

# 飛航事故調查報告

ASC-AOR-11-02-001

中華民國 97 年 2 月 23 日

長榮航空公司 BR 67 班機

B747-400 型機

國籍標誌及登記號碼 B-16410

於曼谷機場旅客下機時客艙後段通氣板冒煙

行政院飛航安全委員會  
AVIATION SAFETY COUNCIL

中華民國 100 年 2 月

本頁空白

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

中華民國飛航事故調查法第五條：

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

國際民航公約第 13 號附約第 3 章第 3.1 節規定：

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

本頁空白

## 摘要報告

民國 97 年 2 月 23 日，長榮航空公司（以下簡稱長榮）BR67 班機，機型波音 B747-400，國籍標誌及登記號碼 B-16410，執行由桃園國際機場至泰國曼谷蘇凡納布國際機場（以下簡稱曼谷國際機場）之定期航班載客任務，載有飛航組員 2 人、非執勤飛航組員 3 人、客艙組員 14 人、乘客 296 人，合計 315 人。

該機於台北時間 0934 時自桃園國際機場起飛，1301 時於曼谷國際機場降落。該機於 1307 時靠空橋，乘客開始下機，1310 時乘客發現座位 64A/65A 左側通氣板冒煙，客艙組員請乘客儘速由空橋下機。乘客下機後，長榮駐曼谷機務代表關閉該機電源，並使用機上滅火瓶於客艙由網狀通氣板向下噴灑，熄滅煙霧。機載人員均無人受傷，過程中乘客曾自行開啓 L4 及 R5 艙門。

該機務人員發現後貨艙靠近廢水櫃艙附近，固定線束之鋁質支撐架固定鉚釘斷裂脫落，1 號輔助發電機三相電源供線之其中一條線，外部絕緣包覆與支撐廢水櫃管路之固定螺桿磨擦破損，導致裸露之金屬線與機身搭接造成短路現象，使後貨艙底部隔熱毯產生煙霧。該機務代表經檢查附近區域，除受損之隔熱毯外，飛機結構表面有燻黑的現象，但是可以用手抹去；其他系統均確認正常，故停用 APU，並將該發電機電纜線磨損破皮部位以絕緣包覆隔離，該航班續飛倫敦。

本會於 2 月 25 日接獲事故通報，2 月 26 日該機自倫敦返台。本會依事故調查標準作業程序認定該事故符合飛航事故調查法第二條第一項第一款「飛航事故」之定義。因本案為發生於境外之飛航事故，依飛航事故調查法第六條，立即聯絡泰國民航局主管事故調查單位。經協調後，泰方依照國際民航組織第 13 號附約第 5 章第 5.1 節之規定，授權本會進行全部之事故調查。

### 與可能肇因有關之調查發現

1. 在機身站位 STA 2060 處的 APU 電纜線因安裝不當，使該處支架產生額外之負載達 18 磅，加上後續航機之動態應力，使該處支架超過設計強度以致斷裂。  
(2.1.3、2.2)
2. 金屬電纜支架上耳疲勞斷裂後上部失去固定，僅由下耳部鉚釘支撐電纜重量，該鉚釘不勝長期過載而鬆脫，電纜與支架一起掉落。掉落電纜與相鄰螺栓接觸並長期磨擦使絕緣外層剝落，電纜裸線接觸金屬螺栓發生短路產生電弧火花，掉落火花引燃下方隔熱毯表面污染物，失火部位位於造型弧度近於垂直之機艙，火焰上竄之特性與其隔熱毯上污染物相互結合造成嚴重火災以致結構受損。  
(2.2)
3. 金屬及塑膠之支架材質並非造成支架斷裂釀成火災之原因，飛機製造廠生產線上因電纜線安裝所產生之額外負載方為發生事故之主要原因。(2.1.3)

### 與風險有關之調查發現

1. FAA 隔熱毯測試報告顯示，在兩片表面無污染之新隔熱毯試片執行棉球燃燒測試，兩片試片延燒現象均在規定之 8 吋範圍內熄滅；另兩片測試表面有污染之隔熱毯試片，延燒均超過規定之 8 吋範圍。兩項未達標準的測試，顯示表面污染情形愈嚴重則延燒範圍愈大。(1.16.2)
2. 依據 1.6.6.1 隔熱毯之污染、1.12.2.1 地板下機身及 1.16.2 FAA 隔熱毯測試與研究結果，該隔熱毯表布污染物包含 CIC 等雜物。隔熱毯上之 CIC 污漬較他處更易留置空氣中之毛髮、棉絮、纖維等物，上述情形若遇電弧火花，則可能被引燃，並造成助長火勢之結果。(2.2.1)
3. 航機上次 D Check 完成日距本事故發生已有 3 年 6 個月 (3.5 年)，依據 1.6.6 隔熱毯之污染，其污染之堆積量經 FAA 測試結果顯示，當此遭受污染之隔熱毯觸及電纜火花時，則可能被引燃。這段時間以來隔熱毯上污染物堆積之量即已

形成火災造成飛機結構實質損害，事發時距下次 D Check 清潔週期尚有 2 年 6 個月（2.5 年），斯時污染情形將更嚴重，測試結果顯示，污染愈嚴重延燒範圍愈大，且類似火災發生時間愈晚，污染物堆積量愈大，則航機損害將更嚴重。

（2.3.1）

4. 長榮未將 AMM 中相關隔熱毯受 CIC 污染之維修作為納入工單中提示，使檢查工單 1A62IN 並沒有詳列隔熱毯遭受 CIC 污染後的處置要求，維修人員遭遇 CIC 污染隔熱毯情況時將無法有所作為。（2.3.2）

5. 長榮於收到波音服務信函 747-SL-25-170-B 後，未能確實進行評估並採取措施，免於類似災害之發生，顯示長榮對隔熱毯遭受 CIC 及棉絮污染狀況之重視及警覺不足，所定之維修計畫欠完善。（2.3.3）

6. 該機返台後結構檢測發現一地板樑結構受損，顯示該機於事故後從曼谷往倫敦再返回桃園機場之維護簽放未按結構修理手冊程序，未考量受熱損須經檢測。（2.3.4）

7. 該機火源發生於下貨艙，燃燒後煙透過通氣炭板漫出，客艙組員無法立即發現火源位置。（2.5.1）

8. 客艙組員在未發現火源的狀況下，未能展開消防作業。（2.5.2）

9. 濃煙快速散佈客艙的過程中，因隔簾關閉阻隔，客艙前後區未能通透，組員應變時雖以口頭及肢體動作指示乘客往前移動，惟未透過 PA 指示前區乘客加速離機，部分乘客在未接到任何應變或安撫指令下，少數乘客因此狀況產生恐慌、推擠 R5 客艙組員、強行開啓 R5 艙門等作為。（2.5.4）

