



飛航安全調查委員會

航空器飛航事故

事實資料報告

中華民國 104 年 11 月 22 日

凌天航空公司

Bell-206B3 型機

國籍標誌及登記號碼 B-31127

於新北市泰山區執行電塔礙子清洗作業時墜毀

報告編號：ASC-FRP-16-04-001

報告日期：民國 105 年 4 月

本頁空白

目錄

目錄	.....	iii
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
英文縮寫對照簡表	.....	x
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	.....	3
1.4 其他損害情況	.....	4
1.5 人員資料	.....	7
1.5.1 飛航組員經歷	.....	7
1.5.1.1 正駕駛員	.....	7
1.5.2 飛航組員事故前 72 小時活動	.....	8
1.6 航空器資料	.....	9
1.6.1 航空器基本資料	.....	9
1.6.1.1 硝掃水槍	.....	9
1.6.2 發動機基本資料	.....	10
1.6.3 載重與平衡	.....	10
1.6.4 維修資訊	.....	11
1.7 天氣資料	.....	11
1.8 助、導航設施	.....	13
1.9 通信	.....	13

1.10	場站資料	13
1.11	飛航紀錄器	13
1.11.1	座艙語音紀錄器	14
1.11.2	飛航資料紀錄器	14
1.11.3	機上攜帶式錄影裝置	14
1.11.4	影片解讀	16
1.11.5	簡式飛航紀錄器	20
1.12	航空器殘骸與撞擊資料	21
1.12.1	事故現場之超高壓電塔及電纜線資料	21
1.12.2	航空器殘骸分布	22
1.12.3	航空器殘骸資料	25
1.13	醫療與病理	29
1.14	火災	29
1.15	生還因素	29
1.16	測試與研究	29
1.16.1	航機系統檢視	30
1.16.2	受損之電纜線檢視	40
1.16.3	警示燈燈絲檢視	42
1.16.4	燃油質量檢視	43
1.17	組織與管理	45
1.17.1	凌天航務處	45
1.17.2	人員訓練	45
1.17.2.1	凌天訓練相關規定	45

1.17.2.2 民航局民航通告	48
1.17.3 操作規定及限制	48
1.17.4 清洗礙子手冊	52
1.17.5 民航局查核	53
1.18 其他資料	54
1.18.1 訪談資料	54
1.18.1.1 任務機組領隊訪談摘要	54
1.18.1.2 目擊者訪談摘要	54
1.18.1.3 航務處長訪談紀錄	55
1.18.2 事故機預畫清洗礙子之路線圖	57
附錄 1：礙掃水槍核准證書	59
附錄 2：該機最後 25 秒逐秒視訊截圖	60
附錄 3：該機最後 3 秒間隔 15 分之 1 秒視訊截圖	64
附錄 4：警示燈泡檢測結果	68
附件清單	75

表目錄

表 1.2-1 傷亡統計表	3
表 1.5-1 飛航組員基本資料表	7
表 1.6-1 航空器基本資料	9
表 1.6-2 發動機基本資料	10
表 1.6-3 載重及平衡相關資料表	10
表 1.11-1 影片抄件摘要	16
表 1.12-1 161kV 頂湖-東林、泰山一路之電塔資料	21
表 1.12-2 345kV 核一-頂湖紅線之電塔資料	21
表 1.18-1 事故發生經過說明	55

圖 目 錄

圖 1.1-1 事故機飛航路徑圖	1
圖 1.1-2 事故機撞擊電纜線示意圖	3
圖 1.4-1 受損之電纜線現場	4
圖 1.4-2 台電電纜線斷落情形	5
圖 1.4-3 台電電纜線斷落情形	5
圖 1.4-4 台電電纜線斷落撞及民宅屋頂情形	6
圖 1.7-1 事故地點附近之中央氣象局自動氣象站	12
圖 1.7-2 4 個自動氣象站之風速及陣風	12
圖 1.7-3 4 個自動氣象站之風向	13
圖 1.11-1 該機當日執行清洗礙子的視訊截圖（右上圖為 26 號電塔，左/右下為 24 號電塔）	15
圖 1.11-2 該機當日執行清洗礙子之視訊截圖	15
圖 1.11.3 清洗 24 號電塔礙子之順序	20
圖 1.12-1 相關電塔之外型尺寸圖	22
圖 1.12-2 事故地區之電塔及纜線分布	23
圖 1.12-3 事故地區電塔位置及纜線距離	23
圖 1.12-4 事故區域空照圖、殘骸及電塔分布圖	24
圖 1.12-5 電纜線與殘骸分布之地形剖面變化圖	24
圖 1.12-6 該機事故前外觀圖與相關殘骸比較圖	25
圖 1.12-7 事故機主殘骸 1	26
圖 1.12-8 事故機主殘骸 2	26
圖 1.12-9 事故機主殘骸 3	27

圖 1.12-10 主旋翼斷落情形	27
圖 1.12-11 尾旋翼斷落情形	28
圖 1.12-12 垂直尾翼斷落情形	28
圖 1.12-13 水平尾翼斷落情形	29
圖 1.16-1 主旋翼損壞狀況 1	30
圖 1.16-2 主旋翼損壞狀況 2	31
圖 1.16-3 主旋翼翼前緣之凹陷刮痕	31
圖 1.16-4 主旋翼支撐桿與套軸撞擊痕跡	32
圖 1.16-5 主旋翼支撐套軸之纏繞痕跡	32
圖 1.16-6 主齒輪箱受損狀況	33
圖 1.16-7 主齒輪箱水平連接軸	33
圖 1.16-8 尾旋翼傳動軸斷裂	34
圖 1.16-9 水平尾翼與尾桿連接處遭電纜線纏繞	34
圖 1.16-10 水平尾與機身接合處與纜線纏繞及摩擦狀況 1	35
圖 1.16-11 水平尾與機身接合處與纜線纏繞及摩擦狀況 2	35
圖 1.16-12 尾旋翼損壞狀況	36
圖 1.16-13 垂直尾翼損壞狀況	36
圖 1.16-14 連接尾部結構之支架損壞	37
圖 1.16-15 迴旋桿損壞狀況	38
圖 1.16-16 集體桿斷裂狀況	38
圖 1.16-17 方向控制踏板毀損狀況	38
圖 1.16-18 控制機構扭曲變形狀況	39
圖 1.16-19 變向盤及相關之連桿損壞情形	39

圖 1.16-20 壓縮器部分之外物損傷狀況	40
圖 1.16-21 斷裂電纜線	41
圖 1.16-22 斷裂電纜線 A 之巨觀觀察	41
圖 1.16-23 斷裂電纜線 A 之外圈鋁線	42
圖 1.16-24 取下之警示燈面板	42
圖 1.16-25 警示燈面板之警示內容	43
圖 1.16-26 燃油檢驗報告	44
圖 1.17-1 航務處組織圖	45
圖 1.17-2 地面效應外之滯空升限	51
圖 1.17-3 臨界相對風之方位區域	52
圖 1.18-1 事故發生經過示意圖	55
圖 1.18-2 事故機規劃清洗礙子路線圖	58

英文縮寫對照簡表

ACSR

Aluminum Conductors Steel
Reinforced

鋼芯鋁絞線

第1章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 104 年 11 月 22 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-31127，執行台灣電力公司（以下簡稱台電）委託之電塔礙子清洗（以下簡稱礙掃）作業。該機於台北時間約 1042 時自新北市林口區東明一街一處臨時起降場起飛，機上載有正駕駛員及水槍操作員各一員，約 1100 時該機墜落於新北市泰山區泰林路北面之農園內，機全毀，機上兩名人員死亡。（事故機之飛航路徑示意圖如圖 1.1-1）

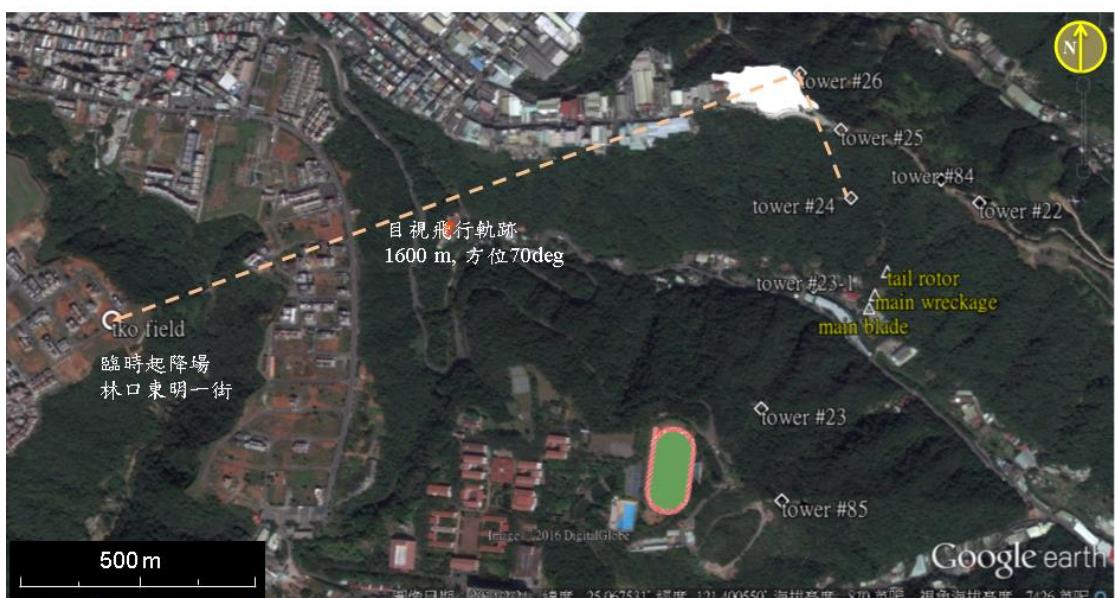


圖 1.1-1 事故機飛航路徑圖

依據事故機任務提示資料，事故前一日 1600 時於桃園旅店內進行次日之任務提示；內容含有任務概述、航機狀況、機組員個人資料、任務分派、航路狀況、天氣狀況、緊急程序背誦、臨時起降場注意事項等，並曾提及應注意天氣變化及障礙物清除之處置。

依據該機之操作飛航計畫，事故機當日預計執行 8 批次電塔礙掃任務，由任務機組領隊（具正駕駛員資格）及事故機正駕駛員，輪流擔任操控駕駛員，搭配水槍操作員坐於後座，操作水槍執行電塔礙掃工作。事故當日自 0705 時開始，該機自林口東明一街之臨時起降場起飛，由事故機正駕駛員執行前 2 批次之作業，第 3 至 6 批次作業則由任務機組領隊執行礙掃任務，至 1035 時止已完成第 6 批次之作業。

該機約於 1042 時再次自該臨時起降場起飛，由事故機正駕駛員坐於右座擔任操控駕駛員，水槍操作員坐於後座操控水槍，至距臨時起降場約 1,600 公尺，林口（接近泰山區）附近執行頂湖-東林一路線之電塔礙掃任務（如圖 1.1-1），約 1.5 分鐘後到達作業區 26 號電塔，開始依計畫執行礙掃作業。

依據事故機上之錄影紀錄，26 號電塔需清洗之礙子計 15 串，該機於 26 號電塔之作業時間約為 6 分鐘，於清洗完其中 3 串礙子後，停止該塔之清洗作業。未執行 25 號電塔之礙掃而直接移往 24 號標高較低之電塔繼續清洗工作。約 8 分鐘後完成該座電塔 18 串礙掃工作。之後航機顯示左傾姿態，機頭些許上揚，開始脫離 24 號電塔，向 23 號電塔方向前進，同時有左偏下降趨勢。

依據事故當時位於 24 號電塔偏東南方約 800 公尺處之目擊者描述：該機清洗完 24 號電塔後，飛離完成清洗之電塔，機首約向南並無異常狀況。之後於飛航過程中撞擊位於其東南方之高壓電纜線，墜落於該電纜線下方之農園內。

依據現場測量結果，撞擊位置距頂湖-東林一路線 24 號電塔東南方約 186 公尺處之核一-頂湖線電纜線、標高為 117 公尺，農園之經緯度為 N25.072395°、E121.409951°，該機撞擊電纜線之示意圖如圖 1.1-2。

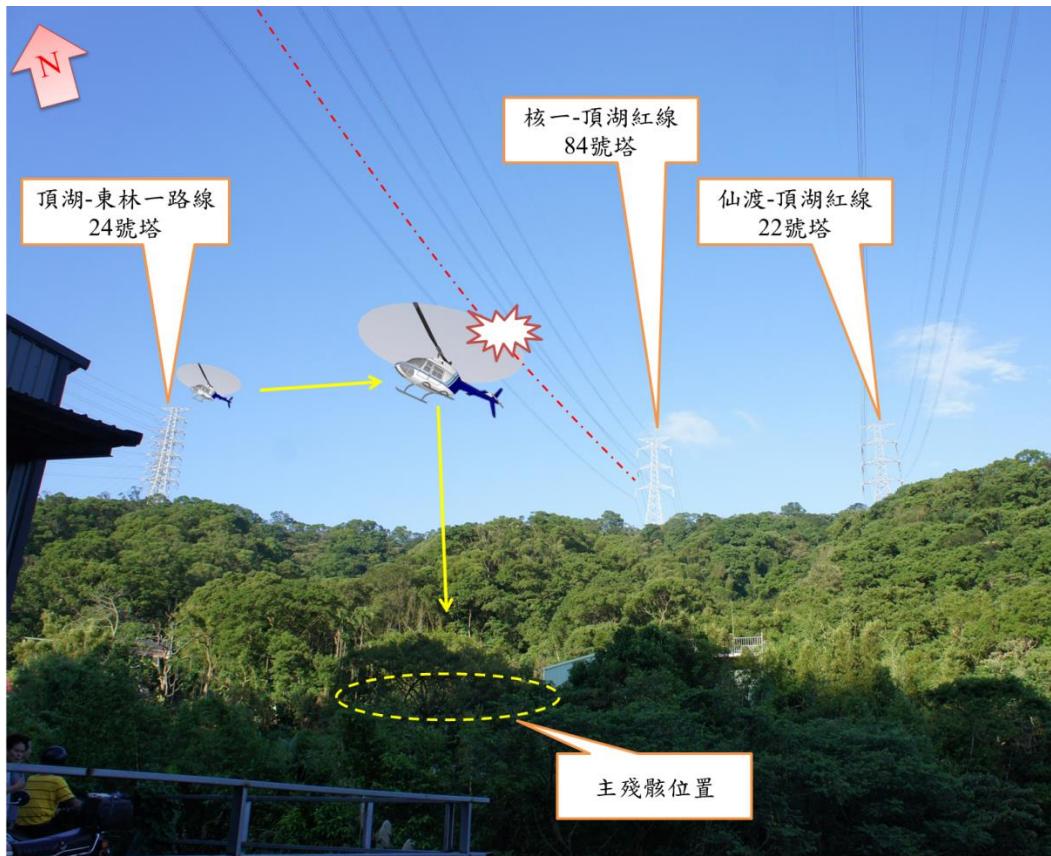


圖 1.1-2 事故機撞擊電纜線示意圖

1.2 人員傷害

本次事故機上 2 名人員包括正駕駛員及水槍操作員，均於航機墜落時死亡，傷亡統計如表 1.2-1。

表 1.2-1 傷亡統計表

傷亡情況	飛航組員	客艙組員	乘客	其它	小計
死亡	1	1	0	0	2
重傷	0	0	0	0	0
輕傷	0	0	0	不適用	0
無傷	0	0	0	不適用	0
總人數	1	1	0	0	2

1.3 航空器損害

航空器遭受實質損害。

1.4 其他損害情況

事故機撞擊台電核一-頂湖線 84 號至 85 號輸電塔間之電纜線，如圖 1.4-1。根據台電提供之輸電線路損壞報告：「該機造成上述 (345KV 超高壓鐵塔 84 號) 紅線二號線四導體導線¹斷線，...，導體直徑 2.7cm 為斷裂尺寸。」

