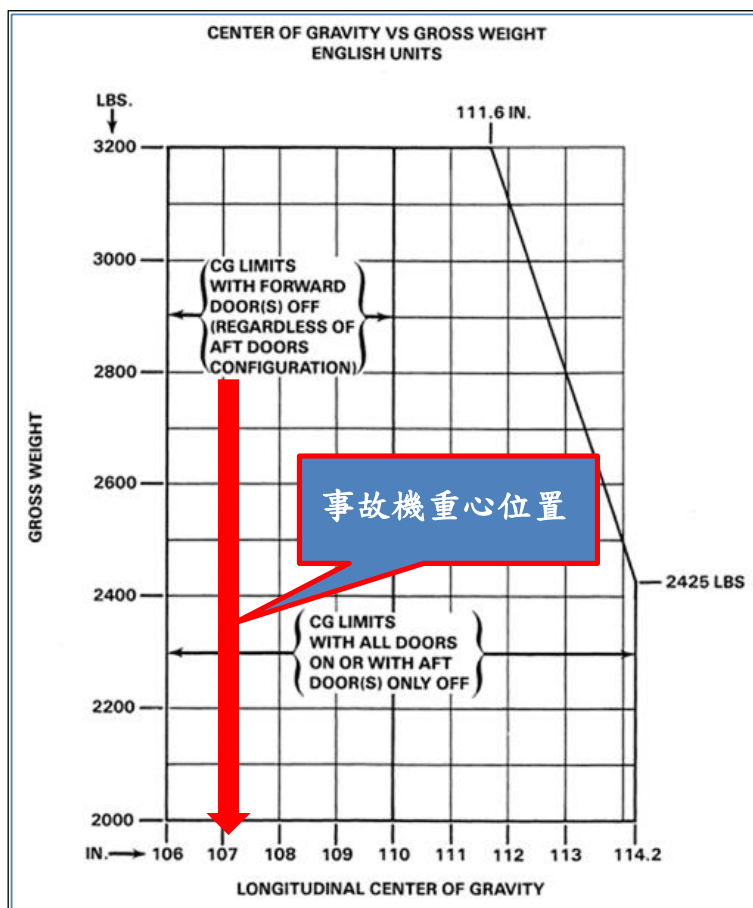


圖 1.6-5 縱向重心位置圖

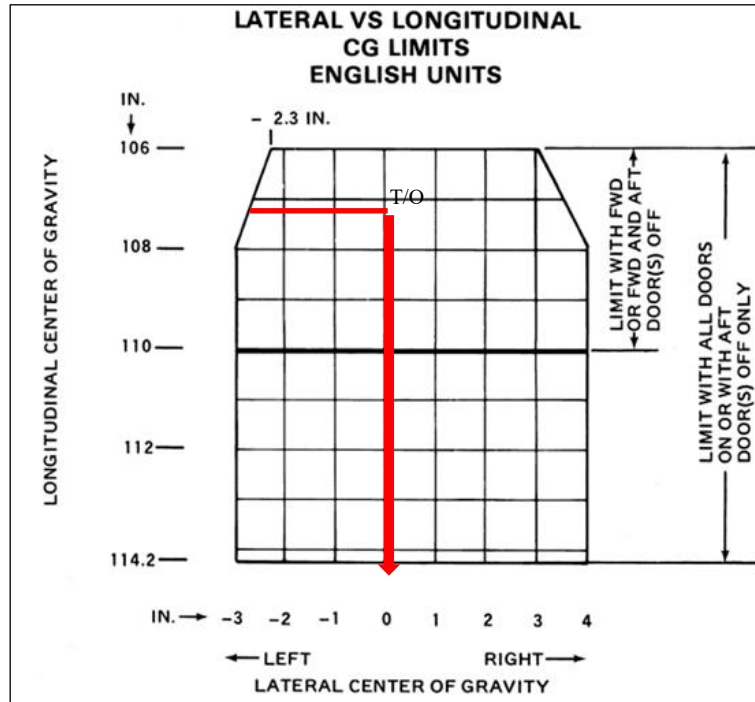


圖 1.6-6 橫向重心位置圖

表 1.6-3 載重平衡表

基本空機重量	2,002.5 磅
最大起飛總重	3,200.0 磅
實際起飛總重	3,193.8 磅
起飛油量	476.0 磅
航行耗油量	306.0 磅
最大落地總重	3,200.0 磅
實際落地總重	2,887.8 磅
起飛重心位置 (縱向 / 橫向)	107.3/0.13 (英吋)

1.7 天氣資訊

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 1014 百帕，位於日本南方海面（北緯 23°，東經 134°），向東移動（詳圖 1.7-1），臺灣地區為多雲到晴，白天氣溫偏高，地面盛行西南風。中央氣象局及空軍於當日 0800

時及 2000 時探空觀測資料顯示，台灣東部及南部 10,000 呎以下為南風或南南西風，最大風速約 20 哩/時（圖 1.7-2 為 0800 時花蓮探空觀測之斜溫圖）。根據日本 Himawari-8 氣象衛星 1200 時可見光衛星雲圖（詳圖 1.7-3）及紅外線衛星雲圖，海岸山脈有積雲產生。

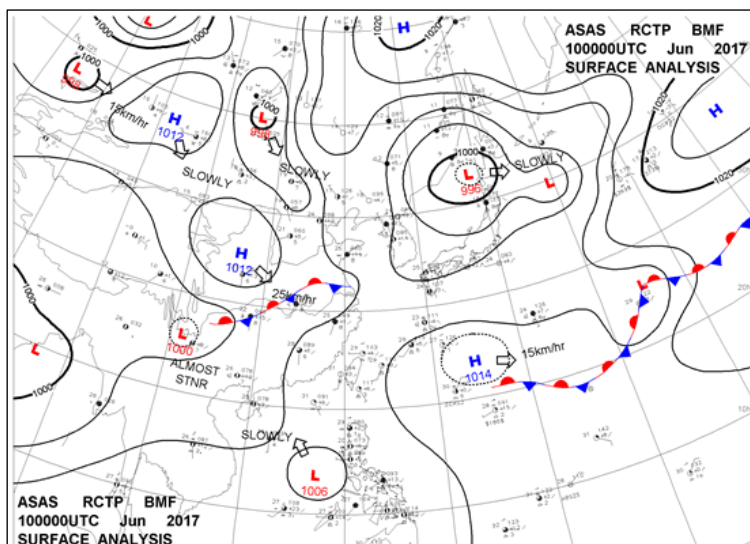


圖 1.7-1 0800 時亞洲地面天氣分析圖

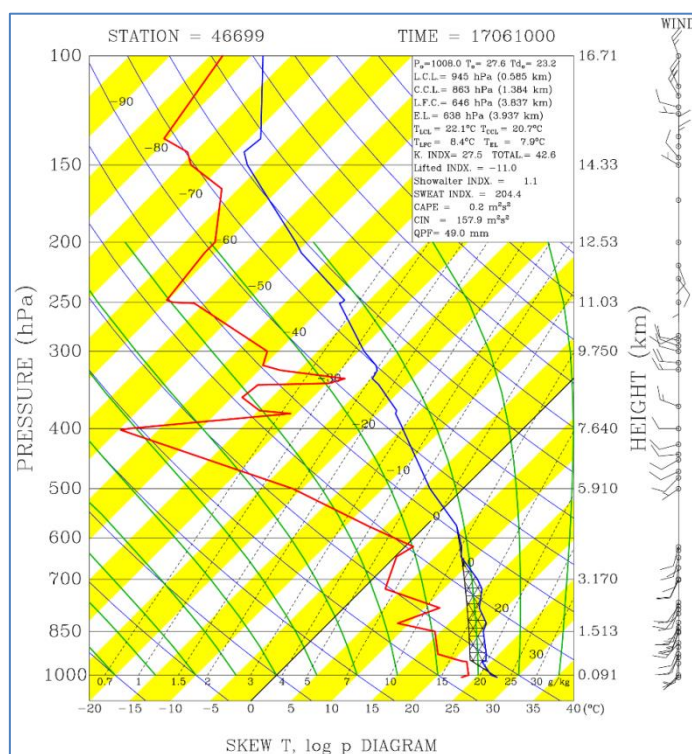


圖 1.7-2 0800 時花蓮探空觀測斜溫圖

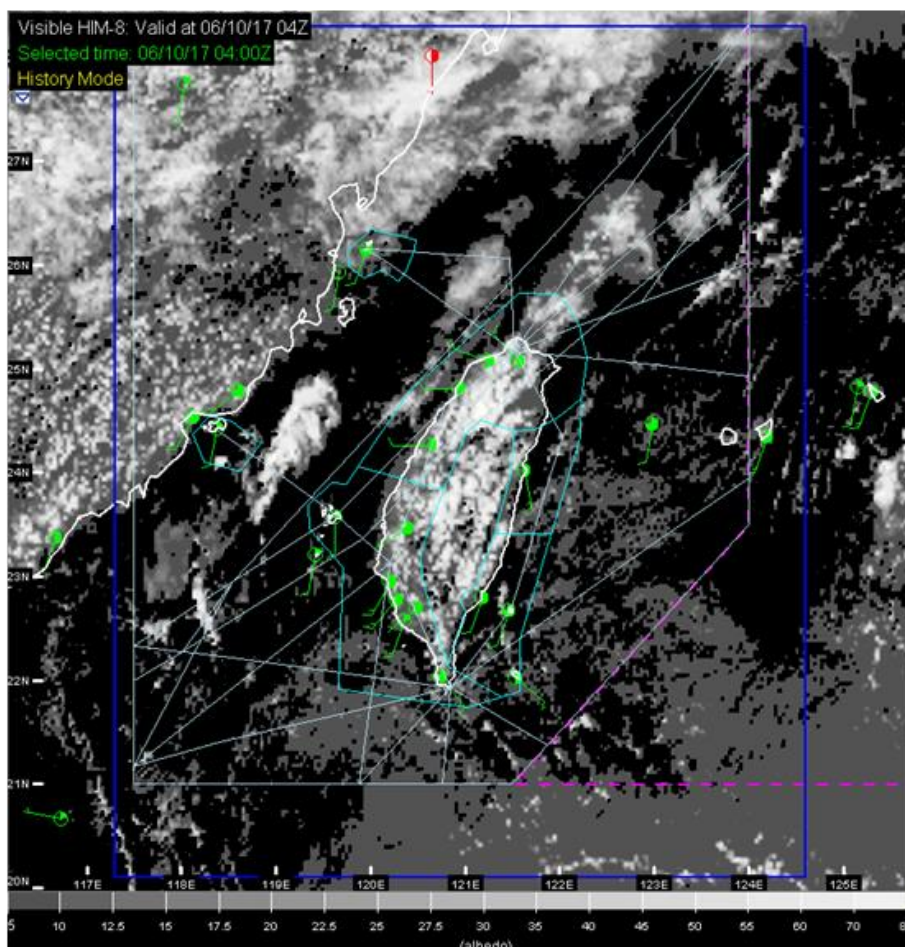


圖 1.7-3 1200 時可見光衛星雲圖

事故前後臺北飛航情報區無顯著危害天氣資訊 (SIGMET) 及低空危害天氣資訊 (AIRMET)。有效時間至 1400 時之低層顯著天氣圖 (SIGWX CHART, 詳圖 1.7-4) 預報山區有積雲或積雨雲, 雲底高度 1,700 呎, 東部地區地面為西南風, 風速約 5 至 10 浬/時, 1,000 呎高度為南風, 風速約 15 浬/時。

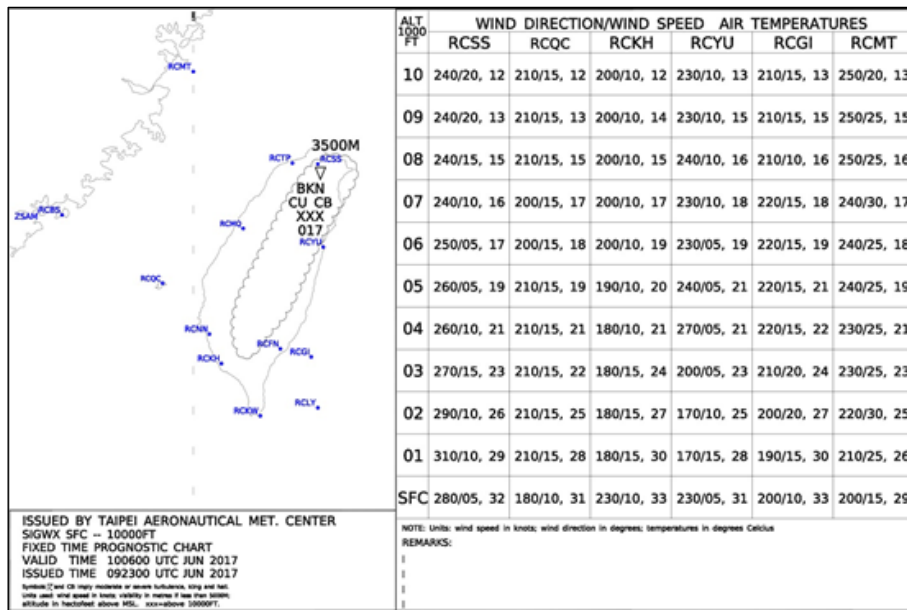


圖 1.7-4 有效時間至 1400 時之低層顯著天氣圖

1.7.2 地面天氣觀測

事故當日花蓮機場（位於事故地點北方約 33 哩）與臺東機場（位於事故地點南南西方約 46 哩）1200 時地面天氣觀測紀錄如下：

花蓮機場例行天氣報告：風向 170 度，風速 16 哩/時；能見度大於 10 公里；稀雲 1,000 呎、疏雲 3,000 呎；溫度 31°C，露點 25°C；高度表撥定值 1009 百帕；趨勢預報—無顯著變化；高度表撥定值 29.81 吋汞柱。

臺東機場例行天氣報告：風向 180 度，風速 11 哩/時，風向變化範圍 140 度至 230 度；能見度大於 10 公里；稀雲 1,600 呎；溫度 31°C，露點 26°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—04 跑道風向 170 度，風速 12 哩/時；高度表撥定值 29.85 吋汞柱。

事故地點位於海岸山脈東面近秀姑巒溪北岸，四周地形起伏大。附近中央氣象局自動氣象站位置如圖 1.7-5 所示，事故前後花東縱谷觀測風向為南風，風速約 1 至 2 哩/時，東海岸風速較強，1200 時相關自動氣象站天氣紀錄如下：

- 靜浦（位於事故地點東南方 1.4 浬、高度 92 公尺）：風向 160 度，風速 11 浬/時；溫度 29.0°C。
- 豐濱（位於事故地點北北東方 6.9 浬、高度 152 公尺）：風向 210 度，風速 8 浬/時；溫度 29.2°C。
- 長濱（位於事故地點南南西方 11.7 浬、高度 288 公尺）：風向 150 度，風速 4 浬/時；溫度 29.3°C。

距離事故地點最近之靜浦自動氣象站 0800 時至 1400 時 10 分鐘平均風向風速紀錄如圖 1.7-6，1000 時之後風向約 160 度，風速約 8-11 浬/時。



圖 1.7-5 中央氣象局自動氣象站位置圖

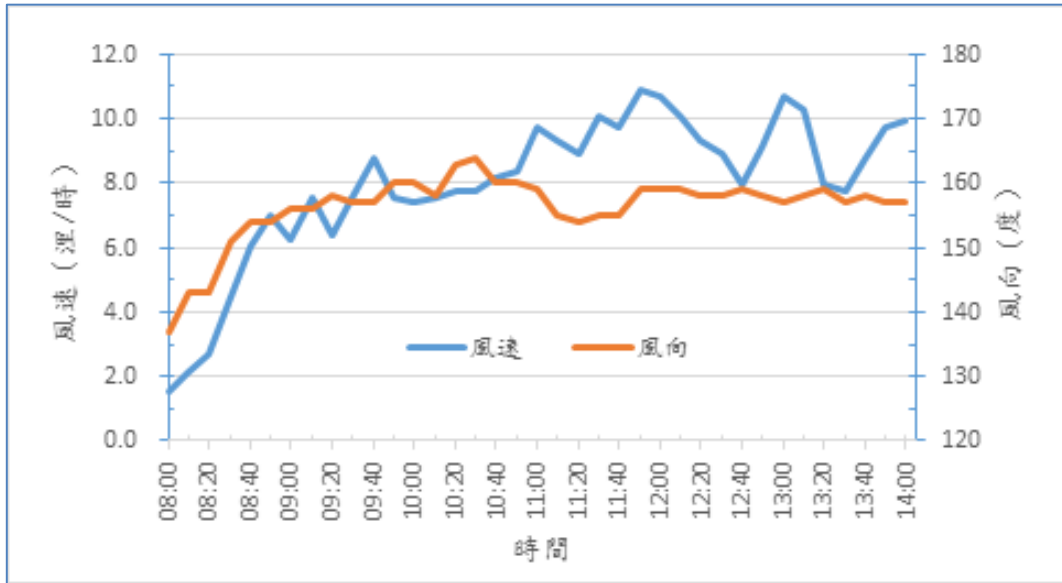


圖 1.7-6 靜浦自動氣象站風向風速紀錄圖

1.7.3 其他天氣資訊

依據警方抵達事故現場錄影畫面，約 1211 時殘骸起火燃燒煙霧飄散狀況，以及附近植被晃動狀況判斷，地面風向為東北東風，風速約 10 哩/時³。

依據事故機當日空拍影片觀測之天氣，事故地區附近空域雲狀分布為：稀雲約 1,500~2,000 呎；疏雲約 2,000 呎；協進農場西側 250 公尺以下山坡，樹枝無搖擺跡象，估計風速低於 4 級（13 哩/時）。

1.8 助、導航設施

無相關議題。

1.9 通信

高雄近場管制臺臺東席、臺北近場管制臺花蓮席分別以 119.4/119.5 MHz、135.8/124.0 MHz 頻率與該機進行無線電通訊。因舞鶴無線電臺訊號發射功能故障，以及受地障影響，部分時段無線電無法直接構聯，係以凌

³ 風向風速觀測係由計算煙霧之移動方向及速度，輔以蒲福風級表推估。

天地面人員或其他在空機轉達方式進行構聯。

1.10 場站資料

無相關議題。

1.11 飛航紀錄器

1.11.1 座艙語音紀錄器

該型機最大起飛總重未達 3,175 公斤，依我國航空器飛航作業管理規則，無須安裝座艙語音紀錄器，該機亦未安裝座艙語音紀錄器。

1.11.2 飛航資料紀錄器

該型機最大起飛總重未達 7,000 公斤，依我國航空器飛航作業管理規則，無須安裝飛航資料紀錄器，該機亦未安裝飛航資料紀錄器。

1.11.3 航管雷達資料

事故後專案調查小組取得交通部民用航空局（以下簡稱民航局）飛航服務總臺提供之多重監測追蹤系統（multi sensor tracking system，以下簡稱 MSTs）資料，包括：GPS 時間、經度、緯度、Mode-C 高度、訊號源等。

依據該 MSTs 資料，當日 MSTs 記錄時間範圍 1046:52 時至 1146:39 時，每筆資料間隔約 5 秒。圖 1.11-1 為事故機 Mode-C 高度及地速變化圖。圖 1.11-2 為民航局 MSTs 平面航跡圖。

1046:52 時，事故機位於臺東縣池上鄉公所上空 2,100 呎，沿著秀姑巒溪往北飛行。1055:14 時，該機位於花蓮縣玉里鎮豐坪溪與秀姑巒溪交會處上空 3,200 呎。1120:12 時，該機位於花蓮縣瑞穗鄉富源溪與秀姑巒溪交會處上空 5,100 呎。1122 時至 1134 時期間，花東航管雷達無法偵測到該機。

1134:04 時至 1146:39 時期間，該機沿著秀姑巒溪往下游執行空拍，此期間高度低於 3,000 呎；花東航管雷達資料顯示事故機最後一分鐘航跡位於秀姑巒溪出海口東北邊 1.5 海浬，高度 3,000 呎。1147:22 時至 1154:38 時事故發生期間，受地形遮蔽影響，MSTS 未涵蓋該段航跡。

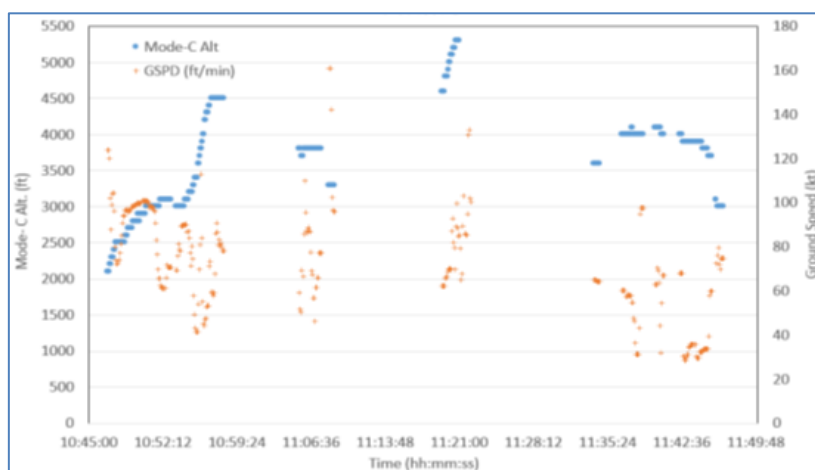


圖 1.11-1 事故機 Mode-C 高度及地速圖

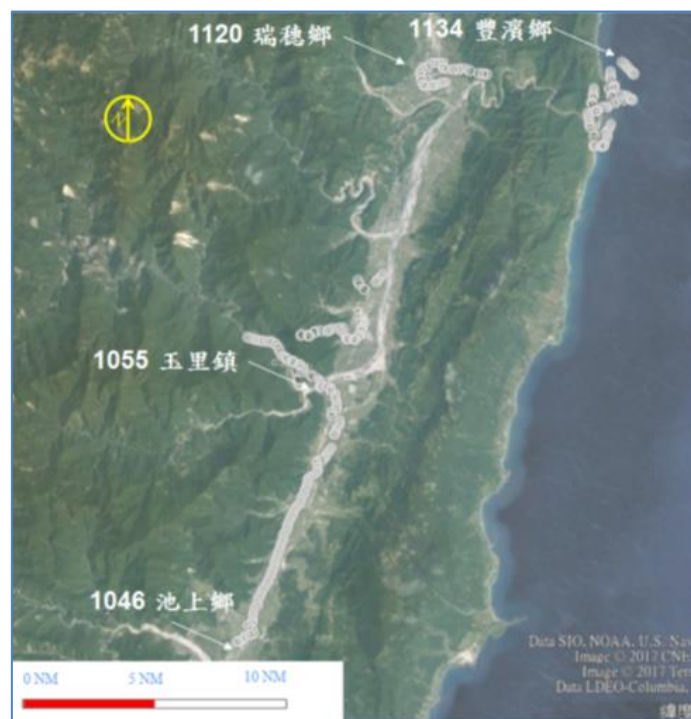


圖 1.11-2 雷達軌跡圖

1.11.4 機載錄影裝置

專案調查小組從事故現場蒐集相關錄影及錄音證物，送實驗室進行編碼、清理及損壞檢視。事故機上的機載攝影機其內部資料記憶卡詳圖 1.11-3。另有兩部運動攝影機已完全焦黑碳化嚴重火損，專案調查小組委託攝影機內之記憶卡原製造商及封裝廠協助資料救援後取出少量低解析度圖片，並未包含事故機墜地時之圖像。



圖 1.11-3 機載攝影機及其內部記憶卡外觀圖

1.11.5 機載攝影機影像下載及判讀

事故機裝置一套高解析度空中攝影設備 Cineflex ELITE，相關規格及解讀資料詳附錄 1。該裝備未外接 GPS 訊號且時間系統需要校正。

事故後第二日，專案調查小組取得上述空照設備及其記憶卡，並會同阿布人員進行下載，共取得 72 段影片，總長度 46 分 2.81 秒，包含該機自臺東縣池上鄉起飛、空拍作業以及該機墜地前畫面（無墜地撞毀畫面）。72

段影片依序編號為 01 至 72。該影片之解析度為 $5,120 \times 2,700$ ，錄影格式為每秒 47.95 幅畫面 (frame)，亦即每幅畫面間隔 0.021 秒。

比對 MSTs 航跡後，時間精度約 ± 15 秒 (3 筆雷達資料)。第一段影片開始記錄時間約 1045:45 時；最後一段影片長度為 137 秒，共有 6,570 幅畫面，記錄時間約為 1152:20.8 時至 1154:37.7 時。

圖 1.11-4 為第 1 段影片第一幅及最後一幅，位置為臺東縣池上鄉法林寺西邊約 1 公里往西拍攝。圖 1.11-5 為第 72 段影片第一幅及最後一幅，位置為花蓮縣豐濱鄉往秀姑巒溪上游拍攝。圖 1.11-5 標記「AA」為距事故現場水平相距約 1,000 公尺，海拔高度約 280 公尺的東邊山丘。