10. L4 客艙組員因協助同仁處理異常狀況致 L4 機門無客艙組員監管而遭乘客開啓。（2.5.5）

## 其它發現

1. 電纜支架管壁和耳部之尺寸，均符合工程圖要求。另依金相分析、微硬度試驗結果，研判該材料為 6061 系列鋁合金，與規範相符。(1.16.1)
2. 中科院以 SEM 檢視斷裂面，發現局部區域呈現疲勞紋特徵，斷裂面藍框區域呈現延性凹渦 (Dimple) 破壞特徵，研判此區域為最後強制破壞區域。檢測報告結論如下，電纜線支架試樣係因疲勞負荷作用而發生破壞，研判係上方耳部在支架基部轉角處承受過大的疲勞負荷而斷裂，隨後造成下方耳部的變形及鉚釘鬆脫。(2.1.1)
3. 支架承受約 18 磅向下之額外負載。(1.12.2.1)
4. 該隔熱毯表布污染物包含 CIC、合成纖維、天然纖維、動物毛髮、植物性纖維、礦物微粒、聚苯乙烯、金屬碎片及昆蟲等。CIC 污染應係結構檢查作業時，維修人員施工時將使用之 CIC 潑濺於隔熱毯上所致；合成纖維、天然纖維等應係由座椅、地毯等客艙內布質裝潢及機上人員之衣物脫落而來；植物性纖維、礦物微粒及昆蟲應係機艙空調系統由外界導入；動物毛髮、聚苯乙烯、金屬碎片等應係乘客或其他人員活動時所遺留。(2.2.1)
5. 波音公司測試隔熱毯表面薄膜之成份分析，檢測報告結論為隔熱毯表布符合規範要求。(1.16.2)
6. 1 號輔助發電機電路發生電流異常差異現象，且差異電流大於  $20\pm 5$  安培且持續時間超過 0.04 秒之設定，於是保護電路致動 1 號輔助發電機之控制繼電器 AGCR 及電源斷電器 APB，使 1 號輔助發電機供電中斷，短路部位不致繼續發生火花而使火勢增強，該機職司電源控制及保護之 1 號 AGCU 功能正常。(2.4)
7. 修護紀錄無異常之登錄。(1.6.8.4)
8. 事故後，客艙組員分別通知事務長及機長，其通報流程符合手冊規範。(2.5.1)
9. 該公司客艙組員消防訓練課程符合民用航空相關法規要求。(2.5.2)

10. 該機當時靠抵空橋乘客已在離機過程，若執行緊急撤離程序，容易造成地面車輛疏散不及或機上乘客推擠，或因駕駛艙及客艙準備撤離作業反而花費更多時間，未必能安全撤離。(2.5.3)

## **飛安改善建議**

### **致長榮航空公司**

1. 量測並改善同型機隊於機身站位 STA 2060 處電纜線安裝不當產生額外負載之問題。(ASC-ASR-11-02-001)
2. 參考波音服務信函 747-SL-25-170-B，重視波音機隊經驗，加強客貨艙污染清除之實質評估，據以修訂維修計畫並確實執行。(ASC-ASR-11-02-002)
3. 依據 AMM 審視 1A62IN 及所有類似工單內容，增訂隔熱毯遭受 CIC 污染後之檢視及處置方法等，俾便維修人員確實遵照實施。(ASC-ASR-11-02-003)
4. 該機從曼谷往倫敦再返回桃園之載客飛行過程，航機部分客艙地板結構已受熱損壞，長榮應強化外站簽放機制，避免類似情事之再發生。(ASC-ASR-11-02-004)
5. 強化組員手冊內有關客艙消防之火源搜尋、滅火作業、隔簾啓閉時機及離開責任區之職務代理、指揮、通聯、宣告及乘客安撫等程序，特別考量走道被佔據之狀況，並列入空服及航務相關複訓課程。(ASC-ASR-11-02-005)

### **致交通部民航局**

1. 督導國內相關業者改善 B747-400 同型機隊於機身站位 STA 2060 處電纜線安裝不當產生額外負載之問題。(ASC-ASR-11-02-006)
2. 督導國內相關業者加強 B747-400 同型機隊客貨艙污染之實質評估，據以修訂客貨艙清潔計畫並確實執行。(ASC-ASR-11-02-007)

3. 督導長榮審視 1A62IN 及類似工單之內容，增訂隔熱毯遭受 CIC 污染後之檢視及處置方法等，俾便維修人員確實遵照實施。(ASC-ASR-11-02-008)
4. 該機從曼谷往倫敦再返回桃園之載客飛行過程，航機部分客艙地板結構已受熱損壞，民航局應督導長榮強化外站簽放機制，避免類似情事之再發生。  
(ASC-ASR-11-02-009)
5. 督導長榮強化組員手冊內有關客艙消防之火源搜尋、滅火作業、隔簾啓閉時機及離開責任區之職務代理、指揮、通聯、宣告及乘客安撫等程序，特別考量走道被佔據之狀況，並列入空服及航務相關複訓課程。(ASC-ASR-11-02-010)

#### **致波音飛機製造公司**

1. 提出有效方法解決機身站位 STA 2060 處支架，因 APU 電纜線安裝所產生之額外負載和後續航機動態應力，造成電纜支架過負載斷裂的問題。  
(ASC-ASR-11-02-011)

#### **致美國聯邦航空總署**

1. 督導波音提出有效方法解決機身站位 STA 2060 處支架，因 APU 電纜線安裝所產生之額外負載和後續航機的動態應力，造成電纜支架過負載斷裂的問題。  
(ASC-ASR-11-02-012)

## 目 錄

摘要報告 .....	I
目 錄 .....	VII
表目錄 .....	XI
圖目錄 .....	XIII
第一章 事實資料 .....	1
1.1 飛航經過 .....	1
1.2 人員傷害 .....	2
1.3 航機損害情況 .....	2
1.4 其他損害情況 .....	2
1.5 人員資料 .....	2
1.5.1 駕駛員經歷 .....	2
1.6 航空器資料 .....	3
1.6.1 航空器基本資料 .....	3
1.6.2 發動機資料 .....	4
1.6.3 性能及載重平衡資料 .....	4
1.6.4 輔助動力單元供電系統 .....	4
1.6.4.1 輔助發電機 .....	5
1.6.4.2 輔助發電機電源線 .....	5
1.6.4.3 輔助發電機控制 .....	6
1.6.4.4 輔助發電機供電程序 .....	8
1.6.4.5 輔助發電機保護機制 .....	8
1.6.5 隔熱毯 .....	9
1.6.6 空調系統 .....	10
1.6.6.1 空調系統簡介 .....	10
1.6.6.2 隔熱毯污染 .....	11

1.6.7	維修相關文件 .....	14
1.6.7.1	波音服務信函 .....	14
1.6.7.2	飛機維修手冊 .....	16
1.6.7.3	工單 1A62IN .....	16
1.6.7.4	維修紀錄 .....	18
1.7	天氣資訊 .....	18
1.8	助、導航設施 .....	18
1.9	通信 .....	18
1.10	場站資料 .....	18
1.11	飛航紀錄器 .....	19
1.11.1	座艙語音紀錄器 .....	19
1.11.2	飛航資料紀錄器 .....	19
1.12	航空器損害情形 .....	20
1.12.1	外觀損傷描述 .....	22
1.12.2	客艙部份 .....	22
1.12.2.1	地板下機身 .....	24
1.12.2.2	機身結構部份 .....	38
1.12.2.3	其他發現 .....	42
1.13	醫學與病理 .....	43
1.14	失火 .....	43
1.14.1	輔助發電機電源線損害狀況 .....	44
1.14.2	隔熱毯損害情形 .....	46
1.15	生還因素 .....	47
1.15.1	客艙應變作業 .....	47
1.15.1.1	發現冒煙、監控及通報 .....	47
1.15.1.2	機長指示 .....	48

