



航空器失事調查報告

ASC-AAR-00-10-001

中華民國88年11月29日

凌天航空公司 UH-12E 直昇機

國籍登記號碼B-31007

於高雄縣旗山鎮高屏溪攔沙壩集水區

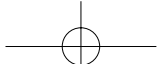
執行空中農藥噴灑任務落水

飛安

航空器失事調查報告

ASC-AAR-00-10-001

中華民國88年11月29日
凌天航空公司UH-12E直昇機
國籍登記號碼 B-31007
於高雄縣旗山鎮高屏溪攔沙壩集水區
執行空中農藥噴灑任務落水



內容摘要

凌天航空公司直昇機編號 B31007，機型 UH12E，於民國 88 年 11 月 29 日 0600 時，由旗山起飛沿高屏溪南下，至位於屏東機場西面之鳳山六塊厝蕉園實施空中農藥噴灑任務（以下簡稱空噴作業）。約 30 分鐘後抵達隨即展開作業。期間由駕駛員單獨實施噴灑作業，隨行之機械員則於地面擔任加油及補藥工作，於空噴任務完成後再登機返回旗山。

該機共實施 7 次噴灑作業，每次約 15 分鐘，其間曾在鳳山落地加油及補充農藥，作業期間曾因雨而落地等待，雨勢減弱再恢復作業。本次任務係例行性，第 8 次任務（Cycle）之第 11 天，但該機駕駛員係於 11 月 26 日起始接替赴台北體檢之另一駕駛員執行此次任務。

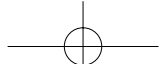
空噴作業完成後，該機降落鳳山作業區接運機械員登機，一同返回旗山基地。該機沿高屏溪北上，向屏東塔台申請通過下滑道後爬升至 200 呎飛越高壓電鐵塔後，再下降至約 50 呎高度貼近河面飛行約 5 分鐘，根據隨機機械員之證詞，當時下雨但能見度尚可，由機艙可見到兩側岸邊之建築物及樹木，但正前方擋風玻璃因雨水影響能見度受限。

約在 1008 時，該機向屏南塔台報告通過屏東機場西面下滑道後 2 至 3 分鐘，經過高屏溪攔河壩（經緯度座標為：E 120° 40' 34.8" / N22° 40' 12.1"）之集水區時墜落失事。該機以接近水平姿態墜水，失事前之速度約為 60Kts，高度約 50 呎。

該機墜落後河水立即充滿機艙，機身右傾左艙門自行彈開，機械員就近先脫離機艙，駕駛員隨後至水面。駕駛員未受傷，機械員右額擦傷。

駕駛員自水中脫離座艙後企圖游泳上岸時不幸溺水，經送醫不治。輕傷之機械員送醫治療於次日返家休息。

行政院飛航安全委員會（以下簡稱飛安委員會）於發現失事當日即依據民用航空法第八十四條及本會頒布之「航空器失事及重大意外事件調查處理規則」與「飛航事故調查標準作業程序」展開各項調查作業。於民國 89 年 10 月 5 日完成本調查報告並陳報行政院後公布。有關該機失事之調查結果（Findings）、失事可能肇因



(Probable Cause)、間接造成本次事故之因素 (Indirect Causal Factors) 及向有關單位所提出之飛安改善建議 (Safety Recommendation) 如下：

調查結果

1. 飛航組員依現行民航法規及公司規定均有合格證照。
2. 航機已完成全部適航指令並獲有適航證書。
3. 航機維修無異常，載重與平衡均在允許限制範圍內。
4. B31007於完成空噴作業返航時，屏南機場航線區域之能見度為3,200公尺，低於目視飛航規則之能見度標準－5公里。
5. 該機返航時，沿高屏溪北上，貼近水面飛行，不符目視飛航規則第五十四條－目視飛航最低實際高度「不得低於距地面或水面500呎」之規定。
6. 普通航空業空噴作業飛航，自作業區返回基地之飛航簽放，因外場未設置簽派員，而由駕駛員根據該公司駐鳳山作業區之地勤人員所報天氣狀況決定是否飛航。事故當時下小雨，返途之飛航能見度低於目視天氣標準並且逐漸轉壞，駕駛員並未先經查詢，即在無足夠天氣資訊之情況下決定飛航。
7. 事故當時之雲幕高及飛航能見度雖符合特種目視飛航標準，即目視飛航規則第五十六條之規定：雲幕高不低於500呎，飛航能見度不低於1.5公里，然駕駛員並未有效掌握天氣情況，並依規定向航管單位申請特種目視飛航，顯然違反「直昇機飛航作業管理程序」第九十二條：「機長應於飛航前熟悉與該預定飛航有關之所有可取得之氣象資訊。」之規定。
8. 當日該機之作業係依據交通部民用航空局核准函（有效期自民國88年10月15日起至民國89年01月15日止）實施，並未填報飛航計畫書，與「直昇機飛航作業管理程序」第九十一條：「七、操作飛航計畫已完成。」始得飛航之規定不合。
9. 地面機械員雖屬同乘人員，為極重要之座艙資源，亦應有狀況警覺。在能見度差的飛航環境之下，駕駛員未作任務提示，充分利用該項資源，以提供飛航中接近地障之預警，致造成可操控狀態下落水。
10. 航機損壞結構皆係外力過載破壞，應係動力未失效狀況落水。

11. 訓練手冊中之年度定期複訓，未列入「組員資源管理」課程，座艙資源未能有效運用。
12. 機械員失事後之血液酒精測試結果超過標準，但經訪談蒐證該員無飲酒嗜好，於事發前未飲用含酒精成分之飲料，血液檢體之成分不同於失事當時，化驗結果可信度不足。56mg/dl 之血液酒精含量通常不影響思想行為。
13. 「直昇機飛航作業管理程序」第三十五條第三款之適用性易生爭議。

失事可能肇因

能見度差而飛航，未保持安全飛航高度，無接近地障(水面)之危險狀況警覺，因飛航高度過低，以致觸及水面不及改正而失事。

間接造成本事故之因素

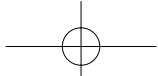
1. 飛航前之簽派作業規範不足，未依規定填報飛航計畫書。
2. 未按目視飛航規則之飛航能見度標準及最低實際飛航高度等限制飛航。
3. 訓練手冊內容未包括目視飛航有關之安全課程，致使人員缺乏充分之飛航安全警覺。

飛安改善建議

依據失事調查結果，行政院飛航安全委員會提出飛安改善建議如下：

致凌天航空公司

1. 陸上作業有越水飛航需要時，應配置越水飛航裝備，以確保機上人員安全。(ASC-ASR-00-10-001)
2. 加強訓練手冊有關目視飛航之各種安全課程，以提昇人員對飛航安全之狀況警覺。(ASC-ASR-00-10-002)
3. 將「組員資源管理」列入定期複訓課程。(ASC-ASR-00-10-003)
4. 執行並落實飛航組員之訓練及考核。(ASC-ASR-00-10-004)

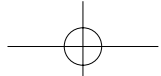


致交通部民用航空局

1. 要求普通航空業者確按「直昇機飛航作業管理程序」第九十一條規定實施飛航作業，並對本程序第三十五條之適用性進行評估^註。(ASC-ASR-00-10-005)
2. 加強查核業者是否確實遵守目視飛航規則中，有關目視天氣標準與最低飛航高度等規定。(ASC-ASR-00-10-006)
3. 加強查核業者之「組員資源管理」計畫內容是否符合實際需要，是否切實執行。要求業者確實將「組員資源管理」列為「定期複訓」之課程，並列入訓練手冊。(ASC-ASR-00-10-007)

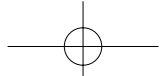
註：1. 該「直昇機飛航作業管理程序」於 89 年 10 月經交通部核定更名為「飛航作業管理規則」。

2. 該「航空器飛航作業規則」第 225 條已修正三級直昇機攜帶救生衣之規定。

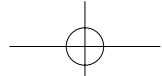


目 錄

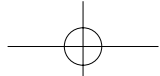
內容摘要	i
目錄	v
圖表說明	viii
第一章 事實資料	1
1.1 飛航經過	1
1.2 人員傷害	2
1.3 航空器損壞情況	2
1.4 其他損壞情況	2
1.5 飛航組員資料	2
1.5.1 駕駛員	2
1.5.2 地面機械員	3
1.6 航空器資料	4
1.6.1 一般資料	4
1.6.1.1 機體	4
1.6.1.2 發動機	4
1.6.1.3 主旋翼	5
1.6.1.4 適航及維修資料	5
1.6.2 載重平衡資料	5
1.7 天氣資料	5
1.8 助航設施資料	6
1.9 通信情況	6
1.10 場站情況	6
1.11 飛航記錄器	6
1.12 航空器殘骸與撞擊資料	7
1.12.1 失事現場附近地標與殘骸分布	7
1.12.2 航機打撈情形	10



1. 12. 3	系統受損情況	11
1. 12. 3. 1	動力系統	11
1. 12. 3. 2	飛操系統	12
1. 12. 3. 3	變向盤及主旋翼	14
1. 12. 3. 4	尾旋翼	15
1. 12. 3. 5	飛行儀表	15
1. 12. 4	航機結構損壞情形	15
1. 12. 4. 1	機身結構損壞	15
1. 12. 4. 2	發動機結構損壞	25
1. 13	醫療與病理	35
1. 14	火災資料	35
1. 15	生還因素	35
1. 16	測試與研究	35
1. 17	相關組織與管理資料	36
1. 18	其他資料	36
1. 18. 1	目視飛航高度	36
1. 18. 2	輕型航空器飛航管制程序	38
1. 18. 2. 1	目視飛航管制	38
1. 18. 2. 2	屏南機場塔台管制作業	38
1. 18. 2. 3	其他資訊	39
1. 18. 3	民航法規	40
第二章	分析	41
2. 1	航空器殘骸結構分析	41
2. 1. 1	駕駛艙下機身蒙皮損壞情形與破壞模式	41
2. 1. 2	主旋翼與主旋翼軸破壞情形與破壞模式	41
2. 1. 3	尾部結構、尾旋翼及配平安定片破壞情形與破壞模式	43
2. 1. 4	發動機基座減震橡膠之金屬外罩破壞情形與破壞模式	43



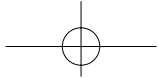
2.1.5	綜合分析·····	43
2.2	生還因素·····	44
2.2.1	直昇機越水作業·····	44
2.2.2	駕駛員死亡原因·····	45
2.3	通信情況·····	45
2.4	飛航管制規則·····	45
2.4.1	目視飛航規則·····	45
2.4.2	飛航計畫書·····	46
2.5	飛航作業·····	47
2.5.1	駕駛員對航路的熟悉程度·····	47
2.5.2	飛航作業及天候因素·····	47
2.5.3	駕駛員操作·····	47
2.5.4	飛航簽派·····	48
2.5.5	組員資源管理·····	48
2.6	法規政策·····	48
2.7	血液酒精化驗·····	49
第三章	結論·····	51
3.1	調查結果·····	51
3.2	失事可能肇因·····	52
3.3	間接造成本事故之因素·····	52
第四章	飛安改善建議·····	53
4.1	飛安改善建議·····	53
附件一	殘骸金屬材料分析·····	55
附件二	普通航空業飛航作業申請書·····	69



圖表說明

表 1. 1 2. 1 - 1	鐵塔間高壓線離水面或地面高度表	7
表 1. 1 8. 1 - 1	目視飛航之最低飛航能見度及距雲距離表	37
圖 1. 1 2. 1 - 1	高壓鐵塔與 B31007 失事地點示意圖	8
圖 1. 1 2. 1 - 2	B31007 失事地點與屏南機場下滑道相關位置圖	9
圖 1. 1 2. 3. 1 - 1	發動機外觀	12
圖 1. 1 2. 3. 2 - 1	座艙內兩套操縱桿	13
圖 1. 1 2. 3. 2 - 2	儀表板（括弧內為指示值）	13
圖 1. 1 2. 3. 3 - 1	主旋翼頭	14
圖 1. 1 2. 3. 3 - 2	彎折的主旋翼	15
圖 1. 1 2. 3. 3 - 3	主旋翼破裂處	15
圖 1. 1 2. 4. 1 - 1	主殘骸	17
圖 1. 1 2. 4. 1 - 2	UH-12E 尺寸圖	18
圖 1. 1 2. 4. 1 - 3	座艙罩支架殘骸	19
圖 1. 1 2. 4. 1 - 4	座艙全圖	19
圖 1. 1 2. 4. 1 - 5	座艙與儀表	20
圖 1. 1 2. 4. 1 - 6	右前機身	20
圖 1. 1 2. 4. 1 - 7	機腹與天線	21
圖 1. 1 2. 4. 1 - 8	右前機身	21
圖 1. 1 2. 4. 1 - 9	左前下機身凹陷	22
圖 1. 1 2. 4. 1 - 10	右前滑撬	22
圖 1. 1 2. 4. 1 - 11	左前滑撬	23
圖 1. 1 2. 4. 1 - 12	序號 S/N1088 主旋翼	23
圖 1. 1 2. 4. 1 - 13	序號 S/N1119 主旋翼	24
圖 1. 1 2. 4. 1 - 14	尾部	24
圖 1. 1 2. 4. 1 - 15	尾旋翼水平安定片	25