斷落之電纜線散落於泰林路三段附近及山坡上之樹林間（如圖 1.4-2、1.4-3），並撞破事故區東南方一工廠之屋頂（圖 1.4-4）。

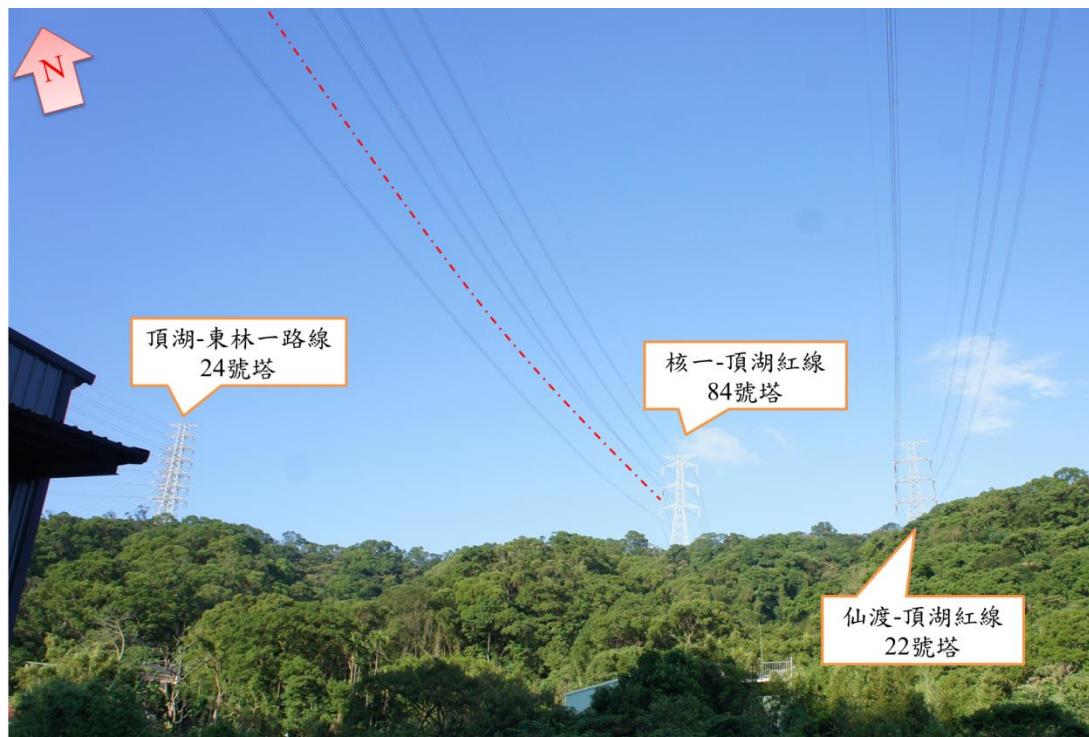


圖 1.4-1 受損之電纜線現場

¹ 指電纜線。



圖 1.4-2 台電電纜線斷落情形



圖 1.4-3 台電電纜線斷落情形

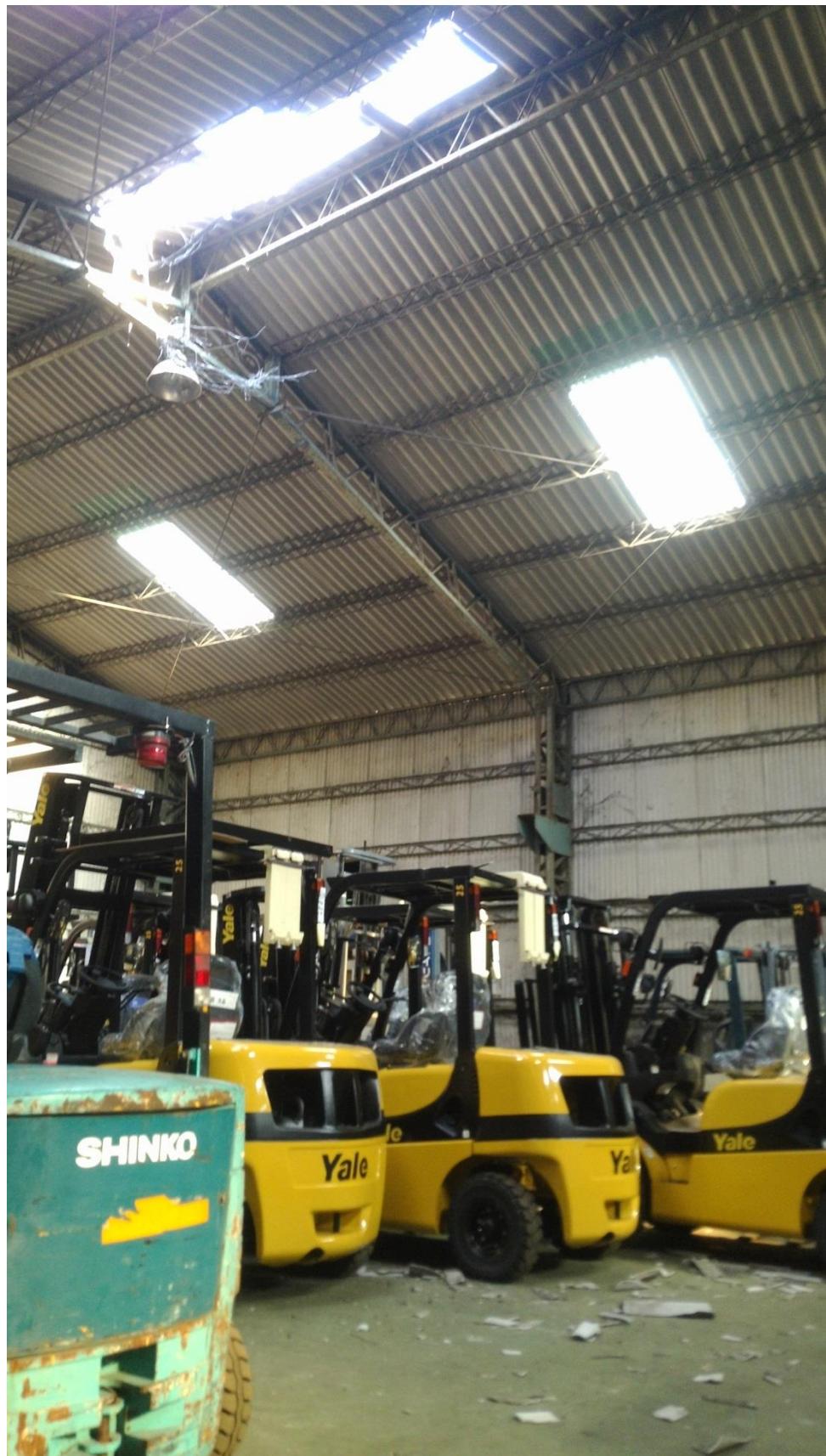


圖 1.4-4 台電電纜線斷落撞擊民宅屋頂情形

1.5 人員資料

1.5.1 飛航組員經歷

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
性 別	男
事 故 時 年 齡	50
進 入 公 司 日 期	民國 95 年 8 月
航 空 人 員 類 別	直昇機商用駕駛員
檢 定 項 目	BELL-206
發 證 日 期	民國 101 年 3 月 14 日
終 止 日 期	民國 106 年 3 月 13 日
體 格 檢 查 種 類	乙類駕駛員
終 止 日 期	民國 105 年 3 月 31 日
總 飛 航 時 間	4,811 小時 50 分
事故型機飛航時間	1,963 小時 15 分
最近 12 個月飛航時間	166 小時 10 分
最近 90 日內飛航時間	65 小時 35 分
最近 30 日內飛航時間	24 小時 45 分
最近 7 日內飛航時間	17 小時 50 分
24 小時內已飛時間	0 小時 50 分
事故前休息時間	12 小時 00 分

1.5.1.1 正駕駛員

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，檢定項目欄內之註記為：「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*」，特定說明事項欄內之註記為：空白。

正駕駛員原為我國軍用直昇機飛行員，退伍後進入凌天，於民國 95 年 9 月 5 日通過 BELL-206 型機之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 日完成正駕駛員升等訓練開始擔任 BELL-206 型機正駕駛員。至事故發生前之總飛航時間 4,811 小時 50 分。正駕駛員於 104 年 3 月 6 日完成 104 年度之年度複

訓，訓練科目含性能飛行、緊急程序及儀器飛行，訓練簽署欄之內容為：符合標準；年度複訓之考驗於 104 年 3 月 11 日實施，考驗結果及格，合於 BELL-206 型機正駕駛員目視(VFR ONLY)資格之標準。

有關正駕駛員礙掃部份之訓練，該員最近一次之礙掃訓練日期為 104 年 9 月 16 日，礙掃作業之訓練含：大載重滯空馬力檢查、外界障礙物檢視、電塔接近及脫離飛行及電塔滯空飛行，訓練簽署欄內之註記為：「操作均符合礙掃操作要求標準及要領」。

正駕駛員體格檢查種類為乙類駕駛員，上次體檢日期為民國 104 年 03 月 13 日，體格檢查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 飛航組員事故前 72 小時活動

依據事故當日機組領隊提供正駕駛事故前 72 小時之活動紀錄如下：

11 月 20 日：早上 0510 時起床，0530 時出門，0600 時早餐用完即至通宵停機點執行裝備及飛行前 360 度檢查。0650 時開始執行礙掃作業，1415 時礙掃作業結束後，即從苗栗頭份起飛，1448 時於新北市鶯歌停機點落地。落地後實施壓縮器清洗及溫車。1630 時返回桃園長城大飯店辦理住宿，並於實施任務歸詢及次日之任務提示後，各自回房休息。1830 時外出晚餐，約 1910 時返回飯店，2100 時就寢。

11 月 21 日：早上 0530 時起床，0600 時由飯店出發至鶯歌停機點，0630 時抵達停機點並執行各項飛行前準備。0710 時開始執行礙掃作業，因作業區有地形風，遂於 1045 時於鶯歌落地點落地關車。之後於 1315 時自鶯歌停機點起飛，實施礙掃作業前之作業區觀察，因風速增強不宜作業，於 1340 時在鶯歌落地點落地關車全停。落地後實施壓縮器清洗及溫車。1550 時返回飯店，實施任務歸詢及次日之任務提示，於 1700 時回房休息。1830

時外出晚餐，約 1915 時返回飯店，2030 時就寢。

11 月 22 日：早上 0530 時起床，0600 時飯店出發至鶯歌停機點，0630 時抵達停機點開始執行各項飛行前準備。0700 時開始執行礙掃作業，直至發生事故。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器基本資料

該機統計至民國 104 年 11 月 22 日航空器基本資料，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 104 年 11 月 22 日）	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-31127
機型	206B3
製造廠商	Bell Helicopter TEXTRON
出廠序號	4542
出廠日期	民國 90 年 3 月 21 日
接收日期	民國 94 年 12 月 15 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	94-995
適航證書編號	103-12-209
適航證書生效日	民國 103 年 12 月 16 日
適航證書有效期限	民國 104 年 12 月 15 日
航空器總使用時數	3,028 小時 06 分
航空器總落地次數	6,017 次
上次定檢種類	300 小時檢查
上次定檢日期	民國 104 年 10 月 08 日
上次定檢後使用時數	704 小時 06 分
上次定檢後落地次數	137 次

1.6.1.1 碾掃水槍

碾掃水槍係由紐西蘭 Ntech 公司設計製造，且經紐西蘭民航局

核准授證（如附錄 1）。

1.6.2 發動機基本資料

該機統計至民國 104 年 11 月 22 日發動機基本資料，如表 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 104 年 11 月 22 日）	
製造廠商	Rolls-Royce
型別	250-C20J
序號	CAE-270899
製造日期	民國 89 年 5 月 2 日
上次定檢種類	100 小時/300 小時檢查
上次定檢日期	民國 104 年 10 月 8 日
上次維修廠檢修後使用時數	70:06 小時
上次維修廠檢修後使用週期數	54
總使用時數	3028:06 小時
總使用週期數	1,663

1.6.3 載重與平衡

依據該機本次飛航之載重平衡表及操作飛航計畫，其載重及平衡相關資料如表 1.6-3。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

基本空機重量	2,056.6 磅
最大起飛總重	3,200.0 磅
實際起飛總重	3,120.9 磅
起飛油量	272.0 磅
航行耗油量	136.0 磅
最大落地總重	3,200.0 磅
實際落地總重	2,544.9 磅
起飛重心位置	108.9 英吋
該型機之縱向重心範圍為 106.0 英吋至 114.2 英吋	

1.6.4 維修資訊

檢視該機所有之經歷簿、飛機重量及重心紀錄表、直昇機及發動機適航指令、服務通告，及近 1 年之發工單、飛航及維護紀錄表、飛行前/後檢查表、每日燃油檢驗紀錄表、滑油量添加紀錄表，及最後 1 次定檢紀錄，無異常登錄。

1.7 天氣資料

事故當日臺灣受微弱東北風影響，北部地區為多雲到晴的天氣。於事故地點東方 7.5 浬之松山機場地面天氣觀測紀錄如下：

1100 時：風向 080 度，風速 13 浬/時，風向變動範圍 050 度至 110 度；能見度大於 10 公里；稀雲 1,800 呎、疏雲 10,000 呎；溫度 28°C，露點 20°C；高度表撥定值 1018 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—高度表撥定值 30.06 吋汞柱。

於事故地點西方 9 浬之桃園機場地面天氣觀測紀錄如下：

1100 時：風向 040 度，風速 20 浬/時；能見度大於 10 公里；稀雲 2,500 呎、疏雲 18,000 呎；溫度 26°C，露點 21°C；高度表撥定值 1017 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—高度表撥定值 30.05 吋汞柱。

事故地點附近之中央氣象局自動氣象站如圖 1.7-1 所示，其天氣紀錄如下：

五股站（東北東方 1.5 浬、標高 95 公尺）1110 時：風向 080 度，風速 7 浬/時，陣風 15 浬/時；溫度 27.4°C；測站氣壓 1010 百帕。

林口站（西方 1.75 浬、標高 238 公尺）1100 時：風向 040 度，風速 1.9 浬/時，陣風 7.4 浬/時；溫度 26.3°C；測站氣壓 989.2 百帕。

新莊站（東南東方 2.4 浬、標高 25 公尺）1110 時：風向 070 度，風速 9.1 浬/時，陣風 18.1 浬/時；溫度 28°C；測站氣壓 1013.9 百帕。

龜山站（西南方 3.1 浬、標高 177 公尺）1110 時：風向 060 度，風速 3.1 浬/時，陣風 9.5 浬/時；溫度 27.8°C；測站氣壓 996 百帕。

以上 4 個自動氣象站於 1000 時至 1130 時之風向、風速及陣風詳圖 1.7-2、1.7-3 所示。

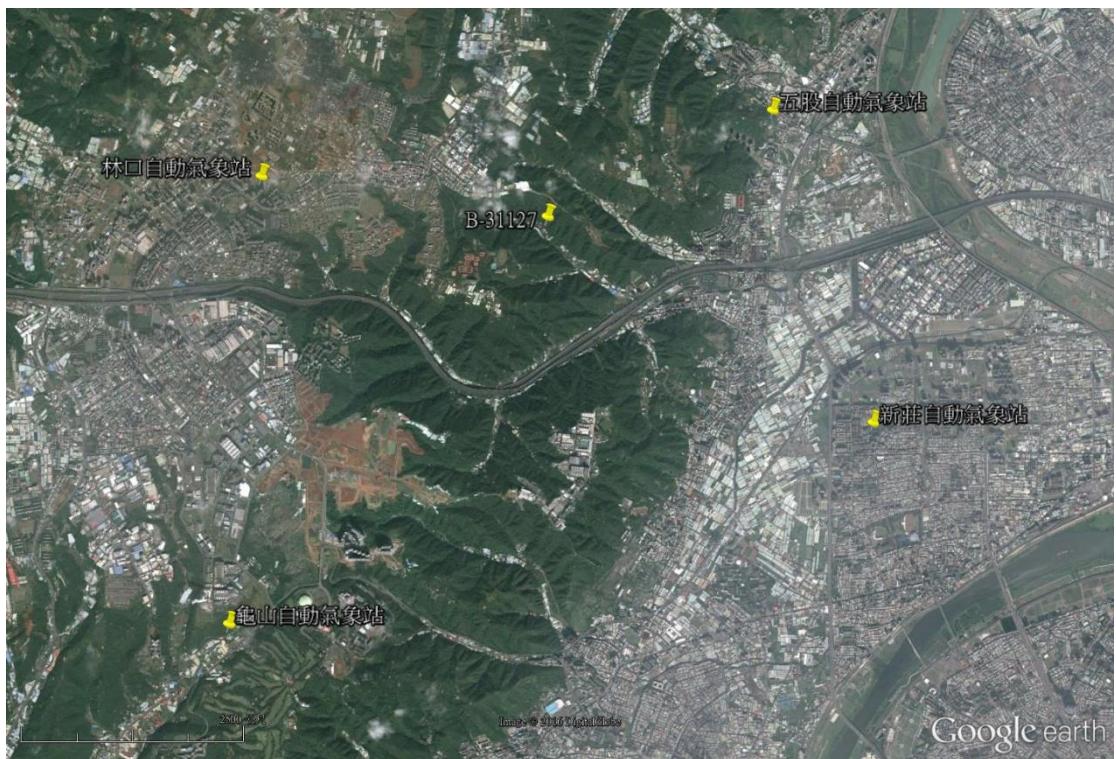


圖 1.7-1 事故地點附近之中央氣象局自動氣象站

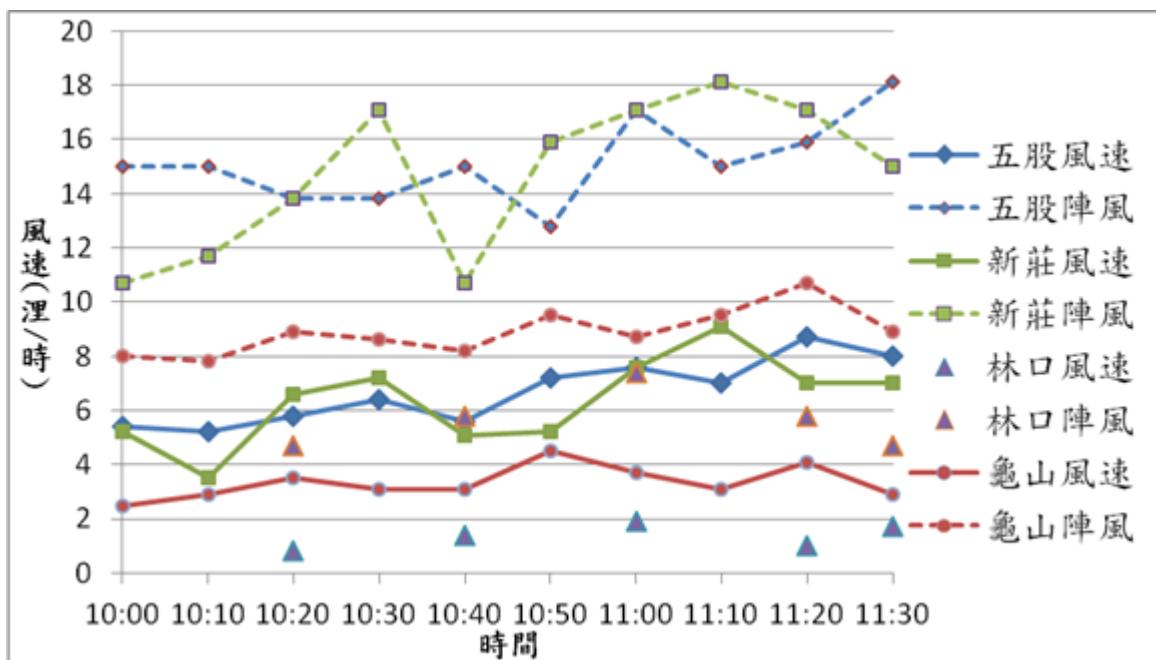


圖 1.7-2 4 個自動氣象站之風速及陣風

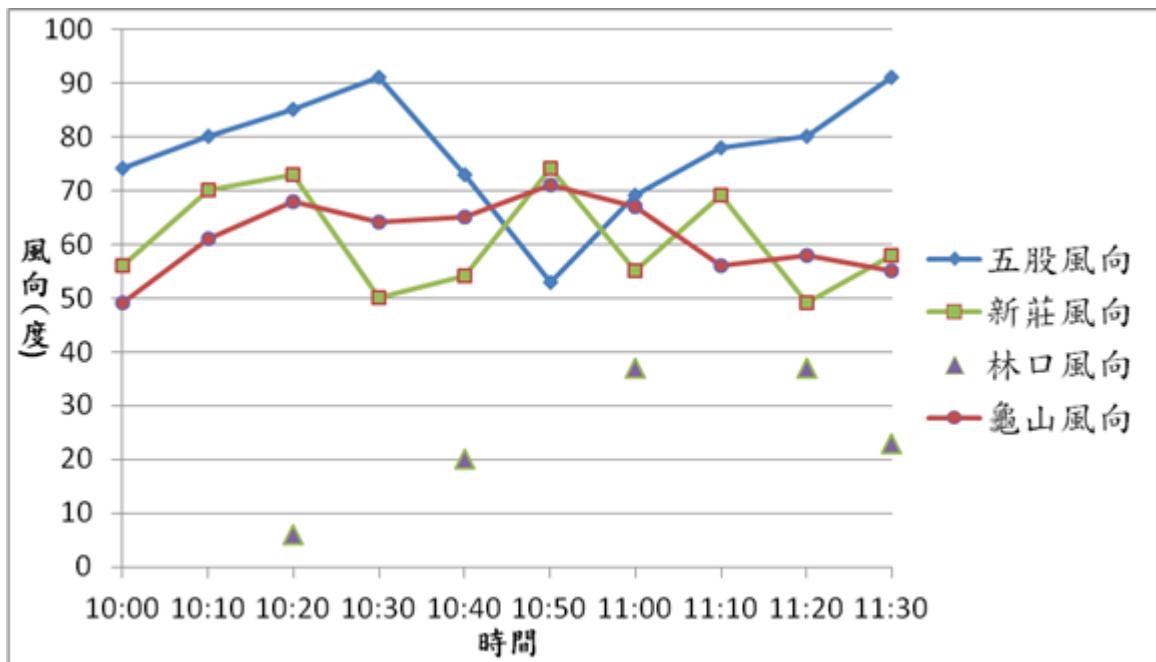


圖 1.7-3 4 個自動氣象站之風向

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

無相關議題。

1.11 飛航紀錄器

依據我國「航空器飛航作業管理規則之附件十二飛航紀錄器」相關規定：「貳、飛航資料紀錄器 (FDR) ...6. 中華民國七十八年一月一日或以後首次適航之直昇機其最大總重超過七千公斤者，應裝置 IV 型之飛航資料紀錄器。7. 中華民國九十四年一月一日以後首次適航，且其最大起飛總重超過三千一百七十五公斤之直昇機，應裝置 IVA 型飛航資料紀錄器並能保有至少最後十小時之飛航紀錄資料。」

「參、座艙通話紀錄器 (CVR)... 5. 中華民國七十六年一月一日以後首次適航且最大起飛總重超過七千公斤之直昇機，應裝置可記錄飛航中駕駛艙內通話環境之座艙通話紀錄器。未裝置飛航資料紀錄器者，其座艙通話紀錄器應至少能記錄其主旋翼轉速。...」

1.11.1 座艙語音紀錄器

該型機最大起飛重量 3,200 磅 (1452.8 公斤)，未安裝座艙語音紀錄器。

1.11.2 飛航資料紀錄器

該型機最大起飛重量 3,200 磅 (1452.8 公斤)，未安裝飛航資料紀錄器。

1.11.3 機上攜帶式錄影裝置

事故當日，於殘骸現場尋獲安裝於水槍上清洗礙子之數位攝影機，錄有事故時之紀錄影片，紀錄時間長度 14 分 48 秒。圖 1.11-1 為錄影的視訊截圖，右上圖為頂湖-東林一路線 26 號電塔，左/右下為 24 號電塔；該機未清洗 25 號電塔。圖 1.11-2 為錄影視訊截圖，包含該機脫離 24 號電塔至停止紀錄。