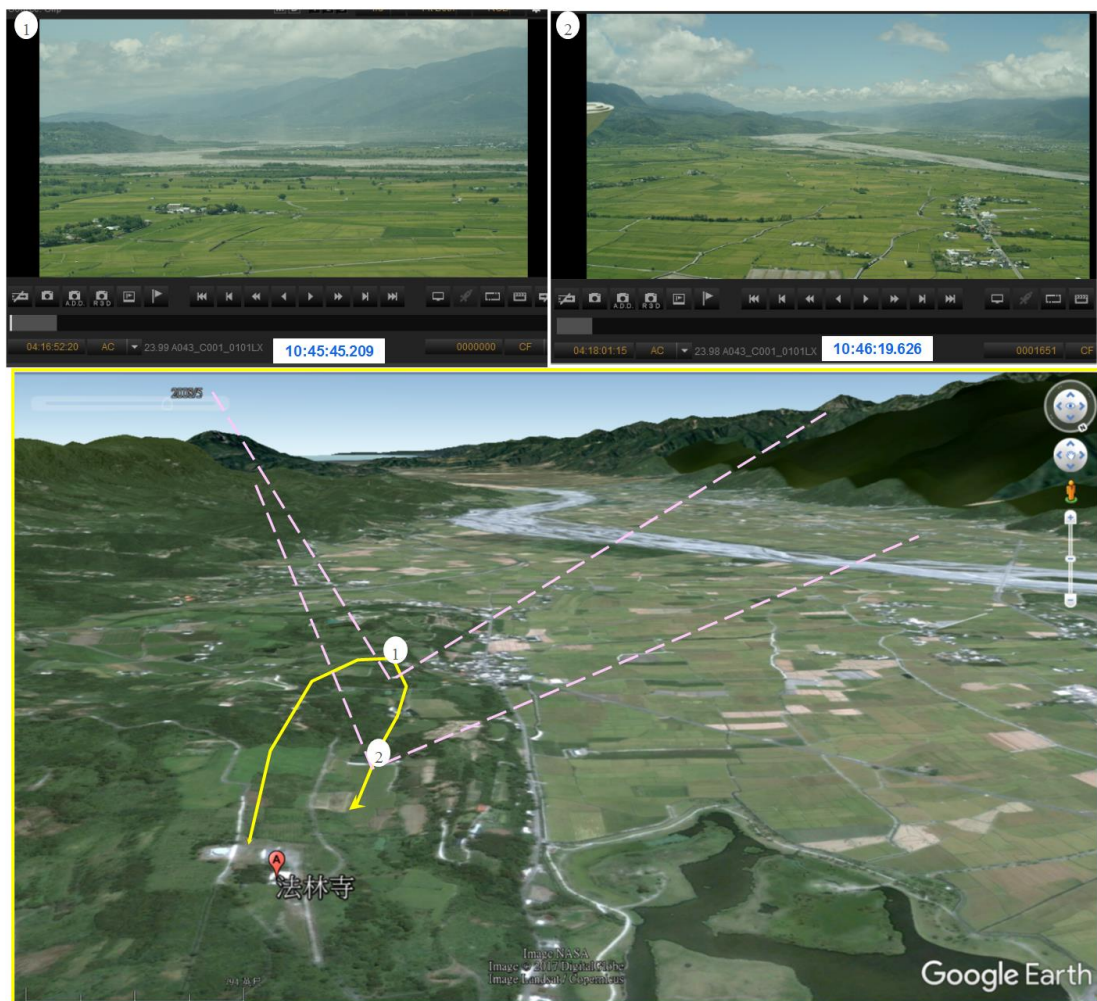


圖 1.11-4 第 1 段影片開始記錄及停止記錄比對圖

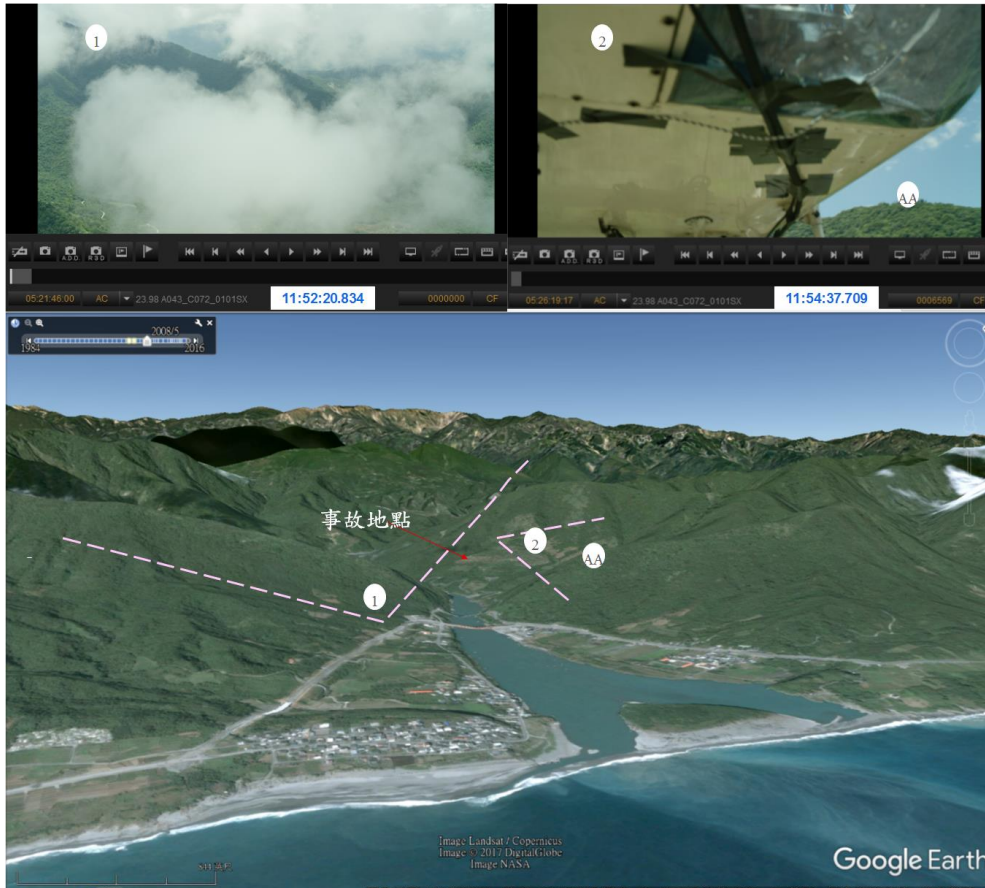


圖 1.11-5 第 72 段影片開始記錄及停止記錄比對圖

經檢視最後一段影片（第 72 段）發現，自第 5,060 至 6,060 幅畫面間（影片時間約 105.5 秒至 126.4 秒之間）約 20 秒左右之畫面中曾拍攝到事故現場協進農場及可辨識之相關地物，詳圖 1.11-6。



圖 1.11-6 第 72 段影片編號 5,400 幅影像圖

專案調查小組根據機載攝影機影像使用 PIX4D 軟體，應用空中攝影傾斜測量方法⁴分析事故機飛航軌跡，該飛航軌跡之精確度無法達到飛航資料紀錄器的水準，尤其是機身或及鏡頭的瞬間移動期間，於事故區域的機載影像軌跡精確度優於 20 公尺，其他區域的機載影像軌跡精確度優於 200 公尺。專案調查小組並使用 REDCINE-X PRO 軟體將原始錄影轉為影像，影像解讀報告，詳附錄 1，節錄重要內容如下：

該機由池上起飛，高度低於 2,100 呎期間，1045:45 時開始第一段錄影；1046:52 時，航管雷達第一次偵測到該機位於池上西北邊約 2.6 公里、高度 2,100 呎、地速 90 浬/時，詳圖 1.11-7。



圖 1.11-7 事故機雷達軌跡及起飛位置

⁴ 空中攝影傾斜測量：使用空載傾斜攝影之影像，先將空載影像與地理資訊系統的地面參考點套合，再求解相機的律定參數，並使用 PIX4D 選取控制點、製作正射影像、點雲及三維地型模型資料，參考文獻「運用三維地理資訊系統整合空載傾斜攝影影像」，廖法銘等 4 人，<http://gis.rchss.sinica.edu.tw/documents/paper/a7-02.pdf>。

以第 45 段影片為例，該影片拍攝時間為 1121:38.6 時至 1122:33.7 時，航機位於瑞穗鄉東方約 2.4 公里，飛行高度 5,200 呎。結果顯示，計算位置與 MSTs 紀錄位置，兩者平均軌跡相差 40 公尺，高度相差 50 呎，詳圖 1.11-8。



圖 1.11-8 第 45 段影片雷達軌跡與機載影像軌跡

根據航管雷達及塔臺錄音抄件，比對該機由瑞穗鄉往豐濱鄉空拍期間影像無異常。圖 1.11-9 為事故機於豐濱鄉空拍期間雷達軌跡與機載影像軌跡套疊圖。圖中每個圓圈的數字代表機載影像的編號；菱形符號代表不同階段的機載影像軌跡；白色實線代表雷達軌跡；白色及黃色虛線為推測航跡；紅色星狀代表機載影像曾喪失地面參考物。



圖 1.11-9 事故機於豐濱鄉空拍期間之雷達軌跡與機載影像軌跡

第 72 段影像記錄長度共 137 秒，可以使用 PIX4D 軟體計算飛航軌跡共兩區段：第一段 1152:36.0 時至 1153:25.0 時，第 720 幅至第 3,072 幅，第 15 秒至第 64 秒，套疊如圖 1.11-10。第二段 1154:06.5 時至 1154:27.25 時，第 5,064 幅至第 6,060 幅，第 105 秒至第 126 秒，套疊如圖 1.11-11，此後另有 10.6 秒鏡頭向天空拍攝，無法計算軌跡。



圖 1.11-10 第 72 段影像第 1 段飛航軌跡與事故現場套疊圖

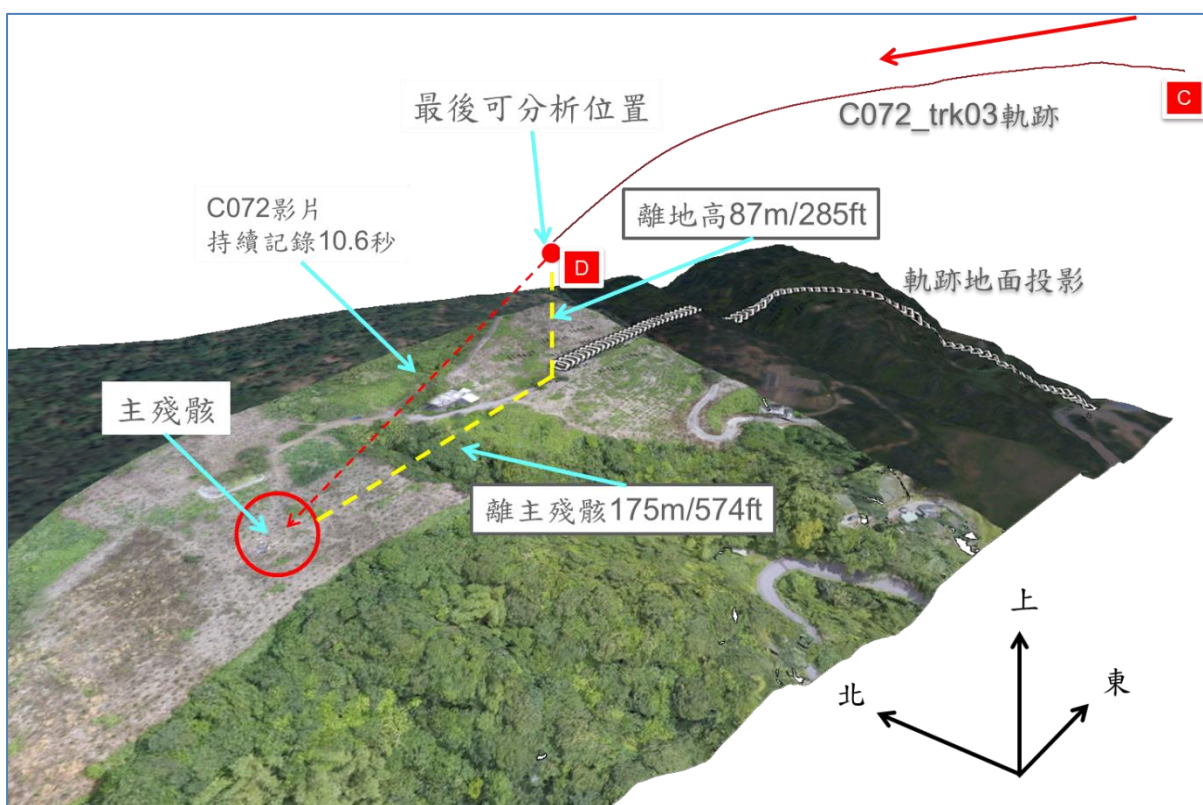


圖 1.11-11 第 72 段影像第 2 段飛航軌跡與事故現場套疊圖

根據第 72 段影像透過計算獲得之飛航軌跡，可進一步計算其地速、升降率及航跡，詳圖 1.11-12 及圖 1.11-13。第一段 1152:36.0 時至 1153:25.0 時期間 (A→B)，該機的參考航跡 310 度、平均地速 50 哩/時，飛行高度由

1,250 呎爬升至 1,390 呎，爬升率介於 100 呎/分至 300 呎/分。1153:19 時至 1153:25.0 時期間，該機鏡頭開始往上偏轉，此 6 秒對應之地速及下降率計算結果僅供參考。

第二段 1154:06.5 時至 1154:27.25 時(C→D)，該機航跡由北左轉至 246 度、平均地速 40 浬/時，飛行高度由 915 呎爬升至 932 呎再下降至 581 呎，伴隨之下降率由 180 呎/分增至 1,680 呎/分。1154:06.5 時至 1154:13.5 時期間，該機鏡頭由偏轉狀態回復穩定，此 7 秒對應地速及下降率計算結果僅供參考。1154:27.25 時為最後可分析影像（第 6,060 幅），該機位於主殘骸東北東方 175 公尺，離地高度約 285 呎（事故現場主殘骸區之海拔高度 295 呎）。該段影像之飛航軌跡可進一步推算相關飛航參數（地速、升降率、航跡），詳圖 1.11-12 及圖 1.11-13。圖 1.11-12 中粉紅色區域為分析主旋翼轉速的區段，詳附錄 2。

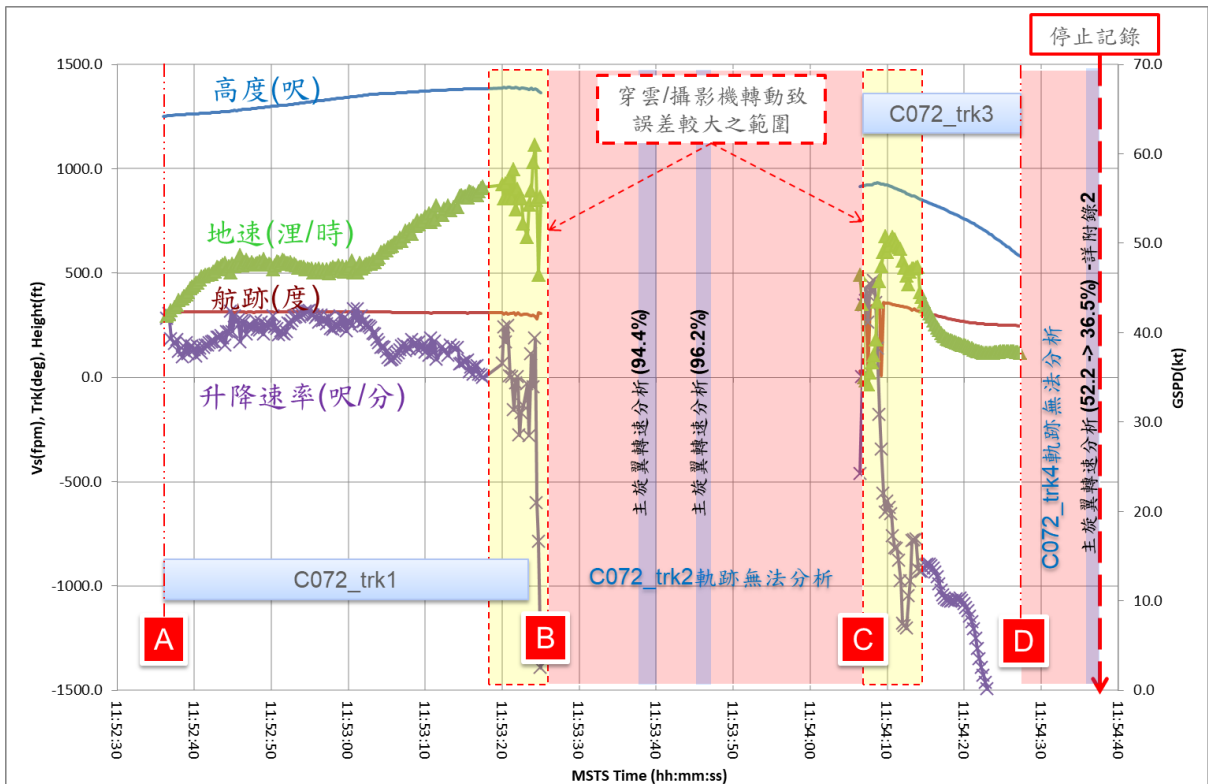


圖 1.11-12 第 72 段影像之飛航軌跡分析

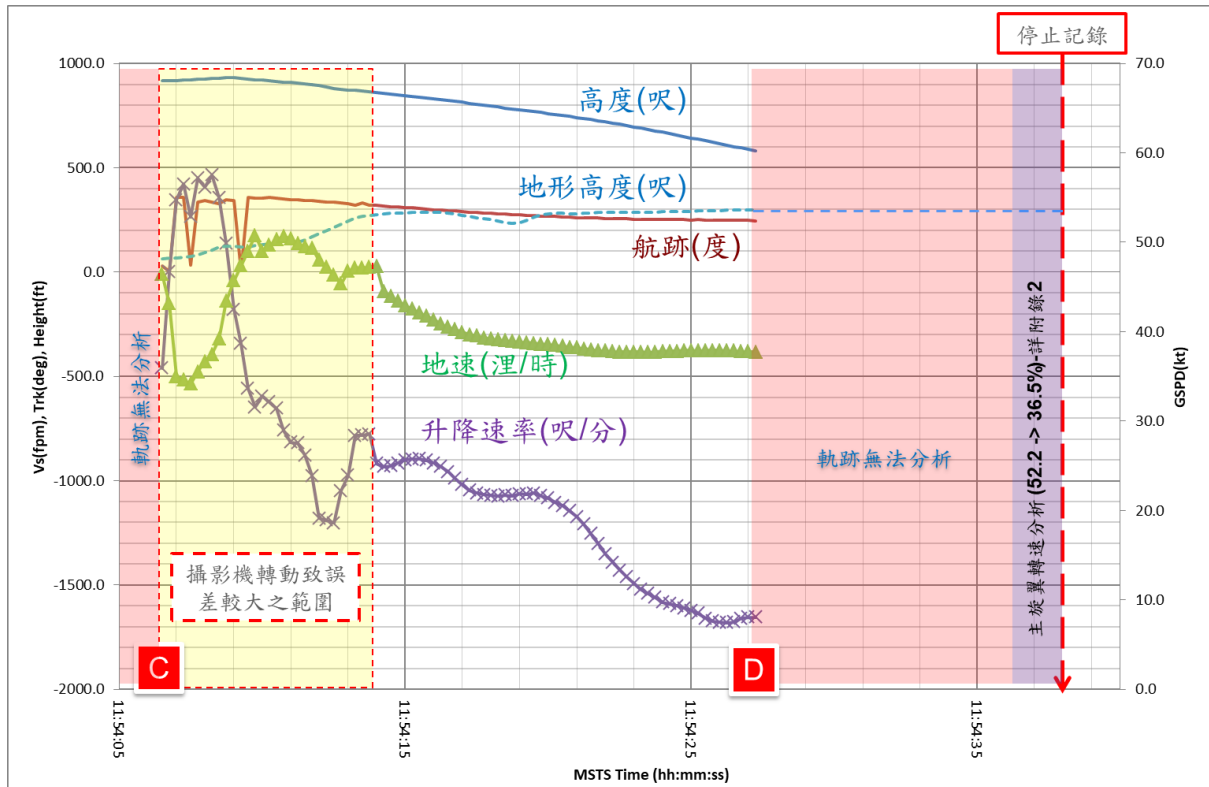


圖 1.11-13 第 72 段影像之（第三段）飛航軌跡分析

圖 1.11-14 為根據第 72 段影像所計算之飛航軌跡及鏡頭向上拍攝期間之推斷軌跡（黃色線段）。

PIX4D 軟體分析作業結論如下：

1. 所有軟體分析結果均假設 Cineflex ELITE 攝影機軌跡為飛航軌跡。
2. 部份機載影像因拍攝中鏡頭焦距變化過大，只能人工比對拍攝區域，無法使用軟體計算飛航軌跡。
3. 事故區域的機載影像軌跡精確度優於 20 公尺；其他區域的機載影像軌跡精確度優於 200 公尺。
4. 第 72 段影像於相機鏡頭向上轉動期間，因晃動會導致短暫的地速及下降率震動，其計算結果僅供參考。
5. 1154:27.25 時，該機相機停止記錄前 10.6 秒之位置，位於主殘骸東北東方 175 公尺，離地高度約 285 呎。參考航跡 246 度、地速 40 哩/時，高度 581 呎，下降率 1,680 呎/分。

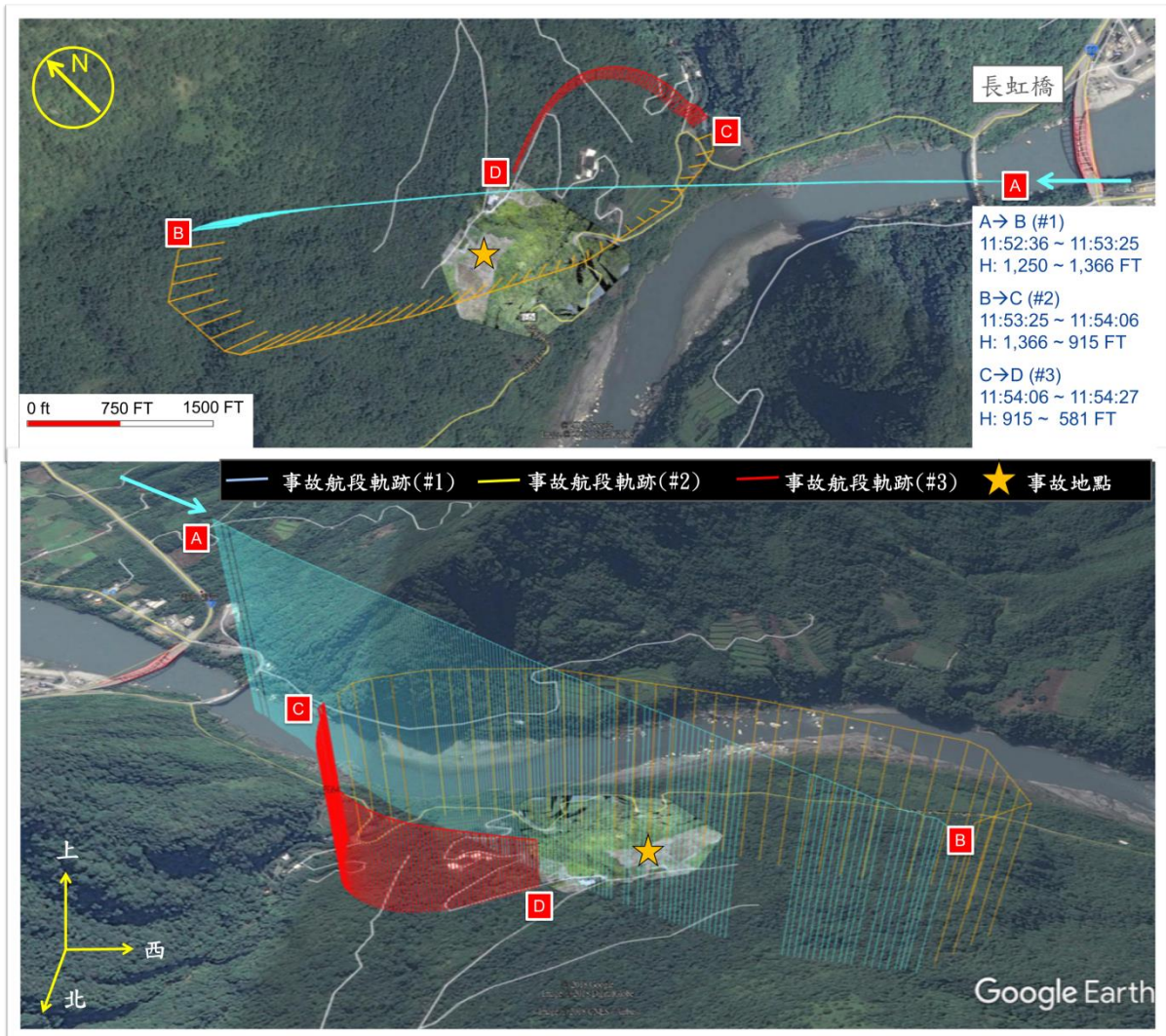


圖 1.11-14 第 72 段影像之飛航軌跡分析

1.11.6 主旋翼轉速計算

專案調查小組根據第 72 段影像，係事故機攝影鏡頭往上拍攝到主旋翼旋轉畫面，將其影像逐幅輸出，以計算主旋翼轉速。經逐幅檢視最後 6,570 幅畫面，畫面中曾數度出現主旋翼槳葉，藉由主旋翼槳葉出現的頻率，可換算出主旋翼轉速。於 1153:37.84 時至 1153:40.18 時，在 2.34 秒的時間內，主旋翼旋轉 14 圈半，主旋翼轉速約 94.4%，於 1153:45.29 時至 1153:47.27 時，在 1.98 秒的時間內，主旋翼旋轉 12 圈半，主旋翼轉速約 96.2%。影片最後 1.98 秒（1154:35.7 時至 1154:37.7 時），主旋翼槳葉出現頻率有下降趨勢，主旋翼轉速由 52.2% 下降至 36.5%。完整的計算結果，詳附錄 2。

1.11.7 影片解讀

依據事故當日機載攝影機攝得事故前最後一段（第 72 段）影片，紀錄總時間為 2 分 17 秒，該裝置無語音記錄功能。經與民航局、凌天及阿布人員共同觀看該影片後，製作影片抄件如表 1.11-1。

表 1.11-1 影片抄件摘要表

時間（秒）	事件	備註
D~61"	<ul style="list-style-type: none"> ● 沿秀姑巒溪北側向西飛行 ● 高度約 1,400 呎 ● 航機狀態正常 ● 1"~13"、57"~62"短暫通過稀雲 	
D+15"	<ul style="list-style-type: none"> ● 依地景計算高度/速度/下降率 	
D+62"~76"	<ul style="list-style-type: none"> ● 62"~63"鏡頭開始向上（拍攝到雲）並逆時針旋轉 ● 66"鏡頭由上往下逆時針拍攝山景 ● 67"~73"鏡頭持續逆時針旋轉拍到秀姑巒溪出海口 ● 76"之後鏡頭持續逆時針旋轉且向上拍攝到雲 	天地線右上左下約有五度坡度
D+77"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭拍到主旋翼（主旋翼轉速約 97%）（D+77"~85"） ● 直昇機無異常震動情況 	
D+82"	<ul style="list-style-type: none"> ● 82"鏡頭與機身成 180 度。 ● 駕駛艙航機有操作顯示（駕駛艙影像資料顯示迴旋桿有動，舵未動） 	航跡約為 150 度
D+83"~84"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭轉動有暫時停頓現象 ● 鏡頭再度拍到主旋翼 	
D+89"~91"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭轉動有暫時停頓現象 	
D+90"~105"	<ul style="list-style-type: none"> ● 90"~102"鏡頭轉動速率變慢 ● 94"與 73"出現同樣雲像（鏡頭左轉一圈） ● 鏡頭持續逆時針旋轉 ● 鏡頭有上/下移動現象 ● 104"出現秀姑巒溪北側山景 	
D+105"~115"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭持續逆時針拍攝山景 ● 60"~114"航機高度下掉約 500 呎 ● 111"鏡頭出現與 18"相似山景畫面，高度較低 ● 112"~115"鏡頭停止轉動，向前拍攝地景 	

	● 有下降率	
D+115"	● 高度 845 呎（距地高度 549 呎）VS: -900fpm	
D+120"~126"	<ul style="list-style-type: none"> ● 120"鏡頭左側出現秀姑巒溪畫面，目視地面樹木無晃動之不穩定現象 ● 120"高度 740 呎（距地 445 呎）VS: -1170 fpm ● 123"高度 670 呎（距地 374 呎）VS: -1,580 fpm ● 126"根據影片最後可推算相對位置之時間：高度 581 呎（距地 285 呎）,VS: -1,680 fpm 	
D+126"~133"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭向上逆時針旋轉，有上/下移動現象 ● 133"拍攝到主旋翼 	
D+133"~137"	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭拍攝左座駕駛艙下視窗，航機有異常明顯抖動（主旋翼轉速約 52%~36.5%） ● 機腹蒙皮有地景倒影顯示向後移動現象 ● 136"左座乘員右腳離開地板 ● 航機參考航跡 250 度，鏡頭 120 度 	
D+137"	● 影片停止記錄	
註： <ol style="list-style-type: none"> 1. D 為影片開始記錄時間。 2. 墜毀地標高：85~90 公尺（279~295 呎）。 		

1.12 航空器殘骸與撞擊資料

1.12.1 事故現場及周遭環境

事故機墜毀於花蓮縣豐濱鄉長虹橋附近之協進農場，離秀姑巒溪出海口約 2.5 公里，航機墜毀後主殘骸受大火燃燒而殘缺不全，主殘骸座標北緯 23°28'24.19"，東經 121°28'45.49"，高度約 90 公尺，機首磁方位 190 度，主旋翼於主殘骸旁，外型完整，後段尾桁斷裂，位於主殘骸後方（詳圖 1.12-1）。