圖 1. 12. 4. 2-1	發動機排器導管·····	26
圖 1. 12. 4. 2-2	發電機接線箱·····	27
圖 1. 12. 4. 2-3	發動機右固定架·····	27
圖 1. 12. 4. 2-4	主旋翼軸·····	28
圖 1. 12. 4. 2-5	尾旋翼軸·····	28
圖 1. 12. 4. 2-6	發動機及水箱右視圖·····	29
圖 1. 12. 4. 2-7	啟動震動器·····	29
圖 1. 12. 4. 2-8	迴旋控制連桿·····	30
圖 1. 12. 4. 2-9	發動機左固定架·····	30
圖 1. 12. 4. 2-10	滑油冷卻器風管與左發動機避震接腳·····	31
圖 1. 12. 4. 2-11	後發動機避震接腳·····	31
圖 1. 12. 4. 2-12	發動機左視圖·····	32
圖 1. 12. 4. 2-13	滑油箱支架·····	32
圖 1. 12. 4. 2-14	發動機進氣導管·····	33
圖 1. 12. 4. 2-15	發動機冷卻風扇·····	22
圖 1. 12. 4. 2-16	左滑撬與水箱·····	34
圖 1. 12. 4. 2-17	滑撬前視圖·····	34



此頁空白

第一章 事實資料

1.1 飛航經過

凌天航空公司直昇機編號 B31007，機型 UH12E，於民國 88 年 11 月 29 日 0600 時^{註一}，由旗山起飛沿高屏溪南下，至位於屏東機場西面之鳳山六塊厝蕉園實施空中農藥噴灑任務（以下簡稱空噴作業）。約 30 分鐘後抵達隨即展開作業。期間由駕駛員單獨實施噴灑作業，隨行之機械員則於地面擔任加油及補藥工作，於空噴任務完成後再登機返回旗山。

該機共實施 7 次噴灑作業，每次約 15 分鐘，其間曾在鳳山落地加油及補充農藥，作業期間曾因雨而落地等待，雨勢減弱再恢復作業。本次任務係例行性，第 8 次任務（Cycle）之第 11 天，但該機駕駛員係於 11 月 26 日起始接替赴台北體檢之另一駕駛員執行此次任務。

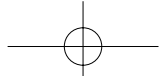
空噴作業完成後，該機降落鳳山作業區接運機械員登機，一同返回旗山基地。該機沿高屏溪北上，向屏東塔台申請通過下滑道後爬升至 200 呎飛越高壓電鐵塔後，再下降至約 50 呎高度貼近河面飛行約 5 分鐘，根據隨機機械員之證詞，當時下雨但能見度尚可，由機艙可見到兩側岸邊之建築物及樹木，但正前方擋風玻璃因雨水影響能見度受限。

約在 1008 時，該機向屏南塔台報告通過屏東機場西面下滑道後 2 至 3 分鐘，經過高屏溪攔河壩（經緯度座標為：E 120° 40' 34.8" / N22° 40' 12.1"）之集水區時墜落失事。該機以接近水平姿態墜水，失事前之速度約為 60Kts，高度約 50 呎。

該機墜落後河水立即充滿機艙，機身右傾左艙門自行彈開，機械員就近先脫離機艙，駕駛員隨後至水面。駕駛員未受傷，機械員右額擦傷。

駕駛員自水中脫離座艙後企圖游泳上岸時不幸溺水，經送醫不治。輕傷之機械員送醫治療於次日返家休息。

註一：本報告中之時間均係本地時間，採 24 小時制。



1.2 人員傷害 (Injuries to persons)

傷亡情形	組員	乘客	其他	總計
死亡	1	0	0	1
重傷	0	0	0	0
輕傷	1*	0	0	1
無傷	0	0	0	0
總計	2	0	0	2

*隨機地面機械員

1.3 航空器損害情況 (Damage to Aircraft)

航空器機體全毀，發動機移位，其支架變形斷裂。

1.4 其他損害情況 (Other Damage)

無。

1.5 飛航組員資料 (Personnel Information)

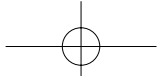
1.5.1 駕駛員

- 年齡：36 歲（民國 52 年 10 月 25 日生）
- 持有下列有效證照：
 1. 執業證書（發照日期 87 年 7 月 17 日）
 2. 檢定證（UH-12E，有效期至 89 年 7 月 13 日）
 3. 體檢證（乙類駕駛員，有效期至 88 年 11 月 30 日）
 4. 空勤人員服務證（已毀損）
- 進入凌天航空公司前，在海軍飛 Hughes 500 型機，有儀器飛行能力。

- 87 年 3 月 16 日進入凌天航空公司，
- 87 年 5 月 28 日開始 UH-12E 機種轉換訓練，
- 87 年 7 月 14 日取得 UH-12E 機種檢定合格，
- 88 年 7 月 1 日開始 BELL206B-3 機種加簽訓練，
- 88 年 8 月 11 日取得 BELL206B-3 機種加簽檢定合格。
- 88 年 6 月 7 日曾實施 UH-12E 機種地面學科年度定期複訓，6 月 16 日實施公司內部年度定期複訓，檢定人員評語為：「飛行中地標地物需再加強，飛行狀況良好，合乎標準。」。
- 總飛行時數：1490 小時（至 88 年 11 月 3 日止）
- 失事機種飛行時數：200 小時
- 事故前 90 天內飛行時數：93 小時
- 事故前 60 天內飛行時數：73 小時
- 事故前 30 天內飛行時數：46 小時
- 事故前 72 小時之生活及工作狀況：
11 月 26 日在大樹鄉噴灑農藥，11 月 27 日在鳳山作業，11 月 28 日因大霧休息。有任務時，清晨 0530 至上午約 1030 左右執行空噴作業。
- 家住左營，每次作業完成即回家休息。如次日有任務，則前晚 11 時前回到旗山住宿。生活規律，無飲酒嗜好。

1.5.2 地面機械員

- 年齡：36 歲（民國 52 年 7 月 19 日生）
- 持有下列有效證照：
 1. 地面機械員執業證書（發照日期：民國 86 年 1 月 17 日）
 2. 地面機械員檢定證（A/E Mechanic，有效期至 92 年 1 月 9 日）
 3. 體檢證（丙類地面機械員，有效期至 90 年 1 月 31 日）
- 民國 80 年 3 月至 86 年 3 月任職遠東航空公司，擔任機務處維修機械員。87



年 2 月進凌天航空公司，負責維修及隨機簽放作業，其平日生活規律，無飲酒嗜好。

1. 6 航空器資料 (Aircraft Information)

1. 6. 1 一般資料

1. 6. 1. 1 機體 (Airframe)

持有人：陳慧麗

操作者：凌天航空股份有限公司

適航證明：有效期至 89 年 3 月 31 日

無線電台執照：有效期至民國 90 年 3 月 30 日

國籍：中華民國

註冊號碼：B31007

機種：三級性能，農務作業用，三座式，未配備水上求生裝備。

機型：UH-12E

序號：5056

出廠時間：67 年 10 月 13 日

最大起飛重量：3,100 磅

總飛行時數：3,333 小時 31 分

總落地次數：1,010

1. 6. 1. 2 發動機 (Engine)

型別：VO-540-C2A

製造廠：LYCOMING

製造號碼：L2495-43

最大轉速：3,200 rpm

最小轉速：1,750 rpm

最大馬力：305 bhp/3,200 rpm

總使用小時數：589 小時 36 分

1.6.1.3 主旋翼 (Main Rotor)

最大轉速：395 rpm

最小轉速：314 rpm

1.6.1.4 適航及維修資料 (Airworthiness and Maintenance Records)

最近一次重大定期保養工作：88 年 11 月 11 日執行 100 小時檢查，無異常紀錄。檢查該機六個月內維修紀錄，無異常紀錄。

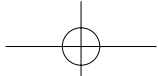
1.6.2 載重平衡資料 (Weight and Balance)

- 空機（含農噴裝備）重 1,927 磅，
- 燃油 30 加侖（密度約 6.6 磅/加侖），約 178 磅，
- 組員共兩人（每人約 150 磅），共約 300 磅，

該次飛行起飛重量約為 2,405 磅，在最大起飛限制重量 3,100 磅之內。（此次飛航為任務完成後返回旗山基地，未裝載農藥。）

1.7 天氣資料 (Meteorological Information)

B31007 在 0630 時，由凌天航空公司旗尾橋附近之基地起飛執行空噴作業，此項作業皆在屏南機場航線區域內，該機起飛前並未向屏南或高雄機場取得相關天氣資料。



0630 時，屏南機場天氣為：

靜風，能見度 5 公里有霧，疏雲 1,200 呎、密雲 3,200 呎，溫度 18°C、
露點 16°C，高度表撥定值 1,019 百帕。

0910 時，天氣轉為^{註二}：

風向 230°，風速 2 哩，能見度 4,800 公尺，有小雨及霧，疏雲 1,000
呎、密雲 4,000 呎，溫度 20°C、露點 17°C，高度表撥定值 1,019 百帕。

0940 時，天氣轉為：

靜風，能見度 3,200 公尺，有小雨及霧，疏雲 800 呎、密雲 4,000 呎，
溫度 20°C、露點 17°C，高度表撥定值 1,020 百帕。

1000 時屏南機場天氣為：

靜風，能見度 3,200 公尺，有小雨及霧，疏雲 800 呎、密雲 4,000 呎，
溫度 20°C、露點 17°C，高度表撥定值 1,019 百帕。

1.8 助航設施資料 (Navigational Aids)

不適用。

1.9 通信情況 (Communications)

該機任務全程未與高雄通訊追蹤席聯絡。

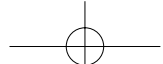
1.10 場站情況 (Aerodrome Information)

不適用。

1.11 飛航記錄器 (Flight Recorders)

無。

註二：於 0910 後，能見度低於管制空域內目視飛航之最低飛航能見度（5 公里）。



1.12 航空器殘骸與撞擊資料(Wreckage and Impact Information)

1.12.1 失事現場附近地標與殘骸分布

B31007 墜毀地點位於高屏溪畔的南區水資源局東北方，距西岸碼頭約 320 公尺，距南方攔河堰約 80 公尺，主要機身殘骸與尾旋翼結構落水位置集中。正確位置為 (E120° 40' 34.8" / N22° 40' 12.1")。

該機空噴作業完成後，從砂石場 (E120° 25' 39.14" / N22° 38' 6.29") 起飛沿高屏溪北上飛行，根據地面機械員稱：「航機飛越高屏橋旁之鐵塔，並且穿越屏南下滑道西南方之鐵塔。」六座鐵塔編號由西至東依次為 002 至 007。從砂石場至攔河堰距離為 5.6 公里，從鐵塔 -003 至攔水堰距離為 2.2 公里。高壓鐵塔與 B31007 失事地點示意圖詳圖 1.12.1-1 與圖 1.12.1-2。

根據地面機械員稱：「該機可能穿越之鐵塔為編號 -003 至編號 -004 號或編號 -004 至編號 -005 號鐵塔。」及『台灣電力公司南區供電營業區處－線路股』提供之九曲－復興 69KV 線路圖，確證 B31007 曾穿越鐵塔飛行。該區鐵塔均為左右四線跨接之高壓電線，其下地形多為崎嶇沙丘與溪岸，鐵塔間高壓線離水面或地面或高度詳如下表：

表 1.12.1-1 鐵塔間高壓線離水面或地面高度表

鐵塔區間	間距	高壓電線最底端距水面或地面高度
002 至 003	268.5公尺	28公尺
003 至 004	400公尺	14.8公尺
004 至 005	392.4公尺	15.4公尺
005 至 006	314.9公尺	20.2公尺
006 至 007	256 公尺	24 公尺
資料來源：台灣電力公司南區供電營業區處－線路股		

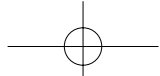


圖1. 12. 1-1 高壓鐵塔與B31007失事地點示意圖

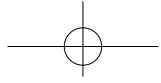


圖 1. 12. 1-2 B31007 失事地點與屏南機場下滑道相關位置圖

1. 12. 2 航機打撈情形

失事現場處理經過

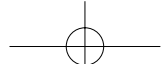
時 間	事 件
11/29/99 (星期一)	失事發生
11/30/99 (星期二)	搜救協會支援打撈失敗
12/01/99 (星期三)	通知海軍請求協助
12/02/99 (星期四)	待命
12/03/99 (星期五)	待命並聯繫打撈公司會勘現場
12/04/99 (星期六)	搜救協會繼續支援打撈成功

11/29/99 (星期一) 失事發生

時 間	事 件
1100	收到失事通知
1130	機動小組出動
1220	班機飛往高雄
1300	高雄航務組接往空警隊
1330	高雄航務組派車前往高樹國小失事現場
1420	抵達失事現場執行現場勘查、打撈協調、證人訪談
1700	執行長及主任調查官趕赴鴻慶醫院訪談機務員並與機動小組會合小組簡報
1800	工作暫停投宿飯店

11/30/99 (星期二) 搜救協會支援打撈失敗

時 間	事 件
0900	凌天航空委託高雄縣搜救協會打撈開始，工作人員以竹筏動力將翻覆之直昇機扶正，再由岸上動力將航機拖拉上岸，開始拖動航機即翻覆。
1900	工作暫停投宿飯店



