

飛航安全調查委員會

AJ2666 超輕型載具飛航事故調查報告

調查報告編號：ASC-AOR-17-08-001

發布日期：中華民國 106 年 8 月 18 日

事故發生日期與時間：中華民國 105 年 11 月 17 日 / 1238 時¹

事故地點：皆豪活動場地 26 跑道末端左側

活動場地與活動空域：皆豪活動場地 / 南華賽嘉活動空域

載具：

 型號：Remos 公司生產製造之 GX 型機

 管制號碼：AJ2666

 序號：364

 檢驗合格證號/有效日期：CAA-104-011/民國 106 年 10 月 16 日

 發動機數量及型別：1 具奧地利 ROTAX 公司製造之往復式 4 行程發動機，型號 912ULS

 發動機序號/出廠年：6775351/民國 99 年 3 月 15 日

 毀損情況：載具遭受實質損害

人員：

 機載人數：2 人

 傷亡情況：1 人輕傷，1 人重傷

 操作人與操作證：教練/操作證號碼 Y001XX
 學員/操作證號碼 Y002XX

天氣：

概述

民國 105 年 11 月 17 日 0800 時地面天氣分析圖如圖 1.1-1 所示，高壓 1028 百帕 (hPa) 位於韓國向東移動，台灣地區受大陸變性高壓影響，盛行東北至東風，風速約 5 至 15 哩/時，各地大多為晴到多雲的天氣，僅迎風面東半部地區有零星短暫降雨。

¹ 本報告所列時間均為台北時間(UTC+8)。

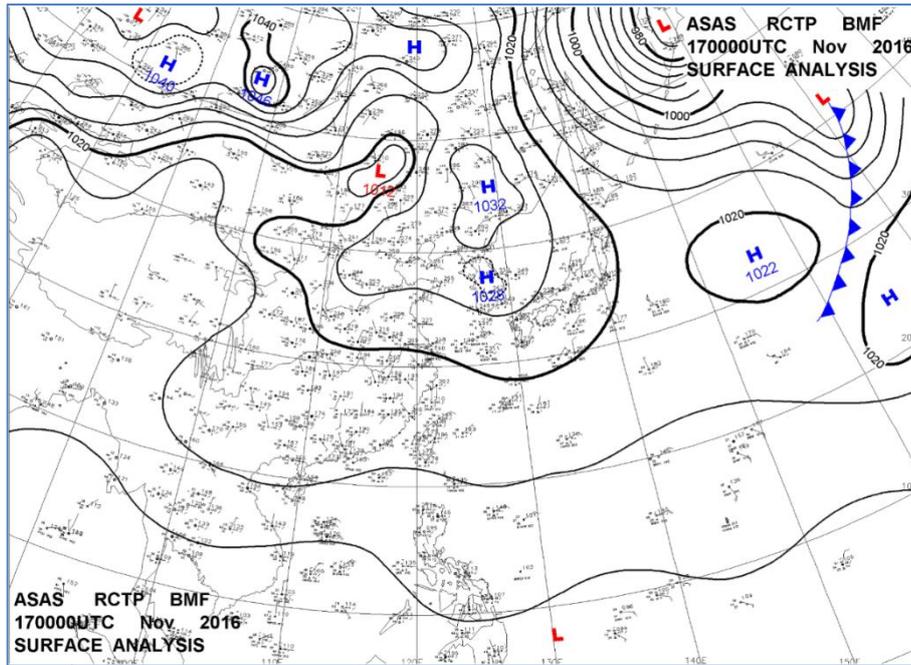


圖 1.1-1 0800 時地面天氣分析圖

事故地點之天氣狀況

事故地點位於口社溪北面，四周為平坦農地，無明顯地障。附近之屏東機場氣象觀測站與中央氣象局自動氣象站如圖 1.1-2 所示，屏東機場 1246 時之地面天氣觀測紀錄如下：

- 風向 030 度，風速 2 哩/時；能見度 5,000 公尺有霾；稀雲 1,200 呎，裂雲 2,500 呎；溫度 30°C，露點 20°C；高度表撥定值 1015 百帕。

中央氣象局自動氣象站 1300 時之天氣紀錄如下：

- 三地門站（位於事故地點南南東方 2.87 哩、高度 105 公尺）：風向 193 度，風速 2.3 哩/時；溫度 30.6°C。
- 鹽埔新圍站（位於事故地點西南西方 5.02 哩、高度 45 公尺）：風向 010 度，風速 3.3 哩/時；溫度 30.1°C。
- 尾寮山站（位於事故地點東北方 5.86 哩、高度 1,006 公尺）：風向 176 度，風速 1.9 哩/時；溫度 23.8°C。

由以上地面觀測資料，事故地點附近之風速小，氣溫約 30°C。



圖 1.1-2 事故地點附近之中央氣象局自動氣象站

空軍屏東機場於 0800 時之探空資料如圖 1.1-3，顯示事故地區近地層大氣 152 公尺（約 500 呎）高度以下有逆溫層存在，所以對流潛勢相對較小。

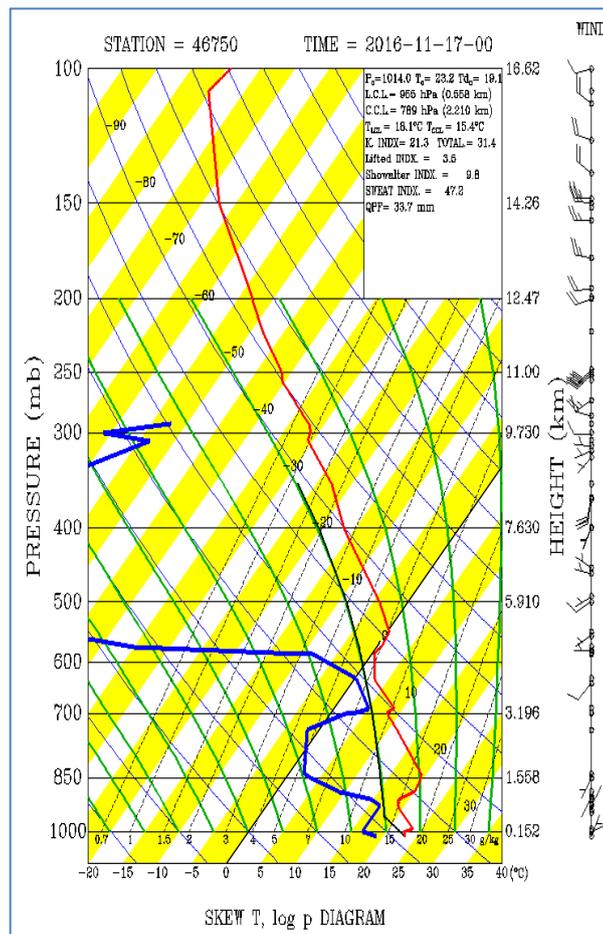


圖 1.1-3 屏東探空站 0800 時之斜溫圖

民國 105 年 11 月 17 日 1400 時事故地點之高空風及溫度預測如表 1.1-1 所示，8,000 呎以下風速小於 5 浬/時，溫度梯度不大。

Height FL	Wdirn degT	Wspd kts	Temp C	Dewp C	Rh %
100	210	8	8	4	72
90	190	7	11	4	62
80	160	5	13	3	52
70	140	3	15	2	44
60	130	3	16	5	46
50	160	3	17	12	70
40	200	2	18	16	90
30	270	2	21	18	84
20	310	2	24	19	74
10	320	3	27	19	64

表 1.1-1 1400 時事故地點之高空風及溫度預測

目擊者描述之事故地點天氣狀況

事故當時之能見度約為 3 公里，目擊者依位於跑道旁之風向袋研判，當時 26 跑道上約吹 3 浬/時之右側風。

事故後約於 1250 時至 1300 時期間，地面人員曾拍攝到 26 跑道頭東側有一塵捲風(dust devil)產生，如圖 1.1-5 所示，惟未有人於事故當時目視該區域有塵捲風產生。