圖 1.12-1 事故現場主殘骸失火情況

事故現場周遭環境為海岸山脈及秀姑巒溪河谷地形，詳圖 1.12-2，秀姑巒溪沿花東縱谷向北流，於瑞穗鄉向東折，橫切海岸山脈注入太平洋，事故地點東方 1.2 公里處為約 280 公尺山丘，西北側 1 公里處為約 500 多公尺山丘，南側為秀姑巒溪河谷地形，由北往南緩降，坡度約 8%。本案有甲、乙兩位目擊者，目擊者甲位於靜浦部落，距事故現場約 2.2 公里，目擊者乙位於舊長虹橋上，距事故現場約 1.0 公里。



圖 1.12-2 事故現場周遭環境圖

根據第 48 段影像紀錄，約 1127:13 時，該機曾沿著秀姑巒溪飛越協進農場上空，詳圖 1.12-3。



圖 1.12-3 事故機拍攝之事故現場影片截圖

1.12.2 現場量測資料

專案調查小組於事故隔日上午 9 時抵達事故現場，使用高精度衛星接收機及遙控無人機空拍系統進行量測作業，圖 1.12-4 為事故現場空拍圖，主殘骸區域約 10 公尺乘 10 公尺見方，殘骸多集中於一處，另外有零件散落於主殘骸附近，詳圖 1.12-5。事故現場測量結果彙整於表 1.12-1。



圖 1.12-4 事故現場空拍圖



圖 1.12-5 主殘骸分布圖及近景圖

表 1.12-1 事故現場量測表

殘骸名稱	緯度			經度			GPS 測量高度
主殘骸區	N23°	28'	24.19"	E121°	28'	45.49"	90.2 m
尾旋翼傳動軸	N23°	28'	24.49"	E121°	28'	45.30"	92.8 m
部分尾桁	N23°	28'	24.89"	E121°	28'	44.71"	95.7 m
部分尾旋翼傳動軸蓋	N23°	28'	24.40"	E121°	28'	44.94"	92.5 m
部分尾旋翼控制連桿	N23°	28'	24.14"	E121°	28'	44.84"	91.6 m
部分右滑橈	N23°	28'	23.79"	E121°	28'	44.36"	89.7 m

1.12.3 航空器撞擊資料

專案調查小組檢視事故現場，發現事故機自水平安定面附近與尾桁斷開，斷落尾桁順時鐘方向旋轉約 150 度，如圖 1.12-6 所示，兩片主旋翼片

仍連接於主旋翼轂上，其中一片主旋翼翼根燒損但未斷開，另一片主旋翼僅翼根固定螺桿附近有火燒痕跡。機身主殘骸集中，駕駛艙及客艙機身結構及蒙皮完全焚毀（詳圖 1.12-7）、主齒輪箱外殼燒熔內部齒輪裸露（詳圖 1.12-8）、左、右前段起落架滑橇折斷，後段插入地面（詳圖 1.12-9）、尾傳動軸因過載從與自由飛輪向後連接之短軸處扭斷，如圖 1.12-10 右下圖紅圈處、斷開之尾桁內部包含尾齒輪箱及部分尾旋翼傳動軸，尾齒輪箱輸出軸連接尾旋翼總成、兩片尾旋翼片自尾旋翼根部斷裂（詳圖 1.12-10 右上圖）、垂直安定面仍固定在斷開之尾桁上，垂直安定面底部連接尾橇位置附近有碰撞痕跡（詳圖 1.12-11），發動機燃油管自與燃油箱出口與燃油過濾器接頭處斷落（詳圖 1.12-12），其餘各部位零附件及管路仍在原有位置（詳圖 1.12-13），前述圖 1.12-8 至圖 1.12-13 之各殘骸於機體位置如圖 1.12-14 所示。

專案調查小組檢視事故現場，發現部分殘骸散布於主殘骸附近草叢中，分別為：部分右滑橇、部分尾旋翼控制連桿、部分尾旋翼控制連桿外罩、部分尾旋翼傳動軸，詳圖 1.12-15；另有部分尾桁蒙皮，如圖 1.12-16 左上圖為發現部分尾桁蒙皮殘骸位置，右上圖為部分尾桁殘骸，圖 1.12-16 下 2 圖則為該部分尾桁蒙皮殘骸自尾桁斷開之相關部位圖。

上述殘骸經完成現場蒐證後移置空軍松山基地指揮部（以下簡稱松指部）暫時存放。



圖 1.12-6 尾桁斷落情形



圖 1.12-7 機身結構及蒙皮完全焚毀情形



圖 1.12-8 主齒輪箱外殼燒熔內部齒輪裸露情形



圖 1.12-9 左、右滑撬折斷插入地面情形



圖 1.12-10 斷開之尾傳動軸及翼片折斷之尾旋翼總成



圖 1.12-11 垂直安定面損害情形



圖 1.12-12 燃油管接頭斷落情形



圖 1.12-13 發動機損害情形

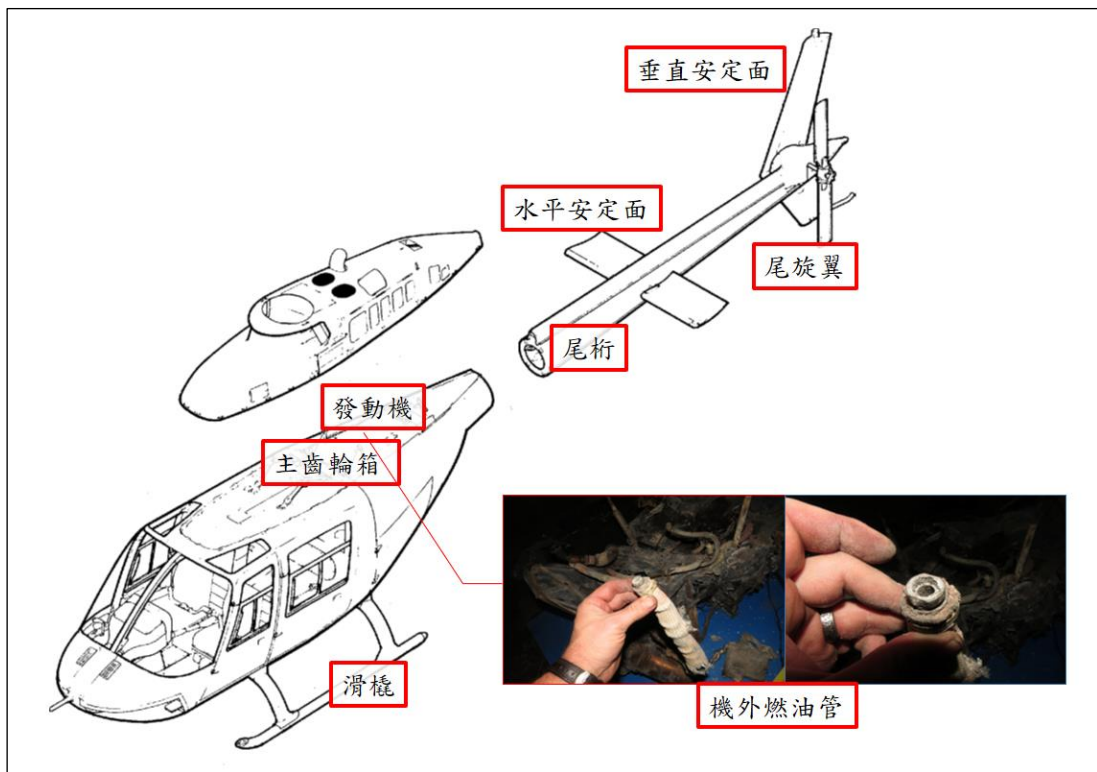


圖 1.12-14 各殘骸於機體相對位置圖



圖 1.12-15 散布於主殘骸附近之零件



圖 1.12-16 散布於主殘骸附近之部分尾桁蒙皮

1.13 醫學與病理

1.13.1 解剖報告書暨鑑定報告書

依法務部法醫研究所解剖報告書暨鑑定報告書摘錄如下：

- 正駕駛員甲：頭胸挫傷，肺挫傷，口鼻、氣管、食道有吸入少量炭屑。
- 空拍員甲：前胸腹部挫傷，顱內出血，肺挫傷，皮下組織鮮紅，口鼻、氣管、食道、肺泡有吸入少量炭屑。
- 空拍員乙：頭部對撞性外傷，口鼻、氣管、食道有吸入少量炭屑。

1.13.2 藥物定量檢驗

依法務部法醫研究所對正駕駛員甲之藥物定量檢測結果摘錄如下：

...

二、本所原鑑定人意見如下：

(一) 血液與胃內容物分別檢出 Chlorpheniramine 0.024 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、0.106 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (等於為 24 ng/mL 、106 ng/mL)。

(二) 依 Chlorpheniramine 抗組織胺藥物(Baselt, RC, 9th 版 *Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man*) 記載：

1、基本藥理與藥物動力學資料：

(1) 半衰期：12-43 小時。

(2) 體積分布 (V_d)：3-6 公升/公斤。

2、正常成人服用 2 毫克 (mg) 在 3 小時可測得 3 ng/mL 濃度。

3、正常成人服用 8 毫克 (mg) 在 3 小時可測得 9.9 ng/mL 濃度。

4、正常成人服用 12 毫克 (mg) 在 2 小時可測得 17 ng/mL 濃度，在 12 小時可測得 10 ng/mL 濃度，在 24 小時可測得 4 ng/mL 濃度。

(三) 依藥理作用：

1、一般給藥：成人 4-8 mg，每天 3-4 次。

2、易產生嗜睡、肌肉虛弱，要警告那些從事需要集中注意力之工作者。

(四) 此藥依個人體質感受性及是否為初次或長期服用均有明顯差異性，而且使用劑量大小、使用之時間點等均較難確認服用之劑量。

(五) 綜合以上所得資訊、作用在血中 17 ng/mL 以上有可能有嗜睡現

象，但仍應依是否為初次或長期服用均有明顯差異性，而且使用劑量大小、使用之時間點等均難以評估特此說明。

專案調查小組與法務部法醫研究所顧問於民國 107 年 5 月 7 日在本會召開本案之病理研討會，依據該會議紀錄（詳附錄 3），法務部法醫研究所法顧問說明：該藥物屬非處方藥物，藥房均可取得。目前該藥物多用於幫助睡眠或避免暈車，受火燒影響，該藥物於血液中之殘留濃度可能會增加（濃縮）10-20%。

1.13.3 醫療病史

調查事故前一年正駕駛員甲之健保就醫紀錄，查無任何健保就醫紀錄。

經訪談同批任務 3 名同事，其稱正駕駛員甲未曾有暈車狀況，事故當日未見服用藥物。

依花蓮地檢署提供資料顯示：正駕駛員甲此次任務離家工作時，沒有服用任何成藥，亦無身體不適，一切都正常。

1.14 火災

依內政部消防署災害通報單紀錄：消防署於 1156 時接獲報案，出動 6 車 11 人前往搶救，1211 時救災人員抵達現場，1310 時撲滅火勢，機上 3 人死亡。據花蓮鳳林分局提供現場消防影片（詳圖 1.14-1 至 1.14-3），以及該分局提供之現場搶救紀錄照片（詳圖 1.14-4）顯示，消防車抵達事故現場時事故機仍在燃燒，現場火勢猛烈並產生大量濃煙（詳圖 1.14-5）。調查小組抵達現場後，發現火燒後之機體結構崩塌，呈現焦黑碳化，集中於約 5 公尺乘 3 公尺見方區域，詳圖 1.14-6。



圖 1.14-1 現場消救影片截圖



圖 1.14-2 消救人員初期滅火情形



圖 1.14-3 消救人員滅火狀況



圖 1.14-4 事故機於事故現場燃燒情形



圖 1.14-5 現場消救影片截圖



圖 1.14-6 事故機滅火後殘骸圖

1.15 生還因素

事故發生地點三面環山，現場地形平坦，經現場觀察及洽鄉公所、派出所查證，附近並無高壓電纜及流籠纜線之障礙物存在。

1.15.1 人員安全帶繫縛狀況

該機安全帶均焚毀，剩部分鎖扣殘留，詳圖 1.15-1。3 位乘員均位於座位附近呈趴臥姿態，無證據顯示撞擊後有撤離行動。



圖 1.15-1 安全帶鎖扣殘留圖

1.16 測試與研究

1.16.1 航機結構及系統檢驗

民國 106 年 6 月 17 至 18 日，專案調查小組赴松指部殘骸存放現場，執行航機結構檢查，參與人員包括專案調查小組、Bell 直昇機公司及 Rolls-Royce 發動機公司代表。

依據 1.12 事故現場火燒狀況，事故機機體結構於火燒後崩塌散落，除主旋翼及尾桁及起落架滑橇外均呈焦黑碳化現象。專案調查小組能攜回松指部之殘骸僅部分機體結構，包括尾桁、主旋翼、尾旋翼、L 型油箱、起落架滑橇及發動機。以下為前述殘骸檢視結果。

1.16.1.1 機體結構

尾桁

斷落尾桁結構蒙皮（詳圖 1.16-1 左圖）因破損嚴重且變形，曲面呈直線狀（詳圖 1.16-1 右圖）。將其直線凹陷曲面與主旋翼前緣拼湊，模擬主旋

翼撞擊尾桁情形（詳圖 1.16-2 左圖），發現該直線凹陷曲面與主旋翼前緣完全吻合，且主旋翼面發現橫向刮痕（詳圖 1.16-2 右圖）。



圖 1.16-1 尾桁蒙皮因破損嚴重且變形曲面呈直線狀



圖 1.16-2 主旋翼撞擊尾桁模擬

主旋翼

主旋翼除前述刮痕及輕微火損外，其餘外觀完整（詳圖 1.16-3）。



圖 1.16-3 主旋翼外觀

尾旋翼

圖 1.16-4 顯示兩片尾旋翼片自翼根斷開，斷裂部位呈現強制破斷裂口。在葉片後緣呈壓擠皺褶，顯示尾旋翼撞擊外物斷落。



圖 1.16-4 尾旋翼外觀

起落架滑橈

將現場蒐集之斷落滑橈，依其部位拼湊完成。發現前橫管完整，與機身固定區域下陷變形，滑橈後橫管斷裂（詳圖 1.16-5），斷裂面均呈現過負載破壞型態。

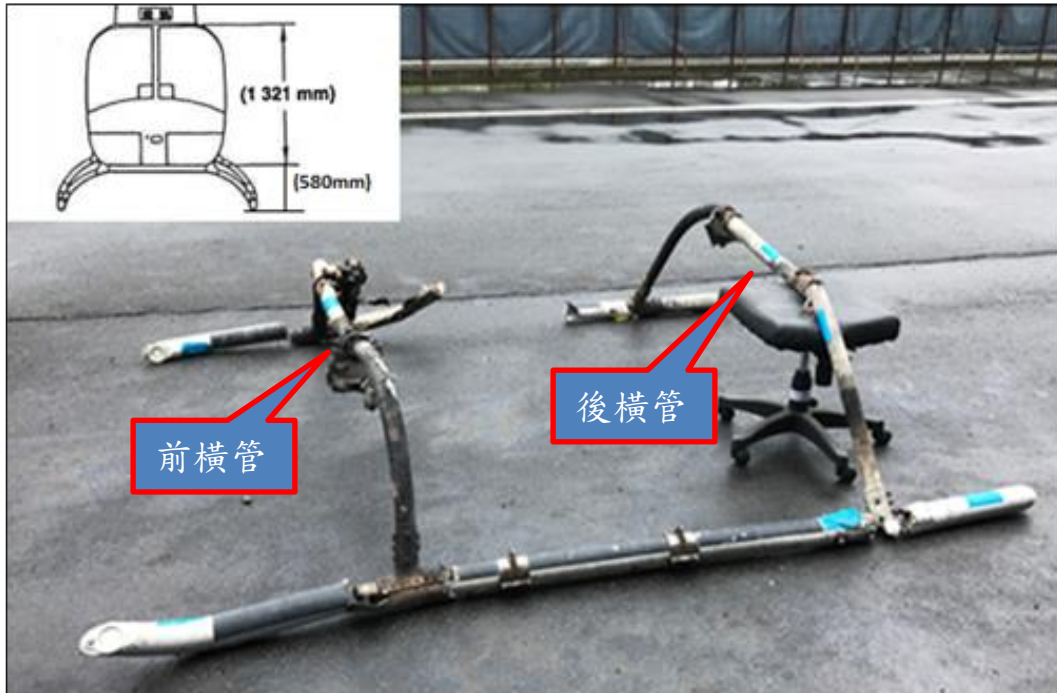


圖 1.16-5 滑橇殘骸重組狀況

L 型油箱

依據該型機飛機維修手冊，該油箱為具防撞（crash resistant）特性之囊袋式 L 型油箱，直立部分油箱為位於客艙座椅後的結構油箱，底部部分油箱則位於客艙座椅結構下方，圖 1.16-6 為燒毀之油箱；圖 1.16-7 為油箱底部燒毀狀況，左圖為內部燒毀狀況，右圖為外部燒毀狀況；油箱底部外觀詳圖 1.16-8 左上圖，標示有 A、B 及 C 部位，其各別近照圖及過載裂痕位置詳右上圖及下兩圖。



圖 1.16-6 L 型油箱燒毀情形



圖 1.16-7 油箱底部內外部燒毀狀況

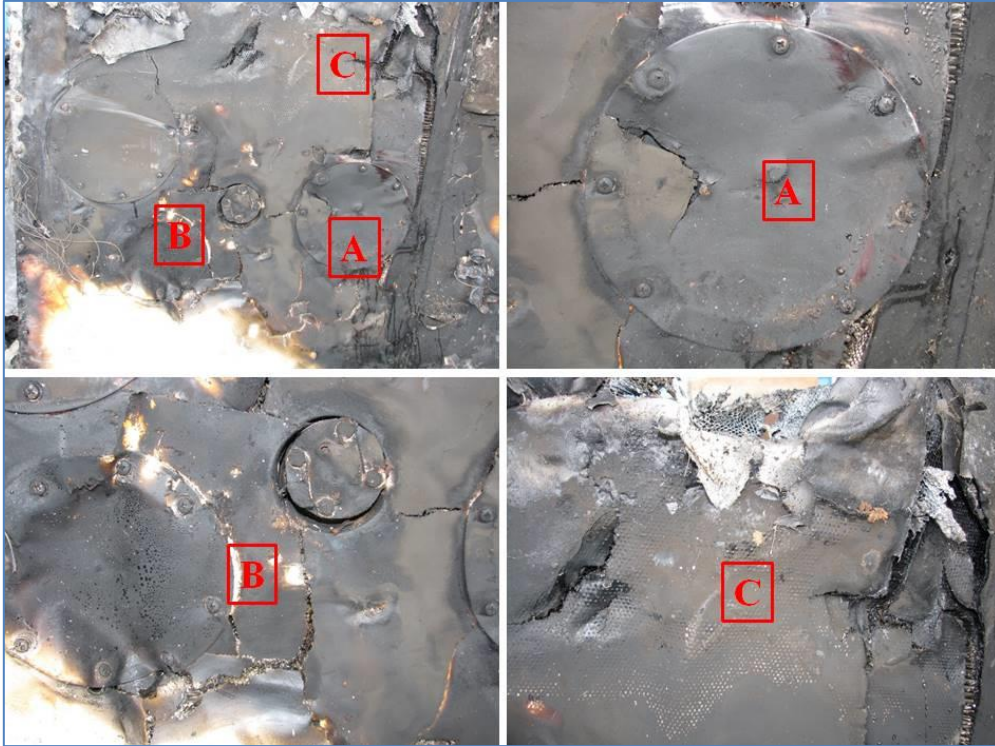


圖 1.16-8 油箱底部外觀狀況

1.16.1.2 傳動系統

主齒輪箱

主齒輪箱之鎂鋁外罩被火燒熔盡淨，露出之各減速齒輪除受熱損外，外觀皆完整（詳圖 1.16-9）。



圖 1.16-9 主齒輪箱損壞情形

撓性主傳動軸

觀察撓性主傳動軸其聯結主齒輪箱之軸前端，與聯結自由飛輪之軸後端，該兩端之斷裂面皆呈現彎曲之過負載破壞現象，顯示該機撞擊時係於運轉狀態（詳圖 1.16-10）。



圖 1.16-10 撓性主傳動軸彎曲斷裂面皆呈現過負載破壞現象

自由飛輪

專案調查小組檢查事故機發動機附件齒輪箱上之自由飛輪，以手轉動自由飛輪內環，發現無法轉動。將自由飛輪自發動機附件齒輪箱拆下後，測試自由飛輪與離合器耦合及脫離耦合功能正常。檢查內、外環及離合器無異常磨耗痕跡（詳圖 1.16-11）。



圖 1.16-11 自由飛輪無異常磨耗痕跡

1.16.2 發動機檢驗

發動機檢驗包含發動機本體檢驗及發動機附件檢測兩部分。

1.16.2.1 發動機本體檢驗

發動機本體檢驗包含外觀檢查及拆解檢查兩部分。民國 106 年 6 月 17 日至 18 日，專案調查小組在 Bell 直昇機公司及 Rolls-Royce 發動機公司代表協助下，赴松指部發動機暫存處執行發動機檢查（詳圖 1.16-12）。發動機

轉子仍可以手旋轉而無卡滯現象；檢視發動機外部滑油、燃油管路及整流罩狀況，發現燃燒火源係來自發動機外部；發動機機外燃油管自與燃油箱出口與燃油過濾器接頭斷落，其他各部位零組件及管路仍完整。



圖 1.16-12 發動機檢查

民國 106 年 6 月 20 日，專案調查小組在 Bell 直昇機公司及 Rolls-Royce 發動機公司代表協助下，赴亞洲航空公司（以下簡稱亞航）進行事故發動機拆解檢查，Rolls-Royce 發動機公司調查報告詳附錄 4，檢查結果摘要如後。

- 壓縮段：拆下壓縮器，將固定轉子葉片之轉子軸（以下簡稱轉子）與定子葉片之壓縮器匣（以下簡稱定子）分離後，發現定子在第一、二級轉子葉片轉動路徑表面有整圈刮痕（如圖 1.16-13 紅色虛線所示），檢視轉子及定子葉片，無明顯撞擊損壞痕跡。拆除位於壓縮段之 2 號軸承，檢視軸承內、外環及滾珠均無損壞（如圖 1.16-14 所示）。
- 燃燒段：觀察燃燒段內部、歧管及燃油輸送管路均完整，拆下燃油噴嘴，測試其燃油噴射角度、霧化效果及供油流量均正常。
- 渦輪段：檢查燃氣及動力渦輪葉片無任何撞擊損壞，機匣無裂痕，渦輪總成件可由第二級動力渦輪轉子連續自由轉動。

- 附件齒輪箱：齒輪箱可自由轉動，轉動齒輪箱時無卡滯狀況。



圖 1.16-13 壓縮器定子及葉片刮痕



圖 1.16-14 2 號軸承

調查報告結論：無證據顯示發動機操作失效、飛行中失火，亦未發現發動機或其他發動機相關組件之功能失效。發現之證據顯示該機撞擊地面時，發動機係於運轉並傳送動力之狀態。無足夠證據判斷發動機輸出動力之多寡。

1.16.2.2 發動機附件檢測

專案調查小組將事故發動機拆下之動力渦輪調速器及燃油控制器送至位於美國之 Rolls-Royce 發動機公司，再由其送至附件製造廠商 Honeywell 公司。專案調查小組再於民國 106 年 8 月 8 日至 9 日於美國印第安納州南灣市之 Honeywell 廠房，執行該兩項附件之檢驗，參與人員除專案調查小組代表外，另包括 Rolls-Royce 發動機公司代表及 Honeywell 工程師。檢驗工作由 Honeywell 4 位工程師負責執行，專案調查小組及 Rolls-Royce 代表全程監看。動力渦輪調速器檢查報告詳附錄 5，燃油控制器檢查報告詳附錄 6。

拆檢項目包含：

- 動力渦輪調速器，型號：A1-AA2，料號：2549170-3，序號：HR200222，執行細部拆解，目視檢查動力渦輪調速器各細部零件。
- 燃油控制器，型號：DP-N2，料號：2524644-31，序號：322761，執行細部拆解，目視檢查燃油控制器各細部零件。

拆解後檢視發現該具發動機因事故機墜落時起火燃燒，導致發動機動力渦輪調速器及燃油控制器嚴重火損，僅可執行零件目視檢查，無法執行動力渦輪調速器及燃油控制器測試台功能測試。依據 Honeywell 拆檢報告，將動力渦輪調速器及燃油控制器拆解後，除零件曾因遭受高溫（火災）所導致之損壞，各零件沒有會影響其正常操作的狀況。

1.16.3 燃油檢驗

事故機使用臺灣中油股份有限公司生產之 Jet A-1 燃油，油車甲及油車乙於民國 106 年 6 月 9 日自臺中出發前曾至中油公司位於清泉崗機場臺中航油站補油。該批次油品依據民國 106 年 6 月 7 日中油公司取樣燃油化驗報告，以及民國 106 年 6 月 3 日取樣燃油品質試驗報告，檢驗均合格（詳

附錄 7)。

事故發生後，專案調查小組委請空軍第一後勤指揮部（以下簡稱一指部）進行燃油樣本化驗，燃油樣本包含事故當日飛行前由維修員甲於楓港自油車甲取樣之樣本⁵1 瓶約 250 毫升，以及事故當日飛行前由維修員乙於池上自油車乙取樣之樣本 1 瓶約 250 毫升，共 2 瓶約 500 毫升。一指部就前述燃油量執行含硫量等 7 項化驗測試，其中凝固點測試值為-54.6°C，閃火點測試值為 49°C，該 7 項化驗測試結果均符合規範要求（詳附錄 8）。

1.16.4 警示面板燈泡檢測

事故機駕駛艙儀表警示面板位於中央廊板位置，該警示面板包含 20 組警示燈，可提供駕駛員有關航機各系統異常之警示訊號。專案調查小組自事故機殘骸中取回警示面板，目視檢查該警示燈面板遭火燒後，其外殼框架焦黑彎折（詳圖 1.16-15），各組警示燈塑膠外罩呈現材質受熱收縮變形及表面模糊情形（詳圖 1.16-16）。

專案調查小組拆除 2 行 10 列，共 20 組警示燈。各組警示燈皆具 2 顆 327 型燈泡，共 40 顆燈泡。目視檢查發現下行第 10 列「ENG OUT」⁶警示燈，已遭火燒焦碳化無法進一步檢視外，其餘 38 顆燈泡進行顯微觀察。結果發現上行第 9 列 1 顆「TRANS OIL PRESS」⁷及下行第 10 列 2 顆「ROTOR LOW RPM」⁸燈絲呈現斷裂現象，其餘 35 顆燈絲完整未斷裂（詳附錄 9）。

⁵ 事故機當日第一及第二趟飛行之油料補給均由油車甲提供，第三趟飛行之油料補給由油車乙提供。

⁶ 發動機熄火。

⁷ 主齒輪箱滑油壓力低落。

⁸ 主旋翼轉速低落。

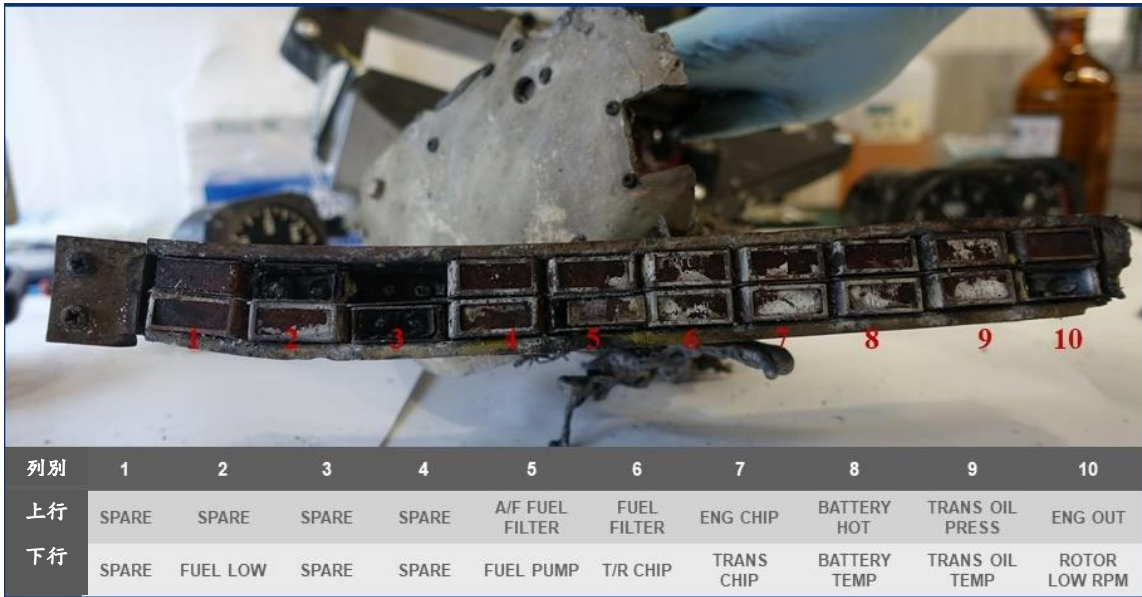


圖 1.16-15 遭受火燒之警示燈面板



圖 1.16-16 警示燈燈座及燈泡受損情形

1.16.4.1 警示面板燈泡檢測國外研究

澳洲國防科學與技術集團（Defense Science and Technology Group, DSTG）曾針對航空器警示面板使用之燈泡做過多組撞擊測試，該測試報告中有關燈泡之測試條件包括：不同燈泡使用時數（0、10、50、100、500 小時）、撞擊時燈泡亮與未亮以及不同之垂直方向撞擊力（1,000G 及 2,500G）等。

測試結果顯示：撞擊力較小時，僅警示燈有亮之燈絲會斷裂；當受劇烈撞擊時，燈泡有亮與未亮之燈絲可能都會受損壞或斷裂，但警示燈亮之燈絲損壞程度遠大於警示燈未亮之燈絲。警示燈有亮時，燈泡燈絲溫度高達攝氏兩千度以上，燈泡受撞擊時，警示燈亮之燈絲易發生延性斷裂，斷裂部位呈現圓錐狀或頸縮破壞，甚至出現鎢金屬析出；警示燈未亮之燈絲不易斷裂，若發生燈絲斷裂則為脆性破壞。燈泡使用時數越久，燈絲會產生薄化及劣化現象，因而造成燈絲電阻上升及熱應力集中，當燈泡受撞擊時，老化程度越高之燈絲較老化程度低之燈絲容易斷裂。

本事故因涉及傳統儀表燈泡之檢驗及分析，相關資訊詳列於國際民航組織第 6920-AN/8554 文件⁹及前述技術文件 DSTO-TR-2217¹⁰。以下節錄前述技術文件相關結論，作為本案的分析依據。

	撞擊時燈泡沒亮	撞擊時燈泡有亮
撞擊後燈絲沒斷裂	巨觀：燈絲及及底座完好 微觀：無破壞狀況	巨觀：燈絲呈現纏繞、拉伸；玻璃罩可能變黑 微觀：燈絲表面可能有圓形凸起
撞擊後燈絲有斷裂	巨觀：燈絲及及底座變形 微觀：呈現脆性裂口	巨觀：底座變形；燈絲呈現纏繞、拉伸；玻璃罩可能變黑 微觀：斷口呈現延性裂口

1.16.5 爆裂物檢測

專案調查小組於事故現場發現一組機身搭地線(詳圖 1.16-17)，該機身搭地線係於事故機起飛前被收納至後貨艙放置。為了解事故機起火燃燒是

⁹ ICAO DOC “Manual of Aircraft Accident Investigation”, Appendix 7 Examples of Electrical Systems Investigation, fourth edition, 1970.