該機清洗 24 號電塔最後 25 秒的逐秒視訊截圖，及最後 3 秒間隔 15 分之 1 秒的視訊截圖如附錄 2 及附錄 3。

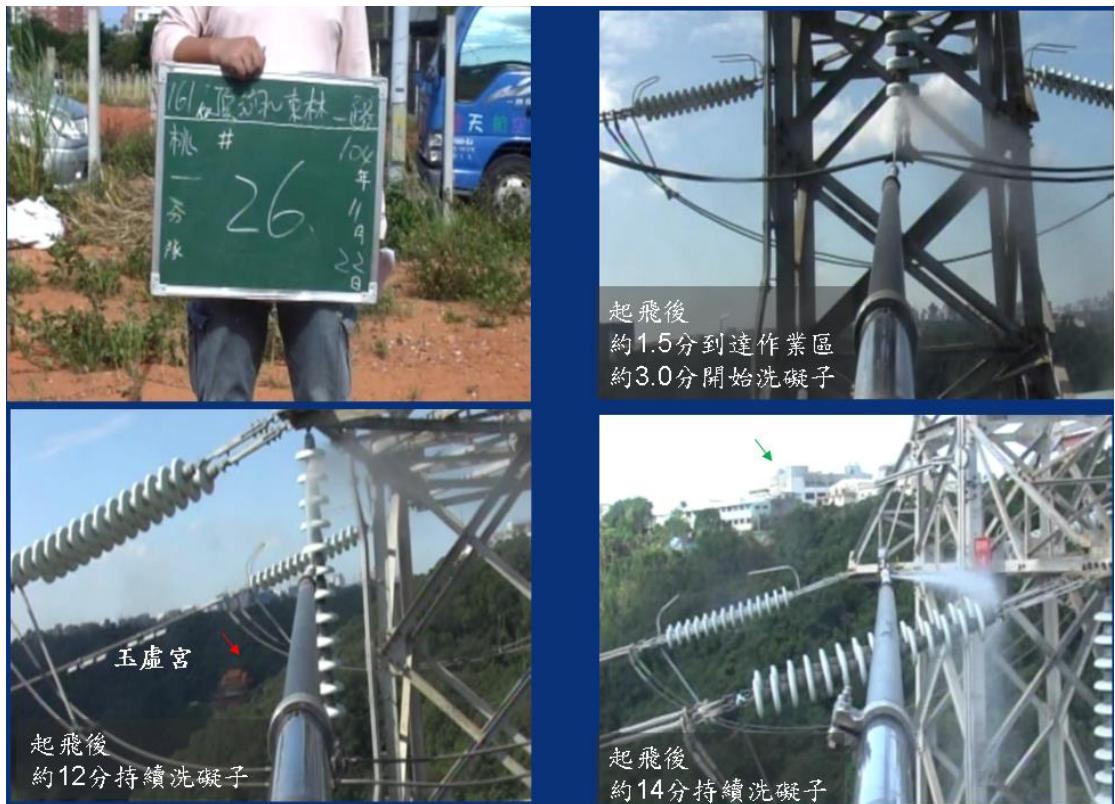


圖 1.11-1 該機當日執行清洗礙子的視訊截圖（右上圖為 26 號電塔，左/右下為 24 號電塔）



圖 1.11-2 該機當日執行清洗礙子之視訊截圖

1.11.4 影片解讀

上節影片，經與凌天航務人員及民航局檢查員共同觀看該影片後，製作之影像抄件如表 1.11.1。期間除水槍手曾分別到達 26 號及 24 號電塔時，紀錄有報塔號及礙子串數外，全程無通話之語音紀錄。由影片時間 6 分 9 秒至 14 分 36 秒連續操作之時間約 8 分 27 秒。

表 1.11-1 影片抄件摘要

時間(分:秒)	說明	備註
00:03~00:12	● 畫面：161kv 頂湖-東林一路，桃一分隊，#26， 104 年 11 月 22 日	
00:13~00:20	● 到達 26 號電塔 ● 00:15 槍手：頂湖-東林一路，26 號塔 15 串 ● 水槍晃動幅度大（清洗前之就位動作）	
00:20~01:54	● 00:34 平移至 26 號電塔第 5 層礙子 ● 00:34~00:58 移至最下層（確認電塔塔號） ● 01:01~01:12 地面樹木搖晃幅度大 ● 01:04 到達最低高度 ● 01:14~01:32 從最下（第 1 層）至最上層（第 5 層） ● 01:32~01:44 停在第 5 層 ● 01:44~01:54 下移至第 4 層	
01:54~02:39	● 停留於第 4 層 ● 觀察畫面左側煙囪之煙向右吹成水平，有時飄起不穩定 ● 航機前後上下擺動（企圖穩定航機就清洗位置）。	
02:40~02:49	● 第 1 次致動水槍 ● 大左側風（以水槍為參考位置） ● 未噴到礙子 ● 02:49 關水槍	
02:50~03:05	● 觀察畫面左側煙囪之煙向右吹成水平，有時飄起不穩定 ● 重新操作航機於穩定清洗位置	
03:05~03:33	● 第 2 次致動水槍 ● 洗第 4 層中間直立（懸垂）之礙子，由下往上至約 1/3 位置，再往下到底，再往上至 2/3 位置，再往下到底後，向上來回洗一次，共計 3 趟 ● 大左側風，水槍及噴出之水柱晃動及飄動幅度大，時上時下。	

時間(分:秒)	說明	備註
	● 0333 完成此串礙子清洗，關水槍	
03:33~03:40	● 移至右上方之橫向兩串並列之礙子外側（第 4 層） ● 逆時針轉動水槍頭噴嘴（突出箍位置至約 2 點位置）	
03:40~04:13	● 航機前後上下擺動（企圖穩定航機就清洗位置）。	
04:13~05:35	● 第 3 次致動水槍 ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排（每排 2 枚），由外向內（塔外靠向塔） ● 大左側風，水柱吹向右邊，有向上之陣風 ● 04:29 前水槍無法接近礙子 ● 04:31~04:58 右上方之煙囪為左側風，風向不穩，形狀時有變亂變粗現象 ● 至 0458 止，僅止於外緣之 4 串，曾兩度離開該礙子 ● 0529 時風向變亂，水柱向上飄擺，無法噴至礙子 ● 05:35 水槍關閉（未完成清洗）	
05:38~06:00	● 05:41~05:45 水槍順時針轉至（突出箍）10 點位置（調整水槍噴頭位置） ● 航機前後上下擺動（水槍手備便，飛行員企圖穩定於下一串礙子之清洗位置未果）	
06:00~06:09	● 向欲清洗之電塔方向移動	
06:09~06:20	● 槍手：24 號塔，18 串	
06:21~06:46	● 洗面對該塔最下一串左邊直立之礙子計 12 枚，由下向上共計 3 次 ● 左側風，風向不穩	1
06:46~06:50	● 航機移動至右側直立之礙子處	
06:50~07:12	● 洗面對塔最下一串右邊直立之礙子計 12 枚，由下向上共計 3 次 ● 左側風，風向不穩	2
07:13~07:21	● 移往右上方之橫向兩串並列之礙子外側 ● 逆時針轉動水槍頭噴嘴（突出箍位置約 10 點）	
07:21~08:01	● 開始清洗此一橫向礙子，14 排（每排 2 枚） ● 0728 洗至第 6 排又往回洗 ● 0730~0800 機身晃動，水槍移動較快	3
08:01~08:12	● 移往同排左側之橫向兩串並列之礙子外側 ● 未轉動水槍頭噴嘴	

時間(分:秒)	說明	備註
08:13~08:54	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排 (每排 2 枚) ● 0825 來回洗 1 至第 6 排之礙子 ● 來回洗 2 次，水槍晃動，水槍移動較快，有右順側風。 	4
08:54~09:05	<ul style="list-style-type: none"> ● 垂直移往上一層右側之直立礙子下方 ● 未目視水槍頭突出範 	
09:05~09:33	<ul style="list-style-type: none"> ● 洗此串直立礙子計 12 枚，來回各洗一次 ● 右側風，風向不穩 	5
09:33~09:38	<ul style="list-style-type: none"> ● 移往同層左側之直立礙子下方 ● 未目視水槍頭突出範 	
09:38~10:08	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此串直立礙子計 12 枚，來回各洗一次 ● 左側風，約將水柱之角度吹偏約 50~60 度，風向不穩 	6
10:08~10:21	<ul style="list-style-type: none"> ● 垂直移往正上方之橫向兩串並列之礙子外側 ● 轉動水槍頭噴嘴 (突出範位置約 10 點) 	
10:21~11:02	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排 (每排 2 枚) ● 至 1028 來回洗 1 至第 7 排之礙子 ● 來回洗 2 次，水槍晃動，水槍移動較快 ● 右側風，風向不穩，約將噴洗完後之水吹成向左約 80~90 度 ● 11:02 水槍關閉 	7
11:02~11:14	<ul style="list-style-type: none"> ● 移往同排右側之橫向兩串並列之礙子內側 (靠電塔端) ● 調整水槍頭噴嘴至約 10 點位置 	
11:14~11:53	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排 (每排 2 枚) ● 至 1123 來回洗 1 至第 7 排之礙子 ● 來回洗 2 次，水槍晃動，水槍移動較快 ● 右上之順側風 風向不穩 	8
11:53~12:01	<ul style="list-style-type: none"> ● 向上斜移往上一層左側之直立礙子下方 ● 調整水槍頭噴嘴至鏡頭外 ● 機身微幅晃動 	
12:01~12:26	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此串直立礙子計 12 枚，向上洗前 3 枚後水槍層退至礙子下方，來回各洗一次，清洗過程不穩定 (有些礙子清洗不完整) ● 風向不穩，1220 時由左側風變至右側風，並有向下之陣風 	9
12:26~12:28	<ul style="list-style-type: none"> ● 移至同排右側之直立礙子 	

時間(分:秒)	說明	備註
12:28~12:52	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此串直立礙子計 12 枚，清洗過程不穩定(有些礙子清洗不完整) ● 風向不穩，常有左側風變至右側風，及向下之陣風 	10
12:52~13:00	<ul style="list-style-type: none"> ● 垂直移往正上方之橫向兩串並列之礙子內側(靠塔端) ● 轉動水槍頭噴嘴(突出箍位置約 10 點) 	
13:00~13:42	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排(每排 2 枚) ● 來回洗 2 次，水槍晃動，水槍移動較快 ● 左側風，有向下之陣風 	11
13:42~13:53	<ul style="list-style-type: none"> ● 水平移往同排之橫向兩串並列之礙子外側(離塔端) ● 水槍頭噴嘴未移動(突出箍位置約 10 點) ● 機身有些晃動 	
13:53~14:36	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始清洗此一橫向礙子，14 排(每排 2 枚) ● 來回洗 2 次，水槍晃動，水槍移動較快 ● 14:13 前為左側風(機首方向)，有向下之陣風，14:13 後變右側風 ● 14:36 水槍關閉 	12
14:36~	<ul style="list-style-type: none"> ● 水槍向上向右移動，航機開始向左傾，並以左傾姿態向前 ● 轉動水槍頭噴嘴，突出箍消失 ● 14:45 航機向下，機首向右，水槍持續前後及上下不穩定擺動(類似震動)，漸遠離完成清洗之電塔線路(脫離清洗完成之電塔，向下一目標移動) 	
15:00	<ul style="list-style-type: none"> ● 畫面巨幅晃動，錄影機焦距改變且之後變黑 	

依據該影片之資料:該機清洗 24 號電塔礙子之順序如圖 1.11.3。

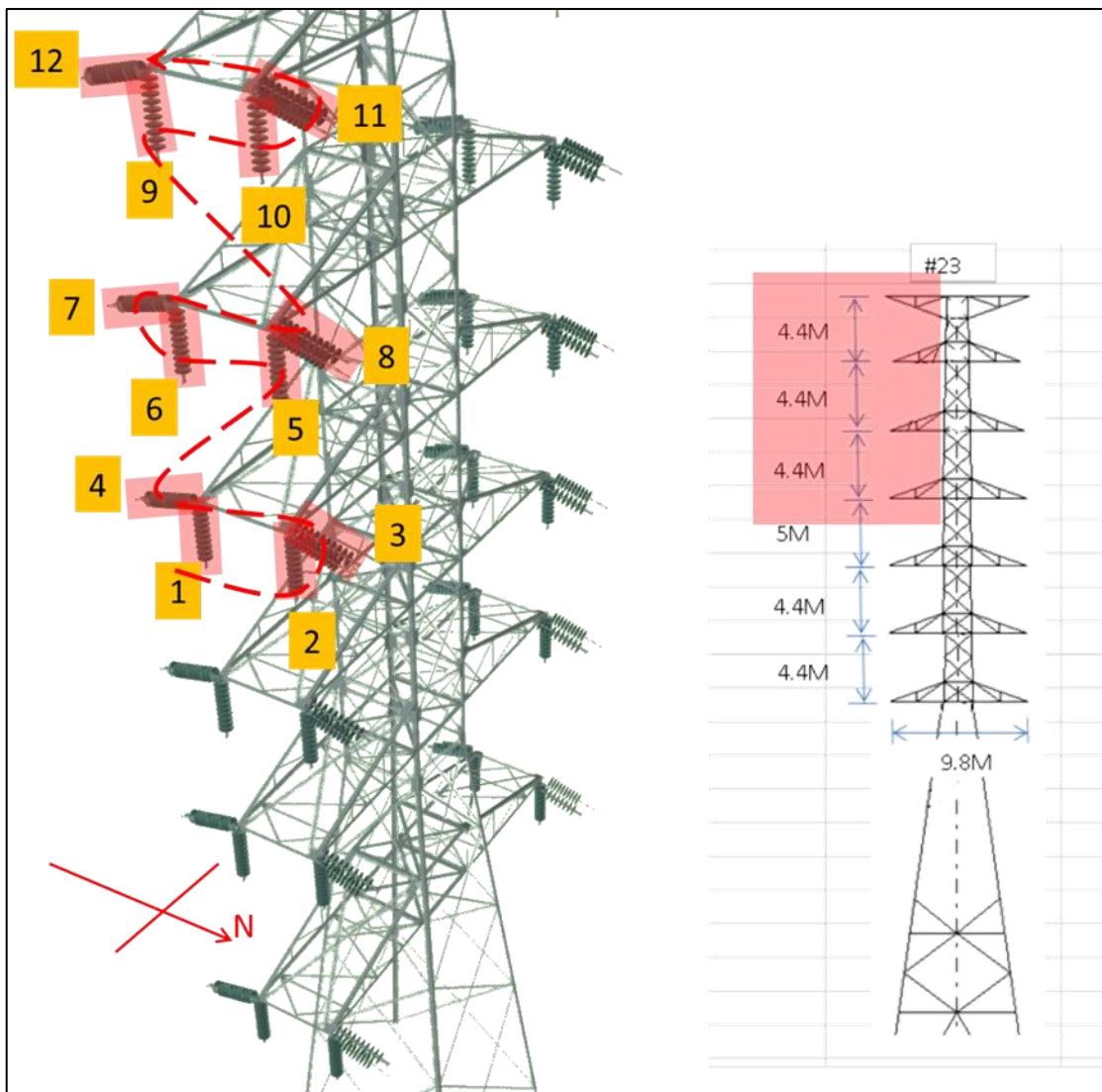


圖 1.11.3 清洗 24 號電塔礙子之順序

1.11.5 簡式飛航紀錄器

近年，歐美事故調查機構為預防普通航空業航空器之飛航事故已著手研擬安裝簡式飛航紀錄器（Light-Weight Flight Recorders）的相關規範。據查，目前已有相關簡式飛航紀錄器適用於 Bell 206 型機。

本會因其他事故調查案，曾以改善建議編號：ASC-ASR-13-09-022 建議民航局：「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。」

民航局於 102 年 12 月以標準(一)字第 1020039552 號函復本會：「民航局將依據國內現行民航法規，並參酌普通航空業者及國際相關

規範，研討安裝簡式飛航紀錄器系統之可行性，並視需要修正「航空器飛航作業管理規則」。

1.12 航空器殘骸與撞擊資料

1.12.1 事故現場之超高壓電塔及電纜線資料

台電提供事故現場附近之超高壓電塔及電纜線資料，詳如表 1.12-1 及表 1.12-2。相關電塔之外型尺寸詳如圖 1.12-1。

表 1.12-1 161kV 頂湖-東林一路、泰山一路之電塔資料

鐵塔名稱	TWD97 E 座標(度)	TWD97 N 座標(度)	地面至塔頂 高度(公尺)	地面高程 (公尺)	鐵塔橫擔最大 寬度(公尺)
#22	121.406477	25.068722	52.40	241.99	9.80
#23	121.407255	25.070220	52.40	196.50	9.80
#23-1	121.407606	25.072508	45.40	122.93	13.00
#24	121.409366	25.074245	51.40	185.09	10.2
#25	121.409120	25.075538	50.40	231.26	9.80
#26	121.408375	25.076751	53.40	226.09	10.2
#27	121.404319	25.079221	45.45	239.50	17.0

表 1.12-2 345kV 核一-頂湖紅線之電塔資料

鐵塔名稱	TWD97 E 座標(度)	TWD97 N 座標(度)	地面至塔頂 高度(公尺)	地面高程 (公尺)	鐵塔橫擔最大 寬度(公尺)
#84	121.411290	25.074580	53.3	212.76	16.6
#85	121.407620	25.068420	57.6	207.95	15.8

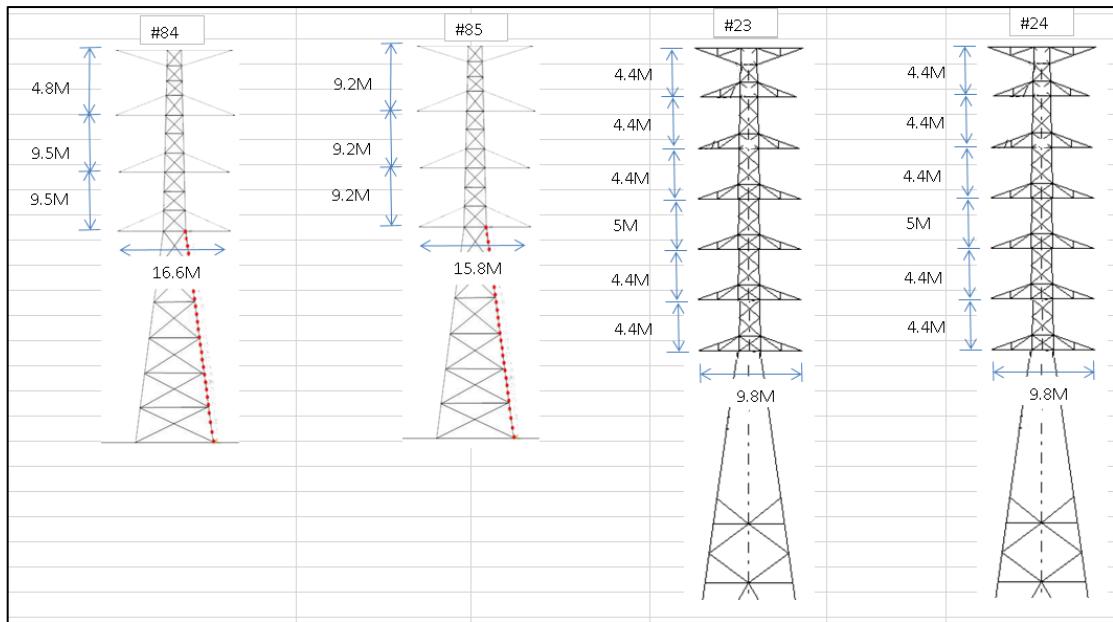


圖 1.12-1 相關電塔之外型尺寸圖

1.12.2 航空器殘骸分布

事故地區之電塔及纜線分布如圖 1.12-2 及圖 1.12-3，圖中標示之「玉虛宮」位於泰林路三段 772 巷 22 號，位於事故地點西邊約 950 公尺，玉虛宮門口可以看見上述相關電塔之分布位置。