圖 1.1-4 事故後地面人員攝得 26 跑道頭東側之塵捲風及研判位置

事故說明：

1. 事故經過

民國 105 年 11 月 17 日，社團法人中華民國凱翔航空運動促進協會（以下簡稱凱翔）所屬一架 Remos GX 型超輕型載具，管制號碼 AJ2666，於 1228 時自屏東縣高樹鄉皆豪超輕型載具活動場地（以下簡稱活動場地）26 跑道起飛，執行當日第 2 批次本場航線訓練，機上載有教練及學員各 1 人，由學員坐於駕駛艙左座主飛，教練坐於駕駛艙右座監督指導。

該載具完成該批第 1 趟本場航線起降訓練，1238 時於 26 跑道進行第 2 次連續起降（touch-and-go）。該載具觸地重飛離地後於爬升過程中，姿態突然大幅度左傾，致載具以超過 45 度之坡度左轉，隨後左傾及左轉幅度加劇並產生側滑及迴轉後高度開始下掉，載具左翼尖及左主輪先後觸地，機身撞及地面後向前滑行並逆時針旋轉 180 度，停止於 26 跑道末端左側之草地上。載具遭受實質損害，機上 2 名人員受傷送醫。

2. 基本資料

2.1 操作人

教練

45 歲，男性，於民國 104 年 9 月 8 日加入凱翔，現任職於威翔航空，持有交通部民用航空局（以下簡稱民航局）於民國 104 年 4 月 28 日核發之超輕型載具教練操作證，有效日期為民國 106 年 4 月 27 日，載具類別/屬別為 AP-1²，其學科、術科及口試測驗紀錄無異常發現。該員過去從事軍事飛行之飛行時數為 2,010 小時，事故型載具之飛行時數為 402.5 小時。依所附之個人「普通汽車駕駛執照登記書」顯示，體格檢查結果為正常，體能測驗結果為合格，執行日期皆為民國 104 年 11 月 11 日。

學員

50 歲，男性，於民國 105 年 2 月 13 日加入凱翔，為超輕型載具之初學者，持有民航局於民國 105 年 8 月 19 日核發之超輕型載具學習操作證，有效日期為民國 107 年 8 月 18 日，載具類別/屬別為 AP-1，事故型載具之飛行時間為 12.5 小時。依所附之個人「普通汽車駕駛執照登記書」顯示，體格檢查結果為正常，體能測驗結果為合格，執行日期皆為民國 105 年 5 月 10 日。

2.2 載具

² 依超輕型載具管理辦法「附件二 超輕型載具類別、屬別表」，AP-1 代表：固定翼載具、140 公里/時平飛速度（V_H）或以下、陸地、前三點。

事故載具為德國 Remos 公司生產製造之 GX 型機，製造日期為民國 99 年 3 月 19 日，民航局檢驗合格證號為 CAA-104-011，有效日期為民國 106 年 10 月 16 日，管制號碼 AJ2666。依超輕型載具管理辦法「附件二 超輕型載具類別、屬別表」之分類，該載具之屬別為 AP-5³。

該載具配備單一前置式發動機，製造商為 Bombardier Rotax，型號為 912 UL-S，屬 4 行程、水平對臥 4 氣缸型式，搭配僅能於地面調整槳距之 Neuform 型螺旋槳，槳葉數為 3 片，旋轉方向為順時針方向（由駕駛艙向前看）。起飛最大馬力為 100Hp/5,000 rpm，發動機時數計顯示之使用時間為 950.3 小時。

該載具外觀尺寸為：機身長 6.48 公尺、翼展寬度 9.3 公尺、機身高度 2.26 公尺，起落架為前三點固定式，總座位數 2 個，機艙為不可加壓式，可裝載燃油 83.16 公升（22 美制加侖）。空重為 322 公斤，最大起飛重量為 600 公斤。依據凱翔提供之「載重平衡計算紀錄」，事故該批次飛行前加入 50 公斤油料，兩名人員體重皆為 75 公斤，故該批次訓練首次起飛時之總重為 522 公斤。

該載具飛行員操作手冊（pilot operating handbook）中，與本次事故相關之資訊如下：

性能數據

該載具於海平面高度、最大持續動力條件下之最大平飛速度（ V_H ）每小時為 220 公里/時。

於最大核准起飛重量及臨界重心條件下，未使用升力增進裝置之最大失速速度（ V_{S1} ）為 82 公里/時，襟翼全放（40 度）時之失速速度（ V_{S0} ）為 70 公里/時。

於 30 度襟翼、發動機最大馬力條件下，平飛時之失速速度不因重心位置不同而異，為 70 公里/時；30 度坡度轉彎時之失速速度依重心位置不同，介於 70 至 74 公里/時。

最佳爬升角之速度（ V_X ）為 90 公里/時，最佳爬升率之速度（ V_Y ）為 120 公里/時。

最佳爬升率為 710 呎/分，最大爬升率為 1,280 呎/分。

正常起飛程序

³ 依超輕型載具管理辦法附件二「超輕型載具類別、屬別表」，屬別 AP-5 代表：固定翼載具、140 公里/時平飛速度（ V_H ）或以上、陸地、前三點。

有關本案教練與學員均持 AP-1 操作證，實際操作 AP-5 載具之情形，民航局說明如後：「AP-1 或 AP-5 申請均由協會填寫申請文件，因各協會負責公文之承辦人不一定熟悉技術細節，故均騰抄前一份申請文件；送交本局發證時，有部分誤植情形。但因為操作證上同時加註機型限制，故不會有誤用之可能，本局前已發現此項誤植，但因操作證數量眾多，且每次換證均需收費 500 元，為達簡政便民之目標，故決定於每位飛友下次換證時修正，本局均完全瞭解此情形。」

舒適起飛 (comfort take-off) 使用 0 度或 15 度襟翼、發動機最大馬力 (5,000 轉/分)，仰轉速度為 80 公里/時，離地速度為 100 公里/時。

失速改正程序

該載具之失速改正程序為：1.釋放操作桿向後壓力；2.蹬反舵（相反於坡度方向）；3.保持副翼置中；4.依所需使用發動機推力。

風速限制

起降階段之最大正側風驗證值 (demonstrated) 為 15 浬/時；該手冊表示，此非限制值，當正側風分量大於此一驗證值時，駕駛員仍可自行決定是否飛行，惟須注意此種情況未經測試。原廠並未定義 Remos GX 型載具之風速限制。

2.3 活動場地

皆豪活動場地位於屏東縣高樹鄉，為合法場地，活動場地主跑道 300 公尺為柏油路面（如圖 2.3-1 所示）、副跑道約 500 公尺，跑道為草坪路面；主要由台灣飛行大玩家運動協會及凱翔執行安全監督與管理。

民國 105 年 3 月 14 日民航局同意凱翔使用皆豪活動場地作為該協會超輕型載具活動場地，凱翔其後並與台灣飛行大玩家運動協會分別簽訂活動場地與活動空域共同使用協議書。凱翔之活動指導手冊於 105 年 7 月 12 日經民航局核定。



圖 2.3-1 皆豪活動場地跑道狀況

2.4 活動空域

凱翔使用民航局核定之活動空域共計 4 處，其中與本次事故有關之南華賽嘉空域，許可之飛行高度上限為海拔 1,000 呎，其範圍係由下列各點連線而成：

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. 225336N 1203703E
(新寮村) | 7. 224236N 1203850E
(三地門橋) |
| 2. 224858N 1203146E | 8. 224610N 1203840E |

(土庫村)	(口社橋)
3. 224708N 1203337E	9. 224716N 1203654E
(新南國小)	(泰山國小)
4. 224633N 1203550E	10. 224817N 1203443E
(南華國小)	(省道 22 號與勝利路口)
5. 224524N 1203540E	11. 225000N 1203535E
(新豐路與南河堤交叉路口)	(高美大橋東側)
6. 224341N 1203642E	12. 225248N 1203854E
(隘寮溪轉彎處)	(大津橋)

2.5 機上航電裝置

事故載具上配有兩部型號分別為 Dynon EFIS-D100 及 Dynon EMS-D120 的電子飛航儀表系統 (electronic flight instrument system, EFIS)，以及一部 Garmin GPSmap 495 全球衛星定位系統 (global positioning system, GPS)。事故發生後，本會取得該載具 EFIS (包含 EFIS-D100 及 EMS-D120) 及 GPS，並進行資料下載及解讀，分述如下：