12/01/99（星期三）通知海軍請求協助

時 間	事 件
0800	機動小組返回本會與海軍救難大隊聯繫，小組人員台北待命。
1300	機動小組南下高雄等待海軍救難大隊消息。

12/02/99（星期四）待命

全日待命，海軍救難大隊沒有消息。

12/03/99（星期五）待命並聯繫廠商會勘現場

與凌天航空代表前往現場勘查，並會同搜救協會研商擬打撈計劃。

12/04/99（星期六）搜救協會繼續支援打撈成功

時 間	事 件
0800	抵達現場。
0930	開始將四個卡車內胎繫附航機結構受力點，充氣後試圖將航機浮起，結果失敗。
1400	加繫四個內胎，充氣後仍無法將航機成功浮起。
1600	嘗試將航機拖動，結果成功將航機拖動。
1640	航機拖至水利局水壩邊，開始起吊作業。
1720	航機起吊上岸，初步照相蒐證，拖車裝載固定，外觀包覆。
1830	開始拖往小港機場。
1930	抵達小港機場棚場。
2015	離開棚場。
2040	返回台北。

航機浸泡水中達六日之久，其中經過搜救人員攀爬踩踏及拖拉吊掛等作業，吊上陸岸時其儀表板上沾滿河床泥漿，其上之開關位置已無法分辨其原始位置。

1. 12. 3 系統受損情況

1. 12. 3. 1 動力系統

B31007 之發動機大致完整，詳圖 1. 12. 3. 1-1。滑油箱、燃油箱及滑油散熱器均因河水浸泡而污染，燃油箱壁有擠壓痕跡，但並未發現有任何破裂漏油；冷卻風扇葉片有數片扭曲變形。

據生還地面機械員稱：「該機落水前動力正常，發動機沒有熄火，也無爆震、掉轉速或汽缸頭超溫等異狀，當時燃油供應順暢」。

另兩位地面目擊證人亦稱：「該機於落水前，發動機所傳出之聲響無間斷或有異常變化現象」。



圖 1. 12. 3. 1-1 發動機外觀

1. 12. 3. 2 飛操系統

迴旋桿 (Cyclic Pitch Sticks) 仍可隨意自由操作且行程並無遲滯，但迴旋桿座之連桿頭輕微彎曲，集體桿 (Collective Pitch Sticks) 之控制連桿 (Pitch Rod) 接合處有一接頭斷開。尾旋翼 (方向) 腳蹬 (Tail Rotor Pedals) 則因尾桁斷落及鋼繩斷開而呈鬆動狀。兩套操縱桿 (詳圖 1. 12. 3. 2-1) 及儀表板 (詳圖 1. 12. 3. 2-2) 均完整，各開關位置因機體殘骸打撈時，在河床上拖行，故甚難判斷其原先位置。

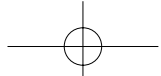


圖 1.12.3.2-1 座艙內兩套操縱桿

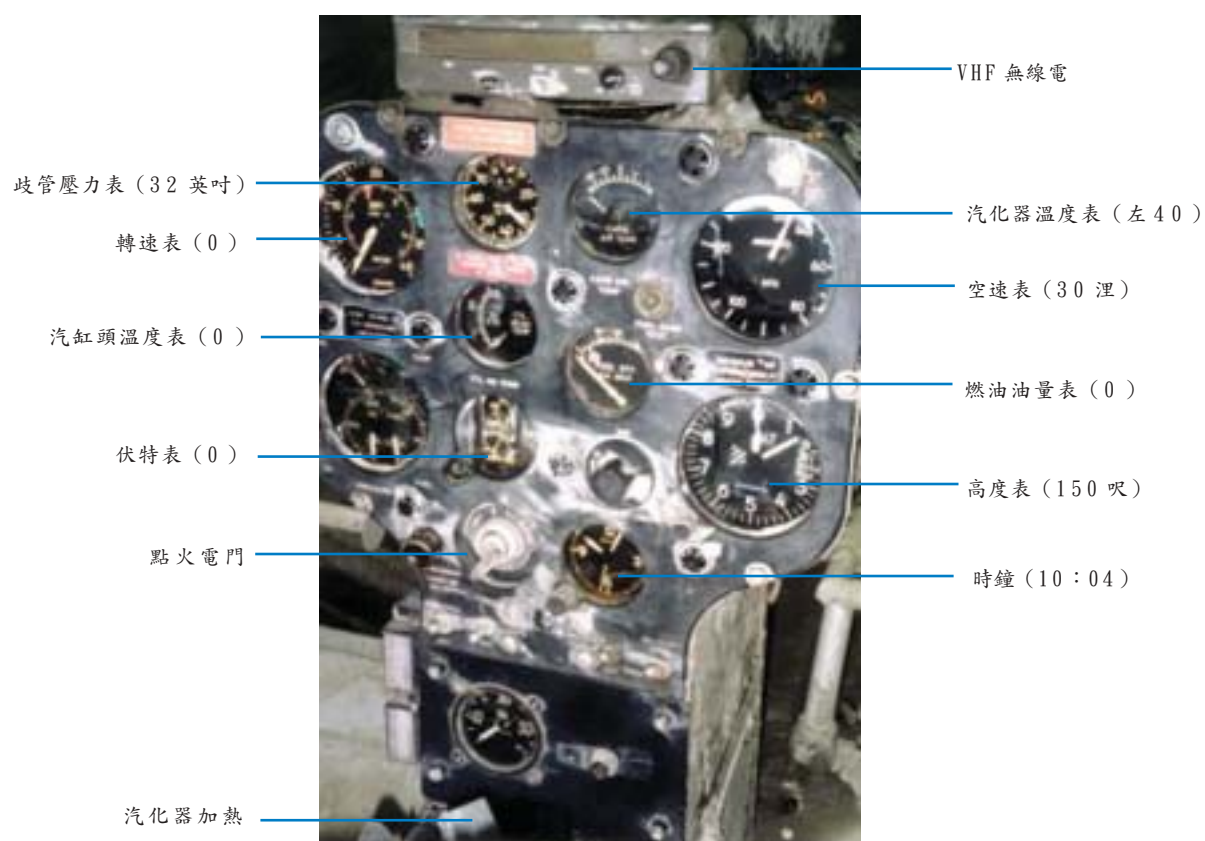
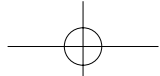


圖 1.12.3.2-2 儀表板 (括弧內為指示值)



1. 12. 3. 3 變向盤及主旋翼

旋翼頭之變向盤、剪臂及主軸承外觀均無損。兩片主旋翼葉片已彎折，從破裂處可見其內之鋼質翼樑（Spar）。旋翼頭及葉片受損情況詳圖 1. 12. 3. 3-1、圖 1. 12. 3. 3-2、及圖 1. 12. 3. 3-3。



圖 1. 12. 3. 3-1 主旋翼頭



圖 1. 12. 3. 3-2 彎折的主旋翼

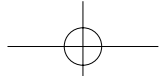


圖 1. 12. 3. 3-3 主旋翼破裂處

1. 12. 3. 4 尾旋翼

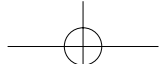
由尾桁處斷裂脫落之尾旋翼除外部磨損外，且有些微扭曲變形。

1. 12. 3. 5 飛行儀表

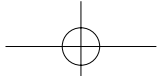
儀表板及其指示儀表均受輕微損壞，汽化器加熱電門（Carburetor Heat）置於 " 冷 "（Cold）位置，混合比控制桿在 " 全富油 "（Full Rich）位置，燃油關斷 $\tilde{\square}$ 置於 " 開啟 "（On）位置，均符合飛行手冊中之操作規定，電動輔助燃油泵開關則置於 " 關 "（OFF）位置。

1. 12. 4 航機結構損壞情形

1. 12. 4. 1 機身結構損壞



1. 機身主結構及發動機結構尚稱完整，惟尾部與主殘骸分離，尾桁表漆為黃色，底漆為紅色詳圖 1. 12. 4. 1-1。完整直昇機尺寸詳圖 1. 12. 4. 1-2。
2. 座艙擋風罩破裂，框架結構變形，詳圖 1. 12. 4. 1-3。
3. 座艙內部左邊椅墊遺失，座艙結構完整，詳圖 1. 12. 4. 1-4。
4. 座艙儀表面板及兩套控制桿外型完整，詳圖 1. 12. 4. 1-5。
5. 座艙外部右邊蒙皮輕微刮痕，接近地板的蒙皮有一 3 公分裂痕，詳圖 1. 12. 4. 1-6。
6. 座艙外部正下方之 VHF 天線、農藥藥水幫浦與軟管外型完整，詳圖 1. 12. 4. 1-7。
7. 座艙外部左邊蒙皮有一約 40 公分×40 公分凹陷。接近地板交接處有一橫向 30 公分裂紋，詳圖 1. 12. 4. 1-8 及圖 1. 12. 4. 1-9。
8. 右前方滑撬有一小處凹陷，滑撬與農藥噴灑連桿彎折破裂，詳圖 1. 12. 4. 1-10。
9. 左邊滑撬結構完整，滑撬與農藥噴灑固定桿彎折斷裂，詳圖 1. 12. 4. 1-11。
10. 序號 S/N1088 主旋翼片，長度為 496 公分，翼尖部分破裂，於 Blade STA 92 向上向後彎折；從 Blade STA 92 至 STA 177 為向上向後彎曲（翼尖呈 5 度上傾）。翼尖段約有 90 公分的區域在翼前緣表面發現黃色與暗紅色漆，詳圖 1. 12. 4. 1-12。
11. 序號 1119 主旋翼片，彎折成四段。分別在 Blade STA 42、STA 100 及 STA 130。三個彎曲處之彎曲角度約 45 度；翼根至 Blade STA 42 翼面結構完整；Blade STA 42 至 Blade STA 100，翼面後掠 60 度且向下彎曲，翼前緣上下表面發現黃色與暗紅色漆；Blade STA 100 至 Blade STA 130 段，翼面呈水平方向，翼前緣上下表面發現黃色與暗紅色漆；Blade STA 130 至翼尖段，結構完整、翼面向上彎曲，翼前緣表面發現黃色漆，詳圖 1. 12. 4. 1-13。
12. 尾部呈 < 形彎曲，沿縱軸方向朝尾翼向右下方扭曲。尾部向右彎曲位置在 STA 74。尾旋翼斷裂處 STA 160，在 STA 57 處發現尾部底部有一 45 度向



上裂紋，直徑為 26 公分，詳圖 1. 12. 4. 1-14。

13. 從 STA167 至最末端含整個尾旋翼及配平安定片部分與尾桁分離，該部分於 89 年 1 月 8 日在與主殘骸相同位置尋獲。尾旋翼與傳動軸間連接與傳動良好，尾旋翼可自由撥轉。尾旋翼其中一片外表正常，另一片外表有些扭曲。配平安定片外觀完整，控制鋼繩可自由控制尾旋翼角度。整體外觀詳圖 1. 12. 4. 1-15。