¹⁰ B. Grugson, “Guide to the Impact Behavior of Aircraft Instrument Panel Lamp Filaments,” DSTO-TR-2217, 10, 2008.

否可能由非機體系統因素所導致，於民國 106 年 6 月 22 日將該機身搭地線送至內政部警政署刑事警察局鑑識科檢測是否有火藥或炸藥殘跡。依據鑑識科鑑定報告書（詳附錄 10），經由呈色試驗法、氣相層析/質譜分析法、紅外線光譜分析法、掃描式電子顯微鏡/X-射線能譜分析等檢驗方法，該機外搭地線均未檢驗出常見火藥或炸藥的成分。



圖 1.16-17 事故機之機身搭地線

1.16.6 模擬機測試

為驗證事故機於事故飛航最後階段，航機之飛航軌跡及狀況，專案調查小組以事故最後攝得影片軌跡為基礎，使用 TH67 型直昇機（B206B3 軍用型）全功能模擬機，模擬航機於事故前最後之飛航狀況：含高度、速度、姿態、下降率之變化及航機之操作特性等，以為事故分析之參考。

本次測試之計畫係以事故機載攝影機攝得該機最後 137 秒之影像，經解讀後之資料為參考（如圖 1.11-14），規劃及模擬相關課目及程序。該項測試於民國 106 年 10 月 19 日完成，相關測試條件及結果摘要如下：

- 模擬 B 點轉至 C 點之飛航狀態：於高度 1,400 呎，以速度 50 浬/

時、航向 270 度、500 呎/分下降率，使用不同坡度執行下降轉彎測試，測試結果顯示：於風向 160 度、11 哩/時、中度亂流狀態下，以 25 度坡度轉彎，下降時間約為 40 秒、方向變化約為 350 度。於風向 160 度、11 哩/時、無亂流狀態下，以 20 度之坡度轉彎，下降時間約為 42 秒、方向變化約為 350 度。於風向 040 度、10 哩/時、中度亂流狀態下，以 20 度坡度轉彎，下降時間約為 40 秒、方向變化約為 340 度。

- 模擬 C 點轉至 D 點之飛航狀態：於高度 900 呎，以速度 35 哩/時、航向 360 度、500 呎/分漸增至 1,600 呎/分下降率，使用不同坡度執行下降轉彎測試，測試結果顯示：於風向 040 度、10 哩/時、中度亂流狀態下，以 15 度坡度轉彎，下降時間約為 19 秒、方向變化約為 90 度。於風向 040 度、10 哩/時、無亂流狀態下，以 10 度坡度轉彎，下降時間約為 21 秒、方向變化約為 80 度。於風向 040 度、20 哩/時、無亂流狀態下，以 15 度坡度轉彎，下降時間約為 19 秒、方向變化約為 90 度。
- 模擬 D 點至撞擊點之飛航狀態：於高度 500 呎，以速度 35 哩/時、航向 230 度、1,600 呎/分下降率、25 度下滑角之穩定下降測試，測試結果顯示：分別於風向 040 度、10 哩/時、有亂流及無亂流及風向 040 度、20 哩/時、中度亂流狀態下，到達 210 呎（下降高度約 290 呎）之時間介於 9 秒至 12 秒間，扭力及主旋翼轉速均無異常狀態。
- 上述下降轉彎之測試過程，航機並無操控困難狀況。
- 於低高度、大於 1,600 呎/分下降率狀態下，將集體桿快速提起至最高位置，扭力於 2 秒內最大可到達 110%，主旋翼轉速會立即下掉，最低到達 82%，平均消失高度約為 50 呎，航機並有向右偏轉現象。
- 於高度 100 呎、速度 35 哩/時、航向 230 度，以 85% 持續最大馬力及 100% 扭力設定，執行最大爬升率測試，測試結果顯示：分別於風向 040 度、10 哩/時及 20 哩/時狀態下，以 85% 扭力爬升，最大

穩定之爬升率約為 950 呎/分。以 100% 扭力爬升，最大穩定爬升率約為 1,300 呎/分。

1.16.7 風場數值模擬

事故地點東南方約 1.4 哩靜浦自動氣象站，1200 時觀測紀錄風向為南南東風，風速 11 哩/時，而由事故地點約 20 分鐘後之錄影計算，風向風速約為東北東風 10 哩/時，顯示風場因山谷地形而改變，與盛行風有顯著差異。專案調查小組委託國立臺灣大學資源與災害研究中心進行事故地區風場數值模擬，報告詳附錄 11，估算該機最後飛行之區域，風向為東南風，風速不超過 10 哩/時，垂直風切強度為輕度風切，垂直方向為 2 哩/時之上升氣流。

1.17 組織與管理

摘錄相關手冊內容如下。

1.17.1 人員職責及飛航規定

凌天最新版之航務手冊為第 20 版，出版日期為 106 年 3 月 28 日，手冊中與本次事故飛航組員職責、飛航計畫與規定相關之內容如後：

3.1 飛航組員之職責：

本公司飛航組員於執行飛航職務時應熟知「航空器飛航作業管理規則」，各項限制及其所飛航之地區，起降之機場，助航設施與有關規則和程序，全體組員亦應瞭解在中華民國境外飛航時應遵守當地國家有關法令規章之規定。飛航組員應依操作手冊及飛航手冊中各項規定、標準及限制操作直昇機，不得逾越之。但有正當理由者，不在此限。

.....

3.1.2 正駕駛或單一駕駛員之職責：

3.1.2.1 負責直昇機飛航任務前之任務提示及各項檢查。

- 3.1.2.2 負責直昇機自開車至關車之整個飛航過程之飛航操控及飛安責任。
- 3.1.2.3 協助機長處理飛航過程中全盤事宜，單一駕駛員為當然機長，負責飛航過程全盤事宜。
- 3.1.2.4 確實計算飛機載重平衡與馬力配置之情況，防止超載之發生。
- 3.1.2.5 要求副駕駛執行其規定之職責。
- 3.1.2.6 執行試飛與試車工作。
- 3.1.2.7 負責乘員及行李之安全，並對乘員作必要之說明與提示。
- 3.1.2.8 飛航前於簽署接收該航機時，應對所需燃油油量與燃油油量表確認無誤。
- 3.1.3 機長 (PIC) 之職責：
 - 3.1.3.1 飛航時機長或單一駕駛員應負直昇機操作及全體組員或乘員安全之責，並得為一切緊急處理。
 - 3.1.3.2 機長或單一駕駛員應確保檢查制度之每一細節皆予履行，飛航前應了解與該預定飛航有關之氣象資訊。
 - 3.1.3.3 機長或單一駕駛員飛航前發現飛航中遇有危及直昇機或人員安全之急急情況發生立即通知當地負責機關外，應以最迅速方法通知有關航管單位、總公司，並於 24 小時內通知民航局。
 - 3.1.3.4 機長或單一駕駛員飛航前發現組員或乘員因受傷、疾病、疲勞、酒精或藥物等原因致無法執行其職務時，應令其不得飛航。飛航中如組員或乘員因疲勞疾病或缺氧等原因，而嚴重降低其執行職責之能力時，應即中止飛航並就近於適合之機場降落且作必要之處置。
 - 3.1.3.5 機長或單一駕駛員應將已知及可疑之飛航直昇機故障情形，填載於航空器維護紀錄簿，以利情況追蹤及改進。
 - 3.1.3.6 飛航時間登錄時，依該任務所指派之機長或單一駕駛員、副駕駛填寫於飛航紀錄表，且該機長或單一駕駛員對填寫之飛航紀錄負責。
 - 3.1.3.7 機長或單一駕駛員應確認其飛航組員或乘員持有並攜帶民航局核發之有效檢定證及體格檢查及格證。
 - 3.1.3.8 機長或單一駕駛員應確認於起飛前完成清艙檢查並於檢查紀錄表簽

名。

3.1.3.9 機長或單一駕駛員應簽署相關之簽派文件。

3.5.8 組員飛航、休息及工作時間限制：

3.5.8.1 連續二十四小時內，其飛航時間不得超過八小時、單一駕駛員飛航時間不得超過六小時¹¹，於執勤任務完畢後，應給予連續十小時以上之休息。

3.5.8.2 連續七日內，應給予連續二十四小時之休息，連續七日內之總飛航時間不得超過三十二小時。

3.5.8.3 飛航總時間連續三十日內不得超過一百小時，連續十二個月內不得超過一千小時。

3.5.8.4 執勤期間不得連續超過十二小時（執勤時間計算方式，以報到簽到至簽退為計算基礎，包括飛航前準備、飛航任務、飛航後整理工作、行政工作、訓練、調派及待命時間），並應列入勤務表（月/日任務派遣表）。本公司直昇機為目視飛航、無夜間飛行任務、休息時間為當日終昏開始至隔日拂曉時之間隔，最少應給予連續十小時以上之休息；組員應自主管理、每日休眠時間應有八小時；外場作業時機組領隊負有對組員生活管理及監督之責，嚴禁酗酒、熬夜之情事，如有違反、依本公司「工作規則」處理。

3.5.8.5 本公司依規定保存組員之飛航時間、飛航執勤期間、休息期間、執勤期間及待命期間之紀錄至少連續十二個月。

.....

3.5.10 為避免直昇機之導航及通信設備遭受干擾，個人攜帶之電子裝備及行動電話，於飛航中均不得使用。

.....

3.5.12 飛航前需做任務提示並由機長主持，其內容包括：（一）任務概述（二）機型/機號/狀況（三）任務分派（四）搭乘人員/貨物/總重（五）操作飛

¹¹ 凌天表示：「單一駕駛員飛航時間不得超過 6 小時之規定係指工作日或曆日天計算」。

航計畫（六）航路及場站天氣及預報（七）攜帶裝備（八）複習緊急程序（九）其他安全規定（含飛機性能數據查據）。

.....

3.5.20 組員執行任務含單一駕駛員，行動基準，如（附表三）。

航務手冊附表三組員執行任務行動基準內容部分摘錄如下：

飛行前

1. 飛航組員於任務前一小時至簽派組報到，並確認已完成飛航簽放...
3. 飛航組員之飛航、工作、休息時間，是否合乎公司航務手冊之規定。
5. 起飛 30 分鐘前按航務手冊附表一內容完成任務提示（機長主持）並瞭解該預定飛航有關之氣象資訊。
6. 起飛 20 分鐘前赴停機線執行飛航前直昇機 360 度檢查（確定燃油數量符合需求）於起飛前完成維護記錄簿檢查及填寫，並確認簽派員向航務室完成飛航放行。

.....

5.3 直昇機飛航前準備規定：

.....

5.3.2.7 操作飛航計畫已完成。

.....

5.3.4 每一次飛航均應填具操作飛航計畫.....

.....

5.3.9 飛航計畫與航路檢查：

5.3.9.1 飛航組員應於飛航前，計算飛航相關資料，如檢查點、航向、航程、預計飛航時間、到達時間及消耗油量等。於飛航途中，重複檢查並對照是否與原訂飛航計畫相符。

.....

5.5 隔離及飛航高度規定：

5.5.1 目視飛航高度最低不得低於 AGL 500 呎，但飛越城市上空時以距航空器 2000 呎半徑範圍內最高障礙物 1000 呎以上為原則。

.....

5.7.7.2.1 飛機組員或乘員於艙內直昇機進行加油作業時，不得使用相關電子裝備（行動電話、無線網路電腦、PDA、無線電等）。

5.7.7.2.2 直昇機進行不關車加油時，乘員不得上下直昇機。

.....

5.10 直昇機山區飛行應注意事項：

5.10.1 本公司直昇機執行山區飛行特種作業、任務機組人員應先行完成相關飛航準備、包含人員機務狀況、任務內容、天氣資料預報、作業飛行高度及環境之瞭解，並應完成地圖研讀、天氣資料研判、機型性能圖表查閱等。

5.10.2 依據任務需求，加強飛機整備，各項裝備應為妥善。

5.10.3 高山作業應依據本公司直昇機機型之限制執行任務，如作業高度超過5000呎以上之環境，即應完成山區飛行風險評估表（如附表十）；併操作飛航計畫及任務提示資料等，保存至少三個月。

.....

1.17.2 人員訓練

凌天第20版之航務手冊，與飛航組員訓練相關之內容，摘要如後：

3.4 飛航組員訓練

3.4.1

3.4.2 建立並保持經民用航空局核准之地面學科與飛航訓練計畫，以確保每一飛航組員皆經過適合之訓練，勝任其職務。

.....

3.4.5 飛航組員訓練，應要求每一組員（含單一駕駛員）確實了解在正常不正常或緊急操作程序中，其應負責任及與其他組員間之關係訓練計畫應按民用航空局規定施予複習訓練並包括測驗以決定其是否勝任。

.....

3.4.8 課目內容：

- 3.4.8.1 組員／單一駕駛員資源管理(CRM／SRM):(SRM 係單一駕駛員資源管理) 組員／單一駕駛員資源管理係有效運用全部可供利用的資源，以獲得安全和有效航務運作及資源管理之主要觀念，區分為狀況警覺、錯誤環節、溝通技巧、協調與合作重要觀念等。
- 3.4.8.2 正常操作程序。
- 3.4.8.3 有關直昇機機體、動力、各系統與火災等之緊急及不正常操作程序。
- 3.4.8.4 正常及緊急情況下，每一組員之工作及職責、需熟記飛安口訣發揮飛航組員資源管理、著重於溝通協調、團隊合作、工作管理及專業精神、一切均按程序讀出、切莫投機取巧、要主動提醒及早接手、遇狀況轉降安、重飛好為目的彼此合作無間確保飛安。
- 3.4.8.5 起飛巡航落地階段 CFIT\ALAR 之預防及不預期進入儀器天氣：
.....
- 3.4.8.5.6 地、空勘的執行:特種作業前透過地、空勘以了解作業區的地障位置及高度。
- 3.4.8.5.7 作業區起飛、落地方向的選擇:大載重情況下應迎風起飛落地以增加飛機升力。
- 3.4.8.5.8 良好的組員／單一駕駛員資源管理(CRM／SRM):透過良好的 CRM/SRM，正、副駕駛或單一駕駛員取得良好的默契、適切的分工、得以有效掌握、研判各項資訊、不致誤判、而採取錯誤之處置。
- 3.4.8.5.9 目視飛航必須全程保持不進雲及能目視地面或水面。
- 3.4.8.5.10 結合組員資源管理訓練降低人為因素、加強飛航組員操作訓練、組員資源管理訓練及如何防止航機於操作情況下碰撞地障、減低進場、落地階段失事及不預期進入儀器天氣等，於年度複訓實施。

有關組員資源管理之訓練，除上述資料外，凌天並未提供相關之實質訓練教材。凌天最新版之飛航組員訓練手冊為第 11 版，版期為民國 105 年 6 月 8 日。該手冊與本次事故訓練有關之內容如後：

6.4 BELL-206 機種升等訓練

.....

6.4.2 飛行術科 10 小時

1. 性能飛行：4 小時

滯空起降及滯空操作

正常起降

大性能起飛/大角度進場

滾行落地

2. 基本儀器飛行：2 小時

標準轉彎/小轉彎

上昇及下滑

加減速操作

3. 緊急程序：3 小時

飛行調速器失效處置

火警處置

發動機失效處置

液壓系失效處置

燃油系失效處置

電力系失效處置

尾旋翼失效處置

各類型不正常程序之操作

.....

9.2 BELL-206 機型定期複訓

9.2.2 飛行術科：2 小時 40 分鐘

1. 性能飛行：30 分鐘

滯空起降及滯空操作

正常起降

大性能起飛/大角度進場

滾行落地

2. 基本儀器飛行：30 分鐘

標準轉彎/小轉彎

上升及下滑

加減速操

3. 緊急程序：30 分鐘

飛行調速器失效處置

火警處置

發動機失效處置

液壓系失效處置

燃油系失效處置

電力系失效處置

尾旋翼失效處置

各類型不正常程序之操作

11.3 空照、空勤及巡線作業訓練：

11.3.1 訓練資格：該機型駕駛員。

11.3.2 課程內容：

1. 地面學科：6 小時

平行、方型擴展、扇形、等高線之飛行要領：1 小時

安全規定：1 小時

操作要領及程序：1 小時

山區飛行：1 小時

組員資源管理 (CRM) / 單一駕駛員資源管理 (SRM) : 1 小時

測驗：1 小時

2. 飛行術科：2 小時

高高度低空速飛行、低高度低空速飛行：40 分鐘

緊急程序：40 分鐘

飛行考驗：40 分鐘

1.17.3 直昇機性能及操作限制規定

依據航空器飛航作業管理規則第二百三十三條附件五內容如下：

1. 定義

1.1 A 類直昇機 (Category A)

多發動機直昇機，依 ICAO Annex 8 Part IVB 之規範特性所設計之發動機及系統隔離特性，且可依據專門針對起飛及落地關鍵動力機件失效所設計之性能圖表，保證直昇機具有足夠性能，於合適之計畫地表區域持續安全飛航或放棄起飛。

1.2 B 類直昇機 (Category B)

不符合 A 類直昇機 (Category A) 性能標準之單發動機或多發動機直昇機。B 類直昇機於遭遇關鍵動力機件失效時，不保證持續安全飛航，而需要實施迫降。

2. 一般說明

2.1 本附件適用於民航運輸業直昇機及普通航空業直昇機之空中遊覽、救護及商務專機等飛航業務。

2.1.1 以一級性能及二級性能飛航之直昇機，其適航類別必須為 A 類直昇機。

2.2 以三級性能飛航之直昇機，其適航類別可為 A 或 B 類（或等效類別）直昇機。

2.3 直昇機應依下列規定飛航。但經民航局許可者，不在此限：

2.3.1 直昇機起降場位於人口稠密且無適當迫降區 (congested hostile environment) 可供使用之環境飛航，往/返起降之直昇機，應符合一級直昇機性能需求。

2.3.2 直昇機於起降階段應確認能執行安全迫降，始得以二級性能方式飛航。

2.3.3 三級性能直昇機飛航，僅限飛航於具安全迫降環境 (non-hostile environment) 之地區。

2.4 直昇機以不同於 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 所列之條件飛航時，應執行風險評估並考量下列因素：

a) 業務種類及飛航環境；

- b) 執行飛航必須飛越之區域/地形；
- c) 直昇機發生關鍵動力機件失效之機率及類此事件發生後之嚴重性；
- d) 維持（多）發動機動力機件可靠度之各項程序；
- e) 減緩關鍵動力機件失效造成嚴重後果之飛航及訓練程序；及
- f) 如何安裝及使用監控系統。

另依據飛航作業管理規則第二條相關名詞定義如下：

.....

五十七、一級性能直昇機：指於關鍵動力機件失效時，仍能降落在放棄起飛區域或繼續安全飛航至適當降落區域之直昇機。

五十八、二級性能直昇機：指除在起飛臨界點前或降落臨界點後發生關鍵動力機件失效時，可能需執行迫降外，仍能繼續安全飛航之直昇機。

五十九、三級性能直昇機：指於飛航中任一點發生動力機件失效時，應執行迫降之直昇機。

.....

1.17.4 疲勞與藥物使用限制規定、訓練或資訊

凌天航空器失事預防計畫 3.4 節規定：飛航組員應自我要求，任務前必需要有充份之休息與睡眠；並應恪遵藥物限制，以免影響飛安。

3.10 節訂定有酒精及麻醉藥物測試相關規定。

依據凌天之書面回覆資料，事故前兩年內提供給飛航組員之訓練或安全資訊中，並無包括有關疲勞與藥物使用限制之內容。

1.17.5 飛航組員執勤與休息相關法規

航空器飛航作業管理規則有關普通航空業直昇機飛航組員執勤與休

息相關規定整理如下：

第二條名詞定義指出：

- 飛航時間係指為計算執行飛航任務及登錄飛航時間限度之時間，其中有關直昇機部分指旋翼開始旋轉時起至旋翼停止旋轉時止之時間；
- 飛航執勤期間：指組員自報到開始起算至完成所有飛航任務，飛機停止移動或直昇機旋翼停止旋轉之期間。
- 執勤期間：指航空器使用人要求組員執行之各項勤務期間，包括飛航任務、飛航後整理工作、行政工作、訓練、調派及待命等時間；
- 休息期間：指組員在地面毫無任何工作責任之時間。

第二百零七條之一規定：航空器使用人應保存組員之飛航時間、飛航執勤期間、休息期間、執勤期間及待命期間之紀錄至少連續十二個月。

第二百八十二條有關普通航空業飛航組員飛航時間限度指出：連續二十四小時內，其飛航時間不得超過八小時，且於執勤完畢後，應至少給予連續十小時之休息。

1.17.6 民航局對執勤與休息相關紀錄之檢查

1.17.6.1 普通航空業航務檢查員手冊

民航普通航空業航務檢查員手冊中，有關飛航組員執勤與休息相關紀錄檢查之工作指引摘要如下：

工作任務 7：航空人員檢查

航空人員檢查是一定期執行之工作，以判定飛航組員是否持有有效的檢定證及體格及格證。其檢查項目包含飛航/休息/執勤期間，即檢查航

空人員執勤時間之適當性。手冊中提醒檢查員，應經由查閱儲存於公司紀錄保存中心的每一航空人員的公司紀錄來查證所獲得的資訊，例如，航空人員飛航/執勤/休息期間的查證可能牽涉到組員派遣紀錄、課堂訓練紀錄及航空器飛航紀錄。

工作任務 11：組員紀錄檢查

組員紀錄檢查係檢查組員之資格與訓練之有效性，通常是在業者之基地執行檢查。手冊中提醒檢查員，在執行任何紀錄檢查前，檢查員應熟悉航空業者的紀錄保持系統並須熟悉在此系統可取得之特定紀錄。檢查項目則包括飛行與休息相關紀錄。

1.17.6.2 民國 106 年度對凌天之航務檢查紀錄

民航局自民國 106 年 1 月 1 日至 6 月 10 日對凌天共計執行 89 次航務檢查，其中包括航空人員檢查 3 次，組員紀錄檢查 4 次。該 89 次檢查共發現 6 項缺點，包括：簽派手冊內容不符時宜、飛航紀錄未歸檔、自我督察相關人員離職未另行指派、簽派員訓練/測驗內容與飛航組員航路檢定/考核報告表相關缺失、航空器不適當地點啟動引擎、防颱實施計畫內容缺漏等。

1.17.7 不關車加油程序

依據凌天地勤作業手冊 5.6 節 BELL-206B3 型機不關車加油程序(民國 105 年 6 月 20 日，Rev. 11)，不關車加油作業之編組與職掌如表 1.17-1。

表 1.17-1 不關車加油作業編組與職掌

單位	職稱	員額	職掌與工作內容
航務處	未作業機師兼地面管制員	1	負責飛機及人員於外場落地點之安全管制。
航務處	作業機師	1	負責加油作業中飛機穩定度

			操控與指示加油動作之起止。
機務處	機械員 ¹²	1	持滅火器於上風處警戒並配合駕駛員指示，下達加油起止的動作。
機務處	加油員	1	飛機搭地與加油操作。
機務處	加油員	1	控制加油電動馬達開關。

該作業程序規定，直昇機於外場執行不關車加油時，機械員以手勢指揮直昇機降落後，地面管制員即以手勢指揮加油員就位，執行搭地線與油量補給作業，機長目視儀表顯示到達需求油量時，以手勢下達停止加油的指令給機械員，機械員再以手勢下達停止加油的指令給加油員，油量補給好時，機械員應檢視直昇機燃油箱蓋已蓋妥，並於作業區確實清場後，再以手勢指揮直昇機起飛執行任務。

1.17.8 危險品置放規定

凌天第 12 版地勤作業手冊第 6.5.2 節規定，執行空拍作業期間，燃油等危險物品禁止置放直昇機上。

1.18 其他資訊

1.18.1 訪談資料

1.18.1.1 正駕駛員乙訪談摘要

受訪者稱其於 6 月 9 日未與任務領隊（正駕駛員甲）在機場碰面，當天第一批任務係由正駕駛員甲自清泉崗機場起飛，載有 2 名空拍員，執行空拍任務。本來預計要去旗山，但因為旗山天氣不好，決定改在善化落地。飛機約 1224 時到達善化，之後亦由正駕駛員甲執行第二批空拍任務，於 1250 時起飛，於 1440 時到達楓港落地關車。第三批仍由正駕駛員甲執行，