1. EFIS-D100 紀錄包括事故當日完整飛航資料，記錄之資料包括：時間、經度、緯度、氣壓高度、空速、地速、垂直速度、垂直加速度、航向、俯仰角、坡度等，取樣率為 10 秒 1 筆，其中經度、緯度資料為 GPS 所提供。
2. EMS-D120 紀錄包括事故當日完整飛航資料，記錄之資料包括：燃油壓力、汽缸頭溫度、滑油壓力、燃油流量與發動機轉速等，取樣率為 10 秒 1 筆。
3. GPS 紀錄包括事故當日飛航架次、航點及飛航訊息紀錄。然調查小組解讀時發現，航跡資料遭刪除無法正常讀取，經拆解航電晶片自記憶體晶片可直接讀取原始資料後，始讀出包含事故當日之飛航軌跡紀錄，取樣率為 2 至 10 秒 1 筆不等⁴，依原廠規格其定位精確度在 15 公尺 (49 呎) 以內。

該載具航電裝置記錄之飛航軌跡、民航局核定之南華賽嘉活動空域範圍與衛星影像套疊如圖 2.5-1，飛行速度、高度⁵及升降率紀錄套疊如圖 2.5-2 及圖 2.5-3 所示，紀錄資料涵蓋該機重飛訓練及進場落地期間之飛航軌跡。由圖 2.5-1 顯示，該批次飛行訓練之活範圍，均位於民航局核定空域內飛行。

⁴ 該 GPS 裝置紀錄預設條件下會依航線變化程度自動調整紀錄間隔以節省記憶體空間。

⁵ 該機 EFIS 高度紀錄為經氣壓修正後之對地高度，GPS 高度紀錄為原始資料。調查小組為與 EFIS 高度進行套疊比對，以該機停止後 GPS 高度做為地面參考高度，調整 GPS 高度為對地高度。