---

1.15.1.3	事務長處置 .....	48
1.15.1.4	乘客撤離及客艙消防準備 .....	48
1.15.1.5	乘客開啓 L4 號門 .....	49
1.15.1.6	客艙消防處置 .....	49
1.15.1.7	其他 .....	49
1.15.2	客艙配置 .....	50
1.15.3	客艙組員訓練 .....	52
1.16	測試與研究 .....	52
1.16.1	電纜支架測試與研究 .....	52
1.16.2	隔熱毯測試與研究 .....	56
1.17	組織與管理 .....	57
1.18	其他 .....	57
1.18.1	駕駛員訪談資料 .....	57
1.18.1.1	CM-1 .....	58
1.18.1.2	CM-2 .....	58
1.18.2	維修人員訪談資料 .....	58
1.18.2.1	維修人員 .....	58
1.18.2.2	駐曼谷機務代表 .....	59
第二章	分析 .....	61
2.1	電纜與支架 .....	61
2.1.1	支架損害 .....	61
2.1.2	支架應力 .....	61
2.1.3	支架之設計 .....	64
2.2	火災與污染 .....	65
2.2.1	污染物來源 .....	65
2.3	維修作業 .....	66

2.3.1	清潔作業 .....	66
2.3.2	工單 1A62IN .....	66
2.3.3	長榮對波音服務信函之評估 .....	67
2.3.4	外站簽放作業 .....	68
2.4	飛機輔助電力系統 .....	69
2.5	生還因素 .....	69
2.5.1	尋找火源及通報 .....	70
2.5.2	滅火時機 .....	70
2.5.3	啓動緊急撤離之判斷 .....	71
2.5.4	應變作為 .....	71
2.5.5	組員支援及責任代理 .....	73
第三章	結論 .....	75
3.1	與可能肇因有關之調查發現 .....	75
3.2	與風險有關之調查發現 .....	76
3.3	其它發現 .....	77
第四章	飛安改善建議 .....	79
4.1	改善建議 .....	79
4.2	已完成或進行中之改善措施 .....	80
附錄一	乘客陳述事故經歷 .....	83
附錄二	中科院受損電纜支架材料測試報告 .....	89
附錄三	美國 NTSB 隔熱毯測試報告 .....	101
附錄四	波音服務信函 .....	119
附錄五	長榮在本會第 141 次委員會議中之陳述意見 .....	123
附件	清單 .....	129

---

## 表目錄

表 1.5-1	駕駛員基本資料表.....	2
表 1.6-1	航空器基本資料.....	3
表 1.6-2	發動機基本資料.....	4
表 1.6-3	BR 67 載重及平衡相關資料表.....	4
表 1.6-4	AGCU 之電源保護功能.....	9
表 1.12-1	長榮航太檢查修理結果狀況.....	42
表 1.14-1	已拆換隔熱毯資訊.....	46
表 1.15-1	客艙緊急裝備表.....	51
表 1.16-1	化學成份分析.....	54

本頁空白

## 圖目錄

圖 1.6-1	輔助發電機電源線固定.....	6
圖 1.6-2	輔助發電機系統.....	6
圖 1.6-3	電器系統控制面板位置.....	7
圖 1.6-4	輔助發電機控制開關位置.....	8
圖 1.6-5	客貨艙空氣循環圖.....	11
圖 1.6-6	隔熱毯樣本（一）.....	12
圖 1.6-7	隔熱毯樣本（二）.....	13
圖 1.6-8	隔熱毯樣本（三）.....	14
圖 1.6-9	CMC 下載紀錄.....	18
圖 1.12-1	隔熱毯焚燒與 APU 供電纜線損傷相關位置.....	20
圖 1.12-2	機身結構煙燻及變色與下機身隔熱毯焚燒損害區域圖示.....	21
圖 1.12-3	側牆飾板背面.....	22
圖 1.12-4	側牆板隔熱毯底端至中段煙燻及變色.....	23
圖 1.12-5	側牆板隔熱毯底部焚毀碳化.....	23
圖 1.12-6	客艙地板下表面碳化脫層.....	24
圖 1.12-7	STA 2020~STA 2040 隔熱毯朝機身內側之損害情形.....	25
圖 1.12-8	STA 2020~STA 2040 隔熱毯朝機身內側之損害情形.....	26
圖 1.12-9	STA 2040~STA 2060 隔熱毯碎片（上、中、下）.....	27
圖 1.12-10	隔熱毯表層焚毀融化.....	28
圖 1.12-11	隔熱毯裡層隔熱材焦灰.....	28
圖 1.12-12	部份焚毀隔熱毯殘塊灰塵、污漬及客艙異物堆積狀況.....	29
圖 1.12-13	隔熱毯灰塵堆積與污漬狀況.....	29
圖 1.12-14	隔熱毯灰塵堆積與污漬狀況.....	30
圖 1.12-15	機上其餘各系統組件灰塵堆積狀況.....	30
圖 1.12-16	貨艙地板下方 STA 1940~STA 1960 隔熱毯污染狀況.....	31

圖 1.12-17	貨艙地板下方 STA 1960~STA 1980 隔熱毯污染狀況.....	32
圖 1.12-18	貨艙地板下方 STA 1980~STA 2000 隔熱毯污染狀況.....	32
圖 1.12-19	隔熱毯上灰塵與污漬近照.....	33
圖 1.12-20	APU 供氣管外之隔熱毯表層熱熔.....	33
圖 1.12-21	APU 供電電纜.....	34
圖 1.12-22	供電電纜橫切面.....	34
圖 1.12-23	受損支架與機身之相對位置.....	35
圖 1.12-24	支架實際安裝位置示意圖.....	35
圖 1.12-25	支架安裝方式.....	36
圖 1.12-26	新安裝之支架位置已經向下方移動 (View looking IB).....	36
圖 1.12-27	斷裂之電纜支架.....	37
圖 1.12-28	固定座螺栓尾部熔蝕痕跡及電弧產生之灰白與黑色粉狀物散佈於 上表面 (View looking AFT).....	37
圖 1.12-29	事故發生後拍攝之現場照片 (由長榮提供).....	38
圖 1.12-30	STA 2060 地板樑前方側 Forward Side (View looking DOWN & AFT, L/H of A/C).....	39
圖 1.12-31	STA 2060 地板樑後方側 Rear Side (View looking DOWN & FWD, L/H of A/C).....	39
圖 1.12-32	STA 2040~STA 2060 客艙側邊結構.....	40
圖 1.12-33	STA 2040~STA 2060 客艙側邊結構.....	41
圖 1.12-34	STA 2040 前方隔音片表層脫膠翹起.....	41
圖 1.12-35	同型機同位置電纜支架底座狀況.....	43
圖 1.14-1	支撐廢水櫃管路固定螺桿.....	44
圖 1.14-2	摩擦破皮之電源線.....	44
圖 1.14-3	電源線產生高溫熔化痕跡-1.....	45
圖 1.14-4	電源線產生高溫熔化痕跡-2.....	45