本案事故地點位於新北市泰山區泰林路三段 606 巷 26 號東邊約 120 公尺農園內，本會人員使用精密衛星定位系統及數位相機進行現場量測與紀錄工作。主殘骸位於東經 121.409951 度、北緯 25.072395 度，地形高度 116.5 公尺。

該機殘骸機首磁航向約 75 度、左傾約 110 度；主旋翼與兩段尾桁分離，相對位置如圖 1.12-4 所示。中段尾桁位於樹梢（離地高度約 8 公尺），距離主殘骸 55 公尺，地形高度 136.4 公尺；後段尾桁位於農園地表上，距離主殘骸 30 公尺，地形高度 107.5 公尺；主旋翼位於農園下方的邊坡上，距離主殘骸 28 公尺，地形高度 105.3 公尺。於後段尾桁及主旋翼附近發現三顆檳榔樹之上半部有折斷現象。

圖 1.12-5 係根據內政部國土測繪中心之精密地形資料²、台電提

² 精密地形資料：詳 102 年 8 月 30 日台內地字第 10202769026 號令發布「數值地形模型成果資料流通供應要點」，該資料屬管制資料，網格間距 5 公尺，精度優於 1 公尺。

供之超高壓電塔及纜線資料，以及現場殘骸分布資料，製作成之地形剖面圖。圖 1.12-6 為該機事故前外觀圖與相關殘骸比較圖。

根據上述事實資料，頂湖-東林一路線 24 號電塔至核一-頂湖線 84 號電塔之水平距離為 205 公尺；24 號電塔至中段尾桿之水平距離為 186 公尺；24 號電塔至 84 號電塔之紅線二號線最近水平距離為 150 公尺。

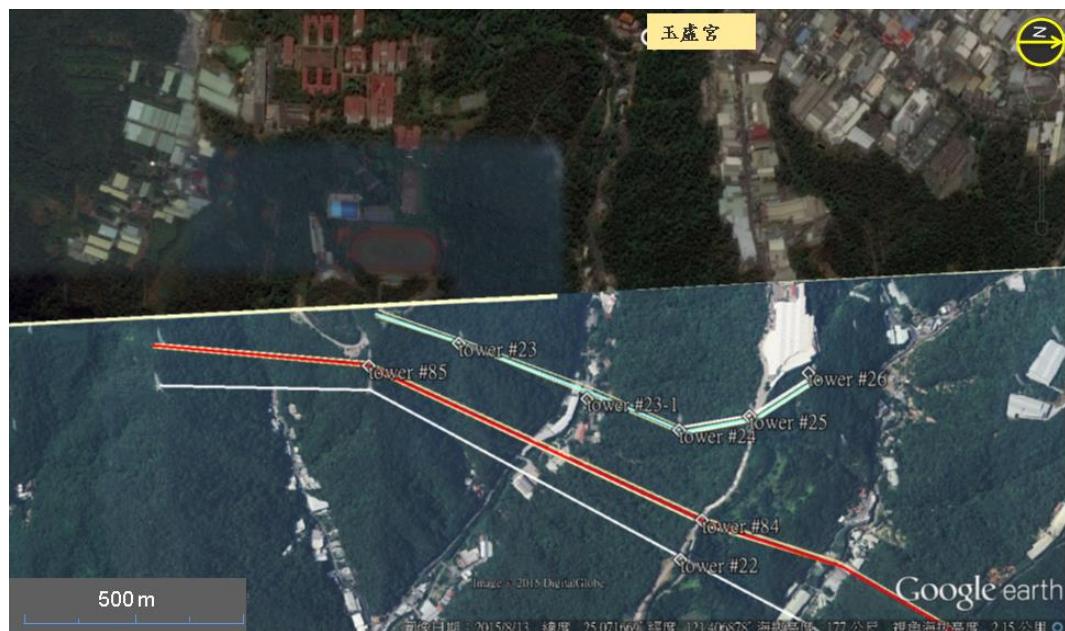


圖 1.12-2 事故地區之電塔及纜線分布



圖 1.12-3 事故地區電塔位置及纜線距離

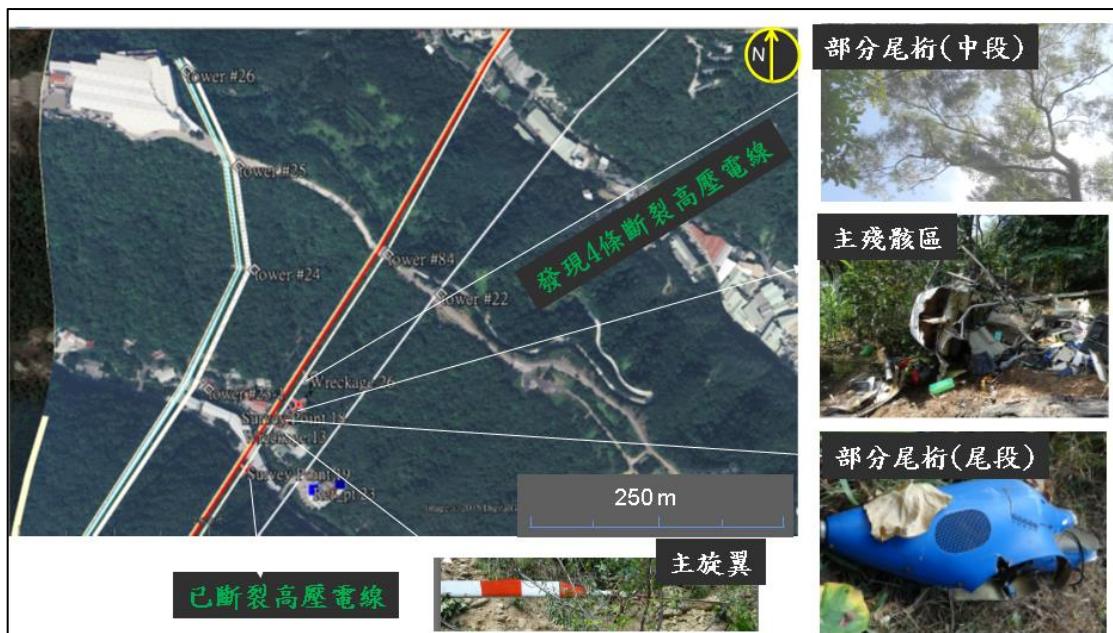


圖 1.12-4 事故區域空照圖、殘骸及電塔分布圖

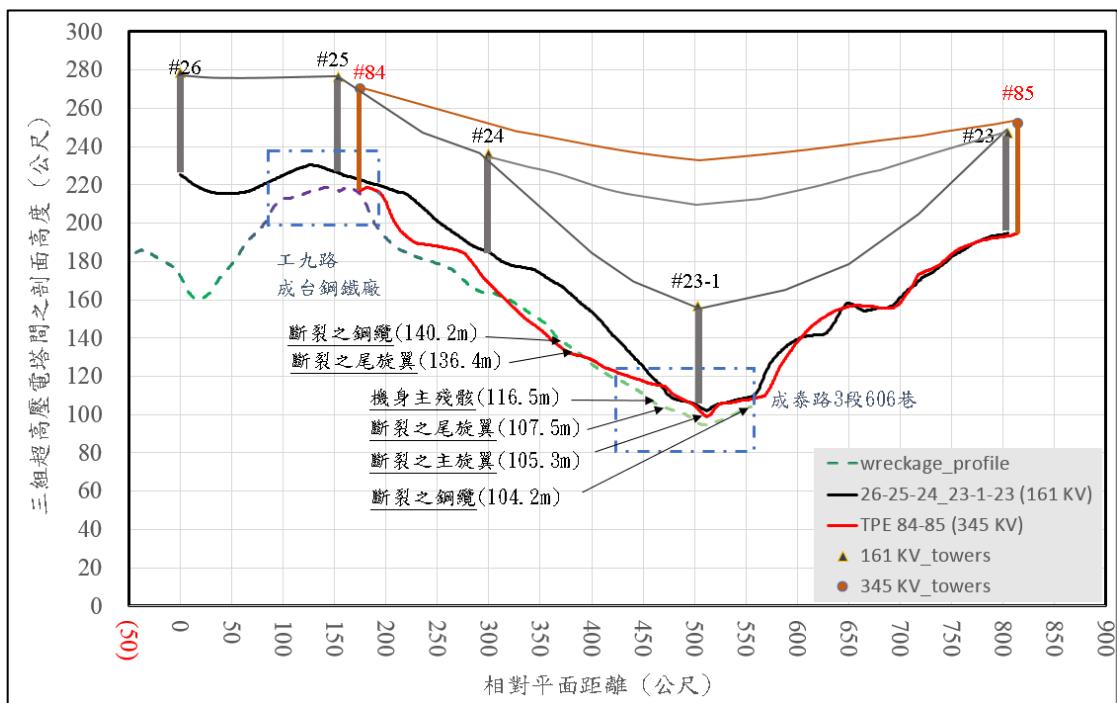


圖 1.12-5 電纜線與殘骸分布之地形剖面變化圖

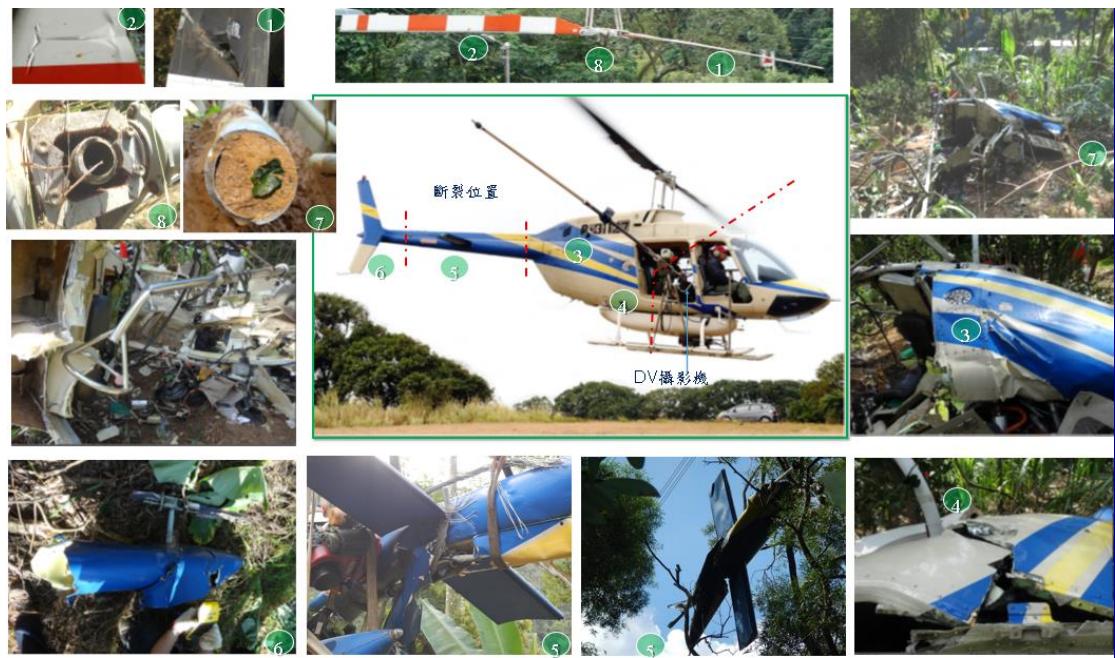


圖 1.12-6 該機事故前外觀圖與相關殘骸比較圖

1.12.3 航空器殘骸資料

事故機殘骸現場之航機機身右側朝上，尾桿斷落，發動機艙零組件位移變形(詳圖 1.12-7)；前段機腹、滑橇及水箱斷落(詳圖 1.12-8)；前段機身全毀，左滑橇折斷垂直插入地面(詳圖 1.12-9)；主旋翼斷落(詳圖 1.12-10)；尾旋翼斷落(詳圖 1.12-11)；垂直尾翼斷落(詳圖 1.12-12)；水平尾翼斷落(詳圖 1.12-13)。

上述殘骸經完成現場蒐證後已移至暫時存放場地。



圖 1.12-7 事故機主殘骸 1



圖 1.12-8 事故機主殘骸 2



圖 1.12-9 事故機主殘骸 3



圖 1.12-10 主旋翼斷落情形



圖 1.12-11 尾旋翼斷落情形



圖 1.12-12 垂直尾翼斷落情形



圖 1.12-13 水平尾翼斷落情形

1.13 醫療與病理

依法務部法醫研究所鑑定報告書及毒物化學鑑定書，該機正駕駛因多重創傷性休克死亡。血液、尿液均未檢出異常成分。

1.14 火災

無相關議題。

1.15 生還因素

事故後經檢視正駕駛員之安全帶及肩帶呈繫緊狀態，和水槍手的安全腰帶相同，救援時均由消防人員剪斷。

現場檢視該機撞擊地面時呈現達 35 公分深的地面坑洞，左滑橇呈 90 度插入土中 55 公分，駕駛艙全毀。

1.16 測試與研究

1.16.1 航機系統檢視

民國 104 年 12 月 14 日至民國 104 年 12 月 15 日，專案調查小組包括飛安會、民航局、凌天、直昇機製造廠 Bell Helicopter、發動機製造廠 Rolls-Royce 公司、及亞航等單位代表，於台中航空站消防隊棚廠，進行事故機殘骸及發動機檢測作業。

檢測結果如下：

主旋翼及主旋翼支撐

主旋翼序號為 A-7817 之旋翼葉片部分：翼片下翼面中段底部，存在有三處弦向性之皺摺，接近翼前緣樑處並有三條斜紋之線狀磨擦痕跡，下翼面翼尖有一約 1 呎之凹痕，且有藍色刮痕（如圖 1.16-1）。



圖 1.16-1 主旋翼損壞狀況 1

主旋翼序號為 A7819 之旋翼葉片部分；翼片下翼面翼根有一與翼前緣成約 45 度角之斜紋線狀刮痕，翼片中段有一處弦向性之皺褶（如圖 1.16-2）翼前緣部份由翼根至翼尖發現有不同程度之凹陷刮痕（如圖 1.16-3）。



圖 1.16-2 主旋翼損壞狀況 2



圖 1.16-3 主旋翼翼前緣之凹陷刮痕

主旋翼支撑桿 (main rotor mast) 有一長方形之撞擊痕跡 (如圖 1.16-4)，與主旋翼軸 (trunnion) 另件之形狀相同；主旋翼支撑套

軸之纏繞痕跡如圖 1.16-5。



圖 1.16-4 主旋翼支撐桿與套軸撞擊痕跡



圖 1.16-5 主旋翼支撐套軸之纏繞痕跡

主旋翼傳動系統

主齒輪箱主體彎曲變形，相關傳動連桿及拐臂均呈 45 度斷裂破壞之現象（如圖 1.16-6），經檢視水平主傳動連接軸，以手轉動該軸，發現主旋翼支撐會隨之轉動（如圖 1.16-7）。



圖 1.16-6 主齒輪箱受損狀況



圖 1.16-7 主齒輪箱水平連接軸

尾旋翼傳動系統及尾桿

齒輪箱輸出端之尾旋翼傳動軸斷裂（如圖 1.16-8）。

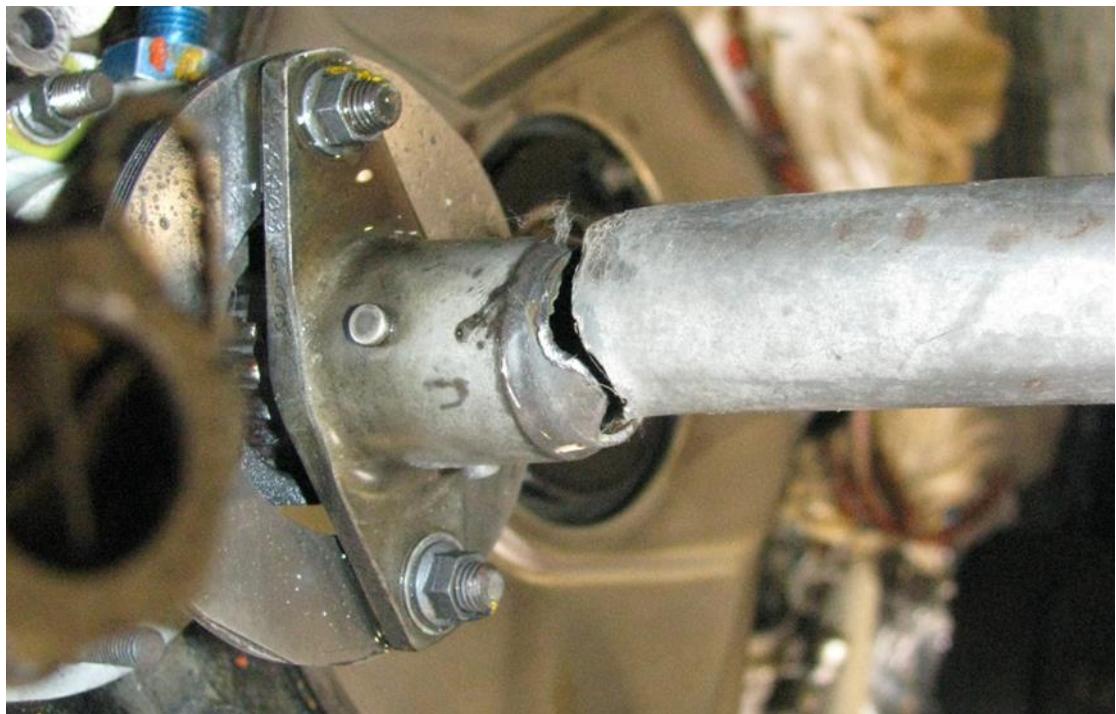


圖 1.16-8 尾旋翼傳動軸斷裂

尾旋翼傳動軸部份彎曲變形，與水平尾翼連接部分遭電纜線纏繞，尾桿已斷裂，電纜線纏繞於水平尾翼，由左翼前緣根部繞至右翼後緣根部，表面呈現數段平行壓擠傷痕，電纜線幾乎將尾桿尾段切斷（如圖 1.16-9），水平尾翼下翼面及與機身接合處與纜線摩擦、破裂及變形部份如圖 1.16-10 及圖 1.16-11。



圖 1.16-9 水平尾翼與尾桿連接處遭電纜線纏繞



圖 1.16-10 水平尾與機身接合處與纜線纏繞及摩擦狀況 1



圖 1.16-11 水平尾與機身接合處與纜線纏繞及摩擦狀況 2

尾旋翼及垂直尾翼

尾旋翼穀完整，尾旋翼穀仍連接於結構上。尾旋翼葉片全毀，僅剩金屬及少部分呈枝條狀之葉面(如圖 1.16-12)。尾旋翼齒輪箱完好，傳動部分仍可以手動方式旋轉。



圖 1.16-12 尾旋翼損壞狀況

垂直尾翼前緣中段約有 50 公分之損壞變形，蜂巢結構外露，翼面有不同程度之刮痕（如圖 1.16-13）。



圖 1.16-13 垂直尾翼損壞狀況

垂直尾翼連接後機身尾部結構之支架共 4 支斷裂（如圖 1.16-14）。



圖 1.16-14 連接尾部結構之支架損壞

飛操系統

飛操系統之檢測結果如下：正駕駛之迴旋桿大致完好，副駕駛之迴旋桿損壞，位於副駕駛座位底部之控制機構可看出同步扭力管完整，連結機構損壞（如圖 1.16-15）。兩套集體桿均為撞擊之損壞，機構斷裂（如圖 1.16-16）。正駕駛座位之方向控制踏板完整，副駕駛之踏板毀損（如圖 1.16-17）。另位於駕駛艙地板及齒輪箱艙之控制連桿及液壓伺服器機構扭曲變形（如圖 1.16-18，變向盤及相關之連桿，損壞斷裂變形（如圖 1.16-19）。