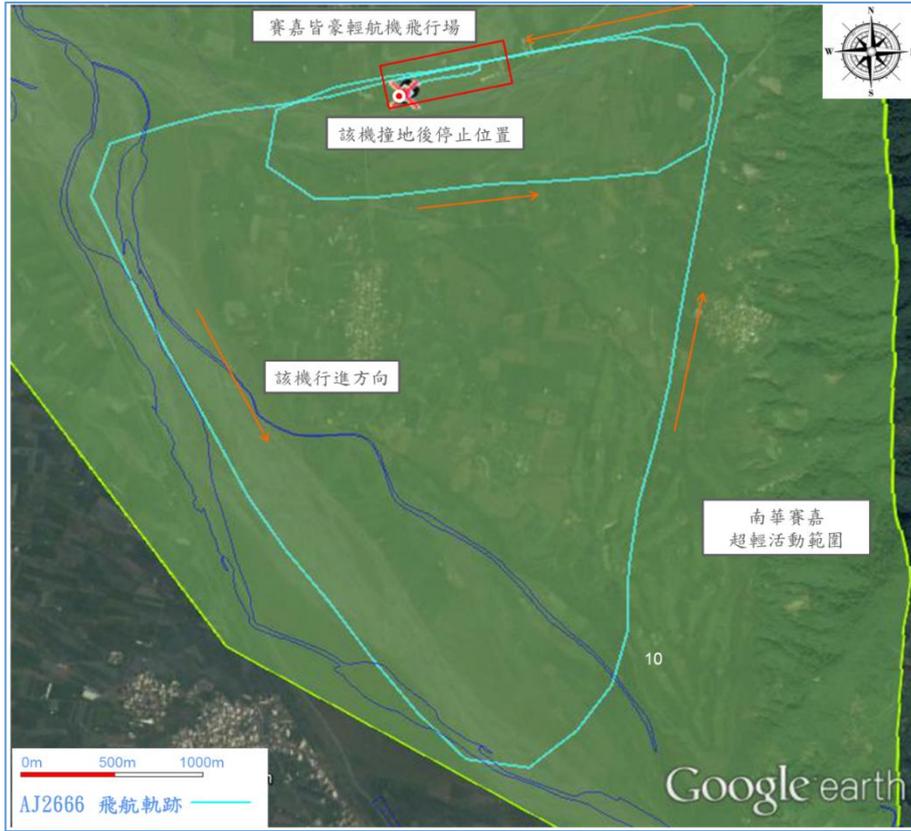


圖 2.5-1 AJ2666 飛航軌跡及衛星影像套疊圖

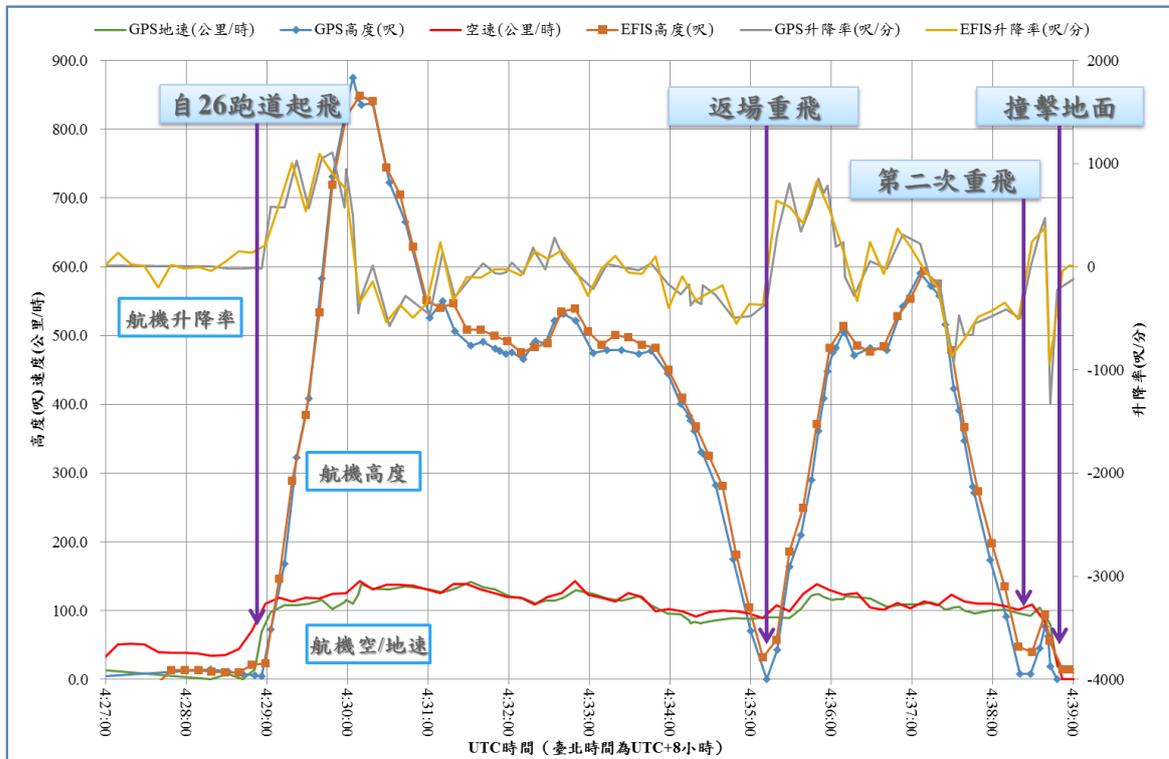


圖 2.5-2 AJ2666 高度及升降率套疊圖

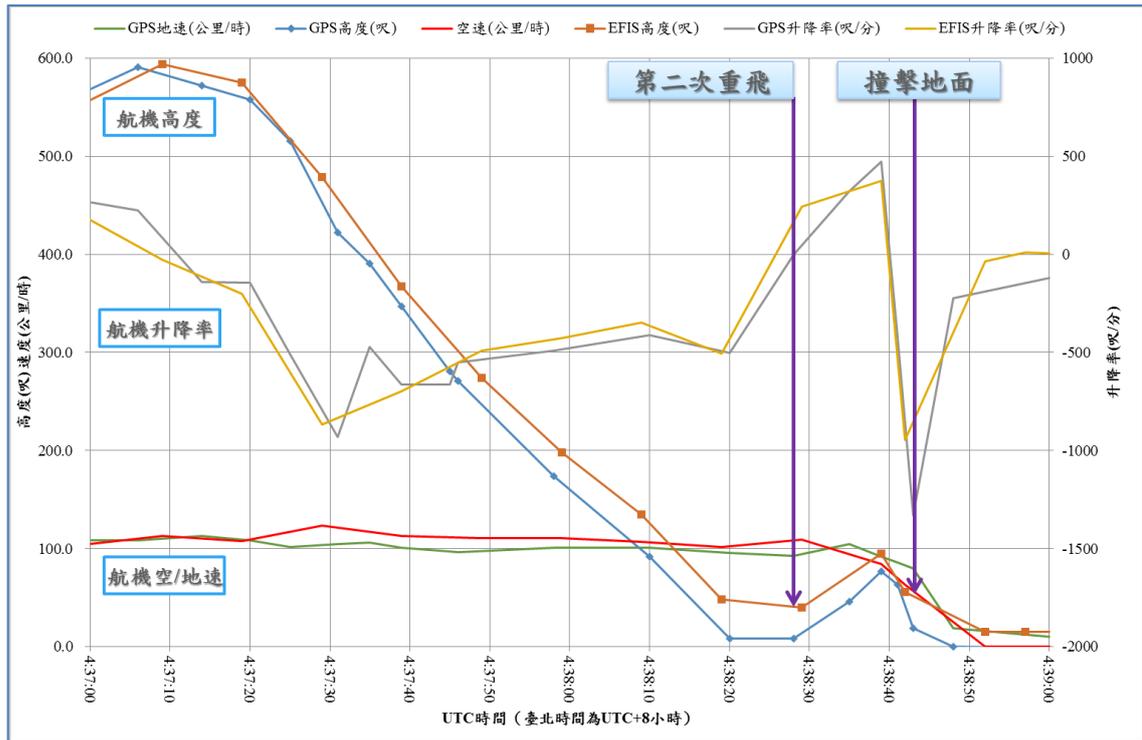


圖 2.5-3 AJ2666 高度及升降率套疊圖 (最後 2 分鐘)

該機進場至落地階段之飛航軌跡與機場跑道影像套疊如圖 2.5-4，該機於臺北時間 1238:29 時於 26 跑道觸地後重飛，EFIS 之位置座標紀錄於 1238:39 時停止更新，1239:07 時 EFIS 停止記錄，1239:13 時 GPS 紀錄停止。

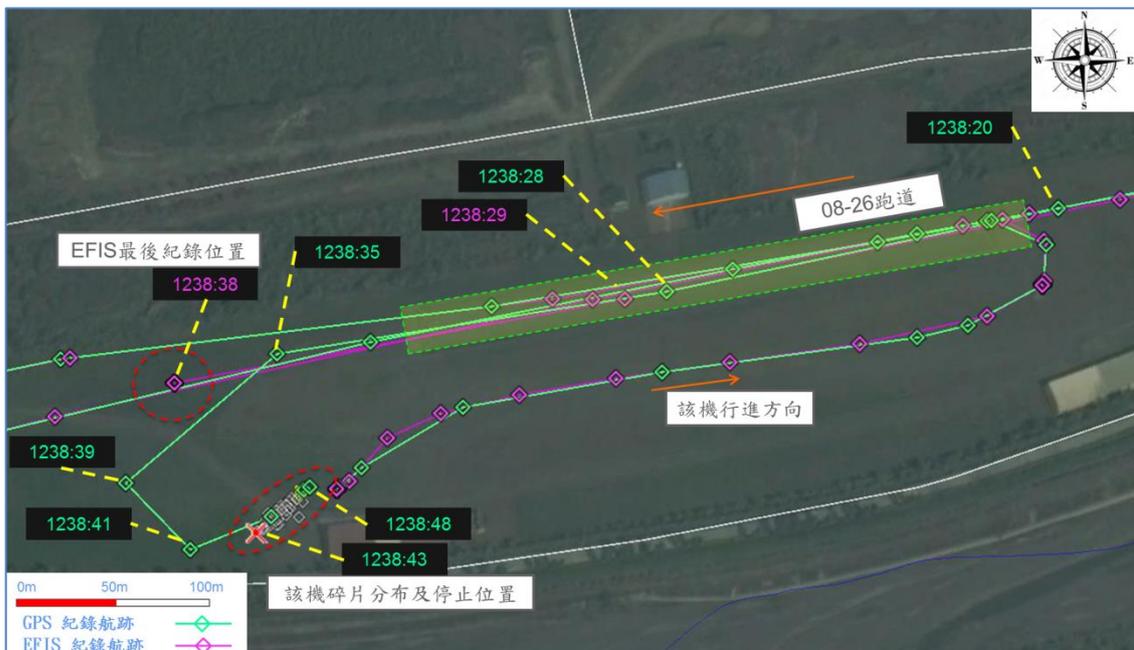


圖 2.5-4 AJ2666 進場期間之飛航軌跡

該機事故當日紀錄資料摘要如下：

1. 1052 時，該機自賽嘉皆豪輕航機飛行場 26 跑道起飛，於 1120 時返場降落，完成第一趟飛行。
2. 1228:29 時，該機自 26 跑道起飛進行第二趟飛行，約 1234 時返回賽嘉皆豪輕航機飛行場，1235:09 時經過 26 跑道頭後重飛，發動機轉速於 1235:18 時達到最大值 5,098 轉/分。
3. 1238:19 時，該機位於距 26 跑道頭前方約 220 呎處，高度 48 呎，空速 55 浬/時 (101.9 公里/時)，地速 51.4 浬/時 (95.2 公里/時)，下降率 507 呎/分，仰角 0 度，左坡度 4.3 度，航向 277 度，發動機轉速 2,199 轉/分。
4. 1238:29 時，該機於 26 跑道觸地後重飛，高度 40 呎，空速 59 浬/時 (109.3 公里/時)，地速 53.4 浬/時 (98.9 公里/時)，爬升率 245 呎/分，仰角 4.8 度，右坡度 1.4 度，航向 275 度，發動機轉速 4,740 轉/分。
5. 1238:35 時，依據 GPS 紀錄資料⁶，該機爬升通過 08 跑道頭約 240 呎，高度 46 呎，地速 56.6 浬/時 (104.8 公里/時)。
6. 1238:39 時，該機離 08 跑道頭約 430 呎，高度 95 呎，空速 45.5 浬/時 (84.3 公里/時)，地速 53.4 浬/時 (98.9 公里/時)，爬升率 376 呎/分，俯角 18.3 度，左坡度 65.3 度，航向 113.8 度，發動機轉速 4,605 轉/分，垂直加速度 1.75g。
7. 1238:42 時，該機高度 62 呎，空速 34.3 浬/時 (63.4 公里/時)，地速 43.1 浬/時 (79.8 公里/時)，下降率 946 呎/分，仰角 6.63 度，左坡度 108.8 度，航向 264 度，垂直加速度 0.375g；EMS-D120 及 GPS 訊號中斷，EMS-D120 停止記錄，「power cntdn」警告觸發並持續至紀錄停止。
8. 1238:52 時，該機高度 15 呎，空速 0 浬/時，仰角 1.8 度，左坡度 14.8 度，航向 270 度，垂直加速度 0.938g。
9. 1238:57 時，該機高度、空速、姿態及航向紀錄無變化，「ems_lost」、「hs34_lost」、「dsab_lost」警告觸發並持續至紀錄停止。
10. 1239:07 時，EFIS-D100 停止記錄。
11. 1239:13 時，GPS 停止記錄。
12. 1601:05 時，GPS 額外記錄一筆點座標，位置為北緯 22 度 45.322 分、東經 120 度 37.278 分，與該機停止位置相符。

⁶ 除 1238:35 時之資料僅有 GPS 紀錄外，本段其他資料皆摘自 EFIS 紀錄資料。

3. 現場量測及殘骸檢查

3.1 現場量測

本次事故現場量測使用 Trimble GeoXH GPS 接收儀，量測資料包括第一撞擊點及拖行之撞擊痕跡、該機主殘骸輪廓、斷裂之外側左翼以及散布之碎片等。

事故機現場如圖 3.1-1，根據量測結果，該機停止位置距離第一撞地點約 28 公尺，機鼻航向約 266 度，機身左傾約 15 度、無明顯俯仰角度。圖 3.1-2 為事故機停止位置、撞擊痕跡、碎片之分布與衛星影像套疊圖。