---

圖 1.14-5	可辨識之隔熱毯樣本 .....	46
圖 1.14-6	隔熱毯損害部位狀況 .....	47
圖 1.15.1	客艙組員職責分配圖 .....	50
圖 1.15.2	客艙配置圖 .....	50
圖 1.15.3	客艙緊急裝備配置圖 .....	51
圖 1.16-1	檢送之電纜支架 .....	52
圖 1.16-2	受損支架巨觀觀察 .....	53
圖 1.16-3	支架上耳部巨觀觀察 .....	53
圖 1.16-4	斷裂面微觀 .....	54
圖 1.16-5	下耳部表面裂紋 .....	55
圖 1.16-6	上耳部 b 面之表面缺陷 .....	55
圖 1.16-7	備品耳部 b 面之表面缺陷 .....	56
圖 1.16-8	隔熱毯燃燒測試 .....	57
圖 2.1-1	支架有限元素分析模型 .....	62
圖 2.1-2	支架之主應力分佈圖 .....	62
圖 2.1-3	斷裂支架之三角網格 .....	63
圖 2.1-4	支架之主應力分佈圖 .....	64

本頁空白

# 第一章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 97 年 2 月 23 日，長榮航空公司（以下簡稱長榮）BR67 班機，機型波音 B747-400，國籍標誌及登記號碼 B-16410，執行由桃園國際機場至泰國曼谷蘇凡納布國際機場（以下簡稱曼谷國際機場）之定期航班載客任務，載有飛航組員 2 人、非執勤飛航組員 3 人、客艙組員 14 人、乘客 296 人，合計 315 人。

該機於台北時間 0934 時<sup>1</sup>自桃園國際機場起飛，1301 時於曼谷國際機場降落。該機於 1307 時靠空橋，乘客開始下機，1310 時乘客發現座位 64A/65A 左側通氣炭板冒煙，客艙組員請乘客儘速由空橋下機。乘客下機後，長榮駐曼谷機務代表關閉該機電源，並使用機上滅火瓶於客艙由網狀通氣炭板向下噴灑，熄滅煙霧。機載人員均無人受傷，過程中乘客曾自行開啓 L4 及 R5 艙門。

該機務人員發現後貨艙靠近廢水櫃艙附近，固定線束之鋁質支撐架固定鉚釘斷裂脫落，1 號輔助發電機三相電源供線之其中一條線，外部絕緣包覆與支撐廢水櫃管路之固定螺桿磨擦破損，導致裸露之金屬線與機身搭接造成短路現象，使後貨艙底部隔熱毯產生煙霧。該機務代表經檢查附近區域，除受損之 APU 供電電纜及隔熱毯外，飛機結構表面有燻黑的現象，但是可以用手抹去；其他系統均確認正常，故停用 APU，並將該發電機電纜線磨損破皮部位以絕緣包覆隔離後，該航班續飛倫敦。

本會於 2 月 25 日接獲事故通報，2 月 26 日該機自倫敦返台。本會依事故調查標準作業程序認定該事故符合飛航事故調查法第二條第一項第一款「飛航事故」之定義。因本案為發生於境外之飛航事故，依飛航事故調查法第六條，立即聯絡泰國民航局主管事故調查單位。經協調後，泰方依照國際民航組織第 13 號附約

---

<sup>1</sup> 本報告時間均係台北時間，採 24 小時制。

第 5 章第 5.1 節之規定，授權本會進行全部之事故調查。

## 1.2 人員傷害

無。

## 1.3 航機損害情況

APU 供電電纜熱損；機身一地板樑與兩縱桁局部遭受熱損，經非破壞性檢查，該部位結構實質受損，詳見 1.12。

## 1.4 其他損害情況

無。

## 1.5 人員資料

### 1.5.1 駕駛員經歷

表 1.5-1 駕駛員基本資料表

項目	CM-1	CM-2
性別	男	男
年齡 (歲)	43	33
進入長榮航空公司日期	86 年 12 月 1 日	93 年 10 月 20 日
證照種類	固定翼航空器民航業運輸駕駛員執業證書	固定翼航空器民航業運輸駕駛員執業證書
檢定證/到期日	B747-400/99 年 5 月 17 日	B747-400 F/O/101 年 6 月 1 日
體檢種類/到期日	甲類駕駛員體檢及格證 / 97 年 4 月 30 日	甲類駕駛員體檢及格證 / 97 年 6 月 30 日
總飛行時數	15,362 小時 22 分	4,632 小時 04 分
該機型總飛行時數	3,165 小時 45 分	2,556 小時 57 分
12 個月內飛行時數	618 小時 20 分	950 小時 42 分
90 日內飛行時數	122 小時 09 分	243 小時 16 分
30 日內飛行時數	20 小時 13 分	67 小時 24 分
7 日內飛行時數	13 小時 20 分	13 小時 47 分
事故當日飛行時數	3 小時 49 分	3 小時 49 分
事故前休息時數	13 小時 50 分	11 小時 57 分
最近一次飛航檢定	96 年 11 月 28 日	96 年 11 月 10 日

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器基本資料

該機基本資料詳表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表 (統計至 97 年 2 月 23 日)	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-16410
機型	B747-45E
製造廠商	美國波音飛機公司
出廠序號	29061
出廠日期	民國 87 年 1 月 19 日
交機日期	民國 87 年 1 月 19 日
所有人	長榮航空公司
使用人	長榮航空公司
登記證編號	87-695
適航證編號	97-01-018
適航證書生效日期	民國 97 年 1 月 16 日
適航證書有效期限	民國 98 年 1 月 15 日
航空器總使用時數	49232 小時 2 分
航空器總落地次數	7003 次
上次週期檢查種類及日期	A04 Check 民國 97 年 2 月 19 日
上次週期檢查後使用時數	39 小時 54 分
上次週期檢查後落地次數	8 次
上次 D Check 檢查日期	民國 91 年 11 月 27 日
轉換檢查日期(執行後 D Check 期限由 5 年改為 6 年)	民國 93 年 8 月 24 日
最大起飛重量	394,625 公斤
第二最大起飛重量 (短程使用)	317,513 公斤

## 1.6.2 發動機資料

該機裝有四具奇異 (General Electric) 公司生產之 CF6-80C2B1F 型發動機，相關基本資料詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發動機基本資料表 (統計至 97 年 2 月 23 日)				
製造廠商	General Electric Company			
編號/位置	No. 1/左	No. 2/左	No. 3/右	No. 4/右
型別	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F
序號	704104	704334	702800	706476
總使用時數	63396 小時	56516 小時	46558 小時	28364 小時

## 1.6.3 性能及載重平衡資料

該航班最大起飛重量限制為 317,513 公斤，最大落地重量限制為 285,763 公斤。最大零油重量 (Max zero fuel weight) 限制為 242,671 公斤。最大重量時之起飛及落地重心指標範圍 (Center of gravity index range) 約為 10.1% M.A.C. 至 31.5% M.A.C.。最大零油重量時之起飛及落地重心指標範圍約為 15.0% M.A.C. 至 31.6% M.A.C.。

根據該航班之載重平衡表，該航班之載重平衡資料如下：

表 1.6-3 BR 67 載重及平衡相關資料表

該航班零油重量	222,000 公斤
起飛油量	41,900 公斤
起飛總重量	263,900 公斤
預計航行中耗油	30,200 公斤
預計落地重量	233,700 公斤
起飛重心位置	23.9% M.A.C.