¹² 舊版地勤作業手冊名稱為機械員，之後更名為維修工程師。

於 1630 時起飛，1805 時左右回楓港落地關車。

機組人員當日入住當地旅館¹³，於 1910 時晚餐，並討論次日拍攝規劃及需求：預計拍攝恆春半島日出之光線，飛渡至池上，之後向北拍花東縱谷、稻田、秀姑巒溪及石梯坪，然後繞海邊向南回池上，並未提到要拍攝之特定點。任務領隊於聽完需求後，決定次日任務計畫為：第一批拍恆春半島，第二批回來加油後飛渡到池上，約 12 點，在當地用餐休息，第三批約下午 1500 時再飛一批。

第二天，約 0520 時起床，遇任務領隊，見其精神正常。正駕駛員乙完成飛機檢查後，約 0625 時於楓港開車，起飛爬升至約 1,500 呎無線電訊號不好，因而在附近盤旋叫守望，一直叫不到。於是將無線電調到地面呼叫任務領隊，因無航管許可不能過山，於是決定先落地再看狀況，落地時約為 0645。落地後換耳機再起飛，到 2,000 呎後就可與守望聯絡到。起飛後本想拍南迴公路，但雲層厚，光線不好而作罷。由南迴經達仁再經九鵬時，受訪者曾提醒因九鵬是軍事基地不要拍攝，且當時光線也不好。過九鵬後於旭海沙漠開始拍（約 2 圈 15 分鐘），再往南到港仔拍 2 次漁港、佳樂水石頭畫面、鼻頭角，空拍員甲曾要求飛高些拍全景，速度約為 50 哩。於佳樂水拍石頭時有要求飛快些，本想再拍南灣景點，但考量油量，決定繼續拍完定置魚網後，於 0830 時返楓港作業點落地。受訪者原以為會繼續飛第二批飛渡至池上，但落地前任務領隊透過無線電通知換手，所以落地後未關車，執行換手，換手期間觀察領隊之行為及神情都很正常。

有關當日飛行第一批回來又起飛，照相作業人員要求換人飛乙事，受訪者表示於事後公司開檢討會時，業務人員提出報告時始得知要求換人之訊息。受訪者認為被要求換人的原因可能因當時無線電通訊不好浪費了時間，因啟動後就開始計費，所以空拍員甲曾向受訪者表示此段時間應不要

¹³ 位於屏東縣枋山鄉楓港村舊庄路，平日晚間 9 時以後即無人車吵雜之現象。

計費。

對於飛行中之動作，空拍員甲會要求想要如何拍，但如做不到，駕駛員也會如實反映，空拍員甲也不會堅持，受訪者認為不會有安全之問題。有關飛行中空拍員甲要求之動作，有低空、慢飛及滯空之要求，但不多。受訪者指出，空拍員甲會要求拍攝雲層及穿越雲隙鏡頭，飛機於空中，空拍員甲會有很多臨時需拍攝之特殊鏡頭，例如突然來一片雲，要配合地面景物拍攝等。其經常可能要求之動作是對預計要拍之目標繞圈及調整速度。從前飛玉山時，曾有要求飛得更慢些，但如有安全顧慮，駕駛員都會拒絕。

1.18.1.2 資深教師駕駛員訪談資料

經訪問 2 位旋翼機總飛行時間超過 1 萬小時之教師駕駛員，主要機種是 UH-1H 及 TH-67 型機，事故型機飛行總時間約 7 千小時。

該 2 員由相關新聞及媒體資訊，配合其經驗及專業知識，因為觀察其主旋翼是完整的，原認為本事故應是發動機動力有問題，或是主齒輪箱咬死，造成航機墜落。

受訪者 1 表示，直昇機飛行中，常有機會遭遇帶動力下沉狀況，此狀況通常係低速、大下降率及帶動力之狀況，如操作不當，則航機可能會進入自身下洗氣流中而失控；例如進場落地時，減速過程中，造成下降率過大，無法控制，那時必須減集體桿，同時推頭加速重飛以脫離下洗氣流，當然可能消失一些高度，但如稍有遲疑或當時高度不夠，則航機可能失控撞地。台灣地區多山，存在許多不穩定氣流。山區飛行時常會遭遇下降氣流，亂流或地形風，如操作不慎，很容易進入帶動力下沉狀況。曾有一次山區飛行進入下降氣流，當時進入不利之順風，飛機會帶不起來，此時應放低集體桿、加速以脫離此氣流不穩區域。

問及直昇機主旋翼轉速到達慢車轉速以下，發動機會不會熄火，受訪者 1 表示，曾有一次飛 UH-1H 帶學生，因主旋翼低轉速警告致動，以為發

動機熄火而做自轉，落地時才發現發動機是好的。當時油門在慢車位置，主旋翼轉速很低但沒有熄火。受訪者 1 以系統功能觀點，敘述發動機之運作原理：主要看點火、供油及進氣燃燒。通常 N2 轉速 15% 以上就點火，如供油及進氣正常，理論上是不會熄火的。受訪者 1 以實際經驗表示：B206 型機主旋翼轉速到達 50% 或以下時，如持續供油及運轉，是不會熄火的。

受訪者 2 認為直昇機飛航應於飛航前查找性能圖表 (performance plan chart)，以確定航機性能符合當時載重狀況。依照該員經驗，該機可能於臨界載重、低速狀況下，執行下降動作，依當時飛航環境，應會有地形風；於該狀態下飛航，復遭遇順風，極可能進入帶動力下沉狀況。受訪者也認為地面效應外與地面效應內之差別大，尤其於有尾風及大載重狀況下，此時主旋翼及尾旋翼均需多餘馬力維持航機之操作，可能很快就出現馬力不足之狀況。

1.18.1.3 相關正駕駛員訪談紀錄

本次事故針對各航空公司曾配合空拍員甲執行空拍任務之正駕駛員進行訪談，其旋翼機飛航時間，均超過 5,000 小時。相關訪談重點，綜合摘要如下：

有關凌天對組員之訓練，針對不同任務規劃有不同之訓練，訓練手冊內均有詳細定義。對執行空拍任務而言，困難度不如執行礙掃，但也會面臨大馬力、高密度高度、大載重及低空速之狀況，受風之影響也很大，組員也上過相關尾旋翼失效及帶動力下沉之相關課程。對於帶動力下沉之特性，在大馬力低空速（低於 30 浬/時）實施大角度下降或大下降率及順風狀況下，有可能進入帶動力下沉，一旦進入該狀況，改正之動作是減桿（降低集體桿減小主旋翼槳距）、推頭（推前迴旋桿）加速，脫離下洗氣流之氣場。

於執行類似空拍任務前準備包括瞭解拍攝區域，如需於大馬力低空速或高密度高度狀態下執行拍攝，必須考慮馬力負荷。另外是障礙物之視察，

像這次之空拍任務是勘景，勘景也是依照其需求，完成勘景後如有不足可能還有補拍之情形。

根據與空拍員甲合作過多次經驗，拍攝人員對天氣、光度及光線方向（角度）要求很高，所以隨機應變拍攝之程度較強，常有隨機拍攝之機率。有關空拍中相關特殊動作之需求配合，包括固定點繞飛、慢飛、滯空、重飛等，只要不影響安全，在相關限制範圍內及飛航安全前提下均能配合。飛航中有些低速及滯空之要求，因都在地面效應外，所以均會檢視當時航機馬力狀況，不會勉強執行。如果非要執行，也會以不同角度並以帶速度方式執行，也許效果不好但可以保障安全。空拍中有時為求效果，空拍員甲會要求帶頭、急速下降或地貌飛航之動作，但這都是建立在安全前提下。受訪者舉例，如收到改變平飛姿態飛行需求，包括低高度及滯空飛航需求，會先於高空偵察相關風向及預估風速，並評估現有馬力狀況，以決定是否可行。

在空拍前，空拍員甲會與駕駛員溝通拍攝之需求，但於實際拍攝時，因為實際狀況及角度或光線問題，進入後會有改變，例如滯空或改變航機之姿態等。受訪者在天上並沒有與空拍員甲發生爭執情形，如未達到預期拍攝效果，下來後空拍員甲也不會覺得不滿，但因每人之飛行能力不同，他會對執行空拍之駕駛員有些評論，但通常駕駛員並不會在意其評論。空拍員甲對相關地標非常熟悉，拍攝前注重光線方向，一般執行動作前，均會有相關簡報與提示。

1.18.1.4 航空維護工程師訪談資料

航空維護工程師在凌天任職約 6 年，該員為事故機機工長（以下簡稱機工長），負責該機停機線維修作業。

該員於 6 月 10 日早上約 0530 時抵達楓港集合點與其他組員會合，約於 0540 時開始執行事故機飛行前檢查。同時間維修員甲執行油車甲之燃油

取樣作業，取樣 250 毫升。之後該機工長與兩位當日任務駕駛員使用檢查藥劑執行油料水分檢測，檢測結果顯示燃油無水分，然後航機加入 30 加侖燃油，並於加油後 30 分鐘執行燃油取樣及檢測。燃油取樣位置為飛機機腹燃油漏放瓣及低壓燃油濾各取約 250 毫升，檢測結果亦無水分反應。該兩瓶取樣之燃油共約 500 毫升，與其他飛機裝備一同放置於停機作業點。

駕駛員執行起飛前飛機檢查、燃油確認及任務提示後開車，航機狀況良好，儀表顯示正常，於 0630 時起飛執行第一批空拍任務。該機於 0830 時返楓港落地，落地期間由機工長執行過境檢查，狀況正常。當時飛機燃油存量為 30 加侖，空拍人員接受引導下機休息時，原定繼續第二批任務之正駕駛員乙要求維修員甲添加燃油 40 加侖，加油後檢查燃油量為 70 加侖，正駕駛員乙再次確定飛機狀況及儀表顯示正常。機工長因第三批任務集合點為池上，路途顛簸，故將第一批任務前自該機取樣之兩瓶油樣置於貨艙，隨機一同運至池上，預計前往池上後再取下。機工長加油後依駕駛員指示引導空拍人員上機，確定安全帶繫妥後，再次確定飛機及所有艙門及蓋板至定位，航機於 0845 時起飛執行第二批空拍任務。

該機原預計飛渡至池上落地後關車加油，於當日下午 1500 時再執行第三批空拍任務，機工長與正駕駛員乙開車前往池上集合。機工長說明，該機於 1020 時落地後，未依原預計落地關車加油，而是正駕駛員甲指示維修員乙自油車乙加油後，於 1045 時再次起飛。當時機工長仍在前往池上的途中，因而未能將兩瓶取樣燃油自事故機中取出。

1.18.1.5 維修員甲訪談資料

維修員甲在凌天任職約 7 至 8 年，該員為油車甲駕駛員，為事故當天事故機第一、二批任務飛行前負責加油者。該員了解執行飛機油車加油必須熟悉安全守則，其亦經公司加油及危險物品的訓練，才能擔任此工作。

6 月 10 日早上飛機預計自楓港 0630 時起飛，該員 0525 時到飛機旁執

行飛行前檢查，約 0615 時檢查完畢。接著執行油車油樣檢驗，油樣給第一批飛行的教官檢視沒問題後做油料補給。加油時飛行教官依飛機油量表指示之油量，以手勢指示停止加油，約 0635 時加油後飛機起飛。

飛機第一批飛行回來後，由另位飛行教官執行第二批從楓港飛到池上，所以需要再加油，加油後飛機就飛往池上。

1.18.1.6 維修員乙訪談資料

維修員乙在凌天任職約 6 年，該員為油車乙駕駛員，為事故當天事故機第三批飛行前加油者。該員了解執行飛機油車加油必須熟悉安全守則，其亦經公司加油及危險物品的訓練，才能擔任此工作。

6 月 9 日在楓港旅館時，飛行教官就指示飛機隔天要從楓港到池上，油車要提前到池上備便，所以該員於 6 月 10 日早上約 0430 時就從楓港出發到池上，約 8 點抵達池上鄉法林寺。因路程途中油車會晃，油水會混合，所以抵達目的地後有讓油車靜置一段時間，再執行加油任務。

飛機約在 1020 時抵達池上落地，在飛機抵達前就從油車以油槍做燃油取樣。油樣給第三批飛行教官檢視沒問題後再執行飛機加油，加油後約 1040 時飛機起飛。

因為沒有油量表，所以加油的油量也是依飛行教官的手勢指示來停止加油。依過去經驗，飛行期間油量的消耗 2 小時約需 70 加侖，因為飛機不熄火不關車加油，講話聲音聽不到，所以加油時都是依教官的手勢指示來停止加油。

每次任務前，飛行教官會先預估總油量的需求，再依教官指示那一輛油車要裝多或裝少，配合轉場位置，2 輛油車各就位置備便支援。

飛機燃油取樣由機工長負責，就該員了解，機工長每天只有在第一趟飛行前檢查時取飛機燃油樣本一次。

1.18.1.7 航務簽派員及業務人員訪談資料

航務簽派員為 6 月 9 日事故機自臺中本場出發前負責飛機載重平衡計算者。該員表示飛機從本場出發前的載重平衡計算由航務簽派員負責，到外場後就由飛機副駕駛負責。

執行空拍作業時，需求者提出拍攝區域及地點，凌天負責飛機整備及降落地點安排，對於拍攝之內容，則不過問。6 月 9 日上午安裝設備時，空拍人員與飛航組員有行前提示會議，說明執行細節，因飛航過程有很多變數，如管制及天氣變化等，所以很多行程及內容都會改變。6 月 9 日預計執行 3 批任務，第一批預計是飛渡到旗山，因天氣緣故改到臺南善化落地，加油後起飛，約 1400 時到達楓港。到達楓港後空拍員甲要求拍黃昏景象，所以 1630 時執行了一批拍恆春夕陽。約 1900 時，機組人員一起晚餐，同時提示次日之行程，原規劃 0630 時第一批至墾丁，第二批 0830 時飛渡至池上，於池上休息，下午 1500 時第三批。於會議中空拍員甲曾提出到達池上後立即繼續飛第三批之需求，後因考慮飛航組員之飛航時間限制及機工長不易支援而作罷。全體人員，約於 2000 時解散回房休息。受訪者觀察任務領隊的精神及身體狀況都正常。

6 月 10 日規劃之行程，前兩批由正駕駛員乙主飛。之後到池上關車休息，於下午 1500 時換人，由正駕駛員甲飛第三批。因第一批飛行為正駕駛員乙，此為其第一次與空拍員甲合作，任務領隊較為關注，曾問正駕駛員乙有關航線、地區及起降場之熟悉度，正駕駛員乙表示無問題。第一批起飛後，正駕駛員乙以無線電告知地面無法與航管聯絡，大約在附近盤旋了 15 分鐘，之後地面指示其繼續飛，地面將負責與航管聯絡。落地前空拍員甲傳訊息問地面業務人員，下一批可否換人飛，領隊同意更換主飛人員。

受訪者敘述空拍員甲執行空拍之情形，任務前都會問飛行教官是誰，長期以來的合作經驗，覺得正駕駛員甲比較容易配合，對指令之回應也較精準。因為飛行每分鐘都要計費，所以付費者要求效率是可以理解的。剛

開始時，空拍員甲會指定飛行教官，但公司認為飛航時由資深搭配資淺人員較易達到經驗傳承及人員成長之目的。

該員說明，不同的攝影公司會有不同的攝影裝備，安裝方式及重量也都不同，飛機外裝的攝影機都是在臺南亞航完成加改裝套件及秤重，都有個別使用的載重平衡表格，攝影機重量資料都已制式化在表格內。

6月9日飛機自臺中本場出發前裝上攝影公司的攝影機後，按該攝影機的載重平衡表格計算，重心都在限制範圍內。其有告知機工長所需要加的配重，由機工長負責將所需配重放到飛機上，該機放置配重位置在飛機後貨艙，貨艙內並無特定位置供配重放置，只需將配重放入後貨艙即可。

1.18.1.8 空拍助理訪談資料

受訪者專長是攝影及剪接，主要擔任空拍員甲之地面及空中之攝影工作，最主要是拍他個人之工作，包括公共場合及演講之攝影，但在空中也會協助拍些影片，另外於地面做剪接工作。

有關事故相機 Cineflex，平常個人並不常於空中使用，但於地面上有時會拿出來暖機，操作一下手感。此相機主要用於空中攝影，空中攝影最大之困難是飛機的震動，此相機有避震盤，總共有6個彈簧有防震功能，可以克服空中飛行之震動，也可以上下及360度轉動，詳細功能可查說明書，有關轉動速率之限制，因平常操作都很慢，所以沒試過其限制。

有關空拍員甲於空中執行拍攝工作時，要做的動作事前都會跟駕駛員溝通，比如拍一個目標，會要求駕駛員繞目標飛，拍好後會告知駕駛員到下個目標。於繞目標之過程中會要求駕駛員調整與目標之距離，有時也會要求駕駛員滯空，也會要求航機慢一點，低一點，也常會要求調整高度，但都會跟教官溝通好後再執行。於執行過程中也會常有非預期之景點會拍攝，但都會先問教官是否可行。根據歷次飛行經驗，不覺得曾有危險之狀況發生。也曾坐過空軍之直昇機，感覺凌天這種飛機馬力比較小。

受訪者強調執行空拍過程中，空拍員甲會提出其對攝影之需求，教官會評估，合作互動良好，從未有過不愉快之狀況發生，提出之需求也很少遭到教官之拒絕，因為空拍員甲很了解哪些動作不能做。

受訪者說明有關空拍機上之配置，通常由空拍員甲坐前面，助理坐後面，另一個位置上放一個高約 15 公分、一個座椅大小的攝影機主機。攝影機之主機係位於機上後座，接一條線到機首連接鏡頭，再由主機接一條線到前座控制面板，該控制板上右側有一搖桿，可控制鏡頭旋轉及上下移動。另控制板上自動旋轉控制；包含旋轉（pan）、滾轉（roll）、上下（tilt）、速度（speed）及 zoom in-out 等之自動控制。

1.18.1.9 民航局航務檢查員訪談資料

受訪者係民航局負責監理凌天飛航業務之航務檢查員。以下訪談內容為該員承辦凌天事故該次空拍作業之申請及核准過程。

受訪者表示，普通航空業所執行之業務為民用航空運輸業以外之空中遊覽、勘察、照測、消防、搜尋、救護、拖吊、噴灑、拖靶勤務、商務專機等經民航局核准之業務。

受訪者表示，業者之業務申請需依據「普通航空業管理規則」向民航局空運組提出；經其簽會各相關組室意見彙整同意其申請後，即可執行普通航空業相關營運項目。凌天經營之業務即依照上述規定及程序，申請獲准，民航局也依據相關規定，對其進行法定之監督及管理。

受訪者表示，依據管理規則第 9 條：業者應於計畫作業 5 工作日前，檢附飛航作業申請書、搭載乘員名冊及相關必要文件向民航局申請核准，臨時起降場及飛航計畫也有相關規定。另民航局有一航班管理作業申請系統網站，由業者上網填妥後向民航局申請，空運組有專人承辦及審核。於該案會審流程中，各組室會提供審查意見，標準組如審查無問題則會請業者依據「航空器飛航作業管理規則相關規定」執行。民航局同意公文內容

中亦會將相關意見如：應依據民營飛行場管理規則、航空器飛航作業管理規則、飛航規則及飛航指南之規定等告知業者。

受訪者表示，查凌天 6 月 10 日之飛航作業，公司提出之申請包括航線規劃及臨時起降場等之需求，係經此一系統申請獲民航局同意申請，航機於飛航前也符合適航標準。

受訪者表示，凌天此次事故機型，依據飛航作業管理規則，為三級性能直昇機，有關航機分類 (Category A/B)，為直昇機設計及性能之問題。監理機關須確認航機有相關適航認證，符合適航之標準，飛航時駕駛員須考量環境因素及條件，依據飛航手冊規定操作飛航。山區飛航亦須遵守相關規定，在不違反相關飛航規則之條件下，掌握航機之性能及相關安全條件做最適當之飛航規劃及處置。

另外有關凌天飛航與執勤時間相關議題之訪談摘錄如下：

凌天對組員飛航及休息時間限制，於航務手冊 3.5.8.1 節訂定有「連續 24 小時內，飛航時間不得超過 8 小時、單一駕駛員飛航時間不得超過 6 小時」之規定，針對此點受訪者表示，該內容係以法規規定之模式編訂，凌天航空另增加「單一駕駛員飛航時間不得超過 6 小時」之規定，如為限制公司單一駕駛員每日飛航時間不得超過 6 小時，則需另立條文而非加註於連續 24 小時內飛航時間內，故航務手冊 3.5.8.1 節所述，是否為條文撰寫時考量不周，應尊重公司之政策。

受訪者表示，一般航務檢查時，會抽查「凌天航空公司飛航人員飛行時間紀錄表」，以檢視是否有飛航時間超限情形，該表記錄有飛航組員執行飛行任務之曆日天，每日累積之飛航時數。有時候受訪者會與飛航紀錄表之時間紀錄進行比對，因為飛航紀錄表記錄有更詳細之資料包括：開車、起飛、落地與關車之時間。

針對凌天現有紀錄哪些可獲知飛航組員執勤之起訖時間，以檢視是否

有休息期間不足之問題。受訪者表示，由組員飛航時間紀錄可獲知組員連續飛行之天數，輔以航務手冊規定之組員執行任務行動基準表，可比對出每日飛行任務之飛航及執勤起止時間、休息時間與法規之符合性。受訪者略悉凌天有員工出勤簽到簿、外場作業工作日誌等紀錄，但並非航務檢查時會檢視之紀錄。受訪者表示，凌天飛航駕駛員派遣執行台電礙掃、巡線、吊掛等空中作業，通常都是周休二日，飛航任務都是日間目視飛行，飛航時間都不高，以往查核均未發現有執勤或休息期間不足之問題。

有關凌天飛航組員飛航執勤起訖時間之規定，可參考航務手冊附表三組員執行任務行動基準。飛航執勤期間可依據附表三所述之任務前 1 小時至簽派組報到為起始點，惟依據以往外場作業之任務提示紀錄單顯示，提示均於前一天任務後實施，外場任務之任務提示這個時間點應該不適用於外場任務。外場任務可依據附表三所述之起飛前 30 分鐘任務提示與瞭解飛航相關天氣資訊為起始點，至於結束時間，附表三有指出飛行後應由機長主持完成任務歸詢。

1.18.1.10 目擊者甲訪談資料

受訪者事故當日約 1150 時於住處二樓聽聞直昇機主旋翼劃空的「答、答」聲，感覺不太尋常，於是走到陽台一探究竟。其於目擊現場透過訪問者的相機鏡頭畫面（詳圖 1.18-1）描述當時看見一架直昇機約半山腰的高度由鏡頭畫面的左側往右側飛，飛到那十字形牧草位置（圖 1.18-1 黃色十字區域）時就開始迴轉往畫面左側下降高度。這時受訪者以為是消防署的飛機要來救村子在長虹橋下打魚的孩子，以前就發生過幾次村民打魚落水意外，也是消防的直昇機來救的，於是視線就移轉到長虹橋下，看橋下沒有人聚集，就又把視線拉回直昇機，但發現它已經墜毀在那山上開始冒煙了（圖 1.18-1 紅色劃叉處）。受訪者就叫女兒趕快報警。

詢問其當時是否看到及聽到直昇機及聲音有無異常，並請其模擬直昇機的聲音時，受訪者稱為「答、答、答」的聲響，無察覺有異常現象。但因

為不瞭解受訪者所稱之「直昇機約半山腰的高度由左往右飛，飛到那十字形牧草區時就開始迴轉往左下降高度」的確切狀況，訪問者與受訪者一起來到受訪者住處二樓陽台目擊現場，要求其就攝影機螢幕畫出目擊直昇機飛行軌跡（圖 1.18-1 粉紅色實線代表目擊之飛行軌跡，灰白色虛線代表未目擊之飛行軌跡）。



圖 1.18-1 受訪者於事故當時目擊事故直昇機飛行軌跡

1.18.1.11 目擊者乙訪談資料

受訪者曾為漁民，後改從事土木工程工作，迄今已有 8 年，常目擊直昇機低空飛行操作，對直昇機聲音相當熟悉。

受訪者當日上午約 0700 時即到達舊長虹橋做工程，共有 3 個人，受訪者獨自 1 人在橋上約中央位置操作機具，其他兩人在橋下。大約在 1150 時左右，看到一架直昇機由西邊縱谷飛出來，高度剛好高出對面的山頂，慢慢下降，速度很慢，飛行方向大約是朝北面，覺得飛機聲音及姿態都很正

常，以為他要從長虹橋下飛過，但不久就墜落在鐵皮屋旁的果園裡。受訪者表示，飛機沿著山勢向下，方向很穩，一直斜飛下來，沒有感覺飛機有停頓現象，也沒發現飛機有其他異常，旋翼轉動聲音也覺得正常，飛機也沒有旋轉，之後就消失在山坡上，視線被樹林擋住，快到達地面時還覺得很奇怪，為什麼飛那麼低。之後就目視墜落處冒煙，立刻用手機拍起來，後來煙越來越大，於是趕快報警。

受訪者說明事故當時在長虹橋上施工時風很大，是吹南風，以其漁民經驗評估大約 9 級風，對橋下員工講話都須用喊的。受訪者並表示其於上午 0700 時到達工地，工作時間除事故前聽到直昇機聲音外，其他時間並未聽到有直昇機之聲音。

1.18.2 操作規定與限制

凌天最新版 BELL-206B3 直昇機操作手冊為第 5 版，版期為民國 106 年 1 月 18 日。該手冊與本次事故相關內容如後：

.....

4.9 旋翼轉速限制：

4.9.1 有動力：

最低 97% ，最大 100% 。

暫時旋翼轉速低於 95% 不可超過 5 秒。

50% 至 60% 為加速範圍。

4.9.2 無動力：

最低 90% ，最大 107% 。

.....

4.11 風速限制：

4.11.1 尾風滯空最大 17 浬/時。

4.11.2 側風滯空最大 17 浬/時。

4.11.3 危險相對風向風速方位區域圖，請查閱 BHT-206B3-FM 圖

4-5

.....

7.6 發動機失效自動旋轉：

- (1) 集體桿—視需要調整，維持旋翼轉速在 90%至 107%綠線範圍。.....PF

附 註

自動旋轉時，旋翼轉速保持在操作範圍之上限，可提供最大旋翼轉速以完成落地；但相對也會增加直昇機下降率。

警 告

視狀況減低前進空速至所需之自轉空速，最低下降率指示空速 52 哩/時，最大滑行距離指示空速為 69 哩/時。

- (2) 低高度時，視需要關斷手油門並向後帶桿，以減低空速。.....PF
- (3) 當減速效果減低時，運用集體桿再減少空速並緩衝落地。.....PF
- (4) 建議在旋翼轉速低於 70%前，維持水平姿態著陸。觸地後，柔和減低集體桿，迴旋桿保持中央位置。.....
- (5) 穩定自動旋轉最大的指示空速為 100 哩/時，如超過此空速，會造成直昇機大下降率及旋翼低轉速。空速表上裝有藍色標誌，以提醒飛行員注意。..... F

7.12 帶動力下沉改正：

- (1) 拋棄外載。..... PF
- (2) 減低集體桿，減少馬力。..... PF
- (3) 轉向迎風，增加空速。..... PF
- (4) 低高度時，注意障礙物。.....PM

.....