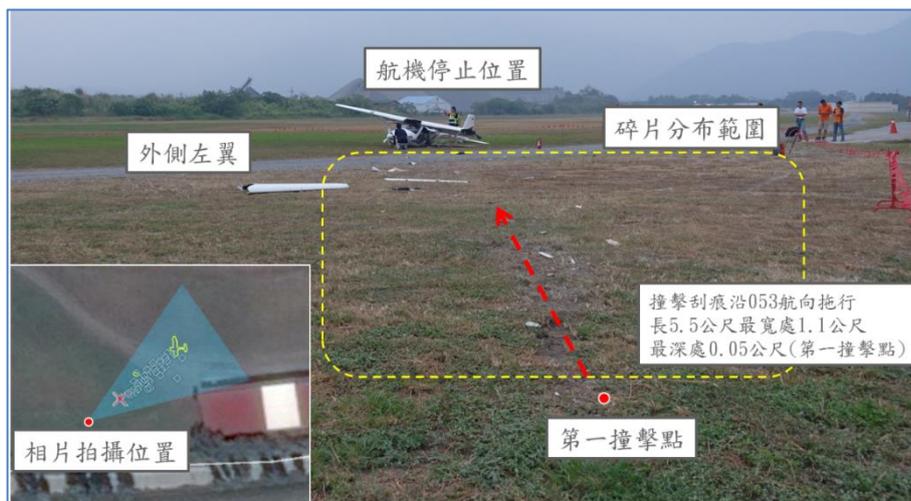


圖 3.1-1 事故機現場情形

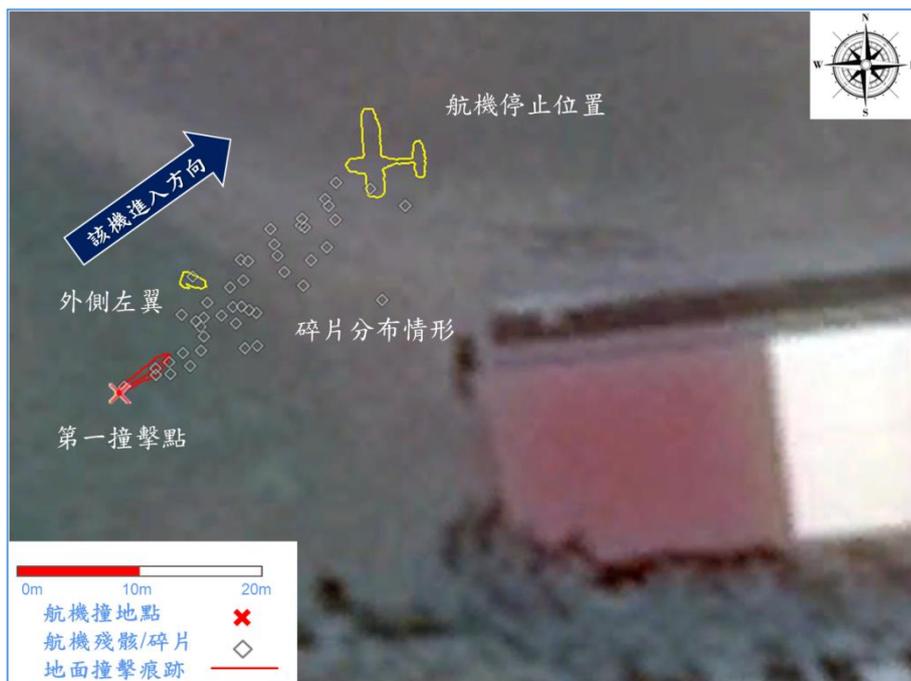


圖 3.1-2 地面量測結果與衛星影像套疊圖

3.2 殘骸檢查

檢視載具殘骸發現，螺旋槳斷折機腹坍塌（詳圖 3.2-1）、駕駛艙風擋破裂（詳圖 3.2-2）、翼樑龜裂（詳圖 3.2-3）、尾桁龜裂（詳圖 3.2-4）、左側機翼斷落起落架潰折（詳圖 3.2-5）、右側起落架潰折（詳圖 3.2-6）。襟翼位於 30 度位置。

檢視飛行操控系統包括操縱桿、副翼、升降舵、方向舵及襟翼之連桿機構無斷落鬆脫等現象。



圖 3.2-1 螺旋槳斷折機腹坍塌



圖 3.2-2 駕駛艙風擋破裂



圖 3.2-3 翼樑龜裂



圖 3.2-4 尾桁龜裂



圖 3.2-5 左側機翼斷落起落架潰折



圖 3.2-6 右側起落架潰折

3.3 現場證物保全

依據飛航事故調查法第十四條，飛安會為飛航事故調查之必要，得優先保管及處理航空器、殘骸、飛航資料紀錄器、座艙語音紀錄器及該飛航事故有關之其他資料及物品。第十五條並指出，飛航事故現場之有關機關及航空器所有人、使用人，

應協助飛安會搜尋、運送、安置、戒護及保全前條所定之資料及物品。

另依據社團法人中華民國凱翔航空運動促進協會活動指導手冊第一版第七章第肆點，載具事故現場處理，應保持事故現場之各種證物，並應保持事故現場之完整，除移動傷亡人員及實施消防外，禁止非有關人員接近殘骸或移動物件。

本會調查人員到達事故現場時，現場已由凱翔人員以封鎖線圍起，事故機上之GPS未受嚴重損傷，仍能正常開機，惟事故後經檢視GPS之飛航軌跡紀錄消失，且留有一當日之航點定位紀錄，時間標記為本事故後本會先遣小組到達前的1601:05時，該航點定位紀錄係於GPS開機狀態下按下GPS面板上“MARK”鍵之操作結果，而飛航軌跡之刪除需額外透過4個操作步驟始能完成，顯示事故發生前該GPS仍正常運作，且GPS記錄之飛航軌跡於本會人員到達現場前遭到刪除。

事後本會透過直接拆解記憶體晶片下載原始檔案，始取得事故當日飛航軌跡。

4. 訪談摘要

4.1 教練

事故當日活動場地附近之氣流雖然不是很穩定，但仍為可接受之情況。飛行前載重平衡計算結果皆在手冊容許範圍內。

該載具於第2批次訓練之第1趟本場航線飛行後，於26跑道落地執行連續起降，原預計重飛離地後沿跑道方向爬升至400呎高度，大致通過圖4.1-1上之B點位置時，左轉加入二邊航線。原預計飛行之航線區域，則如圖4.1-1上之黃線範圍所示。



圖 4.1-1 本場航線依訪談示意圖

重飛離地後，學員一開始建立了正常的航機姿態，仰角約為 10 度，但在繼續爬高的過程中，學員有點忽略了狀態，導致機頭變高、仰角較大，空速增加得比較慢，約維持在 90 多公里/時左右。由於該型機最佳爬升角之速度為 100 公里/時，最佳爬升率之速度為 120 公里/時，且原廠不建議起飛仰角大於 10 度以上，因此教練幫學員將機頭向下推，以利該機加速至 120 公里/時，並提醒學員須注意仰角，保持航機狀態穩定。

由於該機起飛後仰角較大，高度因此上升較快，故於通過圖 4.1-1 上之 A 點位置時，高度約達 200 呎，較正常通過該位置之高度要高。此時航機突然呈現一向左之大坡度，超過正常轉彎所使用的 20 度坡度，導致飛機傾側，因尚未到達原訂左轉加入二邊航線之 400 呎高度，故教練對突如其來的大坡度感到訝異，事後學員則表示其並未操作，而係機翼遭風掀起。

教練見學員未立即將坡度壓回，便介入操作，過程中曾兩個人一起操控，接著教練感覺機翼「吃不到風」、「飛機懶懶的」，像是進入失速狀態，回桿仍無法將機翼改平，該載具遂以傾側之姿態繼續轉彎。但發動機工作正常，油門已於最大位置，也未感覺有其他機械異常；當時襟翼尚未收起，空速仍較 72 至 74 公里/時之失速速度高出甚多，未達失速狀態，應能靈活操縱，不知為何無法改正。