圖 1. 12. 4. 1-1 主殘骸

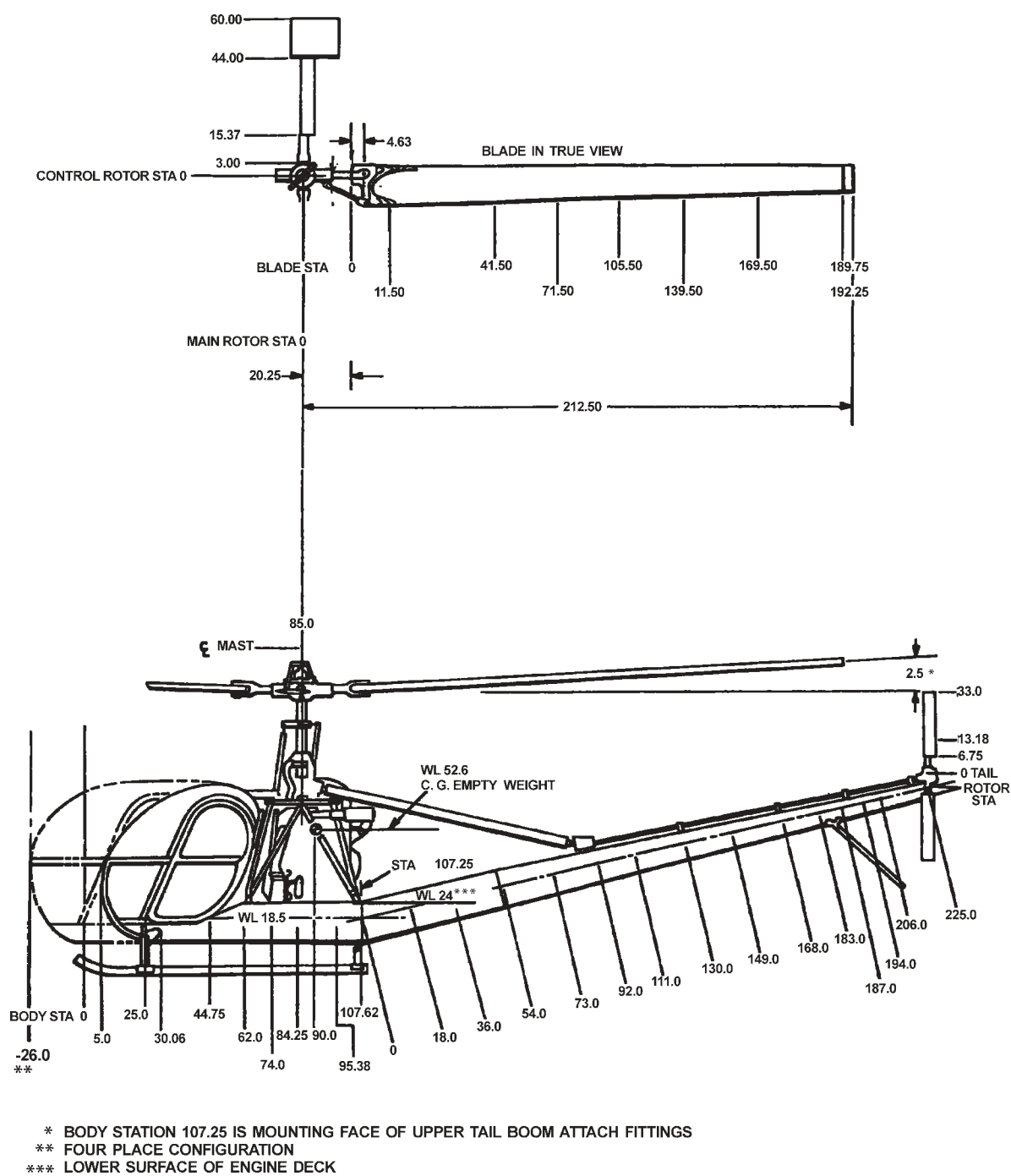


圖 1.12.4.1-2 UH-12E 尺寸圖

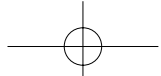


圖 1. 12. 4. 1-3 座艙罩支架殘骸



圖 1. 12. 4. 1-4 座艙全圖

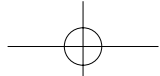


圖 1.12.4.1-5 座艙與儀表



圖 1.12.4.1-6 右前機身

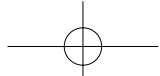


圖 1.12.4.1-7 機腹與天線



圖 1.12.4.1-8 右前機身

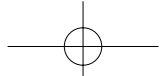


圖 1.12.4.1-9 左前下機身凹陷



圖 1.12.4.1-10 右前滑撬

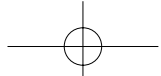


圖 1. 12. 4. 1-11 左前滑撬



圖 1. 12. 4. 1-12 序號 S/N1088 主旋翼

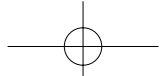


圖 1. 12. 4. 1-13 序號 S/N1119 主旋翼



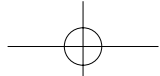
圖 1. 12. 4. 1-14 尾部



圖 1. 12. 4. 1-15 尾旋翼水平安定片

1. 12. 4. 2 發動機結構損壞

1. 排氣段有 13 公分×17 公分凹痕，詳圖 1. 12. 4. 2-1。
2. 右下方之接線箱外殼破裂，詳圖 1. 12. 4. 2-2。
3. 發動機減震基座右方減震橡膠之金屬外罩斷裂脫落，詳圖 1. 12. 4. 2-3。
4. 主旋翼軸呈縱向彎曲，詳圖 1. 12. 4. 2-4。
5. 尾旋翼傳動軸彎曲，齒輪箱破裂齒輪脫離，詳圖 1. 12. 4. 2-5。
6. 三個汽缸頭外觀完整，詳圖 1. 12. 4. 2-6。
7. 座位右後方接線盒受撞擊凹陷 2 公分，距離最近結構約 15 公分，詳圖 1. 12. 4. 2-7。
8. 控制連桿頭斷裂，下方的連桿彎曲，詳圖 1. 12. 4. 2-8。
9. 發動機減震基座左方減震橡膠之金屬外罩破裂但未脫落，詳圖 1. 12. 4. 2-9。
10. 滑油冷卻歧管外殼破裂，發動機兩個避震器其中一個遺失（左側）詳圖 1. 12.



4. 2-10，另一個則脫離固定支架，詳圖 1. 12. 4. 2-11。
11. 發動機三個汽缸頭外觀完整，詳圖 1. 12. 4. 2-12。
12. 滑油箱基座斷裂，詳圖 1. 12. 4. 2-13。
13. 進氣道與濾網結構完整，進器歧管有垂直裂痕，詳圖 1. 12. 4. 2-14。
14. 發動機冷卻風扇 7 片扇葉往前彎曲，根部部分撕裂，詳圖 1. 12. 4. 2-15。
15. 農藥容器外型完整結構完好，詳圖 1. 12. 4. 2-16。
16. 農藥噴管左右兩邊稍微彎曲，左方支撐連管支架呈 90 度彎曲，右方微彎，詳圖 1. 12. 4. 2-17。



圖 1. 12. 4. 2-1 發動機排氣導管

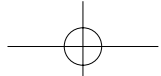


圖 1. 12. 4. 2-2 發電機接線箱



圖 1. 12. 4. 2-3 發動機右固定架

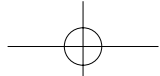


圖 1. 12. 4. 2-4 主旋翼軸



圖 1. 12. 4. 2-5 尾旋翼軸

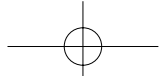


圖 1. 12. 4. 2-6 發動機及水箱右視圖



圖 1. 12. 4. 2-7 啟動震動器

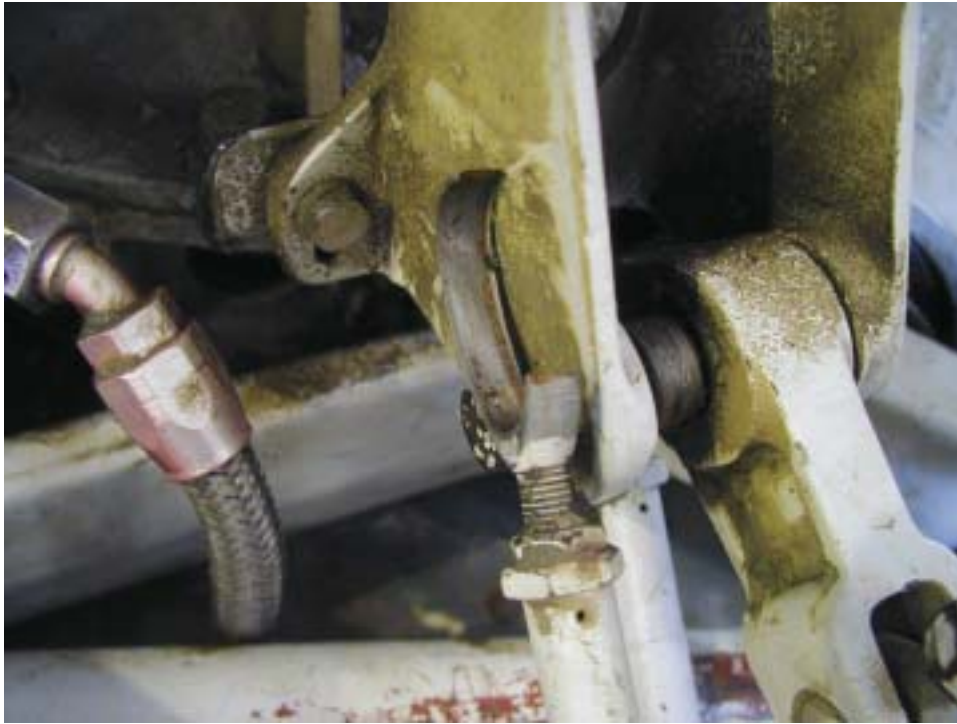
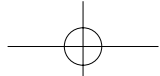


圖 1. 12. 4. 2-8 迴旋控制連桿



圖 1. 12. 4. 2-9 發動機左固定架



圖 1.12.4.2-10 滑油冷卻器風管與左發動機避震接腳



圖 1.12.4.2-11 後發動機避震接腳

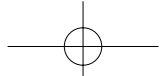


圖 1.12.4.2-12 發動機左視圖



圖 1.12.4.2-13 滑油箱支架

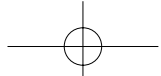


圖 1. 12. 4. 2-14 發動機進氣導管



圖 1. 12. 4. 2-15 發動機冷卻風扇

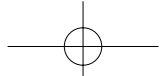


圖 1. 12. 4. 2-16 左滑撬與水箱



圖 1. 12. 4. 2-17 滑撬前視圖

1. 13 醫療與病理 (Medical and Pathological)

B31007 駕駛員持有民航局發給之乙類駕駛員體檢及格證，有效期至 88 年 11 月 30 日。執勤前作息正常，有充分休息，體能狀況正常，精神無異狀。高雄地檢署之死亡證明書指該員係溺水窒息死亡，未對死者進行血液酒精含量之檢驗。

隨機地面機械員額頭撞挫傷，係為航機落水時擋風玻璃撞擊水面破裂內擠，撞擊所致。該員獲救後即被送至高雄鴻慶醫院，救護期間注射點滴治療，觀察無異狀後於隔日出院。住院期間曾抽血檢驗，結果發現血中酒精濃度為 56mg/dl (0.056 % BAC)，但經訪談蒐證該員無飲酒嗜好，於事發前亦未飲用含酒精成分之飲料，失事時間為 1000 高雄鴻慶醫院血液檢體抽取時間為 1800 時，台南尚捷醫學檢驗中心約為隔日 1800 時，檢體中未添加 1% 氟化鈉抗凝劑 (NaF)，於醫院待檢期間未冷藏保存。

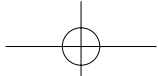
1. 14 火災資料 (Fire)

未發現火災情形。

1. 15 生還因素 (Survival Aspects)

B31007 於落水後傾側，右舷著河床，左舷機身些微露出河面，左座之地面機械員解脫安全帶後由左機門脫離座艙攀於機身邊，駕駛員亦隨後脫離。兩員一齊攀上機身站立，向岸邊呼救。岸上人員立即報警，搜救大隊接獲知告後即趕往現場。搜救人員抵達現場前，地面機械員見離岸不遠，即向岸邊游去，但數公尺後即發覺體力不支，而折回，攀附機身上。此時駕駛員亦離開機身，游向岸邊，但於半途溺水，待搜救人員趕到救起時，已無生命跡象。

1. 16 測試與研究 (Tests and Research)



委託中山科學研究院航空材料研究所進行下列實驗：

1. 滑油品質化驗：滑油內鐵與銅含量較高，但因樣品遭河水污染稀釋，故無法採用。滑油濾網亦發現多量之砂礫及炭粒，應係河水污染所致。
2. 結構金相分析：發動機避震器外罩斷裂，表面呈穿晶破壞，亦即過負載破壞，未發現疲勞破壞現象。

1. 17 相關組織與管理資料 (Organizational and Management)

麻醉藥物與酒精檢測：

「民用航空運輸業固定翼航空器飛航作業管理程序」

第七十五條 航空器使用人應建立相關之麻醉藥物及酒精測試計畫，並執行抽檢所屬相關飛航作業人員（包括駕駛員、空服員、簽派員及線上維修人員）檢測記錄應存檔備查。

民航局得以定期或不定期方式對航空器所有相關作業人員（包括駕駛員、空服員、簽派員及線上維修人員）實施麻醉藥物及酒精檢測，檢測不合格者不得從事相關飛航作業。前項之檢測標準如下：

- 一、麻醉藥物檢測：尿液樣本反應須呈陰性。
- 二、酒精濃度檢測：血液中酒精濃度不得超過 0.04 % BAC。

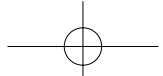
民航法彙編「民用航空運輸業直昇機飛航作業管理程序」查無類似上述麻醉藥物與酒精檢測計畫管理。

凌天航空公司於其飛安作業手冊中定有飛航組員酒精測試管理辦法。

1. 18 其他資料 (Additional Information)

1. 18. 1 目視飛航高度

根據「飛航規則」第三章「目視飛航規則」第三節第五十四條：

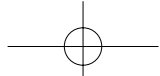


目視飛航最低實際高度，除為起降需要或經主管機關准許外，規定如左：

- 一、飛越城鎮、居住之密集地區或集會廣場上空時，其高度至少應在距航空器 2,000 呎半徑範圍之內最高障礙物上 1,000 呎。
- 三、飛航其他地方時，不得低於距地面或水面 500 呎。

空域類別	飛航高度	飛航能見度		距雲之距離	
				水平	垂直
管制空域內	高於平均海平面 3,000 呎或實際高度 1,000 呎（以較高者為準）。	8 公里		1,600 公尺	1,000 呎
	低於或等於平均海平面 3,000 呎或實際高度 1,000 呎（以較高者為準）。	5 公里		1,600 公尺	1,000 呎
管制空域外	高於平均海平面 3,000 呎或實際高度 1,000 呎（以較高者為準）。	8 公里		1,600 公尺	1,000 呎
	低於或等於平均海平面 3,000 呎或實際高度 1,000 呎（以較高者為準）。	固定翼航空器	5 公里	看清地面或水面，不進雲。	
		民用直昇機	1,600 公尺		
		其他直昇機	除民用直昇機外，其他直昇機之操作速度，足以使其看到其他航空器或障礙物，並能及時避免與其碰撞，則其飛航能見度得低於 1,600 公尺。		