原廠於民國 106 年 2 月 3 日第 16 版之 BELL-206B3 直昇機飛航手冊，第 4-7 頁圖 4-2 之內容為最大持續馬力狀況下之最大爬升率(如圖 1.18-2)。該手冊第 4-9 頁節有關可允許相對風之操作說明為：於相對風及側風 20 哩/時 (17 哩/時) 以下，航機在所有負載條件下於區域 A 之操作，其安定性與控制，經驗證結果證實達到滿意標準 (OPERATION IN ALLOWABLE

RELATIVE WIND: Satisfactory stability and control has been demonstrated in relative winds of 20 MPH (17 knots) sideward and rearward at all loading conditions within Area A of Hover Ceiling charts.)。該手冊第 4-12 頁圖 4.4 為地面效應外之滯空升限(如圖 1.18-3);第 4-14 頁為臨界相對風之方位區域(如圖 1.18-4)。

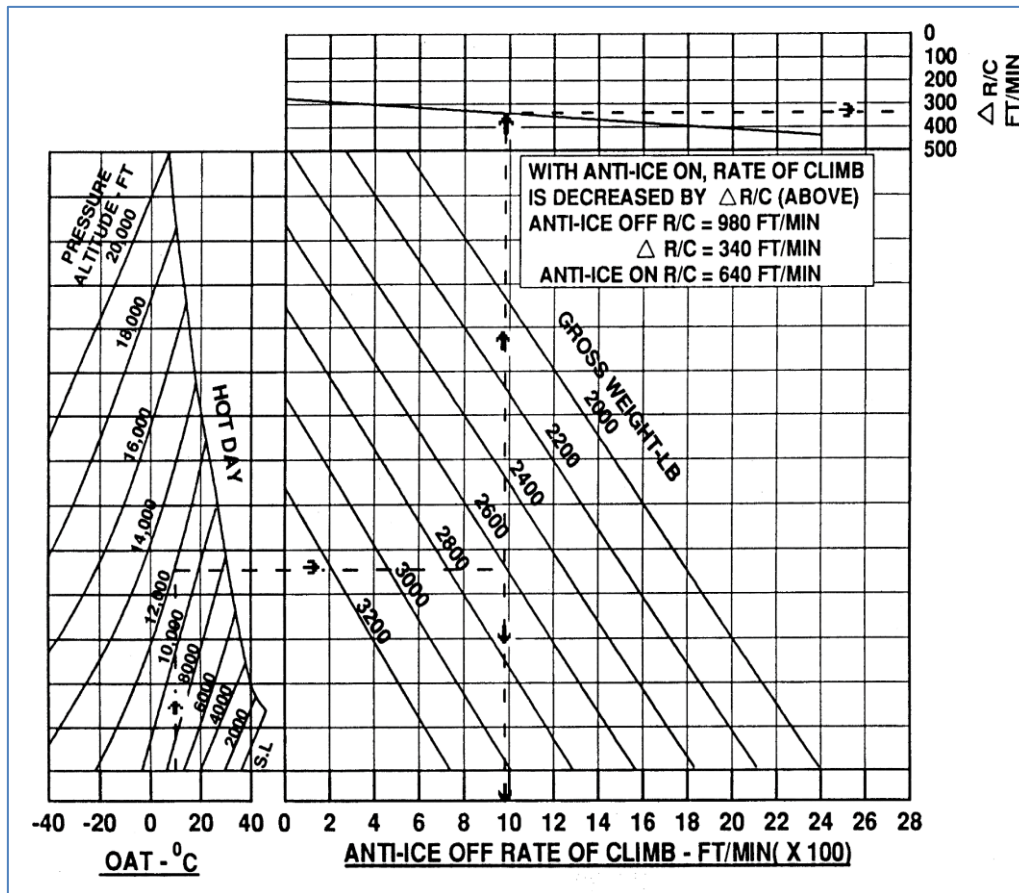


圖 1.18-2 最大馬力狀況下之最大爬升率

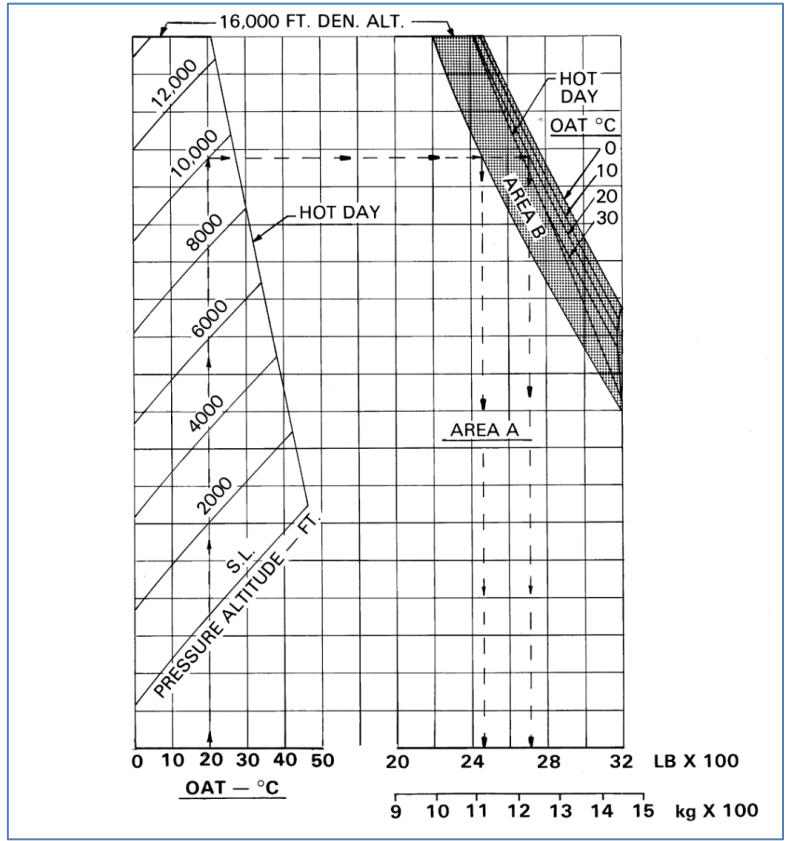


圖 1.18-3 地面效應外之滯空升限

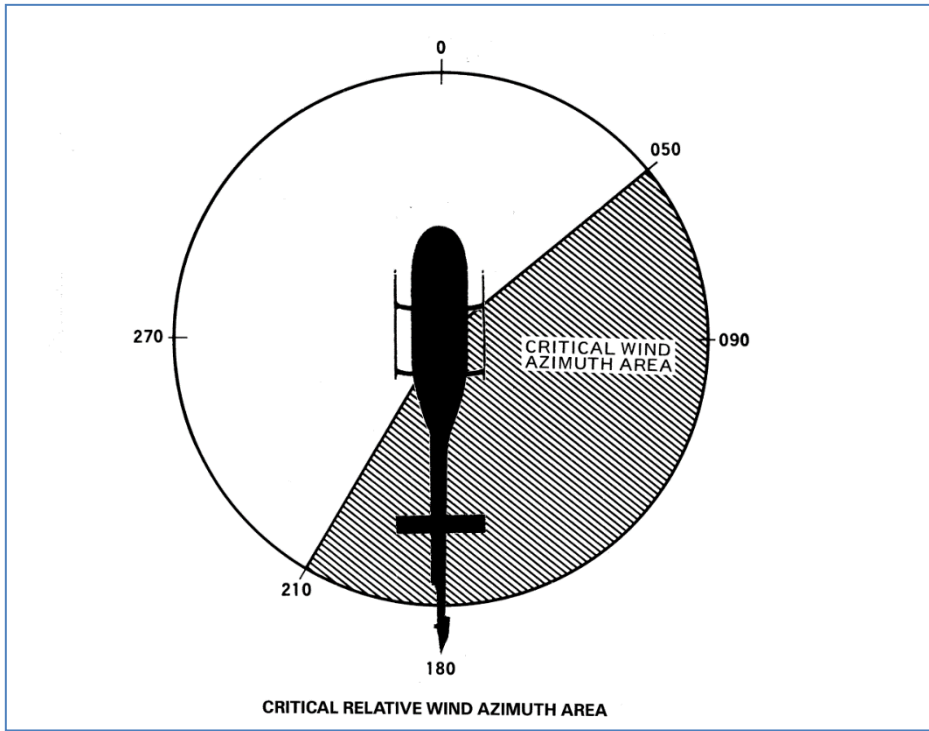


圖 1.18-4 臨界相對風之方位區域

1.18.3 燃油消耗

原廠於民國 96 年 11 月 5 日第 5 版之 BHT-206B3-MD-1 手冊，第 3-12 頁及 3-13 頁，分別載有於海平面/溫度 15°C 及 35°C 條件下，燃油消耗之情形（如圖 1.18-5 及圖 1.18-6）。

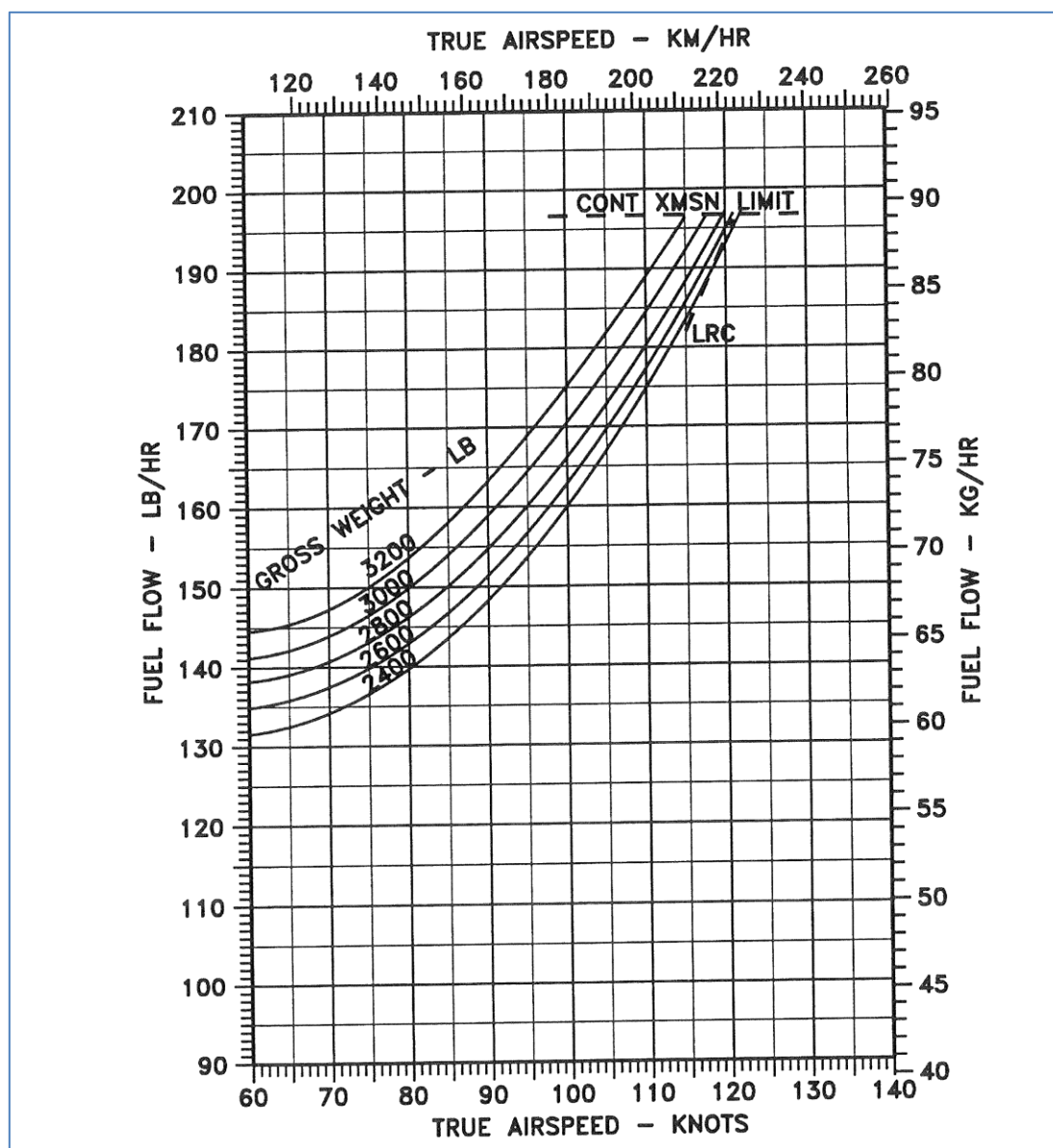


圖 1.18-5 海平面/溫度 15°C 條件下燃油消耗量

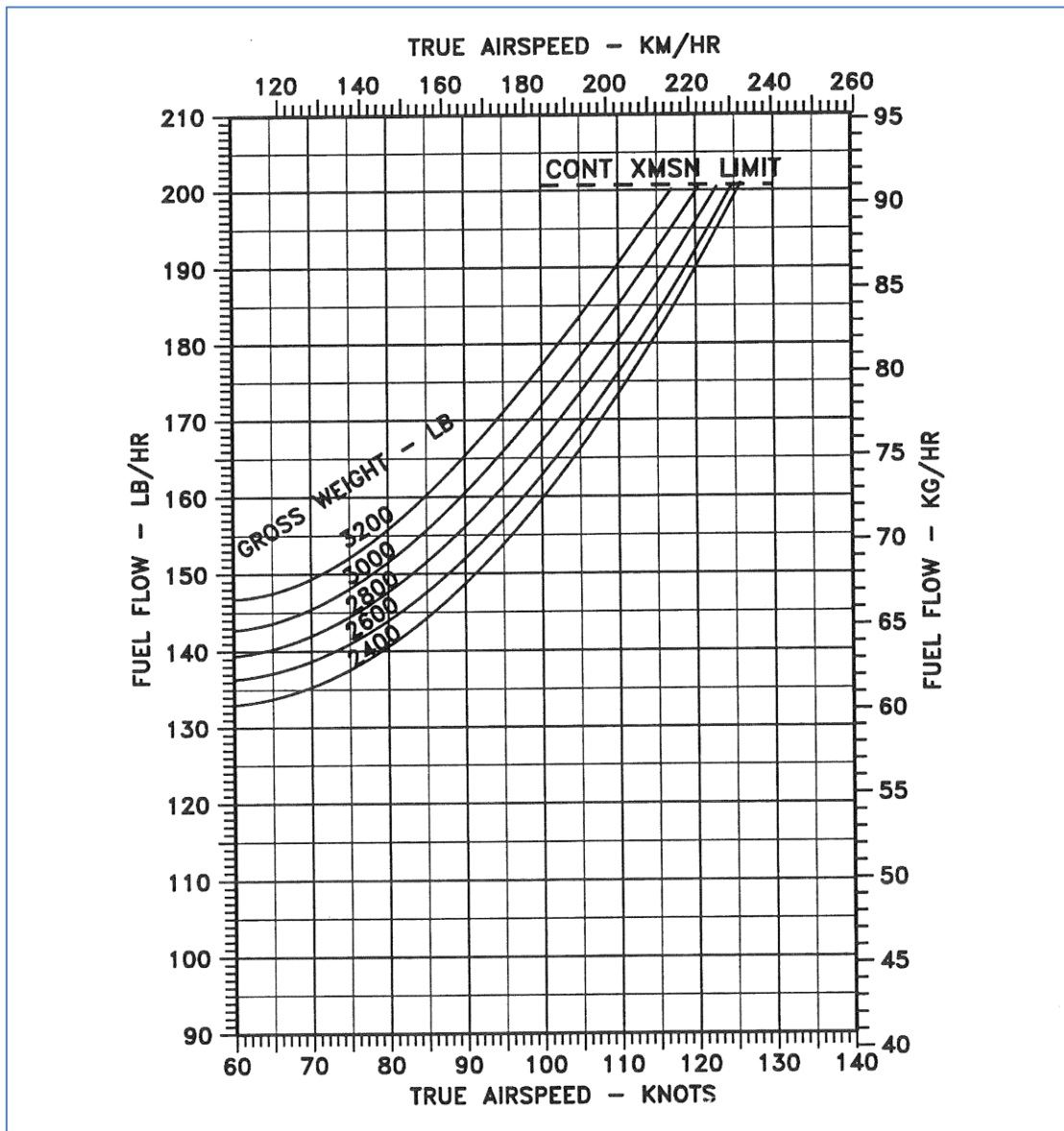


圖 1.18-6 海平面/溫度 35°C 條件下燃油消耗量

第2章 分析

2.1 概論

按我國民航局頒布之航空器飛航作業管理規則規定，該型機無須安裝飛航紀錄器。因事故機無飛航資料及座艙語音紀錄，本案缺乏事故機操作狀況及發動機狀態資訊，專案調查小組依據相關人員訪談資訊、人員訓練紀錄、航機維護紀錄、現場勘驗、殘骸檢視、藥物檢驗及相關測試及模擬，進行本章分析，主題包括：航機結構及機械狀況、天氣、飛航操作、人為因素、安全管理及作業程序等議題。

2.2 航機結構及機械狀況

本節分析主題為：事故發生時，機體結構及飛操系統狀況、發動機動力狀況、爆裂物損害可能性等議題。

2.2.1 機體結構及飛操系統

依據 1.6.2 維修資訊，該機機體結構維修紀錄無異常登錄；依據 1.16.1 航機結構及系統檢驗，該機斷落尾桁結構蒙皮凹陷曲面與主旋翼前緣吻合；起落架滑橈斷裂部位、防撞 L 型油箱及尾旋翼片斷裂面均呈過載破壞特徵。以上資料顯示該機墜地時，旋轉狀態之主旋翼砍斷尾桁；尾旋翼與地面撞擊而損壞；同時該機與地面撞擊力道亦造成起落架及油箱結構過載破壞。依據 1.18.1 目擊者訪談資料，事故機墜落前姿態穩定，外型無異常；另依據 1.11.7 影片解讀，表 1.11-1 影片抄件摘要表，於 D+133"~137" 影片停止記錄前（即該機撞擊地面前），機載攝影機鏡頭拍攝到該機主旋翼仍在旋轉及機身完整之影像。以上資料顯示事故前該機機體結構應無異常，結構損害皆於撞擊地面時造成。

依據 1.6.2 維修資訊，該機飛操系統維修紀錄無異常登錄；依據 1.12 航

空器殘骸及撞擊資料，該機除主、尾旋翼、主齒輪箱、發動機及尾旋翼變矩控制桿外，各飛行操控系統零組件皆遭火焚燒殆盡，無法勘驗得知事故時該機操控系統之狀況。

2.2.2 發動機及附件與動力傳動狀況

依據 1.16.2.1 發動機本體檢驗，發現定子在第一、二級轉子葉片轉動路徑表面有整圈刮痕，顯示該機撞擊地面時，發動機應係於運轉並傳送動力之狀態。惟無足夠證據判斷發動機輸出動力之多寡。

依據 1.16.2.2 發動機附件拆檢，各零件沒有會影響其正常操作的狀況。但因發動機動力渦輪調速器及燃油控制器嚴重火損，僅可執行零件目視檢查，無法執行動力渦輪調速器及燃油控制器測試台功能測試，故無法確認其供油及調速功能是否正常。

依據 1.16.1.2 傳動系統，撓性主傳動軸其兩端彎曲斷裂面皆呈現過負載破壞現象，主齒輪箱內各減速齒輪外型皆完整。以上現象顯示，該機撞擊地面時，該撓性主傳動軸仍受前端主齒輪箱之驅動，並傳送扭力至其後端負載，但無法判斷該主齒輪箱扭力係源於發動機之動力或來自主旋翼旋轉之慣性。

另依據該節，在事故機發動機附件齒輪箱上之自由飛輪內環，無法以手轉動。自由飛輪自發動機附件齒輪箱拆下後，手動測試自由飛輪離合器脫開及耦合功能均正常。以上現象顯示，自由飛輪在事故機發動機附件齒輪箱上時，應是與內環聯結之尾傳動軸因撞擊扭曲變形，以致無法以手轉動。檢查內、外環及離合器無異常磨耗痕跡。以上現象顯示，自由飛輪應未發生離合器脫開耦合後又快速耦合之情形¹⁴，但無法確定是否曾發生離合器脫開耦合後又慢速耦合之情形¹⁵。因自由飛輪經過撞擊、搬運、拆解之過程，

¹⁴ 自由飛輪發生離合器脫開耦合後又快速耦合之情形，將造成離合器異常磨耗痕跡。

¹⁵ 自由飛輪發生離合器脫開耦合後又慢速耦合之情形，將不致造成離合器異常磨耗痕跡。

已非事故發生時之初始狀態，僅以前述資料無法得知事故時自由飛輪是否於耦合或脫離耦合之狀態，亦無法得知墜地前是否有自動旋轉現象。

依據 1.16.4.1 警示面板燈泡檢測國外研究：撞擊力較小時，僅警示燈有亮之燈絲會斷裂；當受劇烈撞擊時，燈泡有亮與未亮之燈絲可能都會受損壞或斷裂，但警示燈亮之燈絲損壞程度遠大於警示燈未亮之燈絲。

依據 1.16.4 警示面板燈泡檢測，10 組警示燈，有 7 組警示燈之燈絲皆完整無斷裂，顯示該機墜地前該 7 組警示燈之相關系統並未致動。其餘 3 組警示燈，1 組「ENG OUT」警示燈，雖遭火燒焦碳化無法進步檢視，但依據前述分析，該機撞擊地面時發動機應係於運轉並傳送動力之狀態，該燈應未亮起；1 組「TRANS OIL PRESS」警示燈，共 2 顆燈泡，其中 1 顆燈泡燈絲斷裂，另 1 顆完整，顯示該機撞擊地面時該組警示燈亮的可能性較低。另依據 1.16.1.2 傳動系統，撓性主傳動軸其兩端彎曲斷裂面皆呈現過負載破壞，顯示該機撞擊地面時該撓性主傳動軸仍受前端主齒輪箱之驅動，依此研判該主齒輪箱應係正常狀態，該組「TRANS OIL PRESS」警示燈內之 1 顆燈泡之燈絲，應係冷態（未亮起之狀態）承受撞擊震動而斷裂。

另 1 組「ROTOR LOW RPM」警示燈，共 2 顆燈泡，2 顆燈泡燈絲皆斷裂，顯示該機撞擊地面時該組警示燈亮的可能性較高。依據 1.16.4.1 警示面板燈泡檢測國外研究：警示燈亮時，燈絲溫度高達攝氏 2,000 度以上，燈泡受 2,500G 垂直方向撞擊力撞擊時，警示燈亮之燈絲易呈現纏繞、拉伸現象（詳圖 2.2-1）。觀察 2 顆斷裂燈絲皆無延展捲曲之現象，可能係因燈絲未老化或垂直方向撞擊力未達燈絲纏繞、拉伸現象發生之故（詳圖 2.2-2）。另依據 1.18.7 影片解讀，表 1.11-1 影片抄件摘要表，於 D+133"~137"影片停止記錄前（即該機撞擊地面前），主旋翼轉速下降至 52%~36.5%。依據凌天 BELL-206B3 直昇機操作手冊，當主旋翼轉速小於 $90\pm 3\%$ 時，「ROTOR LOW RPM」警示燈即會亮起。以上資料顯示，可能該機墜地前主旋翼轉速下降，「ROTOR LOW RPM」警示燈致動，以致該機撞擊地面後，該警示燈

燈絲受震而斷裂。

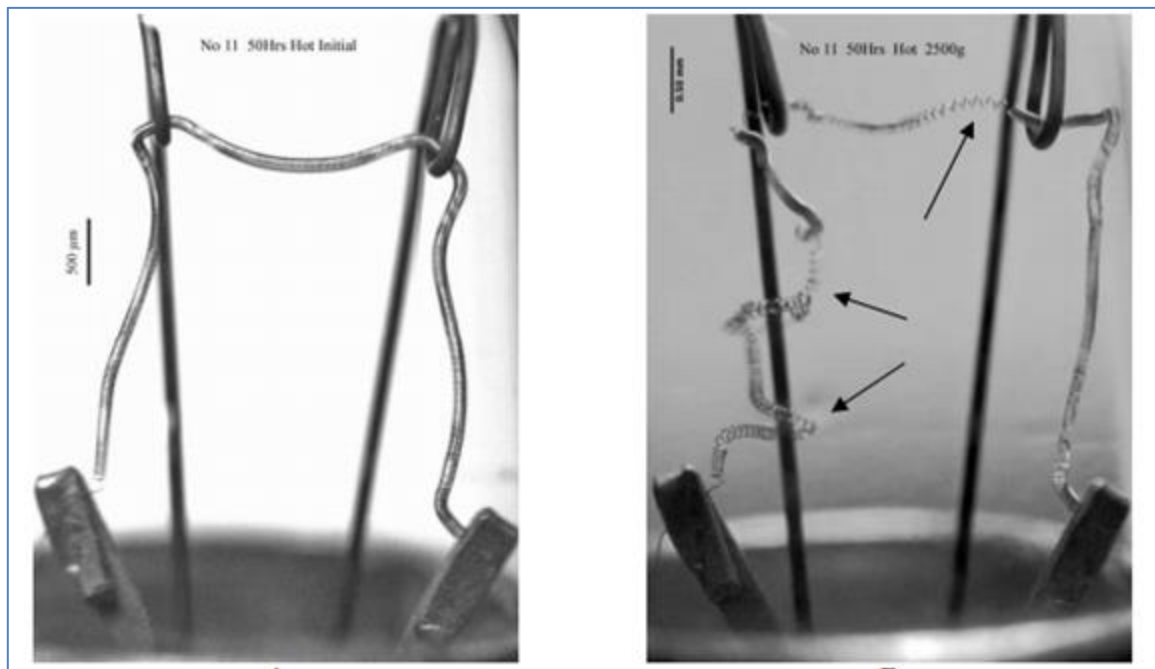


圖 2.2-1 燈絲延展捲曲現象

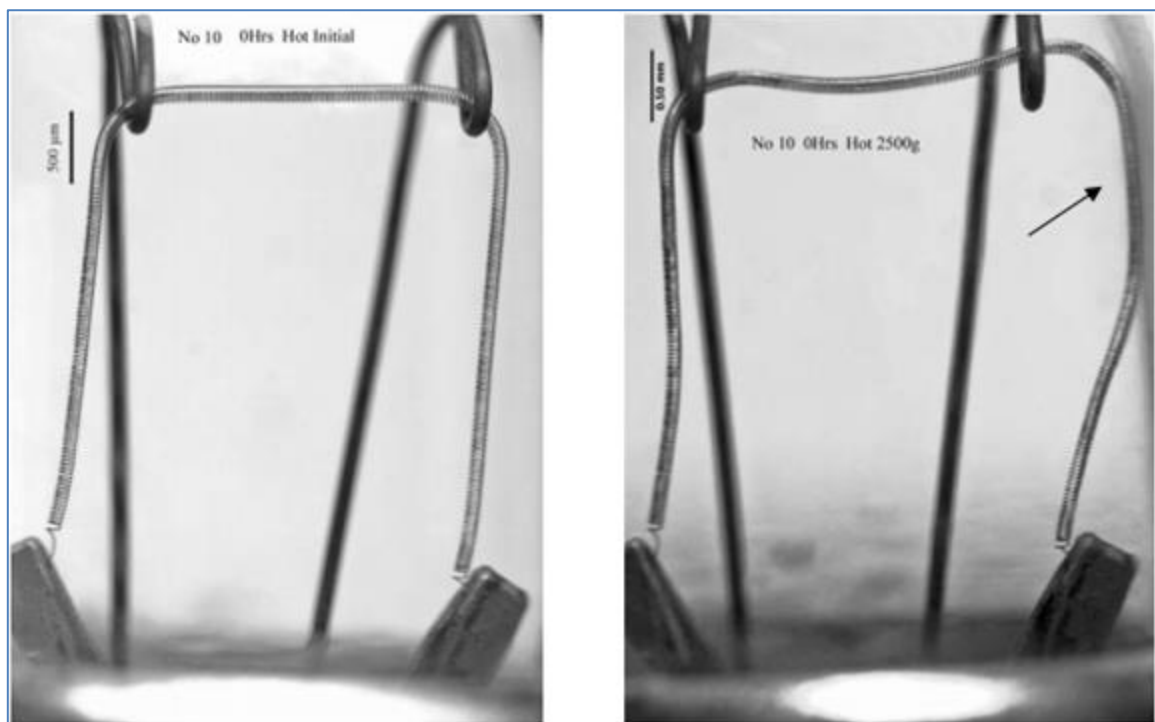


圖 2.2-2 圖左為撞擊前之正常燈絲，圖右為撞擊後燈絲些微延展捲曲現象

綜上所述，共 10 組警示燈，有 7 組警示燈之燈絲皆完整無斷裂，顯示該機墜地前該 7 組警示燈之相關系統並未因故障而致動。其餘 3 組警示燈，1 組「ENG OUT」警示燈應未亮起；1 組「TRANS OIL PRESS」警示燈 2 顆燈泡其中 1 顆燈泡之燈絲應係冷態（未亮起之狀態）承受撞擊震動而斷裂；另 1 組「ROTOR LOW RPM」警示燈可能致動，燈絲應係熱態（亮起之狀態）受震而斷裂。