## 1.6.4 輔助動力單元供電系統

飛機於正常飛行操作階段供電來自四具發動機驅動之主發電機，起飛前及落

地後地面滑行階段或地停期間則使用兩具輔助發電機電源或外電源；APU 供電系統元件包含有：兩具輔助發電機、發電機手動重置面板、五具變流器、兩組輔助動力斷電器、兩組匯流排控制單元以及兩組輔助發電機控制單元（Auxiliary Generator Control Unit, AGCU），其中 AGCU 係用以監控輔助發電機輸出之電流、電壓及頻率之穩定，如發生不正常操作或異常狀況時，即刻脫離供電線路，確保供電系統安全。

#### 1.6.4.1 輔助發電機

輔助發電機共兩具，型式相同可互相交換使用，分別以一快拆環與位於機身尾部之輔助動力單元負載齒輪箱連接，發電機為無碳刷式，每具可提供 400Hz、三相、115V 交流電、最大 90KVA 之負載輸出。

#### 1.6.4.2 輔助發電機電源線

依據波音公司 747 機型線路圖手冊（Wiring Diagram Manual, WDM）編號 24-21-51 第 5.1 頁，輔助發電機電源線束包含三條電線，各條電線編號分別為 W944-111-2/0 (AL)、W944-112-2/0 (AL)、W944-113-2/0 (AL)；以 W944-111-2/0 (AL) 為例，其中 W944 代表線束號碼，111 代表電線號碼，2/0 代表採用美國線規（American Wire Gauge, AWG）”00” 號，電線直徑為 0.3648 英吋，AL 代表使用鋁質材料導線。

該線束起始自機尾 APU 艙，先以 AWG ”0” 號銅線個別連接發電機，穿出 APU 艙防火牆前再以 AWG ”00” 號鋁線接合，一左一右分別穿過客艙地板下，利用鋁質或塑膠支撐架（Standoff）固定於機身結構上（詳圖 1.6-1），最後連接至位於主裝備中心（Main Equipment Center, MEC） P714 及 P715 面板，個別之輔助動力斷電器（Auxiliary Power Breaker, APB），詳圖 1.6-2。



圖 1.6-1 輔助發電機電源線固定

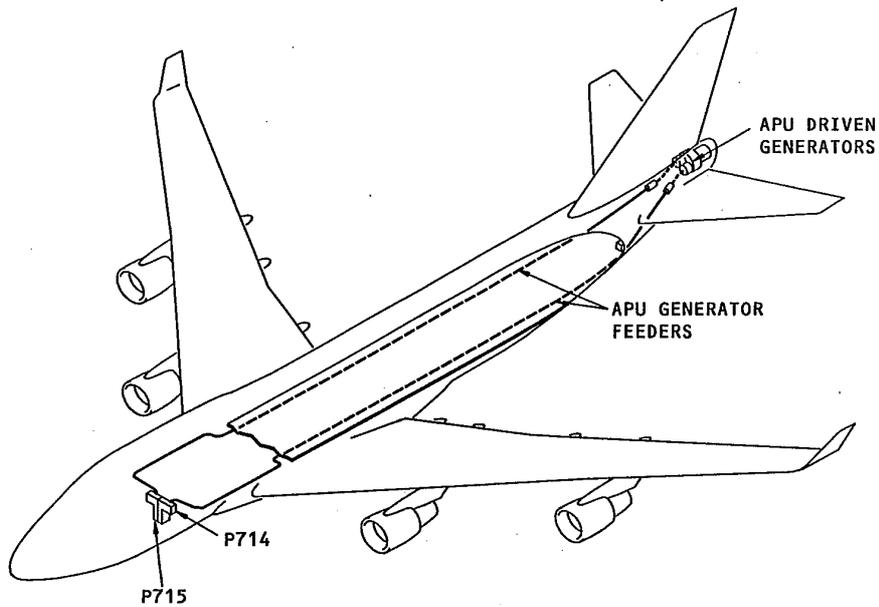


圖 1.6-2 輔助發電機系統

### 1.6.4.3 輔助發電機控制

輔助發電機控制開關位於駕駛座上方之飛機電器系統控制面板上，該面板位置詳圖 1.6-3。

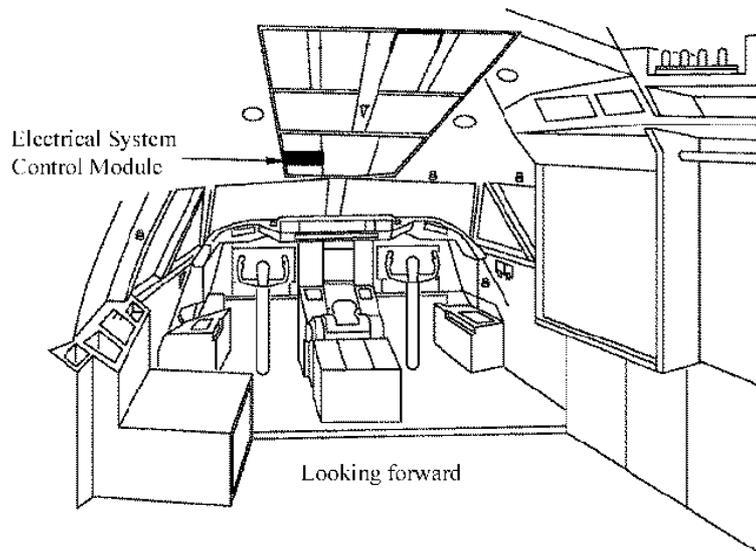


圖 1.6-3 電器系統控制面板位置

各相關開關位置及功能簡要說明如後（詳圖 1.6-4）：

1. 輔助發電機開關（APU GEN 1、2）：當白色 AVAIL 燈亮時，表示輔助發電機輸出之電壓及頻率均於穩定範圍，按下開關可接通或關斷由輔助發電機供應至電力系統之電源。
2. 輔助發電機電源供電燈 ON 亮：當輔助發電機正常供應電力至相關電力系統時，白色 ON 燈亮。
3. 發電機控制開關（GEN CONT）：當輔助發電機電源可用時，按下開關可接通發電機電流至相關電力系統。
4. 發電機控制 ON 燈亮：表示輔助發電機電源在可用狀態，且正供應電流至相關電力系統。
5. 發電機控制 OFF 燈亮：為一橘黃色指示燈，表示輔助發電機電源在不可用狀態，且未連接至相關電力系統。