表 1. 18. 1-1 目視飛航之最低飛航能見度及距雲距離表



1. 18. 2 輕型航空器飛航管制程序

1. 18. 2. 1 目視飛航管制

此次 B31007 之飛行路線在「高雄通訊追蹤地區」內，屬高雄近場管制塔台通訊追蹤席負責範圍，駕駛員應於起飛前 30 分鐘，提供其飛航計畫書，起飛前及降落後亦均應向其報備。唯該機於起飛前至失事發生，高雄通訊追蹤席皆未接獲任何有關之通知，起飛前亦未收到其飛航計畫書。

1. 18. 2. 2 屏南機場塔台管制作業

有關 B31007 與該塔台之相關錄音抄件如下：

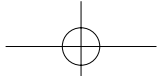
時 間	發 話 者	通 話 內 容
0638：17	駕 駛 員	BRAVO31007 參洞（30）分旗山起飛，預計三分鐘由北向南通過貴場西面下滑道至作業區作業。
38：30	塔 台	BRAVO31007 本場高度表 1016，許可通過，通過時呼叫。
38：37	駕 駛 員	ROGER，1016，通過呼叫。
44：58	駕 駛 員	屏南塔台 BRAVO31007 現在時間通過貴場下滑道。
45：05	塔 台	ROGER，通過時呼叫。
45：10	駕 駛 員	現在已經通過。
45：13	塔 台	ROGER。
...		
0721：28	駕 駛 員	六塊厝一帶作業完畢。脫離機場西南面。
21：34	塔 台	ROGER，守望連絡。GOOD DAY。
...		
1002：26	駕 駛 員	BRAVO31007 現在時作業完畢。返回旗山停機點落地，請求由南向北通過貴場南面下滑道，高度二百呎以下。

02:40 塔 台 BRAV031007 請問你現在位置。
02:43 駕駛員 現在位置在高屏橋西岸。
02:48 塔 台 確實通過屏南下滑航道時呼叫。
02:50 駕駛員 ROGER，通過後呼叫。
02:51 塔 台 對的。
05:10 駕駛員 屏南塔台 BRAV031007 現在時間通過貴場下滑道。
05:15 塔 台 BRAV031007 請更換高雄守望連絡。

B31007 經過屏南機場西面下滑道或在其管制區內作業時，依「台北飛航情報區輕型航空器目視飛航管制規定」第四條相關規定，輕型航空器…應於進入或穿越機場管制地帶或機場航線區域前，向當地塔台申請，經許可後實施之，其申請報告內容如下：（1）航空器識別（2）現在位置、高度、及航向（3）申請進入或穿越機場管制地帶或機場航線區域時間、高度、航向、方位與距離。而由錄音抄件內容可知，B31007 駕駛員在通過屏南機場西面下滑道前，曾向塔台提出申請，並在通過後報告。塔台在該機離開其管制後，曾要求駕駛員與高雄守望（通訊追蹤席）聯絡，但高雄通訊追蹤席並未接到該機呼叫及任何與該機有關之動態資訊。

1.18.2.3 其它資訊

1. 依照屏南塔台 0600-1200 時管制人員所稱，平日低高度飛行之直昇機通過屏南機場下滑道時，因高屏溪河岸地面建築及樹叢之遮蔽，或能見度不佳，塔台人員無法全程目視航機之動態。B31007 在穿越下滑道時，因有薄霧影響能見度，塔台值班人員稱無法目視該機。
2. B31007 駕駛員在空噴作業前一日曾傳真「民航公司實施普通航空業飛航計畫通知單」至軍民聯合管制中心，再由該單位通知屏南塔台，此為凌天航空公司申請在屏南塔台管制區作業程序，相關航管單位並未收到該機飛航計畫書。



1. 18. 3 民航法規

依據「直昇機飛航作業管理程序」第三十五條 從事越水飛航之直昇機應符合下列規定：

一、從事越水飛航之直昇機應備妥永久或可快速完成設置之浮筒，以確保水上迫降作業之安全：

(一) 或二級性能直昇機以一般巡航速度執行飛越距陸岸達十分鐘以上之飛航。

(二) 三級性能直昇機執行超過自動旋轉或與陸岸超過安全迫降距離之越水飛航。

二、依前款規定之一級及二級性能直昇機應具備下列救生及求生裝備：

(一) 每具救生背心或個人浮水器械，除應置於每一座椅或臥鋪便於使用之處外，並應附有強力電光器具，以利辨知每一人員所在位置。

(二) 數量適當之救生艇供機上全部人員使用，並置於緊急時易於取用之處，艇上並應具備適合所飛航地區，足以求生之維持生命物品及符合民航局規定之煙火信號發生器。

三、三級性能直昇機與陸岸超過自動旋轉距離，但仍在民航局規定之距離時，應配備救生背心或個人浮水器械，並置於每一座椅或臥鋪便於使用之處。如逾民航局規定之距離時，應依第二款之規定辦理。

第二章 分 析

2.1 航空器殘骸結構分析

本會委託中科院航研所進行殘骸金屬材料分析，結果如下：（詳附件一）。

2.1.1 駕駛艙下機身蒙皮損壞情形與破壞模式

駕駛艙下機身蒙皮接近右邊邊緣的位置有一 3cm 長裂縫，參考圖 1.12.4.1-6，此裂縫行徑崎曲不平，表示裂縫快速伸展，是受到衝擊後的強制破壞的特徵。

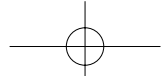
駕駛艙下機身蒙皮接近左邊邊緣的位置有一裂縫長約 4 cm，在裂縫尖端表面漆已裂開約 35 公分，但內部金屬板尚完好，參考圖 1.12.4.1-8，此裂縫除了主裂縫以外，旁邊亦有許多細微裂縫，表示是受到衝擊後強制破壞，而且此裂縫受到的衝擊能量較右邊裂縫大上許多，因此同時產生許多裂縫。

靠近駕駛艙下機身蒙皮有一約 40cm × 40cm 的凹陷，參考圖 1.12.4.1-7，研判此區域是受到側向力撞擊，此側向力除了導致此區域凹陷外，對蒙皮所產生的彎矩力，亦造成靠近地板的蒙皮左右兩邊的裂縫。

造成駕駛艙下機身蒙皮凹陷之側向撞擊力較靠近左邊，因此產生彎矩力的撞擊能量，左邊裂縫較右邊裂縫大上許多。

2.1.2 主旋翼與主旋翼軸破壞情形與破壞模式

序號 S/N 1088 之主旋翼片，長度為 496cm，翼尖端約有 90cm 的區域在翼前緣（Leading Edge）上發現黃色與暗紅色的漆，整個翼面有向上彎曲的趨勢，翼尖部位受損最為嚴重，機翼金屬蒙皮被打碎，旋翼尾緣（Trailing Edge）之金屬蜂巢被切開，且蒙皮與蜂巢脫離，如圖 A1 所示。研判此區域是與較尖銳的物體發生碰撞，此物可能是尾旋翼，因尾旋翼位置較低 S/N1088 主旋翼片往前轉動，



碰撞時所產生的撞擊力對 S/N1088 主旋翼片而言是承受正向壓力與向上及向後的彎矩力。因此除了翼尖部位嚴重破壞外，正向壓力的因素在 256cm 的部位產生挫曲（Buckling）的現象，此點大約位於翼長度的中心點，是屬於第一個模態破壞，而向上與向後的彎矩力則導致整個翼面向上且向後彎曲。

序號 S/N 1119 之主旋翼片，彎折成四段。由翼根往翼尖量測其三個彎曲位置，分別為 130、275 及 355 公分。三個彎曲角度皆約為 45 度。翼根至 130cm 段翼面結構完整，130cm 至 275cm 段，翼面後掠 60 度且向下彎曲，翼前緣表面發現黃色及暗紅色漆，275cm 至 335cm 段，翼前緣上下發現黃色及暗紅色漆，355cm 至翼尖端，結構完整，翼面向上彎曲，翼前緣上表面發現黃色漆，其中暗紅色漆判定應為尾翼上的底漆，黃色漆為面漆，表示尾翼與 S/N1119 主旋翼面產生碰撞，造成主旋翼表面上遺留尾翼上的底漆及面漆。275 至 335cm 段及其前的區域與尾翼碰撞最多，所以此段有許多轉折點。碰撞時，主旋翼片在旋轉，因此翼面是由前緣往後緣彎曲約 60 度，而且尾翼所遺留的漆均在 S/N1119 主旋翼前緣上。

主旋翼軸呈縱向彎折。折彎點是位於主旋翼軸與主旋翼同心圓軸尾端接觸的地方，此處主旋翼軸磨損嚴重，且表面因壓擠而陷入。主旋翼軸因接觸所造成的磨損痕跡成環狀，其中有一明顯磨損痕與圓軸主要呈約 45 度關係，而且在此磨損痕跡的尾端與主旋翼軸的夾角更高達 60 度，參考圖 A 2。

從上面的主旋翼軸片與主旋翼軸的破壞特徵可推演出下列的破壞機構與順序：

首先發生是主旋翼軸的折彎與表面凹陷，主要是 S/N1119 主旋翼片受到外物擠壓產生正向壓力與向下的彎矩力，此外物可能是河中的泥土，導致 S/N1119 主旋翼片在 130cm 處往下折彎。

其次是 45 度磨損痕跡的產生，因主旋翼軸折彎後，整個 S/N1088 主旋翼往下斜約 45 度，因而 S/N1088 主旋翼的尾端與尾旋翼發生碰撞，使得 1088 主旋翼尾端嚴重破壞。

最後是 60 度夾角磨損痕跡的產生，此時 S/N1119 主旋翼與尾翼發生碰撞，造成 S/N1119 主旋翼多點彎折。

主旋翼軸片與主旋翼軸之破斷表面無發現強制破壞以外之表徵。

2. 1. 3 尾部結構、尾旋翼及配平安定片破壞情形與破壞模式

以機身機座與尾翼連接段位置作為量測基準點，在 187cm 處尾翼向下且向右扭曲，407cm 處完全斷裂，參考圖 1. 12. 4. 1-14。187cm 處除了扭曲外，約有 40cm 長的右上表面受到擠壓而往下陷，如圖 A3 所示。研判此表面主要是受到 S/N1119 主旋翼片的壓擠。在尾翼有許多 45 度裂縫，例如在 146cm 段尾翼底部之 45 度裂縫大小約 26cm，此破斷表面粗糙不平，為扭力（Torsion）強制破壞特徵。407cm 處的斷裂面為許多 45 度裂縫所組成，表示亦為扭力破壞。扭力的來源是由尾旋翼與 S/N1088 主旋翼片間的撞擊。

整個尾旋翼、配安定片及部份尾翼與尾翼因斷裂而完全脫離，此部份外參考圖 1. 12. 4. 1-15。整體而言，尾旋翼與傳動軸間的連接與傳動良好，尾旋翼可自由旋轉。其中一片尾旋翼外表良好，另一片外表有些許扭曲，此是與 S/N1088 主旋翼片尾端碰撞所造成。配平安定片外觀完整，控制纜繩可自由控制尾旋翼角度。

尾部結構、尾旋翼及配平安定片之破斷表面無發現強制破壞以外之表徵。

2. 1. 4 發動機基座減震橡膠之金屬外罩破壞情形與破壞模式

直昇機發動機基座具有左右減震橡膠之金屬外罩，右邊已完全斷裂成兩半，如圖 A 4，另一亦有一長裂縫，如圖 A5。

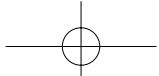
圖 A6 為圖 A7 中破斷面之巨觀照片，破斷面之表面非常粗糙，使用較大倍率之掃描式電子顯微鏡觀察，破斷面具有下列特徵：

強制性脆性破壞，如圖 A 8。

材料內部有縮孔與樹織狀的結構，如圖 A9 與圖 A10，兩者表示材料為鑄造組織。

由附件一的材料成份分析結果，判斷左右連接環為鋁合金鑄件 A356. 0。

2. 1. 5 綜合分析



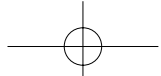
經檢視整架直昇機所有零件破壞情形，研判其破壞機構均為強制破壞，原因應為飛機落水後所造成之飛機機體毀損，主要結構的破壞順序分析如下：

1. 兩主旋翼面與河面接觸，主旋翼與主旋翼間呈傾斜的關係，造成主旋翼軸的環狀磨痕。
2. S/N1119 主旋翼片與河面泥土接觸，造成 S/N1119 主旋翼片在 135cm 處以後往下彎曲，與主旋翼軸的折彎。
3. 主旋翼繼續旋轉 180 度，尾旋翼與 S/N1088 主旋翼面碰撞，造成 S/N1088 主旋翼尾部的破壞與中心點的折彎，一片尾旋翼的扭曲，而且此撞擊對尾部結構而言是扭力，因此尾部結構呈現扭力破壞。
4. 主旋翼繼續再旋轉 180 度，最後 S/N1119 主旋翼片與尾部結構碰撞，造成 S/N1119 主旋翼片多點折彎與尾部結構的壓損。