2.2.3 失火原因

事故機上置有一組機身搭地線，刑事警察局協助鑑識機身搭地線結果顯示無火藥、炸藥殘跡存在，排除事故機上存在爆裂物導致該機飛行中爆炸或燃燒之因素。

置於事故機行李艙之取樣油瓶及儲放盒，因該機墜落燒毀致未尋獲。依據目擊者甲、乙訪談資料，事故機墜落前在其目視狀況下並無起火冒煙之異常現象，排除該機墜地撞擊地面前燃油外洩導致冒煙或起火之可能。

依前段分析結果，該機墜地撞擊地面前無燃燒冒煙狀況，及圖 1.12-12 燃油管接頭斷落情形，顯示該機墜地撞擊地面造成燃油管自燃油箱接頭處斷落，噴濺之燃油受鄰近發動機高溫引燃，火勢向下方機體破裂油箱流竄，約 170 磅之油箱內存燃油外洩助長火勢，導致劇烈燃燒。

2.3 天氣

依據 1.7.1 天氣資訊，1400 時地面天氣分析圖顯示臺灣地區地面盛行偏南風，風速約 10 哩/時；當天之探空觀測資料及低層顯著天氣圖顯示東部地區 10,000 呎以下為南風至西南風，風速不超過 20 哩/時。秀姑巒溪南側之海岸山脈最高約 1,200 公尺，一般而言，若山頂風速大於 20 哩/時，於背風面有可能產生中度以上的亂流，以及較顯著的上升或下降氣流。

事故地區東南方約 1.4 哩之靜浦自動氣象站測得 1100 至 1230 時約為 9

至 11 哩/時之南南東風；於舊長虹橋上施工之目擊者乙表示事故當時為南風，風速大（目擊者乙估計約 9 級風，然此風速可吹毀煙囪屋瓦，故應未達此等級，由當時有風聲干擾判斷，至少有 6 級風，風速大於 22 哩/時）；依據 1.7.3，由警方及機載錄影畫面，判斷事故現場約為東北東風 10 哩/時，協進農場西側 250 公尺以下山坡，風速低於 4 級（13 哩/時）。當天上午之雲量為稀至疏雲，地表受日照影響，近地面有海風，事故地區為一面向東南之山坡地，位於秀姑巒溪出海口附近，向東有一較狹窄河谷，再向東即為一沖積扇平地，海風向西北進入河谷狹窄地區會因喇叭口地形而有加速現象¹⁶，通過此喉頸後隨地勢開展逐漸減速，上述之地形及風場示意圖詳圖 2.3-1，顯示舊長虹橋位於喇叭口前端，海風流經此處速度增加，通過喇叭口後速度減緩。該機 C-D 飛航階段位於喇叭口地形西側上空高度約 915 呎-581 呎（278 公尺-177 公尺），此處接近地面區域係海風通過喇叭口後速度減緩區域，高度因素亦使文氏管效應減低。



圖 2.3-1 事故地點周圍地形及風場示意圖

¹⁶ 文氏管效應：對一個斷面變化的圓錐管（大→小→大），最小處稱「喉頸」，氣體流過時，由於管的截面縮小，流速增大而壓力降低。

依據 1.16.7 事故地區風場數值模擬，估算該機最後飛行區域，風向為東南風，風速不超過 10 浬/時，垂直風切強度為輕度風切，垂直方向為 2 浬/時之上升氣流。以上之模擬結果顯示，綜觀尺度風場盛行南風可由數值模式重建，但受複雜地形影響之局部風場，模擬結果則與事故後警方現場錄影畫面之東北東風存在差異。

綜上天氣資訊及分析結果，事故當時該機遭遇之天氣皆低於該型機滯空之順風及側風最大限制之 17 浬/時，惟山區天氣瞬息萬變，且風場數值模擬缺乏足夠之觀測資料提供驗證，故無法斷定事故機當時所遭遇之實際天氣狀況。

2.4 飛航操作

事故機飛航組員飛航資格符合現行民航法規之規定。依據 1.17.3 直昇機性能與操作限制規定，本型機之適航類別為 B 類直昇機，此次飛航任務係屬以三級性能直昇機飛航之方式，依據 1.18.1.9 民航局航務檢查員訪談資料，該作業經民航局核准，符合該型直昇機飛航之相關規定。本節分析包含飛行計畫、風險評估及墜毀前操作等議題。

2.4.1 飛行計畫變更

事故當日上午，按照計畫正駕駛員乙於 0625 時執行第 1 批任務，於飛航過程中，任務領隊接獲空拍員甲建議更換駕駛員之訊息，決定改變計畫更換第 2 批任務之操控駕駛員。第 2 批任務於 0830 時由楓港起飛，飛渡至臺東池上，於落地後，未依原計畫關車休息，而由正駕駛員甲告知當地待命之油車駕駛，執行不關車加油，且於完成加油後，未按原計畫於 1500 時起飛，而於 1040 時繼續執行第 3 批任務。

飛航任務執行前，組員應依據飛行任務之特性，考量航機之性能、限制、飛航環境、天候、人員狀況及相關支援及條件，執行縝密周詳之飛航計畫，且應於任務前執行完整之任務提示，使所有執行任務之人員能完全掌

握任務執行中之重點、要領及相互配合之事項，俾能安全有效完成指定之飛航任務。該次任務領隊於飛航任務執行間，未經討論而更改飛航計畫，影響飛航任務分派、飛航時間、操作飛航計畫、天氣、油量、緊急程序等重要事項之整備，造成執行任務成員間之配合、支援及緊急處置之問題，且變更之飛航計畫未經任務提示，增加任務過程中出現疏失及遺漏之風險，影響飛航安全。

本會認為，飛航中良好之狀況警覺取決於充分之溝通，其中包括對預計執行之任務做成完整之準備、規劃及提示，於飛航中對操作環境、航機系統、儀表顯示保持警覺及預測可能之狀況及發展等。飛航組員必須隨時注意任務之執行及操作方式，面臨環境之變化及威脅，蒐集新資訊並即時反應，以確保飛航安全。

該次任務，領隊未依照組員資源管理之精神，於更改預定飛航計畫前未進行充分之溝通及評估，且未對改變之任務及面臨之狀況進行詳細之準備、規劃、溝通及提示，增加無法即時因應飛航環境變化產生之風險。

2.4.2 風險評估

依飛航作業管理規則中對直昇機性能及操作限制中規定：執行山區飛行特種作業之飛航時，應執行風險評估並考量業務種類、飛航環境、飛越之區域/地形、發生關鍵動力機件失效之機率及發生後之嚴重性、發動機動力機件之可靠度及相關飛航訓練程序等因素。本會認為，執行空拍業務時應隨時保持航機性能限制，即保持高度、下降率之限制。不可因空拍效果，而要求航機於性能限制外之操作。另於山區環境，無平坦迫降地形之危險飛航環境，須考慮發生動力失效狀況時之處置，隨時尋覓並設定最近迫降地點，並依其距離保持航機迫降高度等。目前凌天相關手冊對上述因素之相關規定並不完整。

凌天航務手冊第 5.10 節訂有直昇機山區飛行應注意事項，規定執行山

區飛行特種作業，機組人員應先行完成相關飛航準備，包含任務內容、作業飛行高度及對環境之瞭解，並應完成地圖研讀、天氣資料研判、機型性能圖表查閱等。如作業高度超過 5,000 呎，並應執行山區飛行風險評估，包括人員狀態、課目內容、飛機性能、環境評估及資源管理等。

依據第 1.11.5 機載攝影機影像下載及判讀，航機於 1045 時自池上起飛後，即沿花東縱谷向北飛航。約於 1121 時向東進入瑞穗鄉山區，沿秀姑巒溪，於山谷及溪流間飛航，並繼續向東進入豐濱鄉，高度變化約為 2,000 呎至 5,000 呎。此地區山丘林立，平均高度低於 2,000 呎，但山勢起伏不定，地形蜿蜒複雜，沿途可見不同程度之電纜線及突出之障礙物，且山頂及山腰處，時有稀雲分布，易影響飛航操作。此山區之高度雖低於 5,000 呎，但其環境及天候之變化具有潛在撞擊障礙物、操作負荷量大、通訊不良及穿越雲幕等飛航風險。凌天於該次飛航作業前，未能針對人員狀態、飛航路徑、障礙物隔離、天氣變化及環境進行風險評估，掌握飛航中可能發生之風險變數，增加飛航中可能發生之風險。

2.4.3 墜毀前操作

依據 1.11.5 機載攝影機影像下載及判讀，該機自 A 點飛航至 B 點期間，航跡、高度及速度維持平飛穩定狀態，航機動作無異常。B 點飛航至 C 點期間，該機自航跡 310 度左轉至航跡約 360 度，以約 600 呎/分之下降率下降至約 900 呎，地速約 40 哩/時，因不明原因航機開始左轉並增加下降率。該機持續由 C 點左轉至航跡約 246 度，到達 D 點，高度下降至約 581 呎，地速約 32 哩/時，此時航機下降率大量增加至約 1,680 呎/分，距地面高度約 300 呎，詳圖 2.4-1。

依據機載攝影機影片紀錄資料，以模擬機模擬事故時該機之飛行路徑、飛行姿態及飛行特性，測試結果顯示：B 點至 C 點期間，該機以約 20 度之坡度自航向 310 度左轉至航向 360 度，由平飛漸增加下降率至約 600 呎/分，高度下降至約 900 呎；由 C 點下降至 D 點，該機以約 15 度之坡度，航向

持續由北左轉至 246 度，下降率增加至約 1,680 呎/分。於模擬機操作過程中，均可正常操控，顯示事故機自 A 點飛航至 D 點，除下降率異常增加外，並無其他操作之問題或困難。

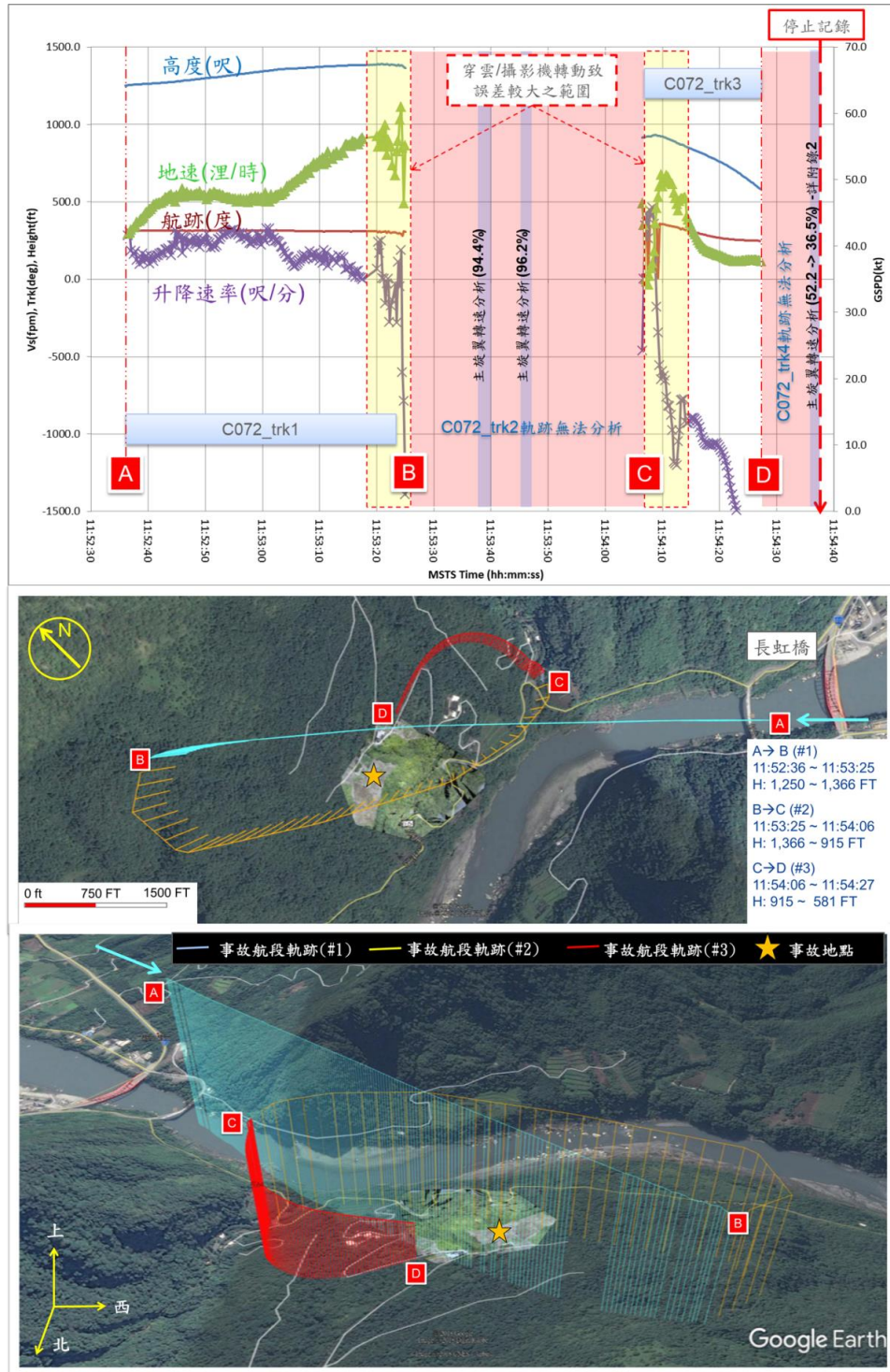


圖 2.4-1 機載攝影機影像飛航軌跡與飛航參數對照

事故機上影片之最後約 10.6 秒，因攝影機之鏡頭向上，無地面景物參考，未能推算航機之飛航狀態，但事故機位於 D 點，距地面之高度約為 285 呎、距墜毀點之水平距離約為 574 呎(參考圖 1.11-11)，據此可計算出 D 點距墜毀點之斜距約為 641 呎。假設該機以地速 32 哩/時、下降率 1,600 呎/分，則將在 10.7 秒後撞擊地面。另依模擬機測試結果，空速保持 35 哩/時，下降率 1,600 呎/分，下滑角約 25 度，該機約需 9~12 秒將會喪失 290 呎高度而撞擊地面。

有關該影片最後 3 秒，拍得事故機主旋翼轉速有下降及震動現象，依據直昇機空氣動力學原理及訪談資料，於低空速、大下降率狀態下，急速提起集體桿，則主旋翼之攻角角度 (pitch angle) 將到達極限值而使誘導阻力驟增，於動力不足或動力未能及時補償狀態下，主旋翼轉速將有下降現象，隨之因航機轉動之不平衡亦將導致航機嚴重之震動。此一現象於模擬機測試時，模擬 D 點之飛航狀態，於空速 35 哩/時、1,600 呎/分下降率飛航狀態下，急速提起集體桿，結果航機之扭力超限、主旋翼轉速下降至約 80% (顯示急速拉起集體桿，將造成主旋翼轉速快速下降之趨勢)。此模擬測試，主旋翼轉速下降之趨勢與空氣動力學之原理一致。直昇機遭遇此低空速、大下降率而難以控制狀況時，須降低集體桿並推機頭以獲得空速，恢復航機之操控，但必將消失一定之高度，此時如航機之高度不足，航機將因改正不及而撞擊地面。

綜上所述，可能該機在可操控情形下於轉彎過程中，由平飛漸增加下降率至約 600 呎/分，高度下降至約 900 呎，隨後下降率逐漸增加，最後以約 25 度之下滑角、空速 35 哩/時之速度，及約 1,600 呎/分之異常下降率下降，終因高度過低，有可能造成改正不及而墜毀。

2.5 人為因素

2.5.1 藥物影響

該機正駕駛員甲血液檢測出殘留 Chlorpheniramine 藥物，屬第一代抗組織胺。參考美國聯邦航空總署航太醫學研究所對該藥物的描述¹⁷：主作用常用於治療感冒和花粉熱（過敏），副作用包括：嗜睡及鎮靜¹⁸。警告：可能會損害執行任務（例如駕駛或操作重型機械）所需的身心理之能力；國際民航組織 8984 號文件「民用航空醫學手冊」（Manual of Civil Aviation Medicine）及美國聯邦航空總署「航空醫學醫師指南」（Guide for Aviation Medical Examiners）建議駕駛員若使用該類藥物期間，不適合執行飛航任務；依據多項研究顯示，使用該藥物可能會影響駕駛員之航機操作能力（詳附錄 12）；依法務部法醫研究所法醫師說明：目前該藥物多用於幫助睡眠或避免暈車。

法務部法醫研究所顧問法醫師認為，依 1.13.2 藥物定量檢驗之人體實驗殘留抗組織胺濃度，正駕駛員甲血液之定量分析顯示抗組織胺濃度為 24 ng/mL，而該藥物服用方法為成人每天 3 到 4 次，每次 4 到 8 mg，其半衰期為 12 到 43 小時，且火燒過之血液樣本會受到濃縮影響（約 10-20%），且依美國聯邦航空總署研究顯示（附錄 12），致命案例飛航事故駕駛員之該藥物血液濃度平均為 109 ng/mL，該濃度高過本案正駕駛員甲血液中該藥物濃度之 24 ng/mL 甚多，因此正駕駛員甲血液抗組織胺殘留濃度應屬正常用藥累積所致。

法務部法醫研究所說明該藥物血液濃度超過 17 ng/mL 以上易產生嗜睡及肌肉虛弱，因此操作航機能力會受到影響，正駕駛員甲血液濃度顯示為 24 ng/mL，可能影響操作能力。惟此藥依個人體質感受性且是否為初次或長期服用均有明顯差異性。因無正駕駛員甲體質感受性之資料，故未能確切判斷正駕駛員甲血液中抗組織胺殘留濃度對其操作航機能力影響之程度。

2.5.2 工作與休息時間

¹⁷ <http://jag.cami.jccbi.gov/toxicology/DrugDetail.asp?did=29>

¹⁸ Code of Federal regulation title 21 341.12.

為管理飛航組員疲勞，我國針對普通航空業者，於航空器飛航作業管理規則訂定有連續 24 小時飛航時間不得超過 8 小時，以及執勤後最少應給予連續 10 小時休息期間之規定。凌天於航務手冊中，除上述規定外，另訂定有飛航組員執勤期間不得連續超過 12 小時之限制。

1.5.1 節與 1.5.2 節正駕駛員甲事故前飛航時間與作息之紀錄指出，正駕駛員甲於民國 106 年 6 月 8 日休假後，於 6 月 9 日與 10 日（事故當日）連續兩日執行外場空拍任務，且因擔任任務領隊，對空拍作業之運作與外場組員生活有管理與監督之責。調查小組依據 1.17.1 與 1.17.5 節飛航與休息相關定義與規定，檢視正駕駛員甲事故前兩日內之活動紀錄，其事故前 1 日之飛航執勤期間為法規上限 12 小時；事故前休息期間為規定之最少保障 10 小時；事故前 24 小時飛航時間為 7 小時 35 分，低於規定之 8 小時限度，顯示正駕駛員甲事故前兩日內之飛航與休息雖符合法規要求，惟係處於幾近最高工作時間而僅獲最低休息時間之狀態。

另外，雖然原規劃正駕駛員甲與正駕駛員乙共同分擔 6 月 9 日與 6 月 10 日空拍任務之操作駕駛員，惟正駕駛員甲於此兩日之飛航時間為 8 小時 59 分；正駕駛員乙為 2 小時 30 分，兩者差異甚大。依據訪談紀錄，主要原因為 6 月 9 日 1625 時至 1805 時增加一批計畫外之飛航任務並由正駕駛員甲執行，以及 6 月 10 日因空拍員甲要求，於 0845 時起正駕駛員甲接手原訂為正駕駛員乙執行之操作駕駛員任務。雖然空拍任務之性質可能因天氣與業主需求而改變原規劃內容，惟凌天應考量前述狀況之因應作為，避免飛航工作過度集中於單一飛航組員之狀況。

2.5.3 工作負荷

依據美國安全工程協會研究結果：直昇機飛航組員係處於長時間震動環境，人員於震動環境中易產生心跳增加、頭痛、失衡、肌肉疲勞、減低認知能力、影響視覺及觀察能力等，而事故當日，正駕駛員甲長時間處於震動環境中，且其任務為低空、山區、夏日高溫之環境，航機因無自動飛操功

能而需長時間集中心力於航機之操作，工作負荷較重。

2.5.4 疲勞

疲勞係指飛航組員處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而削弱組員的警覺力及安全執行任務的能力¹⁹。疲勞原因則包括：短期與長期睡眠不足、持續清醒時間過長、生理時鐘影響、睡眠障礙、藥物、心理因素與疾病影響、及工作負荷影響等。

依據 2.5.1 藥物影響之分析，正駕駛員甲血液中檢驗出第一代抗組織胺，不排除會出現嗜睡之副作用；2.5.2 節分析指出正駕駛員甲事故近兩日內兼具飛航駕駛員與空拍任務領隊之責，處於幾近最高工作時間而僅獲最低休息時間之狀態；2.5.3 節分析則指出事故當日，正駕駛員甲長時間處於震動環境中，且其任務為低空、山區、夏日高溫之環境，航機因無自動飛操功能而需長時間集中心力於航機之操作，工作負荷較重。

以上資訊顯示，正駕駛員甲於事故時因藥物影響、高工作時間、低休息時間、以及偏高之工作負荷等，使其可能具疲勞形成之條件，或處於生理與心理表現能力衰退的狀態，惟無正駕駛員甲因疲勞而影響其行為表現之證據，故無法認定疲勞因素對正駕駛員甲操作能力之實質影響。

2.6 航務與安全管理

2.6.1 藥物使用指南

參考國際民航公約第 1 號附約第 1.2.6.1.1 節建議²⁰：各國應給予檢定證

¹⁹ 參閱 Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches (ICAO Doc 9966, 2016)。

²⁰ ICAO Annex1 1.2.6.1.1 Recommendation.— States should ensure that license holders are provided with clear guidelines on medical conditions that may be relevant to flight safety and when to seek clarification or guidance from a medical examiner or Licensing Authority.

Note — Guidance on physical and mental conditions and treatments that are relevant to flight safety about which information may need to be forwarded to the Licensing Authority is contained in the Manual of Civil

持有人飛行安全相關的醫療狀況之明確方針及指南，以及該何時向體檢醫師及給證單位諮詢。註：「民用航空醫學手冊」載有與飛航安全有關的身體和精神狀況及治療方面的指引，及可能需要提交給證單位之相關資料。另參考國際民航組織「民用航空醫學手冊」第 14.1.3 節²¹說明，給證單位應提供藥物治療指南予體檢醫師參考。

美國聯邦航空總署於「航空醫學醫師指南」中有提供藥物治療指南之使用參考規定。

依「國軍航空醫務教範」第 04051 節敘述飛行用藥的觀念；第 04052 節敘述服用後必須暫時停飛的藥物；及第 04056 節敘述容易被濫用的成藥等，該教範提供軍方飛行員服用藥物之參考規定。

我國民航局僅於「航空器飛航作業管理規則」第 284 條要求航空器使用人確保飛航作業人員於執勤期間無受麻醉藥品或酒精作用而影響飛安之情形。另「航空人員尿液採驗作業要點」中檢驗項目為尿液檢驗以嗎啡類、安非他命類、大麻、古柯鹼及天使塵為基本項目，民航局並得依航空人員執行業務之特性，增加檢驗項目，但我國民航局未參考國際民航組織及美國聯邦航空總署，提出藥物治療指南供駕駛員及體檢醫師使用藥物之參考。

2.6.2 疲勞管理

2.6.2.1 凌天執勤與休息紀錄管理

航空器飛航作業管理規則第 207 條之 1 規定，航空器使用人應保存組員飛航時間、飛航執勤期間、休息期間、執勤期間及待命期間之紀錄至少連續 12 個月。凌天亦將上述規定訂定於航務手冊 3.5.8.5 節中。

Aviation Medicine (Doc 8984.)

²¹ ICAO Doc. 8984 Manual of Civil Aviation Medicine 14.1.3 “...each Licensing Authority should issue guidance on pharmacotherapy for its medical examiners.”