接著左傾及左轉幅度加劇並產生側滑，教練欲改正坡度但感覺載具已不受控制，無法改平，判斷當時升力已不足，其後機頭開始下墜，空速雖因此增加，惟因高度太低，操作空間有限，欲將姿態改平時已來不及，僅能持續帶桿使航機得以較為淺平之坡度著陸，減低撞擊力道。最後階段是否進入螺旋失速（spin），則不確定。改正過程中，因高度很低，未曾想到需使用方向舵，且當時無論使用上舵或下舵，其結果也非自己所能預期。事後回想，如當時之處置是先推桿，而非帶桿，則結果可能不會更好，或許會直接撞上前方的一排樹。

飛行前蒐集天氣資料之方式，係依目視判斷及透過「降雨警報器」、「Windyty」兩項手機 APP 軟體，獲取溫度、降雨、雲及風的資訊。依過去於皆豪飛行場之飛行經驗，較常遭遇上升或下洗氣流之區域，係位於 26 跑道之五邊進場航線上，季節交替之際，熱對流現象也頗為明顯。皆豪飛行場使用 26 跑道起降之機會約占 85% 以上。

學員之飛行操作堪稱謹慎，事故當次為其第 14 課飛行，上升、下降、平飛、轉彎、爬升轉彎、緊急處置等各項操作，皆已有一定水準，目前正值練習起飛與落地之階段，對於狀況可能還無法主動掌握，判斷上也可能還沒那麼果決，但此屬初學者之正常現象，教練也都會予以提醒。

超輕型載具起飛時，操作人一般不會特別去注意升降速率表上之爬升率，因為油門是固定的，故係以調整俯仰角之方式來控制速度。該次連續起降之油門控制，係由學員使用左側油門桿主控，教練則將手置於中央油門桿上，因兩者連動，故教

練可藉此判斷當時油門已位於最大位置。平時只要是起飛或重飛，油門一律推到底（最大），個人不曾以減馬力起飛之方式操作。發動機於地面上、全馬力情況下之轉速，應為每分鐘 5,100 轉。

有關襟翼操作，一般執行連續起降在進場三邊轉四邊時，會將襟翼放下至 30 度，待重飛離地、高度到達 200 呎時，將襟翼收上，全停落地時則會將襟翼放下至 40 度；一般起飛時則是使用 15 度襟翼。事故當次之襟翼設定，已記不得。

平日帶飛學員練習失速改正操作之區域位於隘寮溪河床上空，操作高度為核定空層上限（1,000 呎）之下，由於操作失速改正科目所可能喪失之高度約為 50 至 100 呎，最多不會超過 200 呎，因此應仍屬安全。超輕型載具僅練習平直飛行時之失速改正，因操作高度較低，故未練習轉彎時之失速改正科目。

該載具墜地停止後，教練係自行脫離機艙，學員則由地面人員協助；另有關發動機係自行熄火或由地面人員關斷、地面人員是否關斷該機電源、機載 GPS 資料遭刪除等情況，因事發後狀況慌亂，教練並不清楚。

有關超輕載具操作人給證考試之口試，過去由民航局檢查員及協會委任考試官共同提問，目前則由委任考試官單獨執行。以緊急狀況處置為例，進行方式係由考官設定各種情境，由受測人員回答。口試內容以民航局提供之範例為大綱，再從中加以延伸與發展。

4.2 學員

事故當日預定實施連續起降，以便執行起降航線訓練。於第 2 批次飛行之第 2 次進場時，學員將襟翼放下至 30 度，油門收至慢車位置，保持空速大於 100 公里/時；觸地後學員將油門推至最大，觀察外界狀況，確認速度大於起飛速度（約 75 至 80 公里/時）後，便將該機帶起，惟帶桿當時之精確速度已無印象。

離地後，教練曾提醒學員仰角稍微大了一點，要學員鬆一點桿，但並未介入操作；因當時係以機外狀態作為目視參考，未緊盯儀表，故對於實際發生的高度與仰角角度，並無精確數字。

起飛後先維持最佳爬升角之速度（ V_x ），約為 100 公里/時；爬升至 150 呎時，學員曾扳動襟翼收放開關，欲將襟翼收上，並推頭保持最佳爬升率之速度（ V_y ），約為 120 公里/時。原預計依教練要求沿跑道方向爬高至 400 呎，於河床上空左轉加入二邊航線；但該機離地後直線爬高至 200 多呎時，在學員未向左操作情況下，突然遭遇一不明外力，致右翼瞬間被抬起，姿態變得不正常。因從未遇過類似狀況，學員感到有些緊張，對於高度是否急遽上升或下降，並無特別印象。教練察覺後隨即接手操作，學員感覺風勢強勁，右翼遭抬起後導致該機向左轉彎，然後很快就到達地面。

教練接手後，兩人未再交談，由於事出突然，且當時狀況已超出學員學習範圍，因不知該如何正確因應，故學員並未再操作載具。但因教練過去曾教導無論發生什麼狀況，手腳皆不可離開操縱系統及油門，故當下學員係保持手腳置於操縱系統上，不知是否因為緊張導致手腳僵硬，而讓教練誤以為自己也在操作。

因教練平日教導起飛離地後，需不斷檢查高度與速度，確定航向並保持機翼水平，以確保安全。故當日遭遇此一外力前，目光曾瞄到 EFIS 螢幕上之高度表數值，記得為 200 多呎，後續因一切發生的太快，且教官也已接手處置，故學員未再注意後續的空速變化，過去則未遭遇過類似狀況。

學員於之前體驗該型載具失速改正時，機身於失速前會有輕微抖動，但無警告聲響；事故當時並未感覺到機身抖動。當時雖感覺遭遇外力，但因初學飛行，注意力皆集中於操作之上，並未注意也未目視到事發區域是否有氣旋⁷或小型龍捲風出現。

事故當日學員曾於早上飛過一批訓練課目，感覺天氣狀況並無特別之處，與平常無異，載具之狀況亦皆屬正常。該批次訓練起飛前，曾於地面將機械式之高度表歸零。

4.3 目擊者

目擊者為凱翔教練之一，事故當時於地面負責該次訓練飛行之無線電管制，因而目擊事發過程。

事故當時該載具完成第 1 趟本場航線飛行，使用 26 跑道執行連續起降，約於距離跑道末端前 30 至 50 公尺處離地重飛，爬升至 150 至 200 呎高度左右，開始執行一像是左轉加入航線之上升轉彎動作。相較於正常以 20 至 30 度坡度轉彎，該載具之偏移率很大，有側滑現象，左傾超過 45 度。過程中依聲音判斷，發動機馬力應處於正常配置狀態，機頭雖朝上，但卻無法順利爬高。

該載具以平飛轉彎姿態轉回面向起飛方向後，高度開始下掉，隨後左翼尖約於棚廠側邊 30 公尺處先行觸地，左主輪接著撞擊地面，該機於地面滑行逆時針旋轉 180 度後，停止於最後位置。

事故當時，並未目擊事故區域有氣旋產生；而因當時天空中之背景為白色，在對比不明顯情況下，即使有氣旋可能也不容易觀察到。有關事故後該載具之發動機係自行熄火或人為關斷，則不清楚。

⁷訪談者所說氣旋係指塵捲風。

4.4 教練操作證核發及訓練

依民用航空法第九十九條之一第三項規定訂定之 07-03A 超輕型載具管理辦法，民航局核發教練操作證需由活動團體檢附包括熟悉相關民航法規、超輕型載具操作人技術考驗程序與執行要領、超輕型載具測驗人員學科講習訓練證明、具有申請類別之超輕型載具飛航總時間一百五十小時以上或航空器飛航總時間五百小時以上，及申請屬別之超輕型載具飛航訓練時間五小時以上之紀錄證明文件後，報請民航局審查合格，發給操作證以及所屬活動團體或專業機構之教練訓練證明文件後，始得執行教練工作；教練操作證持有人於教練操作證有效期間內，應參加超輕型載具測驗人員學科講習訓練並取得證明文件。參考民航局 2012 年至 2014 年超輕型載具測驗/檢驗人員訓練內容，包含螺旋警覺(Spin Awareness)、失速與螺旋(stall/spin)研討、迫降、實用空氣動力學、性能、螺旋處置及空中失控等科目，2015 訓練內容含超輕法規、技術考驗程序及飛行實務之本質學能，並於學員參訓後發給證明文件。