2.2 生還因素

2.2.1 直昇機越水作業

1. 該機作業區域多為高屏溪兩岸之農業區，高屏溪飛越作業無法避免。
2. 高屏溪不僅為該機飛行時之主要地標，寬敞平坦的溪面同時也是該機慣用之航路。
3. 據訪談資料，該次空噴之農作物為香蕉，作業時之飛行高度十公尺以下，空速限制 60 哩以下，藥水及油料補給車在高屏溪對岸，該機當日曾有七次藥水補充往返，每次越水飛行高度為三百呎（約 90 公尺）。
4. 本會測量該機失事地點河面寬約九百公尺，上述作業若於飛越高屏溪時喪失動力，雖然在自轉落地安全高度內，但河面寬度仍超過其安全飄降距離，而墜落水中。
5. 該機為三級性能直昇機，空噴作業中無法避免越水飛行，且與陸岸超過安全迫降距離，但未依 1.18.3「直昇機飛航作業管理程序」配備水上救生裝備。



6. 該機落水後駕駛員成功脫離座艙，但因無救生配備，於游向岸邊時溺水死亡。

2.2.2 駕駛員死亡原因

高雄地檢署相驗報告指駕駛員係溺水以致窒息死亡。

2.3 通信情況

駕駛員於起飛前並未傳遞飛航計畫至高雄通訊追蹤席，起飛後復因飛行高度較低，無法以無線電與該席通聯，故高雄通訊追蹤席未能得知該機動態。

依「台北飛航情報區輕型航空器目視飛航管制規定」第八條「飛航管制單位通訊追蹤職責」第二項規定：

航空器駕駛員及飛航管制單位均應互相協助傳遞飛航資料，以供飛航管制單位做適切之處理，確保飛安。

該機作業期間與屏南機場塔台之無線電通訊正常，但並未要求該塔台協助傳遞其動態資料予高雄通訊追蹤席，故於失事發生後，高雄通訊追蹤席亦無法提供搜救協助。

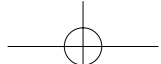
2.4 飛航管制程序

2.4.1 目視飛航規則

凌天航空公司為 B31007 之空噴作業所申請作業高度為 200 呎以下^{註三}，其作業高度之適用範圍應僅限於作業區內，而不應包括起降場與作業區之間往返時之空域，依「飛航規則」第三章「目視飛航規則」第三節第五十四條對目視飛航高度之規定：

目視飛航最低實際高度，除為起降需要或經主管機關准許外，規定如下：

註三：詳附件二



一、飛越城鎮、居住之密集地區或集會廣場上空時，其高度至少應在距航空器 2,000 呎半徑範圍之內最高障礙物上 1,000 呎。

二、飛航其他地方時，不得低於距地面或水面 500 呎。

故該機於起降場與作業區之間飛行高度應保持在 500 呎或以上。

但由證人及該機機械員證詞得知，駕駛員在空噴作業完畢，返回旗山臨時起降場途中，曾自橫跨河面之高壓電纜之下穿越（電纜距河面平均高度約 100 呎），通過屏南下滑道後飛行高度約 50 呎，不符目視飛航高度之規定。

依據「直昇機飛航作業管理程序」第三章「普通航空業」第九十二條：「機長應於飛航前熟悉與該預定飛航有關之所有可取得之氣象資訊。」。

B31007 當天共實施七次空噴作業，皆在屏南機場管制空域內，作業期間曾因雨落地等待，在雨勢減弱後恢復作業，於 0910 時之後，屏南機場天氣狀況低於管制空域內之目視飛航天氣最低標準，但該機並未從屏南機場取得相關天氣資料，故亦未申請特種目視飛航，未符目視飛航規則及輕型航空器目視飛航管制規定。

2.4.2 飛航計畫書

依「台北飛航情報區輕型航空器目視飛航管制規定」第九條第一、四、五項規定：

一、飛航計畫書應於起飛前三十分鐘傳遞至有關飛航管制單位。

四、起飛地點如無機場塔台之設立，航空器駕駛員應事先利用平面通信，將飛航計畫及其預備起飛時間，要求就近之機場塔台轉遞至有關飛航管制單位。

五、降落地點如無機場塔台之設立，航空器駕駛員應在目的地上空降落前，向就近機場塔台報告，並由塔台轉遞至有關飛航管制單位，或於降落後以平面通信儘速傳遞至有關飛航管制單位。

然而對於此次任務，駕駛員卻未以直接或轉遞方式將飛航計畫書告知高雄通

訊追蹤席，以致該機自起飛至事故發生，高雄通訊追蹤席皆未能掌握其動態。

2.5 飛航作業

B31007 並未裝設「座艙語音記錄器」及「飛航資料記錄器」，以下係依據專案小組蒐集之相關資料與證詞分析得到。

2.5.1 駕駛員對航路之熟悉程度

該機當日進行空中農藥噴灑任務，此一作業每 12 天為一週期。每個作業階段要做十個週期。本次作業已是該階段第八週期，駕駛員對該作業區之飛航方式及地面障礙等並不陌生。

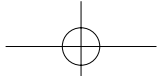
2.5.2 飛航作業及天候因素

空噴作業計畫經民航局核准按目視飛航規則作業，按管制空域內飛航高度低於 3000 呎之能見度標準應為 5 公里。該機因無儀器飛行裝備，遇天氣不佳時不飛行。事故當日早上，飛航組員曾電話詢問旗山作業人員，得知天氣不好，可能下雨。

空噴作業完成後，該機由作業區起飛，沿高屏溪北上返旗山時，並未按規定爬升至目視飛航之最低之 500 呎高度，其間並曾由高壓電線下穿越。於通過屏南機場下滑道後，即貼近水面飛行，高度約 50 呎。此時正在下雨，座艙視線不佳，而攔砂壩附近河面寬闊。在不良的天候環境中，採低空飛行，不易識別周遭之地標，而貼近水面飛行，更增加觸及水面之風險。

2.5.3 駕駛員操作

直昇機之集體桿位置不變時，其主旋翼引擎之力矩輸出亦固定，直昇機高



度也不致變化。根據同乘人員的證詞，本機係於駕駛員傾身向前，以右手調撥無線電通信頻率後，收手時即撞及水面。

按駕駛員的操作習慣，當手離開迴旋桿時，會利用雙膝夾住迴旋桿，以保持高度及姿態。若於貼近水面飛行（該機實際高度可能低於證詞所稱之50呎），且當時高度須賴駕駛員之右手施力微調始得以保持。當鬆手按儀表板上按鈕時，迴旋桿頓失保持高度所需力量，由於該機貼在水面飛行，遂撞及水面而失事。

2.5.4 飛航簽派

該機之空噴作業在屏南機場航線區域內，駕駛員於起飛前應先向屏南機場取得天氣資料，作為是否簽放之依據。

2.5.5 組員資源管理

該機由作業區返航，自起飛至失事，駕駛員與機械員均未交談。因航機構造簡單，飛行中座艙中噪音甚大，駕駛員戴有耳機，而同乘人員則未戴。兩人須用力喊叫才能對話，因此，機務人員同乘時較少說話。地面機械員雖主要負責在外場之簡單維修及隨機簽放，然於同乘時除應協助檢查飛機機械狀況，亦應隨時注意查看外界，並帶上耳機，保持與駕駛員可隨時通話狀態，以適時提醒駕駛員任何可能危及飛行安全之狀況。

2.6 法規政策

民航法規

依據1.18.3「直昇機飛航作業管理程序」之規定，三級性能直昇機執行越水飛航時有兩類救生及求生裝備可供選擇，條件是以其是否逾越民航局規定之越水距離，來決定其一裝設。民航局表示基於安全理由對此項越水距離不予放寬，因

此「直昇機飛航作業管理程序」第三十五條第三款並無實質效果，故三級性能直昇機只要執行超過自動旋轉或與陸岸超過安全迫降距離之越水飛航即需比照裝設一、二級性能直昇機之救生及求生裝備。民航局亦表示如航空公司有需要時可經由討論及裝置相關之安全設備時，亦可酌情規定其離陸岸之作業距離，考慮雖然周全但畢竟無法源依據，監理執行者各有標準，與業者易生爭議。

公司政策

本案駕駛員係於任務完成返航時墜機溺水身亡，依據 2.4.1「目視飛航規則」該機之飛行高度應為 500 呎，但駕駛員未能遵照規定以致肇事，應是駕駛員個人未能遵守業者規定事件。但是業者安排作業之方式，也未能符合越水飛航之規定，雖法規有此要求，但實務安排卻未能避免或妥善規劃，以致不符直昇機越水作業規定，亦使駕駛員失去越水飛航之戒心。

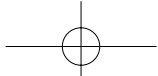
2.7 血液酒精化驗

台南尚捷醫學檢驗中心提供資料如下：

【參考值】：

血中酒精濃度 mg/dl	偶爾飲酒者	長期酗酒者
<10mg/dl	完全沒有攝取（接觸、吸入）含酒精之物質。	
50~100	臉紅但通常不影響思想行為	可能無症狀
100~150 ^{註四}	視力減弱、中樞神經反應遲鈍	輕微醉酒徵兆
200~250	喪失警覺心、嗜睡	自我控制能力逐漸喪失
300~350	昏睡甚至昏迷	頭腦不清，動作遲滯
>500	可能死亡	昏迷

註四：>100mg/dl 為酒醉駕車取締標準

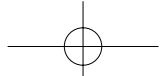


該員獲救後即被送至高雄鴻慶醫院救護，觀察期間曾經點滴靜脈注射治療，抽血檢驗為點滴靜脈注射之後，血液檢體之成分於化驗時與失事當時應有變化，且失事時間與檢驗時間相差約 32 小時，檢體中未添加 1% 氟化鈉抗凝劑（NaF），無法使血中酒精濃度維持較長時間而不變，這些因素都會影響檢驗結果。

第三章 結 論

3.1 調查結果

1. 飛航組員依現行民航法規及公司規定均有合格證照。
2. 航機已完成全部適航指令並獲有適航證書。
3. 航機維修無異常，載重與平衡均在允許限制範圍內。
4. B31007 於完成空噴作業返航時，屏南機場航線區域之能見度為 3,200 公尺，低於目視飛航規則之能見度標準 - 5 公里。
5. 該機返航時，沿高屏溪北上，貼近水面飛行，不符目視飛航規則第五十四條 - 目視飛航最低實際高度「不得低於距地面或水面 500 呎」之規定。
6. 普通航空業空噴作業飛航，自作業區返回基地之飛航簽放，因外場未設置簽派員，而由駕駛員根據該公司駐鳳山作業區之地勤人員所報天氣狀況決定是否飛航。事故當時下小雨，返途之飛航能見度低於目視天氣標準並且逐漸轉壞，駕駛員並未先經查詢，即在無足夠天氣資訊之情況下決定飛航。
7. 事故當時之雲幕高及飛航能見度雖符合特種目視飛航標準，即目視飛航規則第五十六條之規定：雲幕高不低於 500 呎，飛航能見度不低於 1.5 公里，然駕駛員並未有效掌握天氣情況，並依規定向航管單位申請特種目視飛航，顯然違反「直昇機飛航作業管理程序」第九十二條：「機長應於飛航前熟悉與該預定飛航有關之所有可取得之氣象資訊。」之規定。
8. 當日該機之作業係依據交通部民用航空局核准函（有效期自民國 88 年 10 月 15 日起至民國 89 年 01 月 15 日止）實施，並未填報飛航計畫書，與「直昇機飛航作業管理程序」第九十一條：「七、操作飛航計畫已完成。」始得飛航之規定不合。
9. 地面機械員雖屬同乘人員，為極重要之座艙資源，亦應有狀況警覺。在能見度差的飛航環境之下，駕駛員未作任務提示，充分利用該項資源，以提



供飛航中接近地障之預警，致造成可操控狀態下落水。

10. 航機損壞結構皆係外力過載破壞，應係動力未失效狀況落水。
11. 訓練手冊中之年度定期複訓，未列入「組員資源管理」課程，座艙資源未能有效運用。
12. 機械員失事後之血液酒精測試結果超過標準，但經訪談蒐證該員無飲酒嗜好，於事發前未飲用含酒精成分之飲料，血液檢體之成分不同於失事當時，化驗結果可信度不足。56mg/dl 之血液酒精含量通常不影響思想行為。
13. 「直昇機飛航作業管理程序」第三十五條第三款之適用性易生爭議。

3.2 失事可能肇因

能見度差而飛航，未保持安全飛航高度，無接近地障（水面）之危險狀況警覺，因飛航高度過低，以致觸及水面不及改正而失事。

3.3 間接造成本事故之因素

1. 飛航前之簽派作業規範不足，未依規定填報飛航計畫書。
2. 未按目視飛航規則之飛航能見度標準及最低實際飛航高度等限制飛航。
3. 訓練手冊內容未包括目視飛航有關之安全課程，致使人員缺乏充分之飛航安全警覺。

第四章 飛安改善建議

4.1 飛安改善建議

致凌天航空公司

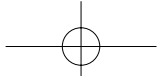
1. 陸上作業有越水飛航需要時，應配置越水飛航裝備，以確保機上人員安全。(ASC-ASR-00-10-001)
2. 加強訓練手冊有關目視飛航之各種安全課程，以提昇人員對飛航安全之狀況警覺。(ASC-ASR-00-10-002)
3. 將「組員資源管理」列入定期複訓課程。(ASC-ASR-00-10-003)
4. 執行並落實飛航組員之訓練及考核。(ASC-ASR-00-10-004)

致交通部民用航空局

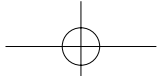
1. 要求普通航空業者確按「直昇機飛航作業管理程序」第九十一條規定實施飛航作業，並對本程序第三十五條之適用性進行評估^{註五}。(ASC-ASR-00-10-005)
2. 加強查核業者是否確實遵守目視飛航規則中，有關目視天氣標準與最低飛航高度等規定。(ASC-ASR-00-10-006)
3. 加強查核業者之「組員資源管理」計畫內容是否符合實際需要，是否切實執行。要求業者確實將「組員資源管理」列為「定期複訓」之課程，並列入訓練手冊。(ASC-ASR-00-10-007)

註五：1. 該「直昇機飛航作業管理程序」於89年10月經交通部核定更名為「飛航作業管理規則」。

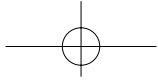
2. 該「航空器飛航作業規則」第225條已修正三級直昇機攜帶救生衣之規定。



此頁空白



附件一 材料試驗報告



材料試驗報告(Materials Test Report)

中山科學研究院
第一(航空)研究所
航空材料組

Chung Shan Institute of Science and Technology
Aeronautical Research Laboratory
Aero Materials Department

工令編號 (Charge No.)