圖 1.16-15 運旋桿損壞狀況



圖 1.16-16 集體桿斷裂狀況



圖 1.16-17 方向控制踏板毀損狀況



圖 1.16-18 控制機構扭曲變形狀況



圖 1.16-19 變向盤及相關之連桿損壞情形

發動機檢測

發動機之拆解檢測含：動力輸出端、減速齒輪箱、軸承、壓縮器、

渦輪、燃燒室、控油器等，除壓縮器部分有外物損傷（如圖 1.16-20）狀況外，其餘之檢測正常。

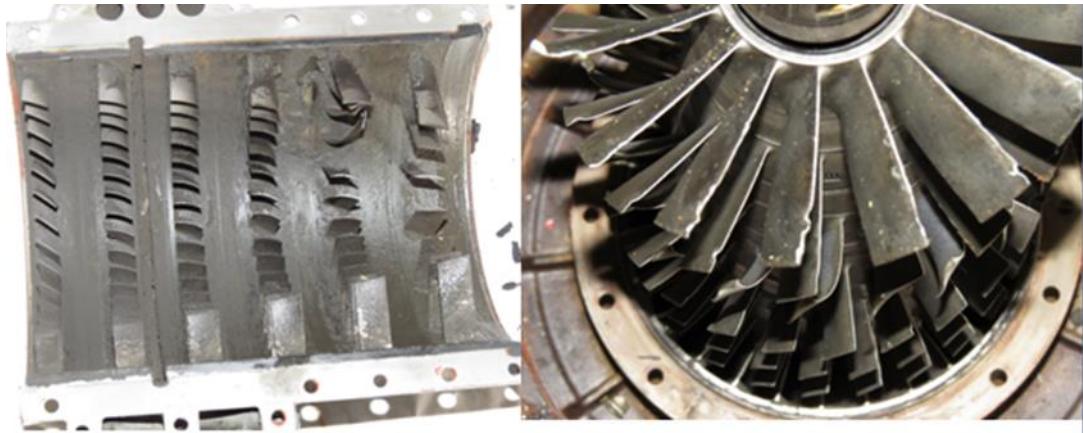


圖 1.16-20 壓縮器部分之外物損傷狀況

以上航機之系統及發動機檢測結果，並未發現相關系統於事故前有失效或異常現象。

原廠相關檢測報告如附件 1。

1.16.2 受損之電纜線檢視

台電使用之電纜線可分為單股線及多股絞線，高壓架空線路採用多股線，具備高機械強度及高韌性之優點，一般多股線採用高導電性的金屬線與高機械強度金屬線組合而成。本事故之電纜線係為鋼芯鋁絞線（Aluminum conductors steel reinforced, ACSR），型號為 ACSR 795(45/7)，中心為 7 股鋼芯，外面再絞上 45 股鋁線，直徑 27 公釐，破壞拉力 10,387 公斤重。

調查小組於事故現場取回 4 條斷裂之電纜線（圖 1.16-21），發現鋼芯及鋁線均受張力而斷裂。觀察電纜線 A 鋼芯及鋁線之斷裂面（圖 1.16-22），中心鋼芯及鋁線呈現延性拉應力破壞特徵，而部份外圈鋁線呈現剪應力、拉應力混合作用破壞特徵，如圖 1.16-23 紅圈。



圖 1.16-21 斷裂電纜線



圖 1.16-22 斷裂電纜線 A 之巨觀觀察

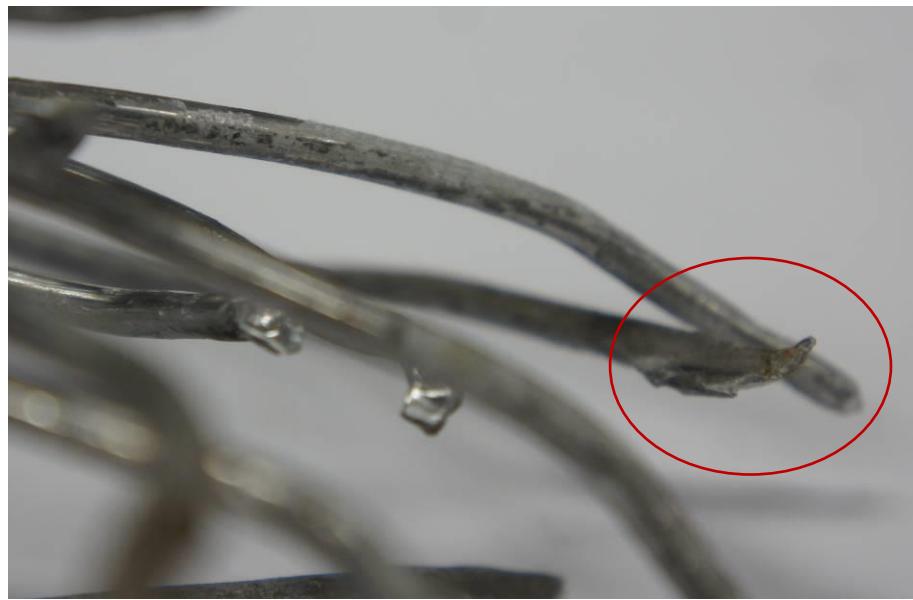


圖 1.16-23 斷裂電纜線 A 之外圈鋁線

1.16.3 警示燈燈絲檢視

專案調查小組自航機駕駛艙殘骸取下警示燈面板（詳圖 1.16-24），該面板之警示燈號誌分上下兩列，由左至右共 10 行，共 20 組，每組警示燈號誌內有 2 個燈泡，共 40 只燈泡。警示燈面板之警示內容詳圖 1.16-25。

檢視發現 40 只燈泡玻璃外罩完整，大部分燈泡燈絲完整，部分燈泡燈絲有冷延展現象，所有燈泡燈絲均無熱延展狀況（如附錄 4）。

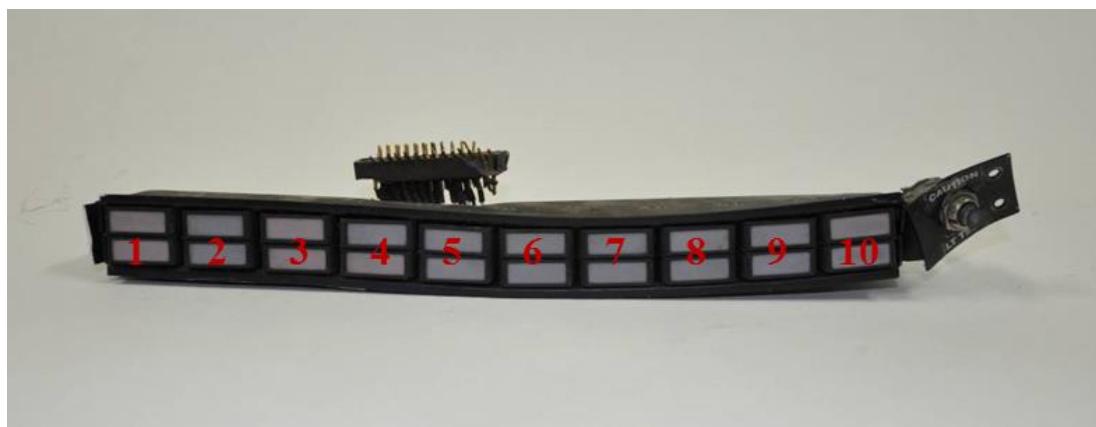


圖 1.16-24 取下之警示燈面板

行別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上列	SPARE	SPARE	SPARE	SPARE	A/F FUEL FILTER	FUEL FILTER	ENG CHIP	BATTERY HOT	TRANS OIL PRESS	ENG OUT
下列	SPARE	FUEL LOW	SPARE	SPARE	FUEL PUMP	T/R CHIP	TRANS CHIP	BATTERY TEMP	TRANS OIL TEMP	ROTOR LOW RPM

圖 1.16-25 警示燈面板之警示內容

1.16.4 燃油質量檢視

自該機事故飛行前之燃油箱及燃油車，取樣燃油送至空軍第一後勤指揮部，委請進行分光檢驗，結果燃油品質符合規範（詳圖 1.16-26）。

空軍第一後勤指揮部航空燃油品質試驗報告

燃油樣品編號	B-31019	申請單位	凌天航空
樣品來源	油箱	試驗型別	甲型
樣品類別	JET A-1	取樣日期	
收樣日期	2014/12/29	化驗日期	2014/12/29
報告日期	2015/01/08	報告編號	141229JETA1001

化驗情況:

項目名稱	驗定要求	結果	備註
總酸度	0.010mg(KOH/g)	MAX 0.00189	ASTM D3242
芳香烴	25%(vol%)	MAX 12.52	ASTM D1319
含硫量	0.3%(wt%)	MAX 0.0503823	ASTM D5453
蒸餾試驗-10%回收溫度°C(一大氣壓 1013mbar)	205°C	MAX 165.8	ASTM D86
蒸餾試驗-50%回收溫度°C(一大氣壓 1013mbar)	實測值	190.8	ASTM D86
蒸餾試驗-90%回收溫度°C(一大氣壓 1013mbar)	實測值	231.5	ASTM D86
蒸餾試驗-終餾點°C(一大氣壓 1013mbar)	300°C	MAX 255.4	ASTM D86
蒸餾試驗-損失百分率	1.5(vol%)	MAX 0.4	ASTM D86
蒸餾試驗-殘餘百分率	1.5(vol%)	MAX 1.3	ASTM D86
閃火點	38°C	MIN 47	ASTM D93
密度(15°C,kg/m3)	775-840	791	ASTM D1298
凝固點	-47°C	MAX -53.9	ASTM D7153
粘度(-20°C)	8Cs	MAX 3.46726	ASTM D445
熱值(燃燒熱)	42.8 MJ/kg	MIN 43.4	ASTM D3338
煙點	18mm	MIN 21	ASTM D1322
萘燒	3.0	MAX 0.65	ASTM D1840
銅片腐蝕(100°C,2 小時)	NO.1(1a,1b)	MAX 1a	ASTM D130
熱氧化穩定性-壓力降 mmHg(260°C,150 分鐘)	25mmHg	MAX 0	ASTM D3241
熱氧化穩定性-加熱管積碳率(260°C,150 分鐘)	<3	1	ASTM D3241
含膠量	7mg/100ml	MAX 0.6	ASTM D381
水分離指數(含靜電消散劑)	70	MIN 97	ASTM D3948
導電性	50-600 ps/m	263	ASTM D2624
導電性(油樣溫度)°C	實測值	24	ASTM D2624

分析結果:如下列有(V)者: (V) 合格 ()不_合格

第 1 頁，共 2 頁

圖 1.16-26 燃油檢驗報告

1.17 組織與管理

1.17.1 凌天航務處

依據凌天 104 年 4 月 9 日第 17 版之航務手冊：航務處設有處長及副處長兼總機師，下設簽派組、機師組及訓練組，其組織之功能為：航務政策及規程之擬訂頒發與執行、飛航組員之訓練、運用、考核及管理、營運飛航任務之執行及航務計畫與發展。其中訓練組之業務為擬定訓練計畫所需相關資料及依計畫執行飛航訓練與教育、編撰或修訂該型直昇機操作手冊，飛航手冊、直昇機檢查表，並適時提出修正與檢討及負責國內、外有關飛航技術命令文件之探討與執行；副處長兼總機師之執掌含有負責綜理各項飛航訓練計畫之擬定流程管制與成效檢討之項目，處長則應督導飛航人員訓練之工作。航務處之組織如圖 1.17-1。

事故發生時，航務處處長係代理處長，副處長及總機師從缺。

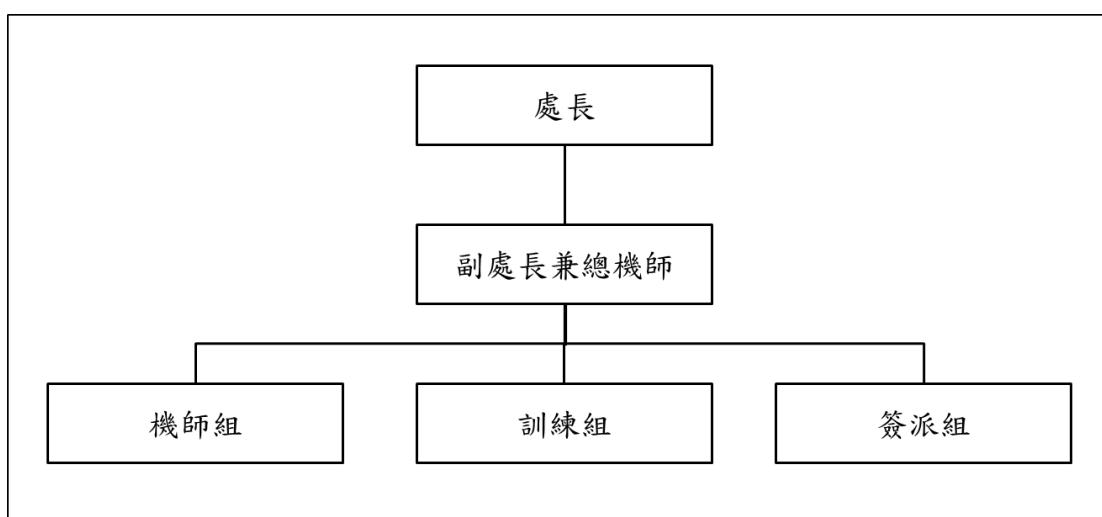


圖 1.17-1 航務處組織圖

1.17.2 人員訓練

1.17.2.1 凌天訓練相關規定

凌天第 17 版之航務手冊，第 3.4.8 節之內容為飛航組員訓練之課目，摘要如下：

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 組員／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。

...

3.4.8.3 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。

...

...

3.4.8.5.8 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。

3.4.8.5.10 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清況下碰撞地障、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。

凌天最新版之飛航組員訓練手冊為第8版，版期為100年11月8日。該手冊第11.1節為礙掃作業訓練，內容為：

11.1 碾掃作業訓練

11.1.1 訓練資格：該機型正駕駛員。

11.1.2 課程內容：

1. 地面學科：9小時

 礙掃作業程序:1小時

 操作原理及標準:1小時

 裝備設施與安全規定:1小時

 清洗步驟與技巧:1小時

 地形影響及緊急狀況之處置:1小時

 山區飛行:1小時

 組員/單一駕駛員資源管理 (CRM/ SRM) :1小時

 CFIT/ALAR:1小時

測驗(筆試):1 小時

2. 飛行術科：5 小時

 高高度滯空(大載重)模擬操作:1 小時

 低高度滯空(礙掃裝備)飛行:1 小時

 高高度滯空(礙掃裝備)飛行:1 小時

 緊急程序:1 小時

 飛行考驗(含口試):1 小時

11.1.3 規定事項：

1. 執行模擬操作訓練（機上裝置礙掃裝備）時，所使用之場地須先行協調並申請。
2. 若 6 個月內未執行該項作業，應再實施 1-2 架次之訓練後，始可執行作業。

11.1.4 考核：

訓練完成後須經由檢定駕駛員實施模擬操作考驗，合格後具備礙掃作業單一駕駛員資格。

該手冊第十二章為組員/單一駕駛員資源管理訓練，內容如下：

12.1 訓練對象：

全體飛航組員每年必須實施一次（可併於定期複訓時實施）。

12.2 授課內容：3 小時

1. 溝通程序及決心下達

A.. 提示

B.. 徵調/支持/諫言

C.. 自我評定

D.. 與相關人員溝通

E.. 決心下達

2. 飛航團隊之建立及維護

A.. 領導統御/追隨服從

B.. 人際關係

3. 工作負荷管理及警覺

A.. 準備/計劃

B.. 警覺

C.. 工作分配

D.. 避免分心

E. 尾波亂流之避免

12.3 規定事項：

本項訓練以外聘教師為主，公司學有專長人員為輔，全員參訓為原則，若參訓人數較少，可以影帶撥放方式實施。

12.4 考核：

訓練完畢後實施筆試，以 80 分為及格，若不及格者另加強影帶授課後，再行測驗直至及格為止，考試未及格前暫停飛行任務。

凌天航務處主管於訪談時表示：該公司每年均依規定執行針對礙掃操作之訓練，但多集中於操作技術之研討及心得交換，並無制式之教材。

1.17.2.2 民航局民航通告

民航局於 102 年 12 月 30 日頒有編號 AC120-014A 之飛航組員標準操作程序通告；其附件一中有關檢查表（checklist）之原則為：由誰要求開始執行檢查表（誰來念；誰來執行）；標準之格式及術語；明確訂定檢查表的種類；須執行：提出—執行—確認及執行—再確認之程序。有關檢查表之內容至少應包含：安全檢查—啟動電力 power on、開啟作業/接收資訊（originating/receiving）、開車前/開車後/滑行前/起飛前/起飛後/爬升檢查/航行檢查/落地前/落地/落地後/停車及安全，緊急程序則應有非正常（non-normal）/不正常（abnormal procedures）之內容。

1.17.3 操作規定及限制

凌天最新版之 BELL 206B3 直昇機操作手冊為第 3 版，版期為 104 年 5 月 27 日。該手冊第 3.3 節為飛航組員座艙管理，內容如下：

3.3 飛航組員座艙管理：

確遵飛航組員合作規定，可確保飛行安全，在合作過程中，必須確實劃分責任，在正常或不正常及緊急情況下，共同遵守，故訂定條文規定如下：

3.3.1 確實使用所有檢查表。

3.3.2 相互提示目視及航管報告相關航路之航空器。

3.3.3 相互提示高度預警或高度表指示。

3.3.4 監控駕駛員（PM）於進場時，主動讀出速度及高度。

3.3.5 監控駕駛員（PM）負責調整無線電通訊頻道及各航行裝備。

3.3.6 監控駕駛員(PM)需依照操控駕駛員(PF)指示，協助操作各項裝備。

3.3.7 監控駕駛員(PM)於緊急情況時，須依據檢查表讀出緊急程序，供操控駕駛員(PF)作緊急處置。

3.3.8 重飛時，監控駕駛員(PM)，需讀出爬升率、速度、航向及高度。

手冊第 4.17 及 4.20 節為單一駕駛員任務限制及塔台礙掃作業限制，11.4 節為高壓電力鐵塔礙掃作業，內容如下：

4.17 單一駕駛任務限制：

本公司現實施單一駕駛任務限定為：拖吊、勘察、照測、搜尋、噴灑及其他經民航局專案核准項目。

4.20 鐵塔礙掃作業限制：

4.20.1 民航局核定專用手冊名稱：「直昇機清洗礙子標準作業程序」。

4.20.2 天氣標準：

(1) 依目視飛航相關規定辦理。

(2) 風向、風速依飛航手冊 BHT206B3-FM-1 P.4-9 及 P.4-14 規定。

4.20.3 場地限制：依據民航局臨時起降場相關作業規定辦理。

4.20.4 直昇機作業限制：參照「直昇機清洗礙子標準作業程序」規定，並於飛航作業時隨機攜帶，以利查閱。

4.20.5 飛航組員每飛航二~三架次後落地換手操作。

11.4 高壓電力鐵塔礙掃作業：

台電公司直昇機活線礙子清洗作業屬特種作業，所有參與飛行、作業人員，均需施予基礎學、術科訓練及作業安全講習，且經考驗合格之後，方得執行。

11.4.1 作業前準備事項：請參閱本公司【直昇機清洗礙子標準作業程序 (EPGIWM)】規定。...CAPT、FO

11.4.3 碾掃作業單座飛行：

(1) 開關車駕駛員均應依據檢查表讀出後操作各項開關車程序。...PF

(2) 起動前，駕駛員應做危險區域清除，並獲得地面警戒或人員許可後始可開車。...PF

(3) 航空器離地前駕駛員以機內通話先告知後座手槍操作手，準備起飛，再以手勢通知機外警戒人員注意。...PF

(4) 飛行中各項檢查均應口述讀出檢查情形。...PF

- (5) 作業中駕駛員與水槍操作手以機內通話密切協調，保持作業安全。...PF
- (6) 落地時依地形、障礙物及風向決定進場方向，並遵守地面人員引導落地。...PF
- (7) 換手時接替人員需先實施 360 度檢查再更換右座人員操控直昇機；旋翼運轉時直昇機駕駛座需全程有人員在機上監控。...PF
- (8) 不關車加油：...PF
 - A. 地面管制員手勢指揮警戒員持滅火器於上風處警戒，加油手向前就位，做好搭地與補給油量。...PF
 - B. 駕駛員目視油量表顯示到達需求油量時，以手勢下達停止，再由機械員指示加油人員停止加油動作，並拆除搭地線。...PF
 - C. 不關車加油期間嚴禁使用無線電及行動電話。...PF
 - D. 油量補給好時，機械員應檢視直昇機燃油箱蓋已蓋妥後，並檢視地面作業區確實清場後，再以手勢指揮直昇機起飛繼續執行任務。...PF