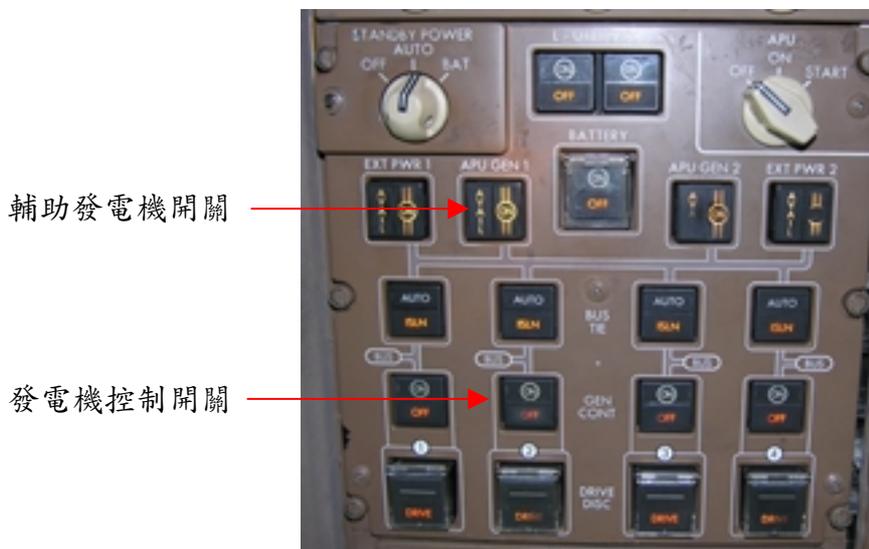


圖 1.6-4 輔助發電機控制開關位置

#### 1.6.4.4 輔助發電機供電程序

輔助發電機電源使用時機為當飛機落地後進入停機坪，未完成停靠及接上外電源前，或飛機拔除外電源開始後推，至離開停機坪前；從使用發動機驅動之主發電機電源轉換至輔助發電機電源，首先需啟動 APU，當 APU N1 轉速達 95% 時，位於駕駛座上方 P5 面板之 APU GEN 1、2 號 AVAIL ON 燈亮，駕駛員按下 1 或 2 號 AVAIL 開關後，主發電機與 1 或 2 號輔助發電機同時間並行運轉，當輔助發電機轉速及輸出電壓達限制之穩定範圍時，主發電機 GCB 跳脫，由輔助發電機接續供電服務；若 1 或 2 號 APU AVAIL 燈未亮，且發電機控制 OFF 燈亮時，APB P714 或 P715 為開路狀態無法供電。

#### 1.6.4.5 輔助發電機保護機制

輔助發電機系統之電源控制及保護由兩具完全相同之 AGCU 負責，AGCU 在輔助發電機供電有下列異常狀況時提供系統之保護（詳表 1.6-4）：

1. 電壓過高 (Overvoltage, OV)：當輔助發電機電壓超過  $130 \pm 3$  伏特時，輔助發電機供電將跳脫。

2. 電壓過低 (Undervoltage, UV) : 當輔助發電機三相電壓平均值低於  $104.5 \pm 1.5$  伏特且超過  $9 \pm 1$  秒時，輔助發電機供電跳脫。
3. 發電機轉速過低 (Underspeed, US) : 當輔助發電機輸出轉速低於 95% 時，在 0.25-0.60 秒之時間延遲後使輔助發電機供電跳脫。
4. 電流差異過大 (Differential Current) : 供電電流差異保護電路負責監控發電機及線路中電流差異，當差異電流大於  $20 \pm 5$  安培且持續時間超過 0.04 秒時，保護電路會致動輔助發電機控制繼電器及電源斷電器，使輔助發電機供電跳脫。

表 1.6-4 AGCU 之電源保護功能

FUNCTION	SENSING	THRESHOLD	TIME DELAY	TRIPS	REMARKS
OVERVOLTAGE (OV)	HIGHEST PHASE POR VOLTAGE	$>130 \pm 3$ VOLTS	INVERSE	AGCR, APB	
UNDERVOLTAGE (UV)	AVERAGE OF 3-PHASE POR VOLTAGES	$<104.5 \pm 1.5$ VOLTS	$9 \pm 1$ SEC	AGCR, APB	LOCKED OUT BY US
UNDERSPEED (US)	APU UNDERSPEED SWITCH	APU SPEED LESS THAN 95% $<380$ Hz	0.25 TO 0.60 SECONDS	APB	LOCKS OUT UV
DIFFERENTIAL CURRENT PROTECTION (DP)	GENERATOR DPCT AND LINE DPCT	$20 \pm 5$ AMPS ABSOLUTE DIFFERENCE BETWEEN GENERATOR CURRENT AND SUM OF LOAD AND SYNC BUS CURRENT	0.04 SECONDS	AGCR, APB	
POWER READY	NONE	OV, UV, US, OC	$150 \pm 50$ MSEC		APB WILL CLOSE IF NO TRIPS ARE PRESENT

### 1.6.5 隔熱毯

依據波音公司材料規格 (Boeing Material Specification)，飛機內裝所使用隔熱毯必須使用質量輕、防火且為柔軟可彎折之材料製成，主要用途為隔絕機外溫度及噪音；飛機上所裝用隔熱毯內部以玻璃纖維棉絮裝填，覆以防火之強化塑膠表布；因飛機內部形狀及各項裝備限制，各部位安裝之隔熱毯尺寸各有不同，基本上以飛機縱向每 20 吋為一個單位，配合飛機框架及縱樑位置緊貼飛機蒙皮內部安裝，不同部位且不同尺寸之隔熱毯料件號亦不相同。

經檢視事故機於後貨艙及廢水櫃艙附近區域，由燃燒損害之隔熱毯表面打印

資料有波音公司料件號、所參照工程圖版本日期及製造廠家，得知安裝該批隔熱毯所參照工程圖版本日期均早於該機出廠交機日期（民國 87 年 1 月 19 日）。

依據長榮 747 機型飛機維修手冊 25-00-00-308-038（AMM, Oct 18, 2007），凡長榮 747 飛機出廠日期在民國 92 年 9 月 2 日前，且機內所安裝之隔熱、防噪音之絕緣材料有不符美國聯邦法規第 25.856<sup>2</sup>章（FAR Part 25.856）規範者，必須於下一次修補時更換隔熱毯表布為 BMS8-142 或 BMS8-115 材質，以符合新制定之防火規範；該機出廠日期為民國 87 年 1 月 19 日，本次事故發生前安裝於機後貨艙及廢水櫃艙附近區域隔熱毯表布材質符合美國聯邦法規第 25.856 章規範。

## 1.6.6 空調系統

### 1.6.6.1 空調系統簡介

飛機空調系統包含空調機、空氣分配及再循環、溫控及加熱等次系統，用以提供乘客及組員於飛航過程中舒適之環境；空調系統氣源來自發動機、輔助動力單元或由地面外接提供，客艙空調由位於艙頂之空氣導管連接至位於艙壁之擴散管，由擴散管內之分流器提供適當空氣量經由噴嘴排放至客艙，客艙中空氣如圖 1.6-5 所示於座椅間循環流動，再經由位於客艙地板之回流氣孔流至下貨艙，下貨艙有兩具循環風扇，可將客艙空氣重新送回空氣分配管路，與新鮮空氣混合後再利用以減少油耗；位於後貨艙底部兩具排放閥排放適量空氣至機外，以控制客艙內額定之壓力高度。

---

<sup>2</sup> (a) 裝於機身之隔熱/隔音材料必須符合美國聯邦法規第 25.856 章附錄 F 第六部分或其他等同規定之火焰傳播測試需求。

(b) 對於載客數超過(含)20 人以上之飛機，安裝於機身下半部之隔熱/隔音材料必須符合美國聯邦法規第 25.856 章附錄 F 第七部分或其他等同規定之火焰燒穿測試需求，但本需求不適用於會阻擋火焰燒穿之隔熱/隔音裝置。