10196

報告編號 (Report No.)

專案名稱 (Project)		申請者/單位 (Applicant/Department)	
航空材料失效分析技術建置計畫		航空器飛航安全委員會	
物件名稱 (Part Name)		件 號 (Part No.)	料 號 (Stock No.)
凌天航空 B31007 直昇機			
材 料 (Material)	規 範 (Specification)	批 號 (Lot No.)	爐 號 (Heat No.)
試驗方法 (Test Method)			

試驗結果 (Results)

一、前言

凌天航空公司 B31007 號直昇機執行農藥噴灑任務時發生失事，落入高屏溪，整架機體毀損，航空器飛航安全委員會委託中科院航空研究所檢視所有零件之破壞情形，並藉此研判其破壞機構及破損過程。

二、試驗方法

1. 巨觀觀察-絕大部份零件破壞外觀觀察方式
2. 掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察-發動機基座減震橡膠之金屬外罩破斷面微觀觀察
3. 火花放射光譜分析儀(SPARK)成份分析

三、外觀觀察

檢視整架航機，各部位損害情形如下，其中圖 1~圖 31 請參照飛安委員會報告

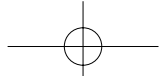
1. 機身主結構及發動機結構尚稱完整，參考圖 1。
2. 座艙擋風玻璃破裂，框架結構變形，參考圖 2。
3. 駕駛艙內部左邊椅墊遺失，座艙結構完整，參考圖 3。
4. 駕駛艙儀表面板及兩套控制桿外型完整，參考圖 4。

試驗者 (Tested by) / 日期 (Date) 林聖朝 02 / 24 / 2000 (MM) (DD) (YY;西元)	審閱者 (Reviewed by) / 日期 (Date) 林聖朝 2 / 24 / 2000 (MM) (DD) (YY;西元)	核准者 (Approved by) / 日期 (Date) 組航 02 / 24 / 2000 (MM) (DD) (YY;西元)
---	--	--

台中分所 90008-11-12 號信箱
(P.O. Box 90008-11-12, Taichung, Taiwan, R.O.C.)

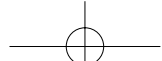
Tel: 011-886-4-252-3051 Ext.503724
Fax: 011-886-4-374-6535

FORM 140-069
PAGE 1



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

5. 駕駛艙外部右邊蒙皮輕微刮痕，接近地板的蒙皮有一 3 公分裂痕，參考圖 5。
6. 駕駛艙外部正下方之 VHF 天線、農藥藥水 pump 與軟管外型完整，參考圖 6。
7. 駕駛艙外部左邊蒙皮有一約 40 公分× 40 公分凹陷。接近地板交接處有一橫向 4 公分裂縫，參考圖 7 與圖 8。右前方滑撬有一小處凹陷，滑撬與農藥噴灑鋁管連桿彎折破裂，參考圖 9。
8. 左邊滑撬結構完整，滑撬與農藥噴灑連管固定桿彎折斷裂，參考圖 10。
9. 序號 S/N 1088 主旋翼片，長度為 496 公分，翼尖部分破裂，由翼根往翼方向於 256 公分段向上且向後彎曲；於 256 公分至 496 公分段為向上向後彎曲(翼尖呈 5 度上傾)。翼尖端約有 90 公分的區域在翼前緣(LE)上表面發現黃色與暗紅色漆，參考圖 11
10. 序號 S/N1119 主旋翼片，彎折成四段。由翼根往翼尖量測其三個彎曲位置分別為 130 公分、275 公分及 355 公分。三個彎曲處之彎曲角度約 45 度。翼根至 130 公分段翼面結構完整，130 公分至 275 公分段，翼面後掠 60 度且向下彎曲，翼前緣上下表面發現黃色與暗紅色漆，275 公分至 355 公分段，翼面呈水平方向，翼前緣上下表面發現黃色與暗紅色漆，355 公分至翼尖端，結構完整、翼面向上彎曲，翼前緣上表面發現黃色漆，參考圖 12。
11. Pitch Rod 拉桿斷裂，Yoke 控制拉桿彎曲，參考圖 13。
12. Exhaust Section 有 13 公分× 17 公分凹痕，參考圖 14。
13. 右下方之接線箱外殼破裂，參考圖 15。
14. 發動機減震基座右方減震橡膠之金屬外罩斷裂脫落，如圖 16。
15. 主旋翼軸呈縱向彎曲，參考圖 17
16. 尾旋翼傳動軸曲折，齒輪箱破裂齒輪脫離，參考圖 18。
17. 三個汽缸頭外觀完整，參考圖 19。
18. 右邊座位後方接線盒受撞擊凹陷 2 公分，距離最近結構 15 公分，參考圖 20。
19. Pitch 控制連桿斷裂，下方的 Pitch Rod 彎曲，參考圖 21。
20. 發動機減震基座左方減震橡膠之金屬外罩破裂且未脫落，參考圖 22。



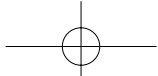
材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

21. 滑油冷卻歧管外殼破裂，兩個引擎避震組套件其中一個遺失，(左側)參考圖 23，另一個則脫離固定支架，參考圖 24。
22. 左舷三個汽缸頭外觀完整，參考圖 25。
23. Oil tank 基座斷裂，參考圖 26。
24. 進氣道與濾網結構完整，有垂直裂痕，參考圖 27。
25. 7 片引擎 Cooling fan 之 fan blade 往前彎曲及斷裂，參考圖 28。
26. 農藥裝置容器左方結構完好，洩放閥已開內無藥水或雜物，外型完整結構完好，內無藥水或雜物，參考圖 29。
27. 農藥噴灑連管左右兩邊稍微彎曲，左方支撐連管支架幾乎呈 90 度彎曲，右方僅是微彎，參考圖 30。
28. 尾部呈 $\angle$ 形彎曲，沿縱軸向其尾翼向右且向下扭曲。以機身機座與尾翼連接段位置量測基準點，尾翼向右彎曲位置在 187 公分段。整個殘骸尾部結構至尾旋翼斷裂處總長度為 407 公分，在 146 公分段發現尾翼底部有一 45 度向上裂紋，大小為 26 公分，參考圖 31。
29. 整個尾旋翼及配平安定月部分與尾部分離，該部分於 89 年 1 月 8 日與主殘大概相同位置尋獲，此部份可與斷裂的尾部合成一較完整的尾部。整體外觀尾旋翼與傳動軸間連接與傳動良好，尾旋翼可自由轉動。尾旋翼其中一片外表良好，另一片外表有些微扭曲。配平安定月外觀完整，控制纜繩可自由控制尾旋翼角度。整體外觀參考圖 32。

四、結果與討論

I 駕駛艙下機身蒙皮損壞情形與破壞模式

1. 駕駛艙下機身蒙皮接近右邊邊緣的位置有一 3cm 長裂縫，參考圖 5，此裂縫行徑崎曲不平，表示裂縫快速伸展，是受到衝擊後的強制破壞的特徵。
2. 駕駛艙下機身蒙皮接近左邊邊緣的位置有一裂縫長約 4cm，在裂縫尖端表面漆已裂開約 35 公分，但內部金屬板尚完好，參考圖 7，此裂縫除了主裂縫以外，旁邊亦有許多細微裂縫，表示是受到衝擊後強制破壞，而且此裂縫受到的衝擊能量較右邊裂縫大上許多，因此同時產生許多裂縫。
3. 靠近駕駛艙下機身蒙皮有一約 40cmx 40cm 的凹陷，參考圖 6，研判此區域



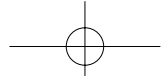
材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

是受到側向力撞擊，此側向力除了導致此區域凹陷外，對蒙皮所產生的彎矩力。亦造成靠近地板的蒙皮左右兩邊的裂縫。

4. 造成駕駛艙下機身蒙皮凹陷之側向撞擊力較靠近左邊，因此產生彎矩力的撞擊能量，左邊裂縫較右邊裂縫大上許多。

II 主旋翼片與主旋翼軸破壞情形與破壞模式

1. 序號 S/N 1088 之主旋翼片，長度為 496cm，翼尖段約有 90cm 的區域在翼前緣(Leading edge)上發現黃色與暗紅色的漆，整個翼面有向上彎曲的趨勢，翼尖部位受損最為嚴重，機翼金屬蒙皮被打碎，旋翼尾緣(trailing edge)之金屬蜂巢被切開，且蒙皮與蜂巢脫離，如圖 A1 所示。研判此區域是與較尖銳的物體發生碰撞，此物可能是尾旋翼，因尾旋翼位置較低且 1088 主旋翼片往前轉動，碰撞時所產生的撞擊力對 1088 主旋翼片而言是承受正向壓力與向上及向後的彎矩力。因此除了翼尖部位嚴重破壞外，正向壓力的因素在 256cm 的部位產生挫曲(Buckling)的現象，此點大約位於翼長度的中心點，是屬於第一個模態破壞，而向上與向後的彎矩力則導致整個翼面向上且向後彎曲。
2. 序號 S/N 1119 之主旋翼片，彎折成四段。由翼根往翼尖量測其三個彎曲位置，分別為 130、275 及 355 公分。三個彎曲角度皆約為 45 度。翼根至 130cm 段翼面結構完整，130cm 至 275cm 段，翼面後掠 60 度且向下彎曲，翼前緣表面發現黃色及暗紅色漆，275cm 至 335cm 段，翼前緣上下發現黃色及暗紅色漆，355cm 至翼尖段，結構完整，翼面向上彎曲，翼前緣上表面發現黃色漆，其中暗紅色漆判定應為尾翼上的底漆，黃色漆為面漆，表示尾翼與 1119 主旋翼面產生碰撞，造成主旋翼表面上遺留尾翼上的底漆及面漆。275 至 335cm 段及其前後的區域與尾翼的碰撞最多，所以此段有許多轉折點。碰撞時，主旋翼片在旋轉，因此翼面是由前緣往後緣彎曲約 60 度，而且尾翼所遺留的漆均在 1119 主旋翼前緣上。
3. 主旋翼軸呈縱向彎折。折彎點是位於主旋翼軸與主旋翼同心圓軸尾端接觸的地方，此處主旋翼軸磨損嚴重，且表面因壓擠而陷入。主旋翼軸因接觸所造成的磨損痕跡成環狀，其中有一明顯磨損痕跡與圓軸主要呈約 45 度關



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

係，而且在此磨損痕跡的尾端與主旋翼軸的夾角更高達 60 度，參考圖 A2。

4. 從上面的主旋翼軸片與主旋翼軸的破壞特徵可推演出下列的破壞機構與順序：

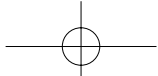
- (1) 首先發生是主旋翼軸的折彎與表面凹陷，主要是 1119 主旋翼片受到外物擠壓產生正向壓力與向下的彎矩力，此外物可能是河中的泥土，導致 1119 主旋翼片在 130cm 處往下折彎。
- (2) 其次是 45 度磨損痕跡的產生，因主旋翼軸折彎後，整個 1088 主旋翼往下斜約 45 度，因而 1088 主旋翼的尾端與尾旋翼發生碰撞，使得 1088 主旋翼尾端嚴重破壞。
- (3) 最後是 60 度夾角磨損痕跡的產生，此時 1119 主旋翼與尾翼發生碰撞，造成 1119 主旋翼多點彎折。
- (4) 主旋翼軸片與主旋翼軸之破斷表面無發現強制破壞以外之表徵。

III 尾部結構、尾旋翼及配平安定片破壞情形與破壞模式：

1. 以機身機座與尾翼連接段位置作為量測基準點，在 187cm 處尾翼向下且向右扭曲，407cm 處完全斷裂，參考圖 12。187cm 處除了扭曲外，約有 40cm 長的右上表面受到擠壓而往下陷，如圖 A3 所示。研判此表面主要是受到 SN1119 主旋翼片的壓擠。在尾翼有許多 45 度裂縫，例如在 146cm 段尾翼底部之 45 度裂縫大小約 26cm，此破斷表面粗糙不平，為扭力(Torsion)強制破壞特徵。407cm 處的斷裂面為許多 45 度裂縫所組成，表示亦為扭力破壞。扭力的來源是由尾旋翼與 1088 主旋翼片間的撞擊。
2. 整個尾旋翼、配安定片及部份尾翼與尾翼因斷裂而完全脫離，此部份外觀參考圖 32。整體而言，尾旋翼與傳動軸間的連接與傳動良好，尾旋翼可自由旋轉。其中一片尾旋翼外表良好，另一片外表有些許扭曲，此是與 1088 主旋翼片尾端碰撞所造成。配平安定片外觀完整，控制纜繩可自由控制尾旋翼角度。
3. 尾部結構、尾旋翼及配平安定片之破斷表面無發現強制破壞以外之表徵。