原廠最新版之 BELL 206B3 直昇機操作手冊為第 14 版，版期為 99 年 7 月 29 日。該手冊第 4-9 頁有關可允許相對風之操作說明為：於順風及側風 20 哩/時 (17 洩/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 1.17-2)；第 4-14 頁為臨界相對風之方位區域 (如圖 1.17-3)。

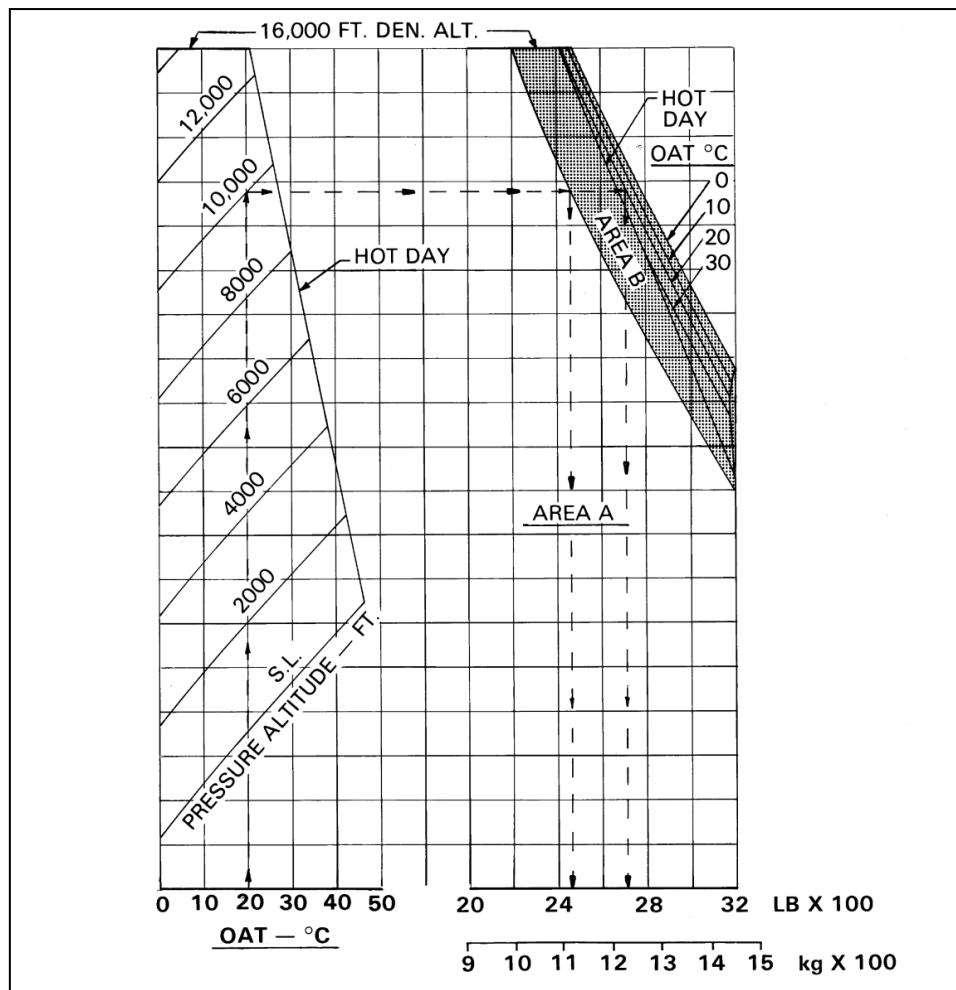


圖 1.17-2 地面效應外之滯空升限

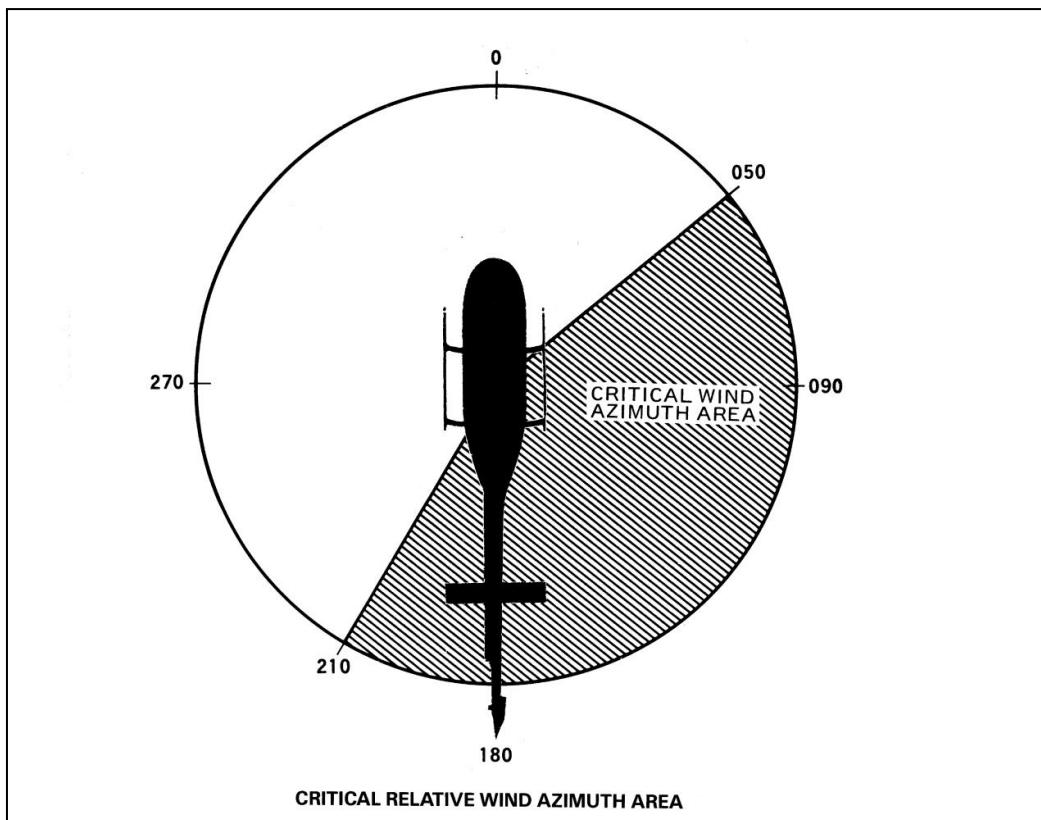


圖 1.17-3 臨界相對風之方位區域

1.17.4 清洗礙子手冊

凌天第 1 版之直昇機清洗礙子/線路巡視作業手冊，版期為 104 年 1 月 10 日（詳如附件 2）。該手冊第 2 章規定水槍操作手於礙掃作業時應協助駕駛員空域障礙視察；另 3.4.3 節內容第 7 頁及第 8 頁分別訂有執行礙掃時對障礙物、風向風速之安全警告及脫離電塔之通話程序如下：

警 告

礙掃作業時，為避免感電及飛航操作安全，應保持旋翼片、機身及起落架與周邊建築物、樹林等障礙物，至少需有三公尺以上之安全距離。

警 告

執行礙掃滯空、低空速作業時，應保持警覺注意風向、風速之變化，以避免帶動力下沉、後退旋翼失速、尾旋翼效能喪失(LTE)等因氣動力學造成之飛行失控。

.....

駕駛員及水槍操作手脫離電塔階段通話程序：

- a. 駕駛員：準備××方向脫離電塔，水槍手：*clear*。
- b. 駕駛員與水槍手相互確認脫離方向。
- c. 脫離後完成座艙檢查正常後，飛往下一個目標準備作業。

經訪談數名已退休之資深礙子清洗飛行員，均認為：於有障礙物附近之電塔執行礙子清洗作業，尤其於強風狀況下，完成電塔礙子清洗工作後，因為水槍在右側，都是採取向左側脫離，應先與水槍操作手完成協調後，取一與纜線約30至45度之角度，柔和操作航機脫離，並將高度調整高於與障礙物保持至少3至5公尺之安全距離，確認安全後再行飛往下一個目標。如下一個目標為下坡，應保持高度減桿加速，小心進入下一清洗目標，如下一個目標為上坡，則採盤旋上升之方式進入。

受訪者亦指出：使用直昇機清洗礙子風險極高，航機長時間處於低高度、大馬力滯空、大載重狀態，尚須克服不穩定之環境，如氣流及障礙物等，於此狀況下穩定滯空之操作壓力甚大，如天氣狀況好，清洗一座電塔約為8至10分鐘，於強風及不穩定氣流狀況下清洗電塔約5分鐘就會有疲累感覺。而台電公司對礙子清洗之付費係採錄影存證之方式，如實支付，並未考量操作中之風險，所以駕駛員及水槍操作手常可能因於清洗礙子時未達驗收標準，造成無效架次而無法獲取酬勞。公司雖對相關礙掃設備曾執行研究改進，但對人員因安全之考量產生之無效架次，相關操作之精進及待遇並未相對調整，對工作士氣及飛航安全有甚大之影響。

1.17.5 民航局查核

民航局自104年1月1日至12月11日對凌天礙掃現場查核執行之次數為7次，查核報告內容無異常發現。

民航局檢查員表示：凌天平日之操作環境均係於低高度、低空速及大載重、大馬力之狀況，故查核重點集中於相關性能課目，如動力下沉、LTE等之改正，也特別要求立即反應程序、障礙物之警覺及清除（列為考試必考項目）等。本次事故後曾加強要求執行單一駕駛員之任務時，對飛航狀況之警覺及立即反應之程序，相關要求一直都列為重點，覺得凌天此部分蠻成熟，平常未發現不正常跡象，不解為何會發生此事故。另檢查員表示雙組員任務執行上有雙重保險功能，對於礙掃作業單一駕駛員操作部分，國外亦為單一駕駛員，因其符合原廠手冊規定，除非有足夠證據證實單一組員飛航不安全，否則並不能

強制要求雙組員飛航。有關礙掃標準作業程序，凌天也致力於相關作業環境及程序之改善。

1.18 其他資料

1.18.1 訪談資料

1.18.1.1 任務機組領隊訪談摘要

受訪者表示，在執行事故前清掃台電高壓電塔礙子任務時，並無感覺到操控直昇機有任何異常。事故當日礙掃任務總共 8 架次，第 1 及 2 架次由事故駕駛員執行，於約 0808 時結束，受訪者執行第 3、4、5 及 6 架次之清洗。事故駕駛員於約 1042 時起飛執行第 7 架次頂湖-東林一路線 26 號至 21 號塔之清洗任務，之後有人通報直昇機發生事故，始知該機失事。

1.18.1.2 目擊者訪談摘要

受訪者表示事發時間大約是 1058 時左右，當時正坐在事故地點南面約 800 公尺一工廠前，目擊該直昇機正在清洗那處電塔，順序是由下而上，由右邊到左邊，機頭是朝向泰林路方向，洗得都很順，洗完後飛機先往上飛一點，之後好像要飛離電塔，往左頃約以 20 度橫飛向下，方向很穩，一直斜飛下來，受訪者不覺得飛機要掉下來而好像是要向工廠方向飛來，沒有旋轉，快到達另一段高壓線電纜下方時，突然往上，主旋翼進入另一段高壓線兩串線的左邊，被第二組電纜線卡住，飛機也被線攬住，狀態很混亂，之後主旋翼向上飛脫，就看見圓圓的機身直接向下掉，掉落後聲音很大，但沒有聽到爆炸聲，被絞斷之鋼繩還砸破工廠屋頂。當時掉落之狀況想拿手機出來拍都來不及，因沒有想到飛機會掉下來，飛機也沒有打轉。對於風之狀況，目擊者表示當時天氣很好，但風很大，大概是東北風，但不能確定風向。

經受訪者之現場及環境敘述：繪出之事故發生經過示意圖如圖 1.18-1，說明如表 1.18-1：

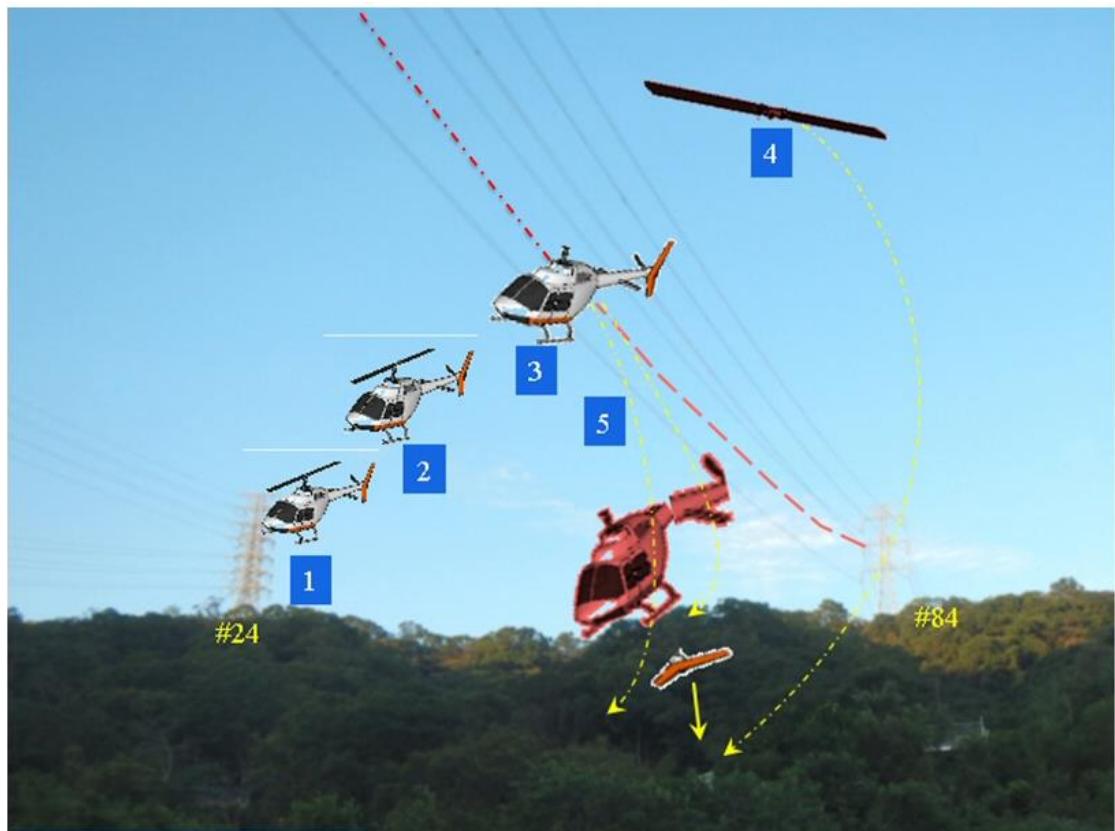


圖 1.18-1 事故發生經過示意圖

表 1.18-1 事故發生經過說明

項次	受訪者說明
1	直昇機機頭朝泰林路方向（大約朝東南），清洗完電塔，向上飛一點點，好像準備離開，看不出飛機有失控現象。
2	直昇機離開電塔，以約左傾 20 度之姿態，穩定向目擊者方向（向下約向南偏東方向）飛來
3	到達另一段高壓線電纜下方，旋翼進入高壓線左邊第二組電纜線，飛機被線攬住。
4	目視主旋翼與機身脫離
5	目視機身成圓形狀態向下掉落

1.18.1.3 航務處長訪談紀錄

受訪者敘述清洗礙子操作重點：根據多年前紐西蘭教官帶飛之礙掃操作，先需了解礙掃順序及路線、天氣及風的資訊、電塔附近障礙物位置等，並先計畫如何脫離及緊急程序。接近電塔前先執行滯空馬力檢查，清洗過程中保持專注於飛機姿態穩定及適當距離，脫離進入另一電塔之前應檢查飛機狀況及儀表。礙掃操作時機頭與纜線須維持約 30 度角，適當調整滯空姿態便於作業，盡可能保持迎風，避免滯

空時尾風。於電塔之間盡可能不做沿纜線平行飛行，因為在行進間可能喪失對距離的判斷力。進入時，保持約 30 度角逐漸接近電塔，可保持距離之警覺及對纜線之安全隔離。礙子清洗操作時之高度改變約為 50 呎上下。因駕駛員及水槍操作均於飛機右側，所以清洗完脫離時應先稍微向左側移動至適當安全距離，再以約 45 度角脫離至適當位置後，向右以約 45 度角進入另一電塔。到達電塔附近範圍後，以約 30 度角逐漸接近並細微調整至適當可清洗操作位置。若電塔相互位置有相當之高度差時，將視情況延長距離，下降高度或盤旋上升調整高度後，再行接近下一電塔。公司手冊訂有進入及脫離之標準呼叫程序，但是因為是較為制式化，無法完全反映周遭的環境及天氣變化，而實際作業時的溝通都是良好的。成熟飛行員較能預期風的因素及進入時的危險狀況，因為經驗無法完全複製，所遭遇環境亦不盡相同，所以在每年的複訓及總提示都會充分利用作經驗交流。

對於單一駕駛員操作在安全上考量，受訪者認為沒有特定的檢查點，因為電塔除本體外其障礙物並不多。對於 CRM 及 SRM 之訓練，凌天之作法是將後座人員也納入組合，包括程序再確認、障礙物隔離等達到充分溝通。

有關進行礙掃操作時之風險，受訪者表示因為該機沒有自動駕駛，必須時刻保持滯空，所以主要風險多半來自於大載重、大馬力、低空速、低高度，及高密度高度。然而礙掃操作時卻大多在此條件下且處於無地面效應滯空環境下，如再加上天氣及風的影響，將更不利於操作。所以操作手冊中律定執行任務 2-3 趟就需換人，也就是飛行時間約 1 小時 30 分鐘需換手休息。當天氣情況不理想時，維持穩定操作必須全神貫注，飛行員保持非常專注的情況下，其工作負荷將更大，但最後還是飛行員要自行判斷停止作業之時機。受訪者個人對操作負荷感覺還好，主要是專注力須到位，因為洗一座電塔依串數不同平均為 10 分鐘之內，如風大或氣流不穩，須更頻繁之操作量，可能會容易疲累。至於清洗時放棄作業之評估標準，如風大或氣流不穩定，致使飛機操控困難不易穩定進行清洗，或噴出水柱不能集中，而判斷會影響驗收成果時，將暫時停止該處電塔礙掃。至於礙掃風險管控考量，受訪者覺得可以考量再減輕載重以增加操控餘裕。

有關礙掃訓練重點，受訪者敘述手冊中律定機長飛時要超過 50 小時以上才能接受礙掃訓練，初期學科約為 64 小時。術科重點為實作，訓練完成經過考驗合格後，具單獨作業能力之初，先以較好天氣派遣任務，逐漸吸取經驗再給予增加任務困難度。礙掃作業在通過考驗合格可以單獨執行任務後，一般來說大約再經過 2 至 3 年之實務工

作後，才能被認定為較為成熟的礙掃正駕駛員。受訪者說明公司初期建立業務經驗較不足，中斷一段時間後委託紐西蘭教官代訓，包括人員初始訓練、年度複訓，已逐漸建立自己訓練能量，認為公司在人員訓練上沒有問題。