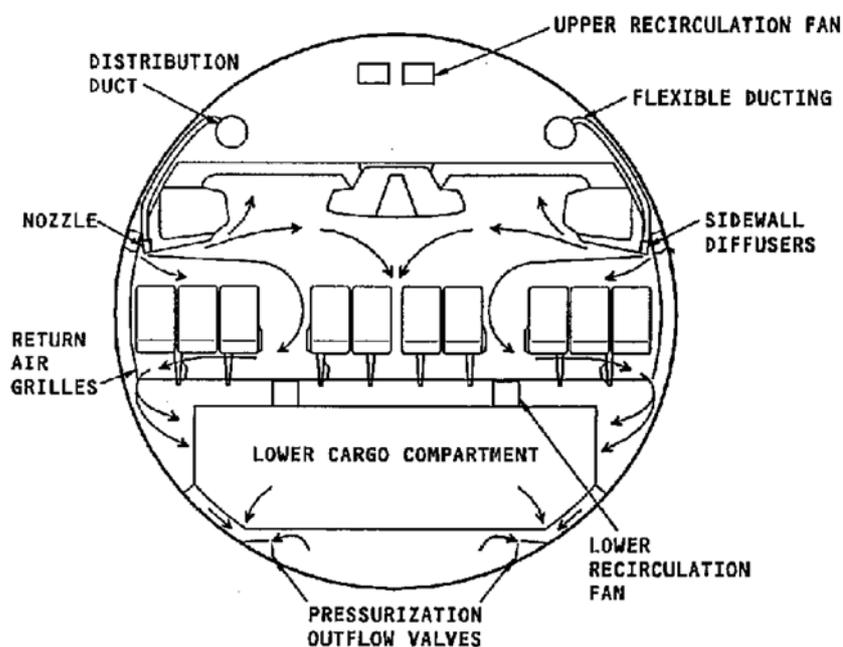


圖 1.6-5 客貨艙空氣循環圖

### 1.6.6.2 隔熱毯污染

該機於事故後已將 STA（機身站位）2020 至 STA 2060，機身左側客艙及下貨艙隔熱毯全部更換，緊鄰 STA 2020 區塊（STA 2000 至 STA 2020）之隔熱毯亦於維修時清理乾淨，調查人員登機檢視後採樣 STA 1940 至 STA 2000 下貨艙隔熱毯，詳圖 1.6-6~圖 1.6-8，各圖中局部放大之 a1、b1 及 c1 圖均位於氣流轉折處之回流氣孔下方，可明顯看出毛髮、纖維及棉絮之堆積量均多於同一片隔熱毯其他部位。

STA 1940~1960

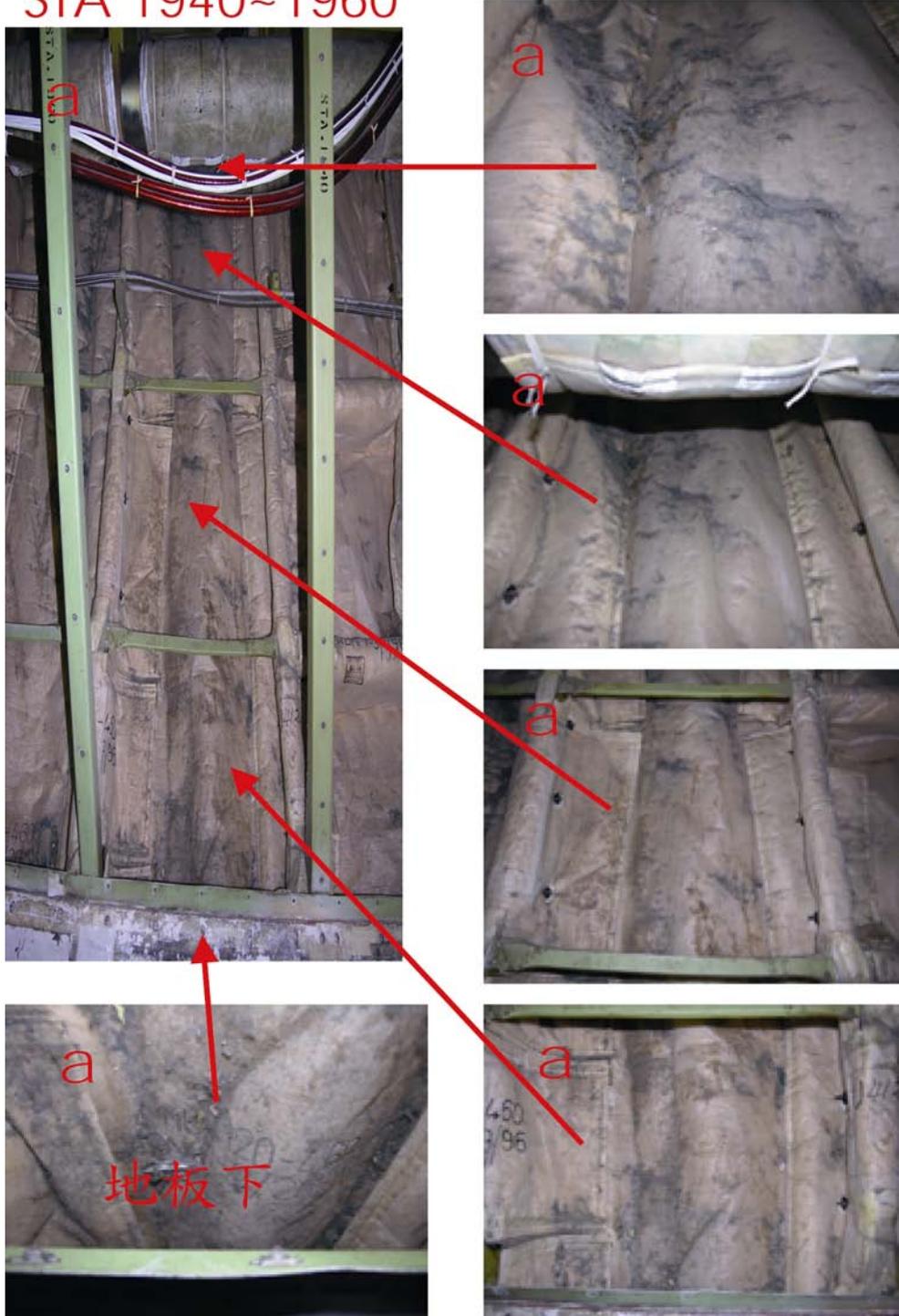


圖 1.6-6 隔熱毯樣本 (一)