IV 發動機基座減震橡膠之金屬外罩破壞情形與破壞模式：

1. 直昇機發動機基座具有左右減震橡膠之金屬外罩，右邊已完全斷裂成兩



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

半，如圖 A4，另一亦有一長裂縫，如圖 A5。

2. 圖 A6 為圖 A7 中破斷面之巨觀照片，破斷面之表面非常粗糙，使用較大倍率之掃描式電子顯微鏡觀察，破斷面具有下列特徵：

(1) 強制性脆性破壞，如圖 A8。

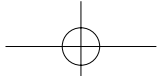
(2) 材料內部有縮孔與樹織狀的結構，如圖 A9 與圖 A10，兩者表示材料為鑄造組織。

3. 由附件一的材料成份分析結果，判斷左右連接環為鋁合金鑄件 A356.0。

五、結論

經檢視整架直昇機所有零件的破壞情形，研判所有的破壞機構均為強制破壞，其破壞原因應當是飛機落河後所產生的飛機機體毀損，飛機主要結構的破壞順序經分析如下：

1. 兩主旋翼面與河面接觸，主旋翼與主旋翼軸間呈傾斜的關係，造成主旋翼軸的環狀磨痕。
2. 1119 主旋翼片與河面泥土接觸造成 1119 主旋翼片在 135cm 處以後往下彎曲，與主旋翼軸的折彎。
3. 主旋翼繼續旋轉 180 度，尾旋翼與 1088 主旋翼面碰撞，造成 1088 主旋翼面尾部的破壞與中心點的折彎，一片尾旋翼的扭曲，而且此撞擊對尾部結構而言是扭力，因此尾部結構呈現扭力破壞。
4. 主旋翼繼續再旋轉 180 度，最後 1119 主旋翼片與尾部結構碰撞，造成 1119 主旋翼片多點折彎與尾部結構的壓損。



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁



圖 A1、序號 S/N 1088 之主旋翼片之翼尖部位受損情形，機翼金屬蒙皮被打碎，旋翼尾緣(trailing edge)之金屬蜂巢被切開，且蒙皮與蜂巢脫離

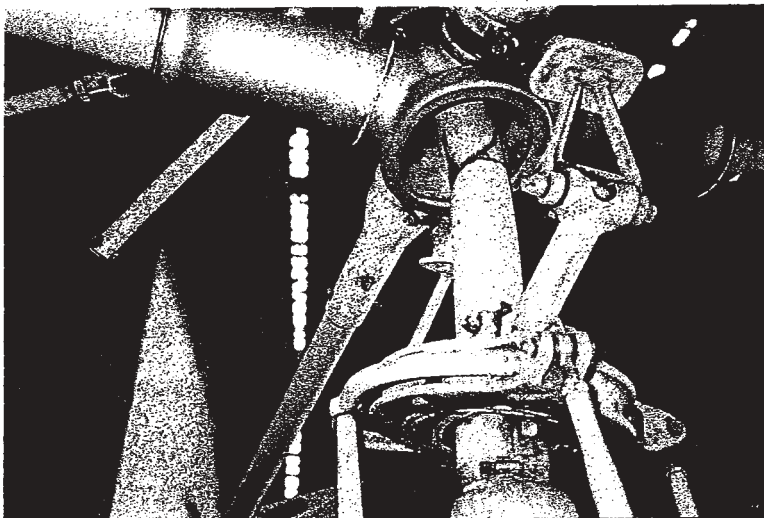
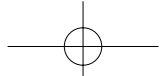


圖 A2、主旋翼軸之受損情形，最明顯的是 0 度環狀磨痕，另外有一明顯磨損痕跡與圓軸主要呈約 45 度關係，而且在此磨損痕跡的尾端與主旋翼軸的夾角更高達 60 度



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

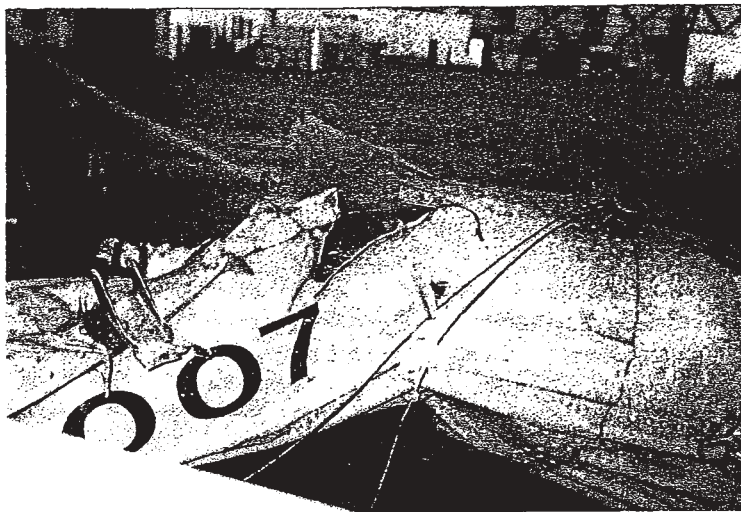
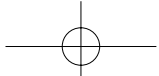


圖 A3、187cm 處除了扭曲外，約有 40cm 長的右上表面受到擠壓而往下陷



圖 A4、直昇機發動機機座右邊減震橡膠之金屬外罩，顯示零件已斷裂成兩半



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁



圖 A5、直昇機發動機機座左邊減震橡膠之金屬外罩，顯示零件有一長裂縫

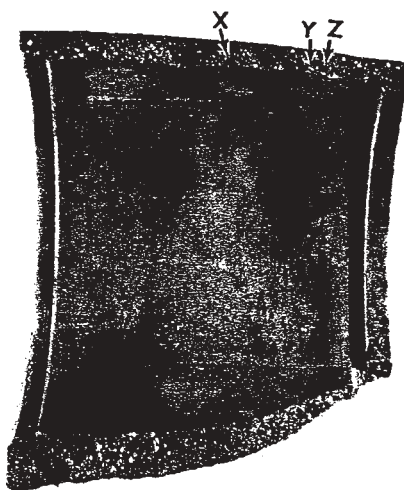
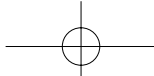


圖 A6、圖 A4 中破斷面之巨觀照片，顯示表面粗糙不平



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

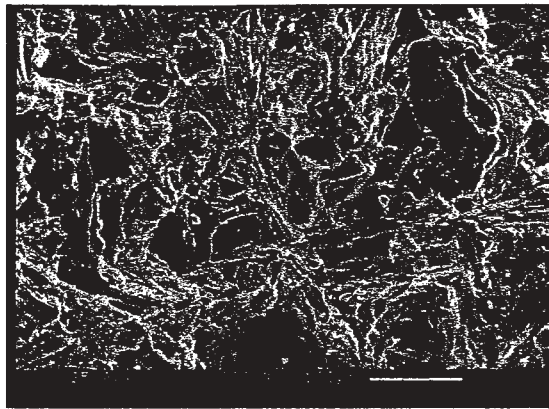


圖 A7、圖 A6 中 X 點處
SEM 放大相片，顯
示破斷面為穿晶強
制破壞
160×

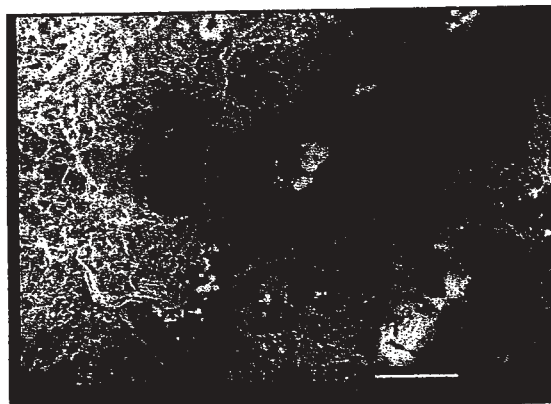
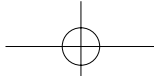


圖 A8、圖 A6 中 Y 點處
SEM 放大相片，顯
示材料內部有縮孔
組織 (shrinkage
hole)
35×



材料試驗報告(Materials Test Report) 續頁

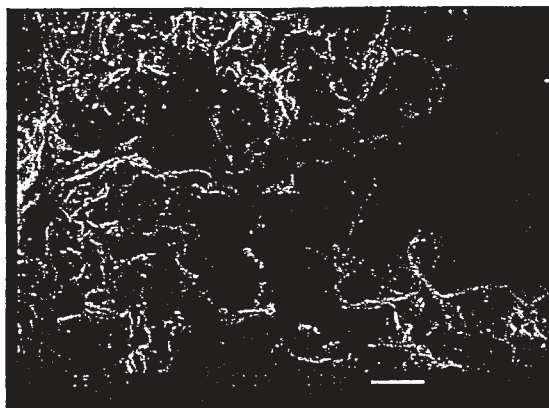
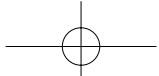


圖 A9、圖 A6 中 Z 點處
SEM 放大相片，顯
示材料內部為樹枝
狀的結構(dentrite)
90×



材料試驗分析報告 MATERIALS ANALYSIS REPORT

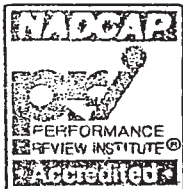
中山科學研究院 第一(航空)研究所 航空材料組
(AMD · ARL · CSIST)

試樣名稱：凌天公司直昇機	報告編號：10196
專案名稱：技服(24)	申請單位：金屬材料小組
規範依據：N/A	報告日期：01/28/00
測試方法：SIP-285	小組編號：89GA0025

送試單位：飛安委員會

Si : 6.88%	Fe : 0.15%	Cu : 0.0046%
Mn : 0.0062%	Mg : 0.34%	Zn : 0.014%
Ti : 0.060%	Al : Rem.	

H078



MATERIAL TESTING
LABORATORY

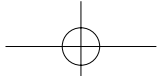
★ 本報告僅對儀器負責。
★ 完整報告始算有效。

試驗者：
(TESTED BY)
第 1 頁, 共 1 頁

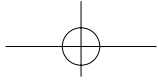
審核者：
(CHECKED BY)

核定者：
(APPROVED BY)

140-057



附件二 普通航空業飛航作業申請書

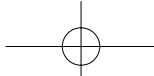


普通航空業飛航作業申請書						
申請事由	本公司承攬台灣省青果運銷合作社空中噴機防治香蕉葉部病防治作業乙案。					
作業計畫書	主要機場	旗山臨時起降場	備用機場	高雄小港機場		
	作業區域	高雄縣、屏東縣等地區。				
	預計作業時間	每日 3~4 小時	起訖日期	88.10.15~89.1.15		
	機 型	UH-12E	國籍編號	B-31001 B-31007	架數	2
飛航計畫書	一、航線設計：1.由台中水湳起 C3、C5、C7 航高 1500 呎飛渡至旗山臨時起降場。 2.作業時以航高 500 呎以下作業。 二、飛航高度：500 呎以下 三、航程距離：50 海里 四、人員上、下機處：旗山臨時起降場上下機。 五、飛航空速：60 海里					
填表須知	一、本表填報一式十五份。 二、航行區域應附有比例尺之簡圖，包括：實際距離直昇機作業停機場地飛行航線附近障礙物之大小、高度、住宅及商業區，最近緊急降落場救護設備以及其他有關資料。					

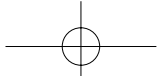
申請日期：
申請人簽章：



九月三十日



此頁空白



國家圖書館出版品預行編目資料

航空器失事調查報告：中華民國 88 年 11 月 29 日凌天航空公司
UH-12E 直昇機，國籍登記號碼 B-31007 於高雄縣旗山鎮高屏溪攔
沙壩集水區執行空中農藥噴灑任務落水 / 行政院飛航安全委員會編
著。 -- 臺北市：飛安委員會，民 91
面；公分

ISBN 957-01-1290-5 (平裝)

1. 航空事故 - 調查 2. 飛行安全

557.909

91010044

航空器失事調查報告

中華民國 88 年 11 月 29 日凌天航空公司 UH-12E 直昇機，國籍登記號碼 B-31007 於高雄縣旗山鎮高屏溪攔沙壩集水區執行空中農藥噴灑任務落水

編著者：行政院飛航安全委員會
出版機關：行政院飛航安全委員會
電話：(02)25475200
地址：台北市松山區 105 復興北路 99 號 16 樓
網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 91 年 6 月新版
經銷處：三民書局：台北市重慶南路一段 62 號
五南文化廣場：台中市中山路 2 號
新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號
青年書局：高雄市青年一路 141 號
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號

GPN：1009100937

ISBN：957-01-1290-5 (平裝)

定價：新台幣 350 元

ASC-AAR-00-10-001
GPN : 1009100937



行政院飛航安全委員會

台北市松山區105復興北路99號16樓

電話：02-2547-5200

傳真：02-2547-4975

網址：<http://www.asc.gov.tw>

ISBN 957-01-1290-5