受訪者觀看事故當時失事影片後，認為當時很可能是受到氣流影響，因為飛機先前在稜線上時風較大，在最後低處電塔操作時，因地形起伏氣流更為不穩，以當時的狀況研判，較為可能遭受尾風、陣風及下降氣流影響。影片看來最後機頭有先略偏右，正常應機頭向左偏離或向左先側開一點，保持與右纜線的距離。

有關礙掃作業，飛行員還有哪些壓力，受訪者表示主要是進度壓力。業務因作業需求排有每周之工作進度，並希望在天氣情況好時能夠完成，若進度延遲必須重新排線並累積工作。公司訂有礙掃獎金，係以完成之數量為計算基礎，可能執行礙掃時也有壓力。

礙掃操作時若增加地面監控人員，因地形限制，無法全程目視飛機，也無法掌握當時航機狀況，所以受訪者認為對實際狀況應無幫助。礙掃作業若增加為雙人操作，雖然有部分好處，但也並非完全可行，譬如必須犧牲帶水重量，增加人力成本。

1.18.2 事故機預畫清洗礙子之路線圖

依據凌天提供事故機當時規劃清洗礙子之區域為頂湖-東林一路線 26 號至 21 號電塔之清洗工作，共計 6 座如圖 1.18-2。



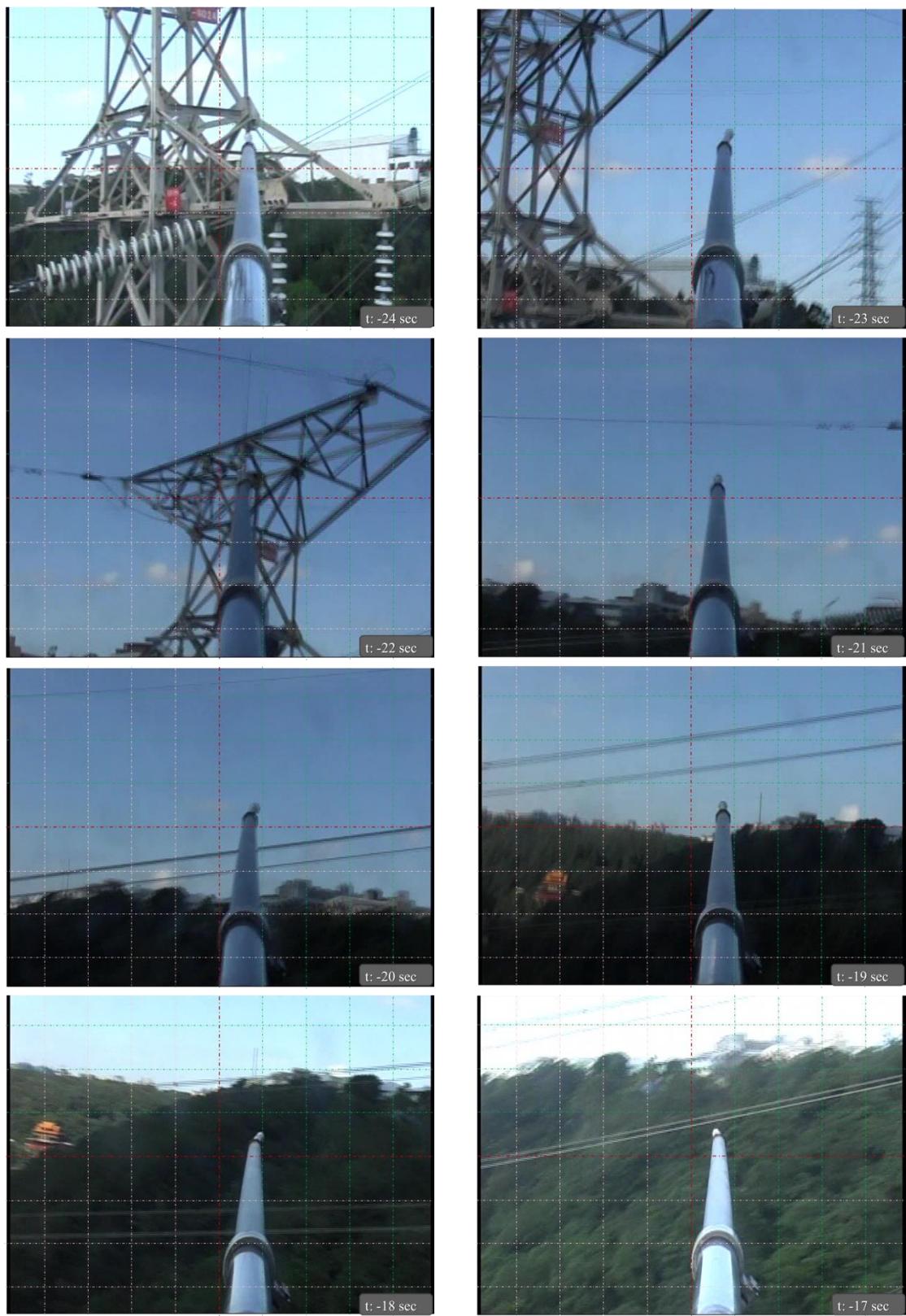
圖 1.18-2 事故機規劃清洗礙子路線圖

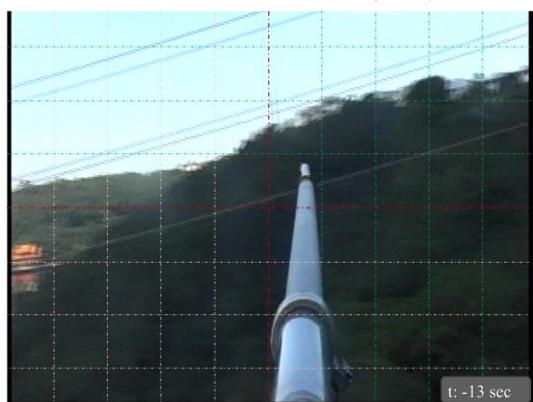
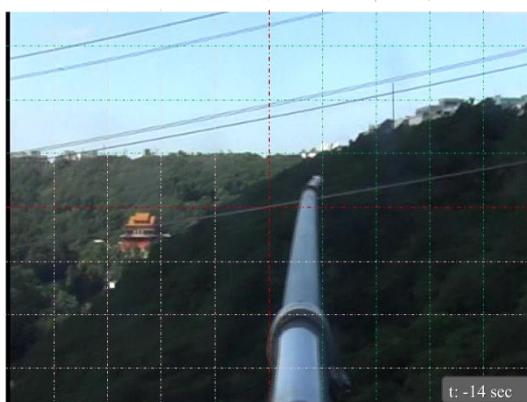
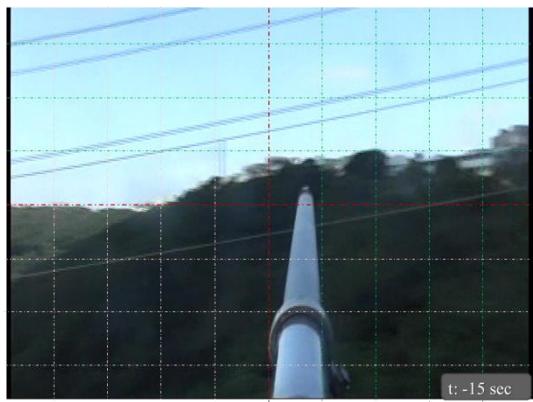
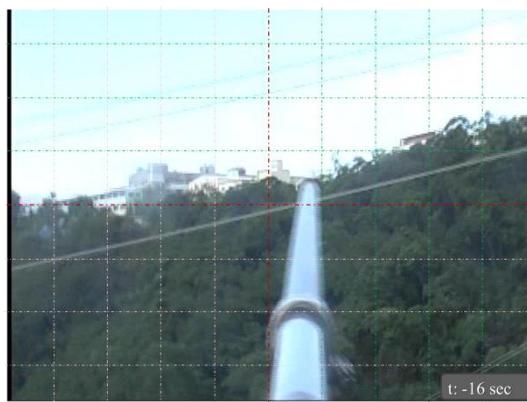
附錄 1：礙掃水槍核准證書

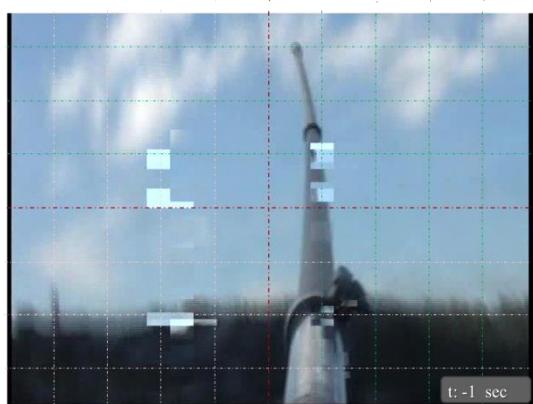
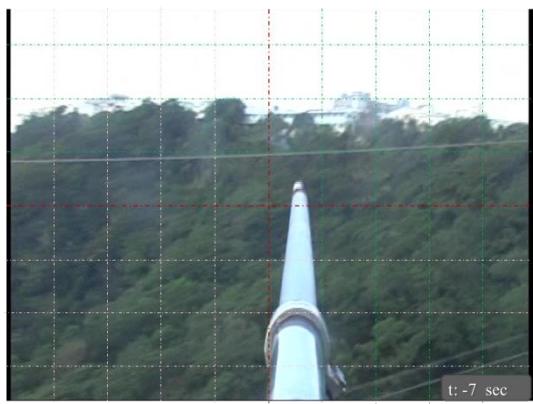
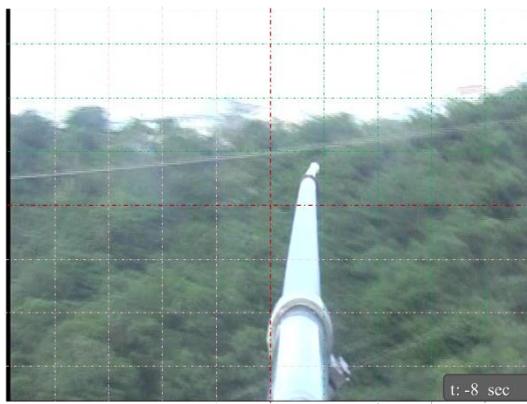
Design Change Approval Record	
Design Organisation: NTech Limited, PO Box 82 Patumahoe, New Zealand Tel +64 9 2363901 Fax +64 9 2363532	Certificate Number: DO 39160 Approval reference: P535-01
Technical data: Ntech Modification Bulletin 25.00.74	
Product / effectivity: Bell B206 Jetstranger helicopter registration ZK-HLC, operated by Heliwing Ltd. and modified by Wing and Rotor Ltd.	
Title: MK 3 Water Canon Installation	
Client: Heliwing Helicopters Ltd.	
Flight Manual Supplement: Issued with modification bulletin 25.00.74	
Maintenance Documents Amended: Line Washing Equipment MK3 Maintenance Manual issued	
Statement of Compliance and Technical Assessment: Compiled and signed on behalf of NTech Limited and held as document reference TAP535-01.	
CERTIFICATE OF APPROVAL	
 CIVIL AVIATION AUTHORITY OF NEW ZEALAND	
The modification or repair defined above is approved subject to the following limitations and conditions:	
To be operated in accordance with the Heliwing Helicopter Ltd. Line Washing Equipment Water Cannon MK3 Installation and Maintenance Manuals issued as part of this package. Also in accordance with ESAA Guidelines, American IEEE 957-1995 and the regulation of the power distributor whose system is being wash.	
Approved pursuant to Civil Aviation of New Zealand Rule Part 21.73, in accordance with the delegation made to me by the Director of Civil Aviation :	
Approved design signatory: N Taylor	 Date: 4/11/02
Notice - The conformity statement or log book entry shall not be issued after embodiment until:	
<ol style="list-style-type: none">1. Any flight manual supplement issued with the reference modification has been incorporated into the Flight Manual.2. Maintenance manuals and other documentation amended by this modification/repair have been incorporated.3. The certifying engineer has determined that this modification/repair is compatible with all previous modifications or repairs to ensure continued compliance with airworthiness requirements. Any difficulties with interpretation should be addressed to the design organisation.	

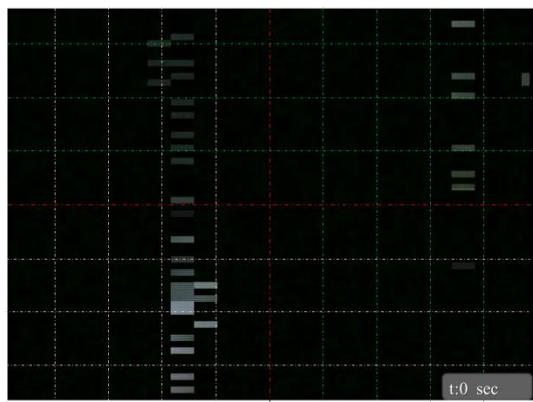
NT9 July 00

附錄 2：該機最後 25 秒逐秒視訊截圖

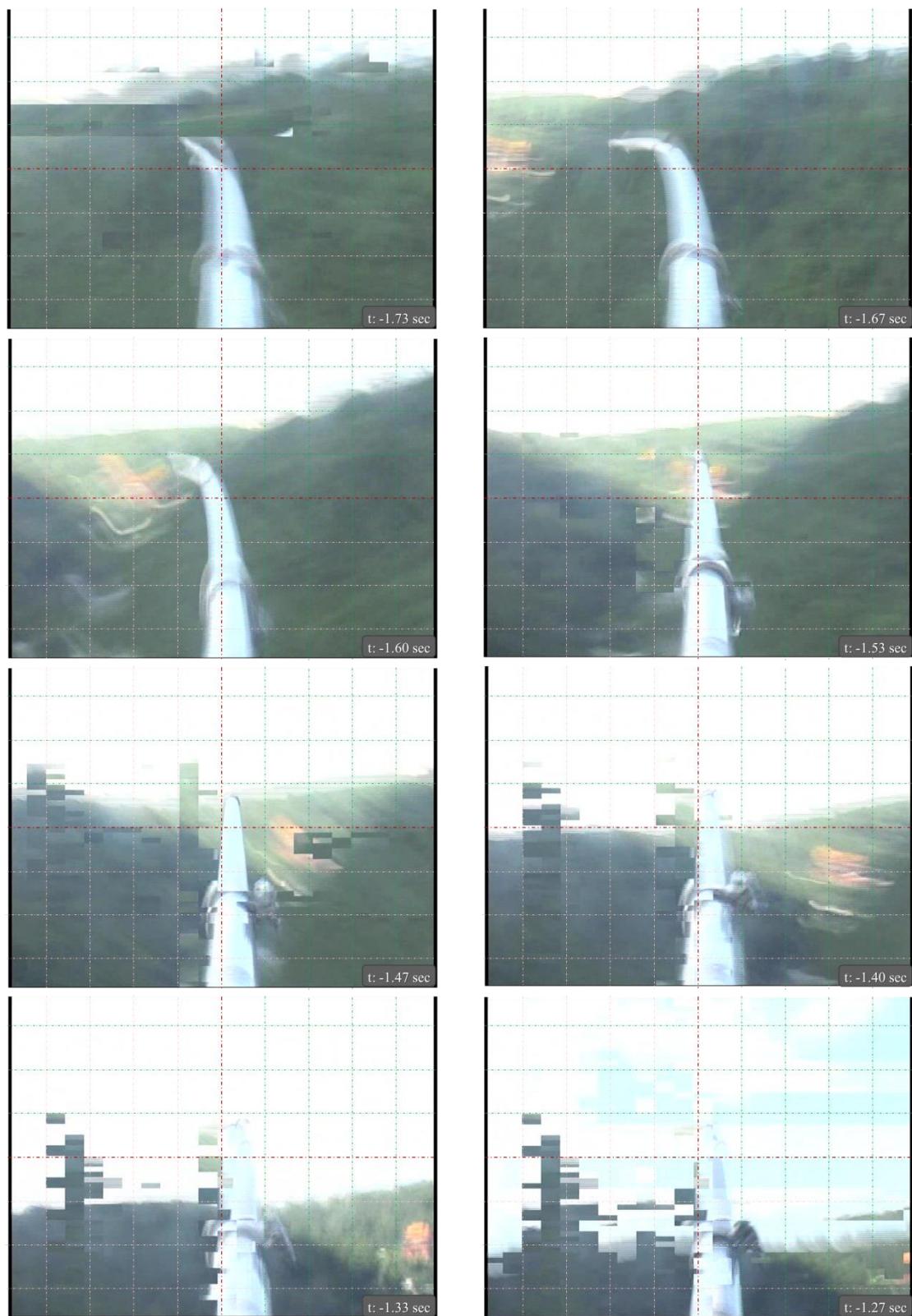


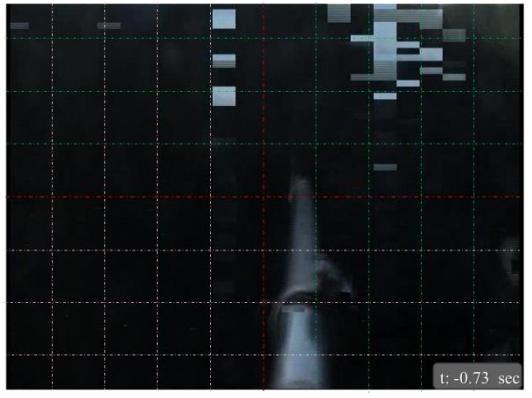
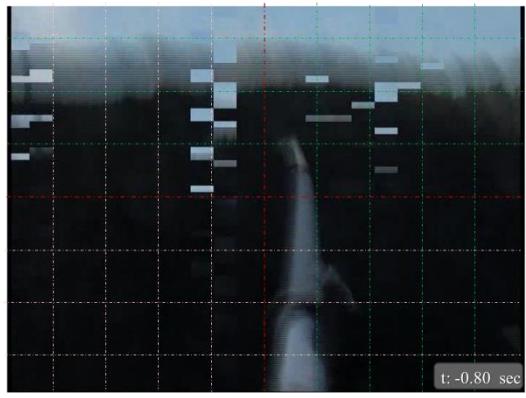
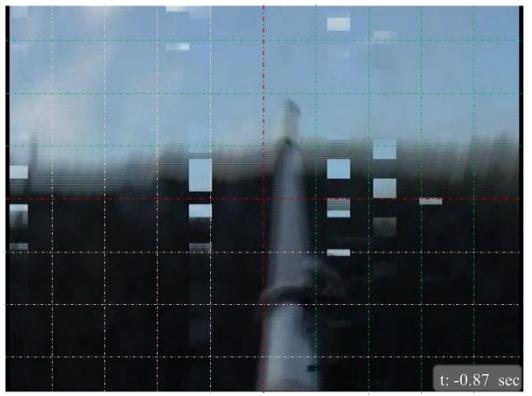
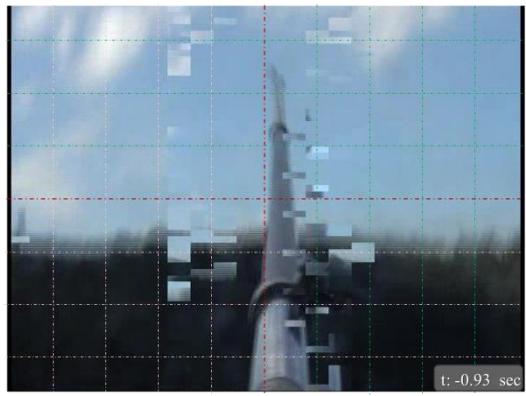
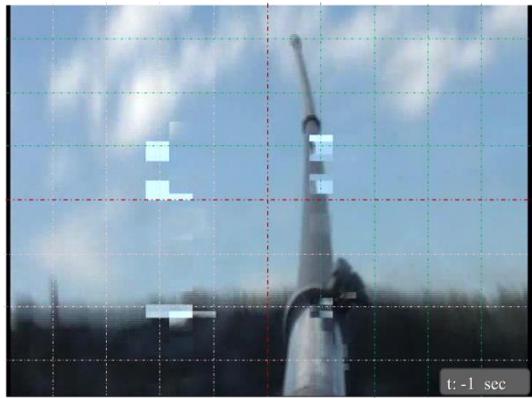
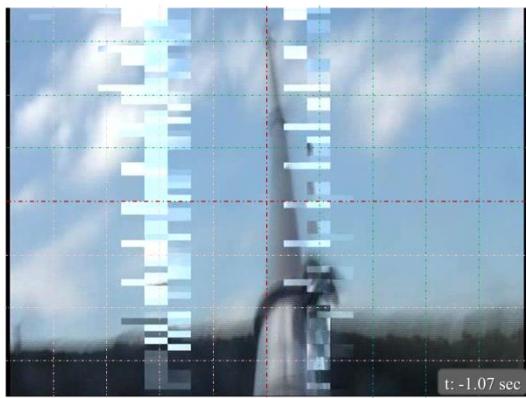
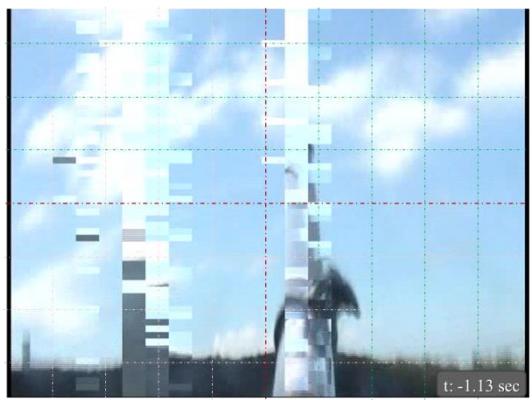
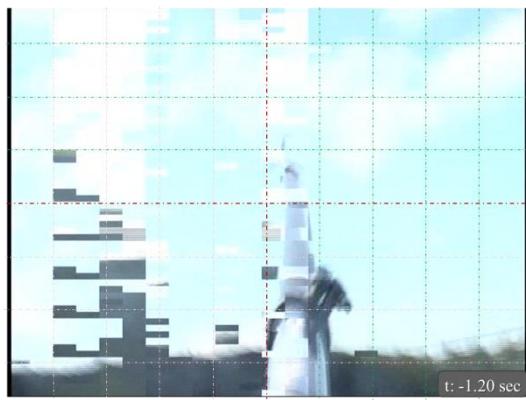