依民航局超輕型載具專區公布之超輕型載具技術考驗程序，超輕型載具測驗人員有責任認定受考人在考試時所有之應考課目均能達到要求標準，包括學識及技術兩方面。於操作範圍內包括學識及技巧兩方面，超輕型載具測驗人員應要求受考人員技術表現，如學識項目無法於技術考驗中陳現，超輕型載具測驗人員應在適當時機想出相關問題請受考人答覆，如於飛行中執行時應以不影響飛安為原則。

在不正常狀態改正要求標準及注意事項課目上，學員應在真實情況下，正確了解不正常狀態改正方法；使用適當之仰角、坡度及動力技巧改正機頭高或機頭低之不正常狀態。在正常與不正常程序要求標準及注意事項上，學員應正確了解各系統及超輕型載具相關裝置，了解須立即反應之項目並適時完成；正確操作飛機各系統或相關裝置，如發動機、燃油系、電器系、操縱系以及超輕型載具及人員緊急裝備。

分析：

事故前該載具維修狀況

檢視該載具維修紀錄，皆符合民航局核可之維護計畫時程及項目，且皆經由凱翔授權檢驗人員簽結無誤。

事故時發動機運轉狀況

由事故機發動機監視系統 (EMS) 下載事故時發動機之資料如下：該型機駕駛員操作手冊、維修手冊之及由事故機發動機監視系統 (EMS) 下載事故時發動機之資料如下：

規格						
	FP (psi)	FF	RPM	CHT (°F)	OP (psi)	MP (psi)
	Max 5.8 Min 2.2	無資料	Take-off 5,000 (配備 Neuform	Max 275 Nor 167-230	29-73	無資料

			螺旋槳)			
EMS 記錄資料						
1228:48	3.8125	3.5	5,179	182	54	29.4375
1238:18	4.1875	1.75	2,199	178	64	13.875
1238:28	3.6875	3.625	4,740	176	61	28.25
1238:38	3.9375	4.8125	4,605	175	59	27.5

依據 EMS data 記錄之發動機系統參數，燃油壓力 (FP)、汽缸頭溫度 (CHT)、滑油壓力 (OP)、及進氣總管壓力 (MP)，皆介於該型發動機操作規格之正常值內。該機事故前無機械異常警報及紀錄，顯示該動力及機體系統應無異常。事故當次起飛爬升時記錄到之發動機轉速為每分鐘 4,740 轉，相較事故前一次起飛爬升時所記錄到之最高轉速為每分鐘 5,179 轉，其馬力輸出約減少一成。

天氣

天氣資料顯示，事故區域之大氣穩定，但可能因柏油跑道、沙地、水面及植被等不同地貌之局部地面加熱不均勻，而產生一種寬度約 1 公尺、高度約十幾公尺的小型塵捲風現象。此小型塵捲風通常發生於砂地，因陽光加熱使某處近地表空氣開始增溫，由於溫度差變大，使得附近空氣上升旋轉形成一特殊的旋轉氣柱，但因受上層穩定氣層的阻擋，氣柱僅停留於地表上。它的生命期很短，影響的範圍也很小，一般不具破壞力。

地面人員拍攝之塵捲風影片，時間約為事故後 10 至 20 分鐘，地點位於 26 跑道東側，即五邊進場方向；事故當時未有人於事故地點目視該區域有如影片中之塵捲風產生。

風場分布

本會利用事故載具 EFIS 之空速、地速、姿態及航向等紀錄，計算出該載具遭遇之風速及風向，在載具穩定直線飛行之條件下（無轉彎或姿態劇烈變化等情形），可求得該載具行經路線上之風場分布如圖 5.1-1 所示；計算結果顯示該載具起降階段於跑道附近離地之區域附近存在有約 10 哩/時之右側風，低於該型載具起降階段之最大正側風驗證值（15 哩/時）。

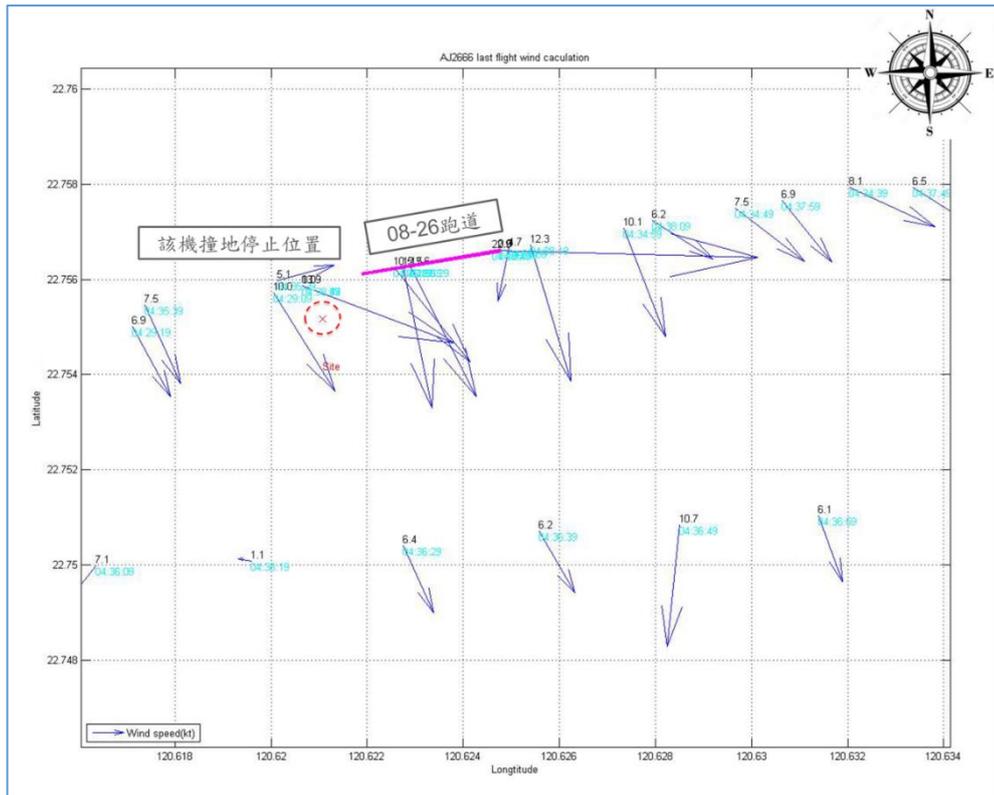


圖 5.1-1 由該載具 EFIS 紀錄計算之風場分佈情形

載重與平衡

該載具之最大起飛重量為 600 公斤，依凱翔提供之「載重平衡計算紀錄」，該批次訓練飛行於首次起飛前之總重為 522 公斤，載重與平衡位於限制範圍內。事故前該載具已歷經兩次起降，操作人未反應與操作困難或載重平衡有關之問題。

另依據該載具之燃油消耗率及已飛行 10 分鐘之資訊推估，事故當時該載具約已消耗 2 公斤油料，故其總重約為 520 公斤。

飛航操作

連續起降重飛離地

表 5.1-1 摘錄該載具自最後進場、重飛離地至墜地前之 EFIS 與 GPS 紀錄參數，GPS 取樣率為 2 至 10 秒 1 筆不等，依原廠規格其定位精確度在 15 公尺（49 呎）以內，EFIS 之原廠規格定位精確度未知。

表 5.1-1 該載具自最後進場、重飛離地至墜地前之 EFIS 與 GPS 紀錄參數摘錄

時間	資料來源	高度 (呎)		速度 (公里/時)		俯仰角 (度)	坡度 (度)	航向 (度)	攻角 (%)	垂向加速度 (g)
		EFIS	GPS	空速	地速					
12:38:19	EFIS	48		101.9	95.2	0.0	4.3 左	277	16	1.125
觸地重飛										

12:38:28	GPS		8		92.7					
12:38:29	EFIS	40		109.3	98.9	4.8	1.4 右	275	21	1.125
12:38:35	GPS		46		104.8					
12:38:39	EFIS/GPS	95	77	84.3	108/91.6	-18.3	65.3 左	113.8	95	1.75
12:38:41	GPS		63		85.6					
12:38:42	EFIS	62		63.4	79.8	6.6	108.8 左	264	13	0.375
12:38:43	GPS		19		79.8					
左翼尖觸地										
12:38:48	GPS		0		18.5					