針對飛航組員外場執勤期間部分，凌天係以外場作業工作日誌所載之上、下班時間作為法規要求之執勤期間紀錄。檢視正駕駛員甲與正駕駛員乙事故前 90 日有關之工作日誌，其所載時間為整組外場工作人員當日之上、下班時間，且經比對飛航紀錄簿（詳表 1.5-2）與訪談紀錄後，發現該日誌並非以飛航組員執勤期間之起訖進行記錄，例如：民國 106 年 6 月 9 日工作日誌所載之下班時間為 1730 時，而正駕駛員甲當日實際執勤結束時間為 2000 時；6 月 10 日工作日誌所載之上班時間為 0630 時，而正駕駛員甲當日實際執勤開始時間為 0600 時，詳如表 2.6-1。此外，由於凌天外場作業工作日誌所載之上、下班時間無法代表飛航組員外場執勤實際之起訖時間，因而無法由工作日誌正確獲知飛航組員執勤後是否有足夠之法定休息期間。

表 2.6-1 事故前兩日工作日誌記錄時間與實際執勤時間比較表

日期	外場作業工作日誌所載之時間	實際執勤期間	對照差異
民國 106 年 6 月 10 日	上班時間：0630 時 下班時間：1800 時	實際執勤開始時間為 0600 時	實際執勤開始時間較工作日誌所載早 30 分鐘
民國 106 年 6 月 9 日	上班時間：0800 時 下班時間：1730 時	實際執勤開始時間為 0800 時；結束時間為 2000 時	實際執勤結束時間較工作日誌所載晚 2 小時 30 分鐘

以上顯示，凌天現有管理系統未能正確記載飛航組員於外場作業之執勤與休息時間，不易依紀錄查證與確認飛航組員執勤期間與休息期間之法規符合性。

2.6.2.2 民航局對執勤與休息紀錄之監理

民航局普通航空業檢查員手冊「工作任務 7:航空人員檢查」與「工作任務 11:組員紀錄檢查」指出，檢查員應熟悉航空業者之紀錄保持系統，並應檢查飛航組員執勤與休息期間之適當性。依據民航局事故前於民國 106 年度對凌天之航務檢查紀錄，民航局曾對凌天執行航空人員檢查 3 次與組員紀錄檢查 4 次，未發現有關凌天飛航組員執勤與休息紀錄系統之問題。

依據航務檢查員訪談紀錄，檢查員檢視時是以飛航組員之飛航時間紀錄為主，輔以航務手冊規定之組員執行任務行動基準表，研判組員每趟任務之飛航執勤起訖期間，進而評估其任務間休息期間之法規符合性。至於有關飛航組員執勤起訖時間之員工出勤簽到簿與外場作業工作日誌等紀錄，並非航務檢查時之檢視重點。

本會認為，民航局事故前雖有對凌天飛航組員相關紀錄進行抽檢，惟檢查時係使用飛航時間紀錄與航務手冊任務起迄相關規定，推估飛航組員之執勤與休息期間，未將外場作業中有關任務起訖時間之紀錄納入檢查，不易發現凌天於外場作業時，未能精確記載飛航組員執勤與休息期間之缺失。

2.6.2.3 疲勞管理訓練或資訊提供

凌天於航空器失事預防計畫中規定飛航組員應自我要求，任務前必需要有充份之休息與睡眠；並應恪遵藥物限制，以免影響飛安。航務手冊亦要求組員應自主管理、每日休眠時間應有 8 小時；外場作業嚴禁酗酒、熬夜之情事等。惟凌天未進一步提供飛航組員疲勞管理相關訓練或安全資訊。據此，凌天可考量於飛航組員訓練計畫中針對其任務特性，提供飛航組員疲勞管理相關訓練課程，例如：疲勞管理相關科學知識、疲勞的原因與影響、疲勞識別、個人疲勞因應策略、睡眠障礙與處置、及藥物使用限制等，以強化飛航組員對疲勞之警覺與管理。

2.6.2.4 單一飛航組員飛航時間 6 小時之規定

依據凌天航務手冊 3.5.8.1 節，凌天於法規所要求之連續 24 小時內，飛航組員飛航時間不得超過 8 小時之規定外，自行增加單一飛航組員飛航時間不得超過 6 小時之規定。據此，正駕駛員甲事故前 24 小時內之飛航時間為 7 小時 35 分鐘，雖未違反民航法規 8 小時之飛航時間限制，卻不符合凌天內部規定。惟凌天表示：其原意係單一飛航組員每日飛航時間不得超過 6

小時，是以曆日天計算，而非 3.5.8.1 節字面之以連續 24 小時內計算。另依據民航局檢查員訪談紀錄，檢查員亦認同實際上凌天單一飛航組員飛航時間 6 小時之限制並非指連續 24 小時內。

凌天航務手冊為規範凌天航務管理政策與規定之重要手冊，且須經民航局核准以確保符合民航法規，凌天航務相關人員均應熟悉手冊內容，惟上述資訊顯示凌天於訂定航務手冊 3.5.8.1 節時考量不周，規定實施後亦未發現與實務作業之差異，對航務手冊之重視與執行仍須加強。

2.6.3 組員資源管理訓練

組員資源管理訓練之目的在提升人機介面與人機互動之績效，有效運用所有可用資源，包括人力、硬體及資訊等項目。凌天航務手冊第 3.4 節訂有飛航組員有關組員/單一駕駛員資源管理訓練之項目；必須有效運用全部可供利用的資源，以獲得安全和有效航務運作及資源管理之主要觀念，其將訓練之內容區分為狀況警覺、錯誤環節、溝通技巧、協調與合作等重要觀念。凌天之訓練手冊針對組員資源管理規定授課之內容分為：1. 溝通程序及決心下達（含提示、徵詢/支持/諫言、自我評定、與相關人員溝通及決心下達）；2. 飛航團隊之建立及維護（含領導統御/追隨服從及人際關係）；3. 工作負荷管理及警覺（含準備/計劃、警覺、工作分配及避免分心）。該訓練手冊並規定組員/單一駕駛員資源管理訓練，飛航組員必須每年實施一次。凌天訓練手冊資源管理訓練之專章，已將民航局規定組員資源管理訓練之實施要點納入，但實務訓練部分，並無制式、完整涵蓋所有需求之教材。

2.6.4 空拍作業程序與標準

凌天訓練手冊第 11.3 節訂有執行空拍、空勘及巡線作業訓練程序；計地面學科 6 小時（含相關飛行及操作要領、山區飛行及組員資源管理等）、飛行術科 2 小時（含高高度低速及低高度低速飛行），但無詳細之空拍/空勘/巡線任務之特性、臨時需求之評估、高高度、低速飛行/低高度、低速飛行

之操作要領及注意事項等詳細資料，亦未訂立相關任務中停止或放棄作業之標準。

空拍任務作業地區之環境、天候均存在不同程度之潛在危機，如能訂立詳細任務執行之操作要領、標準及任務執行細節，應可於遭遇突發及緊急狀況時，據以判斷及依循。

以上分析顯示，凌天訓練手冊未明確訂定執行空拍/空勘任務時，標準之操作要領及技巧、臨時需求之評估及放棄任務作業之標準，影響飛航任務作業之安全。

2.7 飛航作業程序之落實

2.7.1 電子用品使用

凌天航務手冊第 3.5 節及 5.7 節規定：飛航中不得使用行動電話、無線網路電腦、PDA、無線電等電子產品；於不關車加油時，乘員不得上下直昇機。依據人員訪談資料，事故飛航中乘員曾使用手機與地面通聯，且該機於池上不關車加油時，乘員曾下機活動。

為避免航機上之導航及通訊設備遭受干擾，國際間民航相關法規均訂有於飛航中禁止使用電子產品之規定。直昇機之飛航因相關電子裝備單純，較不易遭受干擾，但飛航中亦可能存在因乘員使用電子裝備而影響駕駛員操作之可能，或其他不可預期之影響。

上述資料顯示，該次飛航任務期間，乘員未遵守飛航中禁止使用電子產品，與公司手冊規定不符。

2.7.2 不關車加油規定

凌天地勤作業手冊不關車加油程序規定作業人員共需 5 人，包含地面未作業機師、作業機師、機工長及加油員 2 員。當直昇機於外場執行不關

車加油時，機工長必須指揮直昇機降落，負責地面管制之未作業機師以手勢指揮加油員就位，做好電線搭地與油量補給，最後由機工長確認蓋妥直昇機燃油箱蓋，再以手勢指揮直昇機飛離。

事故當日早上，凌天原預劃該機執行完第 2 批空拍任務後，至池上鄉法林寺落地關車休息。法林寺為凌天直昇機臨時起降場，該機飛抵後未關車，執行不關車加油，然後繼續執行第 3 批任務。因法林寺附近空地為臨時起降場，直昇機起降前應先清理場地，避免附近地面物被旋翼下洗氣流捲起；在無機工長引導直昇機降落狀況下，直昇機降落亦有可能存在旋翼片撞及障礙物之風險。直昇機以不關車方式補給油料時，落地之直昇機機身經長距離空中飛行已累積大量靜電，加油員若未確實釋放機身累積之靜電，揮發之油氣接觸靜電有火災之風險。且主、尾旋翼片均在持續轉動狀態，直昇機或人員未保持安全距離，抑或加油作業期間遇突發狀況，在編組協同作業人員不足狀況下，增加直昇機及地面人員安全之風險。此外，於地面不關車加油時，如有乘員上下機及移動，亦可能因意外而撞及相關轉動件而受傷。

凌天地勤作業手冊訂有執行不關車加油之編組與職掌，事故航次組員未遵守不關車加油不得上下機之規定，與公司手冊程序不符，此舉增加不關車加油作業之風險，危及直昇機或甚至機上及地面人員安全。

2.7.3 危險物品置放規定

依據凌天地勤作業手冊有關危險物品置放規定，直昇機執行空拍作業期間，燃油等危險物品禁止置放直昇機上。

機工長訪談資料顯示，事故當日第 3 架次任務集合點為池上鄉法林寺，該員因楓港至法林寺之路途顛簸，故將當日第 1 批任務前自事故機取樣之 2 瓶油樣置於該機貨艙，隨機一同運至法林寺，該工程師預計自行開車抵達池上後再自該機貨艙取下。因航空燃油屬易燃性液體，若儲存運輸時未能

密封妥，或其它因素導致油氣或燃油外洩，可能增加起火爆炸之風險。

凌天機工長以直昇機空運之權宜方式運送取樣燃油，違反地勤作業手冊危險物品規定，亦增加直昇機起火爆炸之風險。

2.8 簡式飛航紀錄器及相關飛安改善建議

本會曾於民國 101 年 8 月 30 日 BN-2 飛航事故調查中對民航局提出一項改善建議：「針對我國普通航空業航空器，研討安裝簡式飛航紀錄器系統之可行性，俾利於飛航任務監控，及飛航事故調查。(ASC-ASR-13-09-022)」民航局於民國 103 年針對此改善建議回復本會時稱，對於普通航空器安裝簡式飛航紀錄器之推動，「未來倘相關(國際民航組織)附約對航空器裝備訂定新標準且航空器原製造廠或裝備廠商提供改裝技術文件與裝備時，民航局將積極配合推動安裝簡易式飛航紀錄器系統。」²²

本會另在發生於民國 104 年 11 月 22 日之 B-31127 飛航事故調查中對凌天航空公司提出一項飛安改善建議：「考量於航機上安裝簡式飛航紀錄器或將駕駛艙內安裝座艙影音紀錄器，以利訓練及任務之檢討及事故調查。(ASC-ASR-16-12-005)」並對民航局提出一項飛安改善建議：「協助凌天評估於航機上安裝簡式飛航紀錄器或將駕駛艙內安裝座艙影音紀錄器之可行性。(ASC-ASR-16-12-010)」民航局於民國 106 年回復本會時稱，已核准凌天於 105 年 6 月試裝簡式紀錄器 Appareo Vision 1000，倘功能驗證滿足需求，凌天將全面裝機使用²³。

經查截至民國 107 年 3 月，凌天 BELL-206 機隊兩架直昇機除事故機外，均已安裝簡式紀錄器 Appareo Vision 1000²⁴。近期，凌天將引進 AW-169 型直昇機，依該機型最大起飛重量，需安裝至少符合歐盟 ED-155 規範之飛

²² 交航(一)字第 1038100147 號函。

²³ 交航(一)字第 1068100101 號函。

²⁴ 天機字第 1070300003 號函。

航紀錄器。

本會認為，為有效提升我國普通航空業飛航安全，我國民航監理機關及民航業者應積極評估安裝簡式飛航紀錄器的必要性及可行性；重新檢視飛行任務風險及飛航資料監控的方法，積極地應用機載紀錄資料，提升飛安水平。此外，我國民航監理機關應持續蒐集各型簡式紀錄器相關資料與歐美國家相關措施，並透過適當管道宣導，以逐步提升業者之飛航資料監控意識，提升飛航安全。

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. 相關證據顯示正駕駛員甲存在 Chlorpheniramine 抗組織胺藥物之可能影響、法規規定之最低休息期間及偏高之飛航時間、長時間之直昇機震動、

以及低空、山區飛行與夏日高溫之操作環境等狀況，可能使其於事故時處於疲勞或生理與心理表現能力降低的狀態。惟缺乏評估正駕駛員甲事故時操作表現或決策判斷之直接證據，以致未能判定前述狀況可能對正駕駛員甲安全執行任務之影響。(1.13.1, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 2.5.4)

2. 事故當時附近之天氣資訊及模擬機分析結果皆低於該型機風向風速之限制，惟山區天氣瞬息萬變，且風場數值模擬缺乏足夠之觀測資料提供驗證，故無法斷定事故機當時所遭遇之實際天氣狀況。(1.7, 2.3)
3. 因該機未裝置飛航紀錄器，無相關飛航資料，且大部分機身遭火焚燒殆盡，無法進行殘骸勘驗及發動機運轉測試，以致未能判定事故發生時該機飛行操控系統及動力系統之狀況。(1.11, 1.12, 1.16, 2.2)

3.2 與風險有關之調查發現

1. 正常人血中抗組織胺藥物濃度超過 17 ng/mL 以上即易產生嗜睡及肌肉虛弱，正駕駛員甲血液抗組織胺藥物濃度顯示為 24 ng/mL。此藥物殘留應屬正常用藥累積所致，惟未能確切判斷正駕駛員甲血液中抗組織胺藥物殘留濃度對航機操作能力影響之程度。(1.13, 2.5.1, 2.6.1)
2. 事故機正駕駛員甲於血液定量檢測出殘留抗組織胺藥物，國際民航組織及美國聯邦航空總署建議駕駛員若使用該類藥物期間，不適合執行飛航任務；依據多項研究顯示，使用該藥物可能會影響駕駛員之航機操作能力。民航局未參考國際民航組織及美國聯邦航空總署提出藥物使用指南，提供駕駛員及體檢醫師使用藥物之參考。(1.13, 2.5.1, 2.6.1)
3. 事故任務，正駕駛員甲於更改預定飛航計畫前未進行充分之溝通及評估，且未對改變之任務及面臨之狀況進行詳細之準備、規劃、溝通及提示，此作為不符組員資源管理之精神，增加無法及時因應飛航環境變化之風險。(1.11, 1.18, 2.6.3)
4. 凌天航空公司外場作業工作日誌所載之工作團隊當日上、下班時間，經檢視後與飛航組員實際之執勤起訖時間有異，該公司亦無其他機制以記錄飛航組員外場作業之執勤期間，顯示該公司之管理機制未能正確記載

飛航組員於外場作業之執勤期間，難以依紀錄查證飛航組員執勤與休息期間之法規符合狀況。(1.5.3, 1.17.1, 1.17.4, 1.17.7, 2.6.2.1)

5. 民航局對凌天航空公司之飛航與執勤相關紀錄之檢查，係使用飛航時間紀錄與航務手冊任務起迄相關規定，推估飛航組員可能之執勤與休息期間，未將外場作業日誌紀錄納入檢查，無法發現該公司於外場作業時，未能正確記載飛航組員執勤與休息期間之缺失。(1.17.6, 1.18.1, 2.6.2.2)
6. 凌天航空公司於航務手冊增訂飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之規定，與其原始意圖每曆日天飛航時間不得超過 6 小時不符，規定實施後亦未發現與實務作業之差異，對航務手冊之重視與執行仍須加強。(1.17.1, 1.18.1, 2.6.2.4)
7. 凌天航空公司訓練手冊未明確訂定執行空拍/空勘任務時，標準之操作技巧、臨時需求之評估及放棄任務作業之標準，影響任務作業之安全。(1.17, 1.18, 2.6.4)
8. 凌天航空公司於本次空拍作業時發生多項事故航次組員未遵守公司手冊規定之缺失，包括：於飛航中使用電子產品；執行不關車加油中上下機；以直昇機空運之權宜方式運送油樣之危險物品。以上作為危及直昇機或機上及地面人員安全，亦增加飛行安全之風險。(1.17.3, 1.17.8, 1.18, 2.7)

3.3 其他發現

1. 事故機在墜地前機體結構無異常；發動機於撞地前應係於運轉並傳送動力之狀態，惟無足夠證據判斷發動機輸出動力之多寡；自由飛輪已非墜地前之初始狀態，無法得知事故時傳動系統傳送之扭力係源於發動機或主旋翼之動力，亦無法得知墜地前是否有自動旋轉；該機墜地前主旋翼轉速有下降現象。(1.6.3, 1.16, 2.2)
2. 10 組警示燈，有 7 組警示燈之燈絲皆完整無斷裂，顯示該機墜地前該 7 組警示燈之相關系統並未致動。其餘 3 組警示燈，1 組「ENG OUT」警示燈應未亮起；1 組「TRANS OIL PRESS」警示燈應係冷態（未亮起之

- 狀態) 受震斷裂；另 1 組「ROTOR LOW RPM」警示燈致動，燈絲應係熱態(亮起之狀態)受震斷裂。(1.16.4, 2.2.2)
3. 事故機墜地前無外洩燃油導致冒煙或起火之狀況。貨艙內無火藥、炸藥殘跡存在，因爆裂物導致該機飛行中爆炸或燃燒因素應可排除。(1.12.3, 1.14, 1.16.5, 2.2.3)
 4. 事故機墜地之強震，使燃油管自燃油箱接頭處斷落，噴濺之燃油受鄰近發動機高溫引燃，火勢向下方機體破裂油箱流竄，導致劇烈燃燒。(1.12.3, 1.14, 2.2.3)
 5. 事故發生地點三面環山，附近並無高壓電纜及流籠纜線之障礙物存在。(1.15)
 6. 該機於事故航次所使用之燃油樣本品質合格。(1.16.3)
 7. 飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。本次事故與航機之載重平衡無關。事故機補充型別認證項目清單，機載攝影機之補充型別認證核可相關文件完整。事故機之空拍作業符合民航法規之規定。(1.5, 1.6, 1.17, 1.18.1, 2.4)

第4章 飛安改善建議

4.1 改善建議

致凌天航空公司

1. 參照交通部民用航空局訂定之規範，建立駕駛員使用藥物之相關機制，並強化宣導、訓練及列入風險控管項目。(ASC-ASR-18-10-001)
2. 針對直昇機不同之飛航環境，特別是涉及山區飛航環境，訂定確實可行之風險評估內容，以減少飛航中可能發生之風險。(ASC-ASR-18-10-002)
3. 檢視飛航任務監控方法，積極應用簡式紀錄器之資料識別飛航風險，提升飛航安全。(ASC-ASR-18-10-003)
4. 評估任務特性，提供飛航組員疲勞相關訓練或資訊，強化飛航組員對疲勞風險之警覺與管理。(ASC-ASR-18-10-004)
5. 建立機制並加強宣導，確認飛航組員均能了解航機操作及性能限制，並能於飛航中遵守航務手冊相關飛航計畫之規定、應注意之安全事項及飛航前之風險評估等。(ASC-ASR-18-10-005)
6. 檢視與強化外場作業管理機制，並要求相關作業人員，確依飛航計畫執行作業，避免臨時改變計畫增生之風險。(ASC-ASR-18-10-006)
7. 檢視與修訂航務手冊有關飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之限度與實務運作之差異，並強化飛航時間、執勤期間與休息期間之紀錄保存系統，以避免誤解與符合法規要求。(ASC-ASR-18-10-007)
8. 訂定確實可行之空照/空勤任務操作要領、標準及放棄任務作業之標準，及適合公司任務需求之組員/單一駕駛員資源管理之訓練教材。(ASC-ASR-18-10-008)
9. 建立機制並加強宣導，要求相關作業人員確依手冊規定執行各項任務，包括：飛航中不得使用行動電話等電子產品；不關車加油時之編組、職掌及程序；油樣等危險物品運送及其他與安全相關之各項作業。(ASC-ASR-18-10-009)

致交通部民用航空局

1. 參照國內外既定規範，建立藥物使用指南，提供駕駛員及航醫使用藥物參考準則；督導國籍航空公司建立駕駛員使用藥物之相關機制，並強化宣導、訓練及列入風險控管項目。（ASC-ASR-18-10-010）
2. 督導凌天航空公司針對直昇機不同之飛航環境，特別是涉及山區飛航環境，訂定確實可行之風險評估內容，以減少飛航中可能發生之風險。（ASC-ASR-18-10-011）
3. 針對普通航空業，積極評估安裝簡式飛航紀錄器的可行性及應用其飛航資料識別飛航風險，提升飛航安全。（ASC-ASR-18-10-012）
4. 督導凌天航空公司評估任務特性，提供飛航組員疲勞相關訓練或資訊，強化飛航組員對疲勞風險之警覺與管理。（ASC-ASR-18-10-013）
5. 督導凌天航空公司建立機制，確認飛航組員均能瞭解航機性能限制，並能於飛航中遵守航務手冊相關飛航計畫之規定及應注意之安全事項。（ASC-ASR-18-10-014）
6. 督導凌天航空公司檢視與強化外場作業管理機制，並要求相關作業人員，確依飛航計畫執行作業，避免臨時改變計畫增生之風險。（ASC-ASR-18-10-015）
7. 督導凌天航空公司檢視與修訂航務手冊有關飛航駕駛員連續 24 小時飛航時間不得超過 6 小時之限度與實務運作之差異，並強化飛航時間、執勤期間與休息期間之紀錄保存系統，以避免誤解與符合法規要求。（ASC-ASR-18-10-016）
8. 督導凌天航空公司訂定確實可行之空照/空勘任務操作要領、標準及放棄任務作業之標準，及適合公司任務需求之組員/單一駕駛員資源管理之訓練教材。（ASC-ASR-18-10-017）
9. 督導凌天航空公司建立機制並加強宣導，要求相關作業人員確依手冊規定執行各項任務，包括：飛航中不得使用行動電話等電子產品；不關車加油時之編組、職掌及程序；油樣等危險物品運送及其他與安全相關之各項作業。（ASC-ASR-18-10-018）

4.2 已完成之改善措施

4.2.1 凌天航空公司

凌天航空公司分別於民國 107 年 10 月 11 日及 10 月 30 日提供該公司針對 B-31118 飛航事故已完成或進行中之改善措施，該等資料未經飛安會確認。內容如下：

1. 依據民航局飛安公告 107-058/0 號制訂飛航駕駛員使用藥物管制程序，並於 107 年 9 月 13 日完成公告宣導。
2. 於「航務手冊」第 26 版(民航局 107 年 7 月 26 日標準一字第 1070017221 號核定)修訂，各機隊於每次飛航時均需完成自我風險評量；另 BELL 206 機隊執行山區任務時，另需依附件完成山區飛行風險評估表，實施風險管控，以維飛行安全。
3. 引進 AW169 機型已依法規隨機裝設整合式 CVFDR (CVR & FDR) 語音、飛航記錄器。現有 2 架 BELL 206B3 直昇機均已主動裝設 Appareo Vision1000 簡式飛航紀錄器及 Spidertracks GPS 航機追蹤器，並分別依 BELL206B3 直昇機操作手冊與簽派作業手冊實施運用規範及航機動態監控，以精進飛航安全維護與事故調查。
4. 邀請合格師資開辦疲勞管理相關訓練課程，對飛航組員、維修工程師及勤務人員施訓。
5. 依各型機操作手冊 (BELL-206B3 直昇機 REV6 民航局 106 年 7 月 18 日標準一字第 1060016120 號、AW169 直昇機 REV1 民航局 107 年 7 月 16 日標準一字第 1070015758 號核定) 規範，針對各航機操作、性能限制、緊急狀況、帶動力下沉等處置持續宣教，並於年度複訓時實施考驗。
6. 於「航務手冊」第 27 版(民航局 107 年 10 月 16 日標準一字第 1075024326 號核定) 7.1 及 7.3 增訂「7.1.12 任務執行前，若飛航計畫內容更改；機長需通知簽派並報請主管同意後，始得修正執行。」、「7.3.8 飛航中，除天候、機械因素或 EMS 病情考量，獲得航管單位許可外，不得任意變更飛航計畫。」、「7.3.9 機長於變更飛航計畫落地後，應立即以電話

回報公司簽派、安管、主管，並於 24 小時內依附件 11-6 完成飛航組員報告。」

7. 不再承接執行空拍（照）、吊掛任務。俟爾後市場需求及直昇機汰換，再行評估接案與否。
8. 依據危險物品作業手冊及地勤作業手冊，於 5/23、7/3、7/4、7/16、7/17、7/18、7/20 日共計實施 7 次危險物品訓練，並於 5/23、5/30、7/6 日共計實施 3 次地勤作業訓練。

4.2.2 交通部民用航空局

民航局於民國 107 年 10 月 30 日提供該公司針對 B-31118 飛航事故已完成或進行之改善措施，該等資料未經飛安會確認。內容如下：

1. 民航局按照「航空器飛航作業管理規則」第 199 條及第 284 條持續監理國籍航空公司依其訂定之藥物測試程序執行抽檢，以確保其駕駛員於執勤期間不受藥物作用而影響飛安。民航局所屬航醫中心亦定期或不定期對飛航駕駛員實施藥物檢測。相同管理規則第 231 條亦規定機長於飛航前發現組員因…藥物影響等原因致無法執行其職務時，應令其不得飛航。航空公司據以訂定飛航前檢查確認程序，並要求駕駛員按規定實施。前述規範與程序符合國際民航組織(ICAO)、歐洲聯合航空安全署(EASA)與美國聯邦航空總署 (FAA) 之相同要求。EASA 與 FAA 針對駕駛員藥物之使用另行提供宣導文件，民航局比照類似做法，於 107 年 2 月 23 日參考 FAA 所屬 Aerospace Medical Education Division 製作之「藥物與飛航 (Medications and Flying)」宣導文件，發布飛安公告 ASB No:107-058/O，要求國籍航空公司應要求飛航組員謹慎使用藥物，飛航組員於用藥前應向醫師諮詢可能的副作用，並於使用藥物後且充分休息情況下，方可執行飛航勤務，以減低可能存在之飛航安全顧慮。
2. 民航局持續要求普通航空業者在執行新增或特殊飛航任務之前，需就飛航性質、操作環境、組員派遣與疲勞情況、航機性能限制、空地支援、地勤作業等完成整體風險評估，向民航局提報並確定風險為可接受始得

開始執行飛航任務。此外，民航局加強要求凌天航空每次飛航時均需執行自我風險評量。BELL 206 機隊執行山區任務時，另需完成山區飛航風險評估表，實施風險管控，相關規範訂定於航務手冊於 107 年 7 月 26 日核定實施。在空地支援方面，民航局要求凌天航空以飛安為先，增訂「任務執行前，若飛航計畫內容更改；機長需通知簽派並報請主管同意後，始得修正執行」；「飛航中，除天候、機械因素或 EMS 病情考量，獲得航管單位許可外，不得任意變更飛航計畫」及「機長於變更飛航計畫飛航後，12 小時內完成飛航組員報告」等規定。以上規定訂於航務手冊於 107 年 7 月 26 日核定實施。另凌天航空公司所承接之所有業務必須按照可行之任務操作要領及安全標準執行飛航任務。

3. 本事故型機（BELL 206）依照 ICAO、EASA 等國際規範與我國「航空器飛航作業管理規則」第 246 條，因航空器原製造廠未提供技術通報供改裝且使用者無法於市場上取得我國、美國、歐洲聯合航空安全署或原設計國等民航主管機關之補充型別檢定證供技術修改所需，故不需裝置飛航紀錄器。然為配合事故調查所需，該機仍按民航局建議裝有簡式飛航紀錄器，唯該裝置在本事故中燒毀，無法讀取相關資訊。凌天航空現有 2 架 BELL 206 直昇機亦裝設 Appareo Vision1000 簡式飛航紀錄器及 Spidertracks GPS 航機追蹤器，並分別依 BELL 206 直昇機操作手冊與簽派作業手冊實施運用規範及航機動態監控。該公司 107 年引進 AW169 型機已依法規裝設整合式 CVFDR（CVR & FDR）語音、飛航記錄器。
4. 凌天航空飛航組員疲勞相關法規符合「航空器飛航作業管理規則」第 282 條有關普通航空業飛航組員之飛航時間與休息時間限度。民航局為優化飛航組員疲勞管理，已要求凌天航空公司於 107 年 11 月份起實施組員疲勞資訊之相關訓練課程。
5. 凌天航空公司駕駛員各類訓練均按民航局核准之訓練計畫實施，本事故似與飛航組員是否了解航機性能限制無關。為精進飛安，民航局針對該公司於 106 年 7 月 4 日至 6 日及 14 日執行航務、機務深度評估，要求

該公司加強以下事項：

- 一、 確依各型機操作手冊（BELL-206B3 直昇機 Rev.6、AW169 直昇機 Rev.1）規範，對各航機操作、性能限制、緊急狀況、帶動力下沈等處置持續宣教，並於年度複訓時實施考驗（口試或模擬機）。
 - 二、 Bell206-B3 操作手冊於關車程序部分配合機務作業增加「減速檢查」內容。
 - 三、 訂定原廠技術手冊之定期檢視及修訂管制規定。
 - 四、 配合公司申請直昇機民用航空運輸業務，加強安全管理能力與作為。
6. 凌天航空已按民航局要求依據危險物品作業手冊及地勤作業手冊於 107 年 5 月及 7 月期間對相關作業人員實施危險物品及地勤作業訓練。