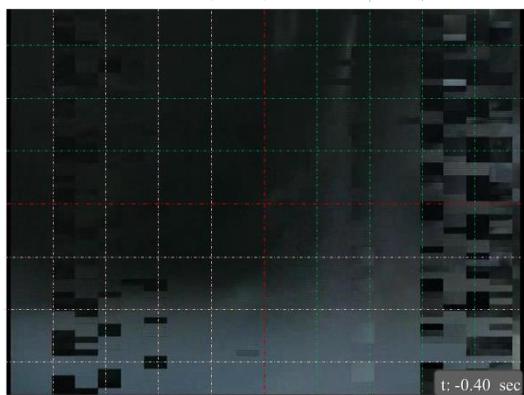
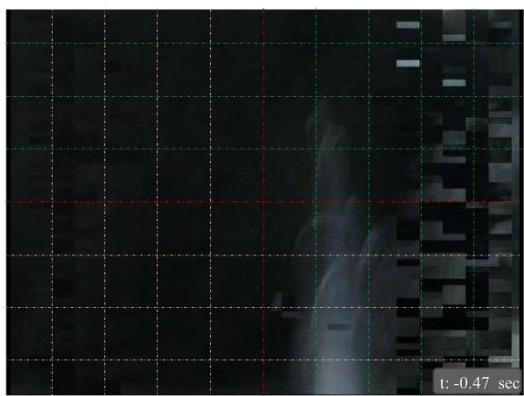
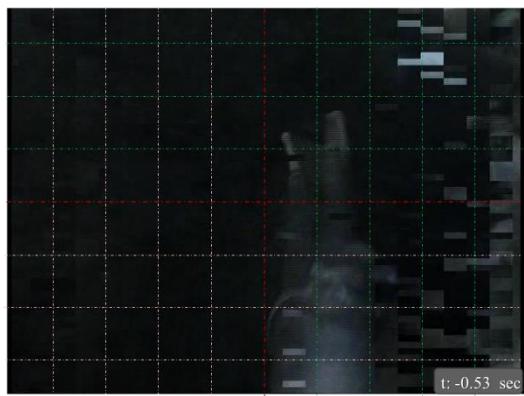
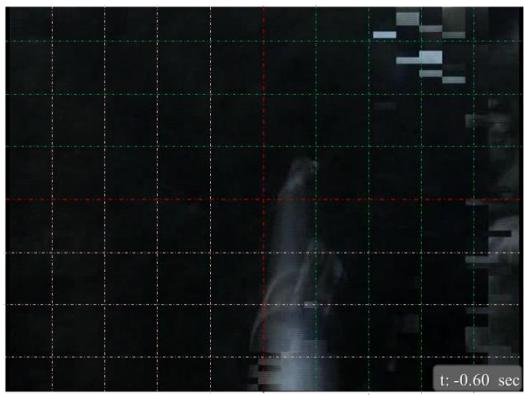
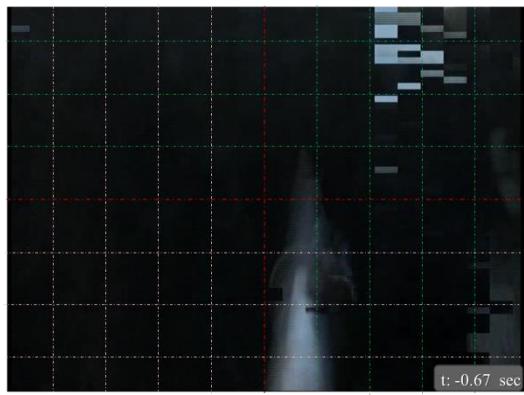


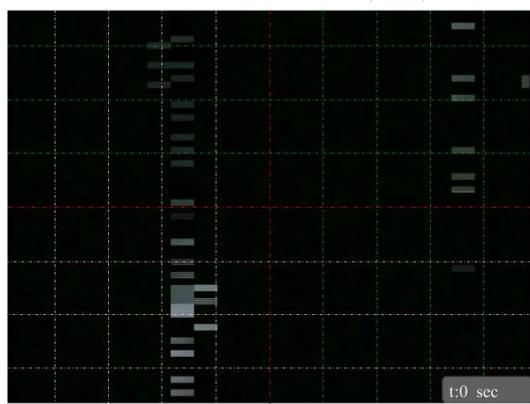


附錄 3：該機最後 3 秒間隔 15 分之 1 秒視訊截圖

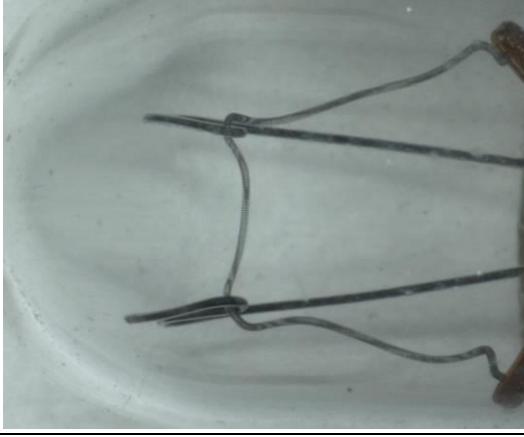
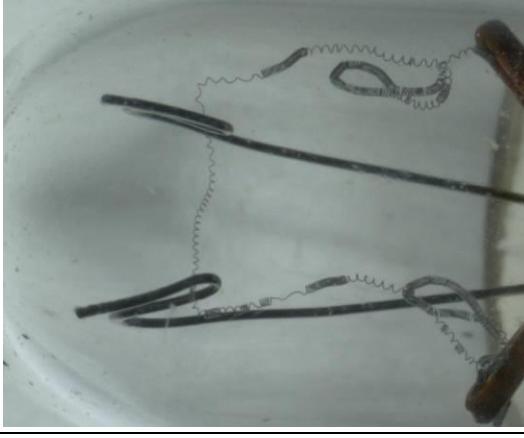


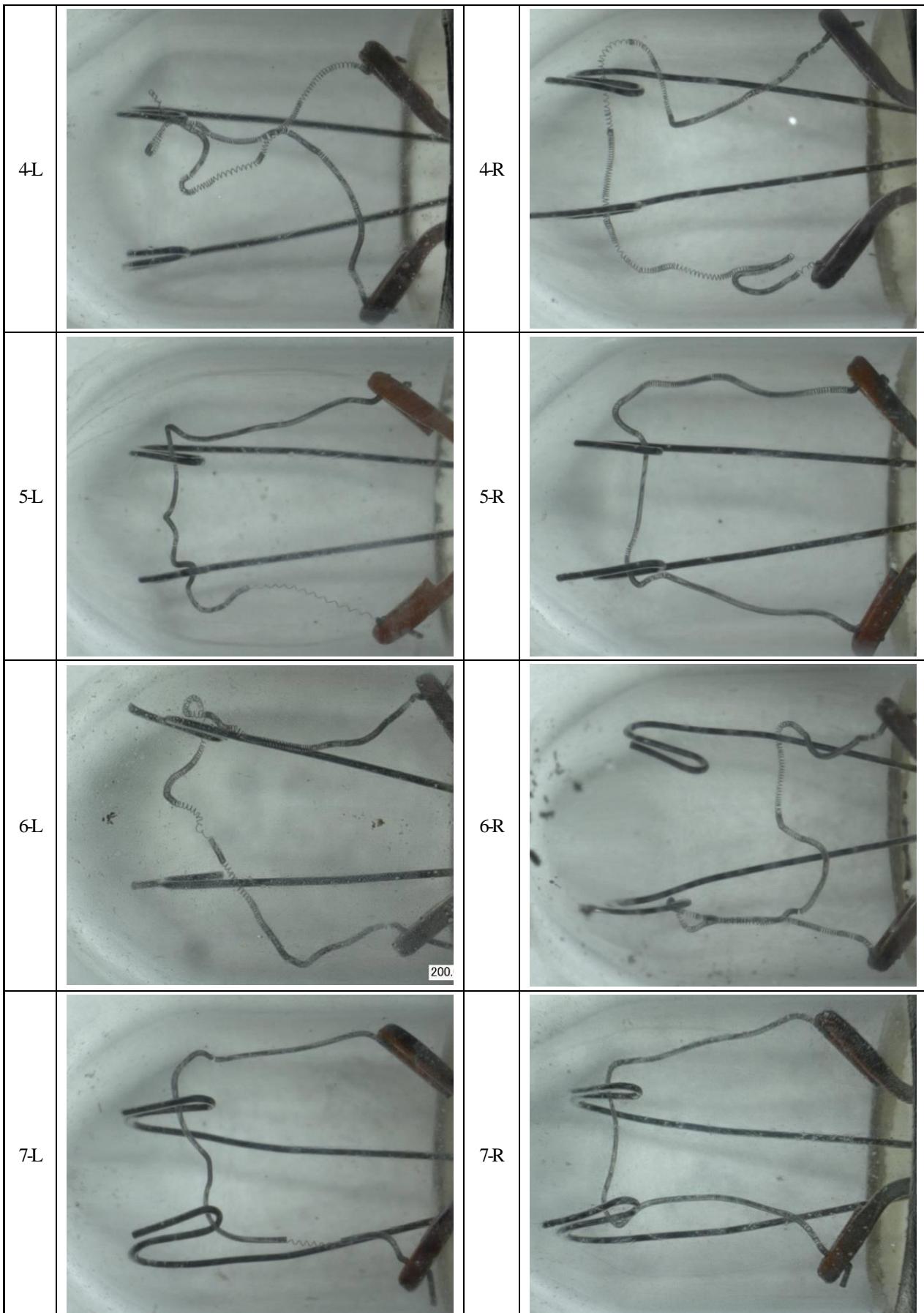


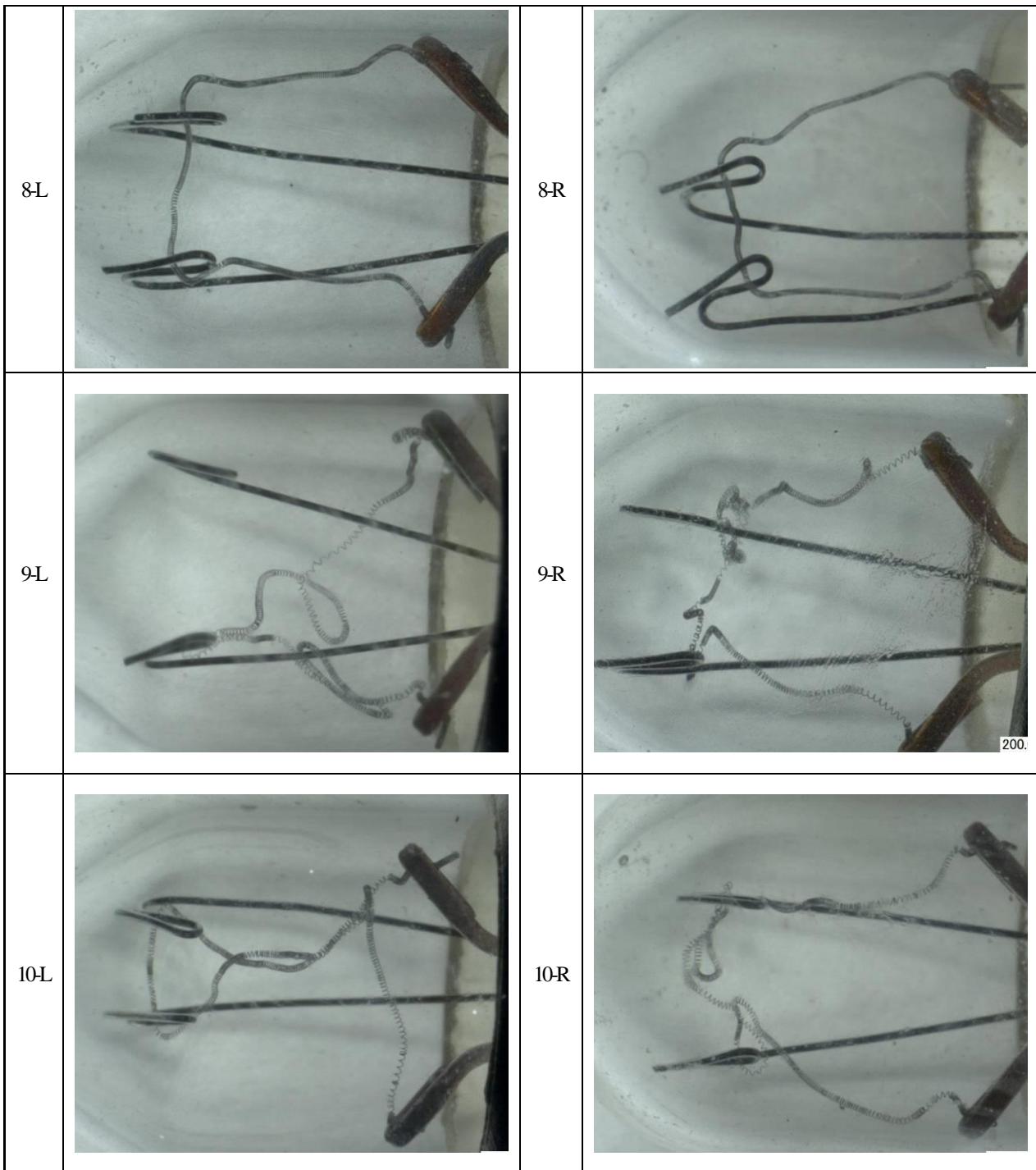




附錄 4： 警示燈泡檢測結果

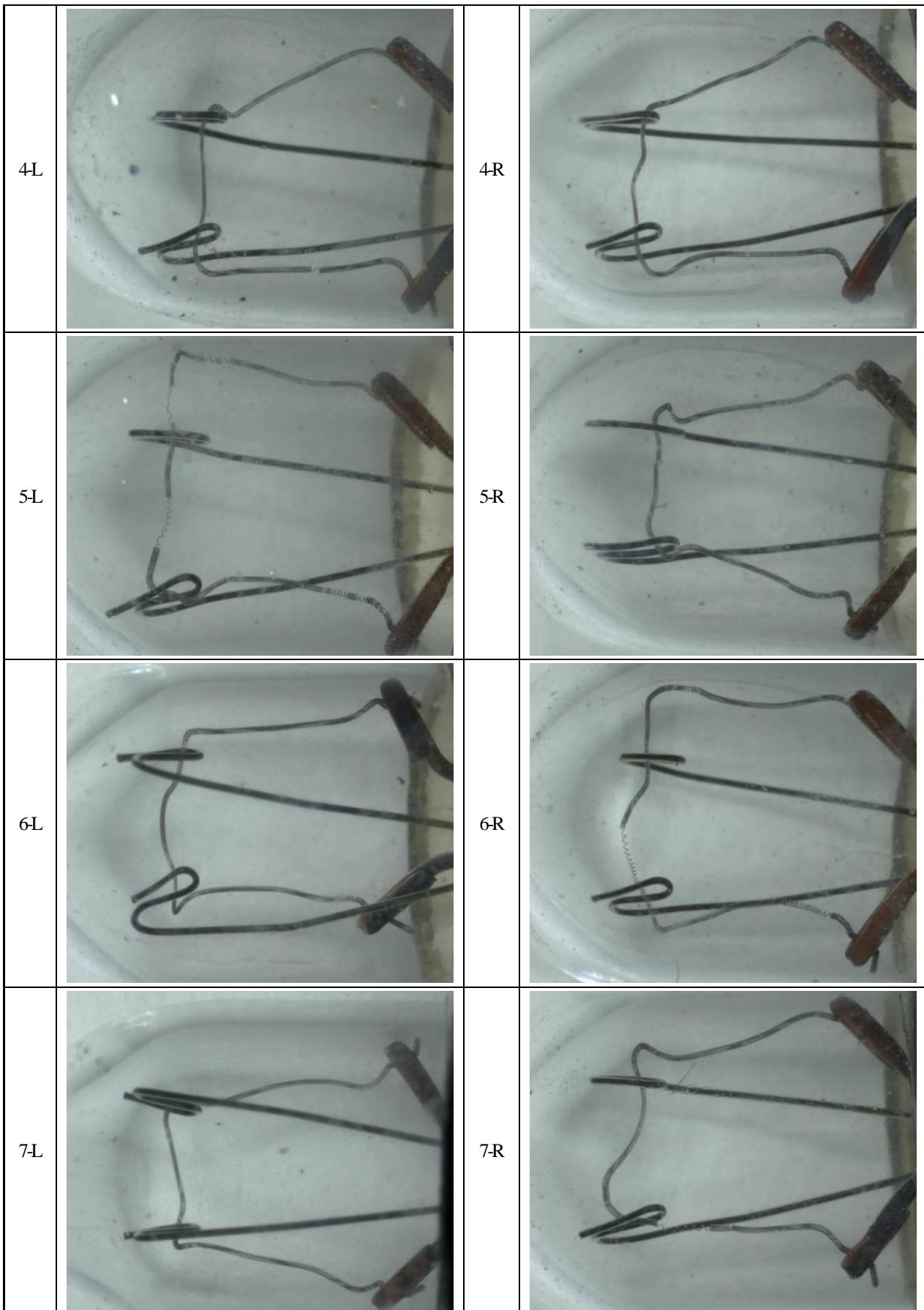
上排燈泡			
編號	照片	編號	照片
1-L		1-R	
2-L		2-R	
3-L		3-R	





下排燈泡

編號	照片	編號	照片
1-L		1-R	
2-L		2-R	
3-L		3-R	



8L		8R	
9L		9R	
10L		10R	

附件清單

附件 1：發動機零組件、調速器及控油器原廠檢驗報告

附件 2：直昇機清洗礙子/線路巡視作業手冊

附件 3：台電輸電線路損壞報告