依據 EFIS 資料顯示：1238:19 時，該載具仍位於 26 跑道之五邊航線尚未落地；1238:29 時，該載具已於 26 跑道觸地重飛。教練與學員於訪談時表示，該載具於連續起降重飛離地後，學員在繼續爬高的過程中忽略了航機姿態，仰角大於 10 度，高度因此上升較快，空速增加較慢。

綜上資訊研判，該載具離地後，曾於 1238:29 時至 1238:39 時期間有一大攻角爬升，此期間空速因較大之爬升率而遞減，該載具之加速性能可能因發動機未於最大馬力位置而減低，加劇空速遞減趨勢；另一方面，失速速度可能因大攻角爬升過程中帶桿操作增加之翼面負載而升高⁸，致空速與失速速度間之安全裕度縮小，進而導致載具之操控性與安定性下降。

載具左傾與失速

依本報告天氣分析結果顯示，事故區域可能存在約 10 哩/時之右側風，並可能因局部地面加熱而產生小尺度熱力擾動現象，惟仍低於該型載具起降階段之最大正側風驗證值（15 哩/時），應不影響載具正常操控。教練與學員均於訪談時表示，該載具於爬升過程中姿態突然大幅左傾並隨之失控。依表 5.1-1 參數及圖 2.5-4 進場期間飛航軌跡研判，該姿態大幅左傾之時間點約發生於 1238:35 時後，至 1238:39 時左傾達到 65.3 度，可能之原因係該載具受大攻角爬升時之左偏趨向（left-turn tendency）⁹影響，導致載具出現左傾現象。

另航空器轉彎或機翼未保持水平時，因垂直方向之升力分量減小，駕駛員須向後帶桿提高攻角增加升力，方能維持高度不墜，此時失速速度亦將隨增加的翼面負載而升高。以該型載具為例，本會依事故當時推估之總重 520 公斤、襟翼 30 度計算，當坡度持續增加時，失速速度將隨之升高，計算結果詳如表 5.1-2。

⁸ 翼面負載（wing loading）指飛機所受負載（重量及所受重力加速度等）與機翼參考面積的比值，為影響飛機轉彎、爬升和起降性能的重要參數，其中飛機失速速度與翼面負載開方根成正比。

⁹ 槳葉順時針旋轉（由駕駛艙向前看）之單引擎螺旋槳飛機，因：1.作用力和反作用力的轉軸扭力效應（Torque Factor）；2.螺旋槳槳葉攻角不均而產生不對稱推力現象的螺槳效應（P Factor）；3.螺旋槳後形成螺旋氣流，導致氣流圍繞飛機軸線旋轉，並在左側尾翼上向右施力形成螺旋氣流效應（Spiral Slip Stream Effect）；及 4.陀螺進動（Gyroscopic Precession）等因素，於飛行過程中會有航向及傾角之偏左趨向，尤其於低速大仰角和大油門時（起飛或重飛階段），左偏現象將更為顯著，操作者需要及時輸入足量右舵以抵消偏航傾向。

表 5.1-2 總重 520 公斤、襟翼 30 度條件下不同坡度之失速速度

坡度 (度)	0	30	45	65
翼面負載倍率 (比例)	1	1.15	1.41	2.37
失速速度 (公里/時, 依重心位置不同之 範圍)	65.6	65.6~67.2	78~82	101~106

對照表 5.1-1 之數據, 該載具於 1238:39 時左傾達 65.3 度, 空速為 84.3 公里/時, 已低於表 5.1-2 中 65 度坡度之失速速度範圍, 另由俯角 18.25 度、攻角數值¹⁰達 95% 之情況顯示, 可印證該載具當時已處於失速狀態且無法於該姿態下維持飛行高度不繼續下墜。

本會綜上資訊研判, 該載具可能因空速與失速速度間之安全裕度縮小、操控性與安定性下降, 並受大攻角爬升時之左偏趨向 (left-turn tendency) 影響, 導致載具姿態左傾, 失速速度進一步升高, 教練接手後未及時將機翼改平, 致載具處於失速狀態繼續下墜, 教練未及採取正確之不正常狀態改正程序, 載具最終因失速改正不及, 喪失高度而墜地。

本次失速狀態如排除可能之失速改正操作因素, 亦無法確知於當時情況下是否得以順利改出, 惟實務上仍應強化載具操作人之失速改正觀念與技巧, 精進緊急狀況處置能力, 並強調操作人應防止在任何情況下使載具進入異常狀態。

另教練訪談紀錄稱其接手期間, 學員是否曾同時操作 (俗稱搶桿)、其影響程度為何, 受限於資訊不足, 調查結果難有定論雖未能證實, 但亦未能排除。

教練接手與改正

該載具離地後於爬升過程中, 學員曾大角度帶桿操作, 致載具因較大之爬升率及發動機未於最大馬力位置, 造成空速遞減及失速速度升高現象, 如教練於載具姿態開始左傾前及時採取迅速改正措施, 或可避免載具進入失速狀態; 另比對訪談紀錄中教練接手後之失速改正操作, 其於舵與桿及發動機馬力的使用上, 與手冊程序不完全一致, 雖然該載具於低高度、非預期情況下進入失速狀態時, 教練於進行狀況識別、決策下達所需之時間與空間, 或有可能因受到壓縮, 惟該名教練於考照時通過之技術考驗程序中, 應正確了解使用適當之仰角、坡度及動力技巧改正機頭高或機頭低之不正常狀態改正方法。

結論：

本案經綜整人員、載具、機載航電裝置等紀錄, 及相關手冊與人員訪談之資訊, 調查小組作成以下結論：

操作人持有民航局頒發之有效證照, 體檢結果符合法規要求, 其學科、術科及

¹⁰ 數值介於 0 至 99%, 代表攻角與失速攻角之比率。

口試測驗紀錄無異常發現。

載具維修紀錄符合民航局核可之維護計畫時程及項目，且皆經凱翔授權檢驗人員簽結無誤；發動機於事故當時機械及運轉狀況正常，然發動機馬力應未於最大位置；載重平衡於限制範圍內。

事故後該批次 GPS 飛航軌跡紀錄遭人為刪除，經本會處理後始得以還原。

事故區域之近地層大氣穩定，雖局部地區因地面加熱不均勻，而產生小型塵捲風現象，惟其發生時間、地點、大小均不影響載具之飛航操作，載具左傾與後續失速應與天氣無直接關聯。

該載具離地後，空速因較大之爬升率及發動機未於最大馬力位置而遞減，失速速度因學員大角度帶桿操作所增加之翼面負載而升高，導致空速與失速速度間之安全裕度縮小，載具操控性與安定性下降。其後載具可能受大攻角爬升時之左偏趨向影響開始出現左傾現象，因未及時改正，失速速度進一步升高，該載具於低高度、非預期情況下進入失速狀態。教練接手後不及且未依失速改正程序改正，該載具於失速狀態下持續下墜，終因喪失高度而墜地。

教練於載具離地學員於爬升過程中大角度帶桿操作出現較大之爬升率時未及早要求改正，其後載具出現左傾現象接手時亦未能及時採取正確之不正常狀態及失速改正。

飛安改善建議：

致交通部民用航空局

1. 督促凱翔航空運動促進協會確實強化所屬教練與操作人有關載具失速改正之觀念與技巧，及起降階段對載具空速、高度、姿態等各項參數之檢查與偏離改正，並納入日常查核項目。(ASC-ASR-17-08-001)

致凱翔航空運動促進協會

1. 強化所屬教練與操作人有關載具失速改正之觀念與技巧，避免於低高度及轉彎情況下進入不正常狀態，並確依操作手冊相關失速改正程序執行。(ASC-ASR-17-08-002)
2. 強化所屬教練與操作人對載具空速、高度、姿態等各項參數之檢查與偏離改正，尤以起降階段之高風險期間，更應提高警覺，加大安全裕度。(ASC-ASR-17-08-003)
3. 落實活動指導手冊內容，以保持事故現場及證物之完整。(ASC-ASR-17-08-004)