STA 1960~1980

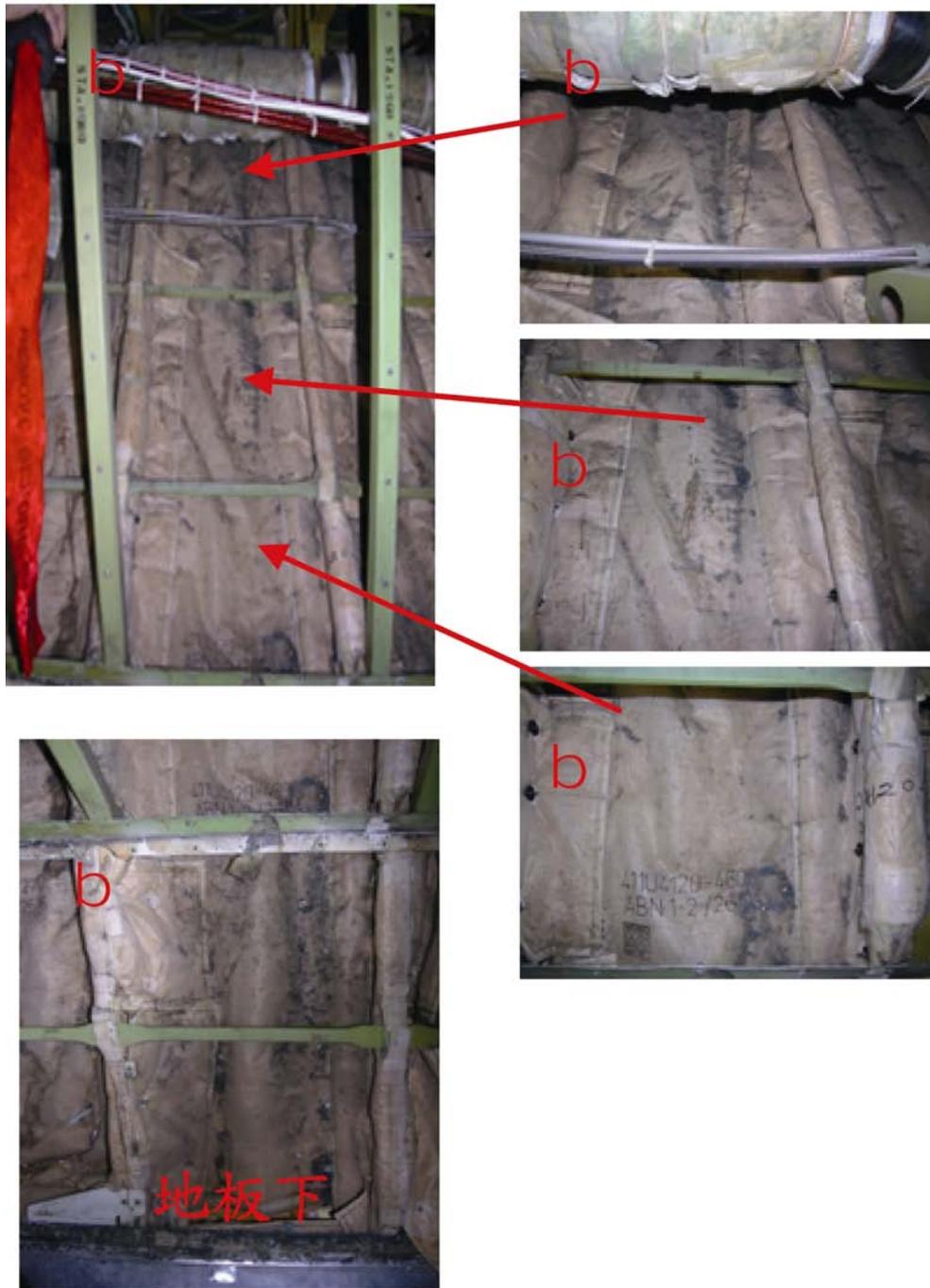


圖 1.6-7 隔熱毯樣本 (二)

## STA 1980~2000



圖 1.6-8 隔熱毯樣本（三）

### 1.6.7 維修相關文件

#### 1.6.7.1 波音服務信函

波音於 1998 年 3 月 23 日發布「預防隔熱毯污染導致影響防火效能」為主題之服務信函，該函係針對波音公司生產所有機型發行，747 機型服務信函編號為 747-SL-25-170，旨述波音機隊經驗電纜火花，引發隔熱毯上之污染物 CIC（Corrosion Inhibiting Compound）發生火勢延燒；該服務信函建議重點之中文翻

譯及原文節錄如後：

建議業者於執行維修作業之定期檢查及清潔作業時，多注意隔熱毯上之污染及外物之清除。

*Operators are advised to increase attention to periodic inspection and cleaning of the airplanes during maintenance to avoid blanket contamination, and remove foreign materials.*

復於 2004 年 6 月 25 日及 2004 年 8 月 6 日更新發行 747-SL-25-170-A 及-B(詳附錄 4) 版本之服務信函，增加內容主要為建議隔熱毯污染清潔方法及增列受影響之機型。

該服務信函建議重點計有三項，中文翻譯及原文節錄如後：

1. 隔熱毯有可見之液體或油／蠟狀物質（通常表布呈現顏色改變）時應拆除並更換新隔熱毯。

*Blankets with observable fluids or oily/waxy substances (which typically change the color and appearance of the cover film) should be removed and replaced with new blankets.*

2. 在進入客艙處使用低纖維含量原料之紙製物及擦鞋墊以清除乘客鞋底髒污，控制帶進飛機之污染物量。

*Use low lint paper products and floor mats to clean debris from passenger's shoes as they enter the airplane may help to control amounts of contamination brought into the airplane.*

3. 增加地毯及內裝之清潔頻率，以減少客艙污染物及纖維堆積量。

*Increase the frequency of vacuuming carpet and upholstery to reduce the volume of dirt and fibers in the cabin.*

長榮收到服務信函 747-SL-25-170、747-SL-25-170-A 及 747-SL-25-170-B 之時間各為民國 87 年 4 月 10 日、民國 93 年 7 月 26 日及民國 93 年 8 月 30 日，飛安會於民國 98 年 9 月 16 日去函長榮詢問收到上述服務信函後之作爲，長榮於民國 98 年 9 月 18 日函覆本會：

「針對隔熱毯上面有 CIC 污染狀況的處置政策，EVA 在工單當中引用的 AMM 章節警語「NOTE: Do not apply water displacing/anti-corrosion compounds in the following areas: cables, pulleys, wiring, plastics, elastomers, oxygen systems, adjacent to tears or holes in insulation blankets interior materials, including cargo liners. APU, APU shroud or any structure in direct contact with the lubricated or Teflon surfaces (e.g. greased joints, sealed bearings).」，如工單「1A62IN」第三頁 Para.7 Note (b) 和工單「1A34IN」第五頁 Para. G (1) Note 標示，都已經要求不得讓 CIC 污染到隔熱毯，敬請知悉。」

### 1.6.7.2 飛機維修手冊

參考版期民國 96 年 10 月 18 日之 AMM 25-55-03-404-009 節述及，若隔熱毯有 CIC 污染、油、蠟狀物質或液體污漬（通常隔熱毯表布呈現顏色改變）時應更換新隔熱毯；依波音公司電郵函覆，該段敘述 AMM 更新日期為 2006 年 5 月，原文節錄如後：

*If there is Corrosion-inhibiting Compounds (CIC) contamination, oily or waxy substances or other fluids (which typically changes the color and appearance of the insulation blanket cover), replace the insulation blanket.*

### 1.6.7.3 工單 1A62IN

調查小組查閱民國 93 年 8 月 24 日轉換檢查工單 1A62IN 檔案第 1 頁第 2 項作業步驟，要求使用吸塵器或工具清除隔熱毯表面污染物，工單原文如下：

2. Use vacuum air or dry rag (or wiper) to remove accumulation of dust, lint,

or trash (general litter) from insulation blanket and aircraft structure.

第 2 頁第 7 項作業步驟之注意事項要求於機身結構塗補 CIC 時，某些零組件不可施用 CIC，摘錄中文翻譯如下：

注意：勿將排水/防鏽劑施用於下列零組件：(a) 拉繩、滾輪、鋼繩、塑膠、彈性體、氧氣系統 (b) 隔熱毯縫口之附近 (c) 內部裝潢材料包括貨艙壁布...。

工單原文內容如下：

*Note: Do not apply water displacing/anti-corrosion compounds in the following areas:*

*(a) Cables, pulleys, wiring, plastics, elastomers, oxygen systems.*

*(b) Adjacent to tears or holes in insulation blankets.*

*(c) Interior materials, including cargo liners.*

*(d) APU, APU shroud or any structure in direct contact with the APU.*

*(e) Lubricated or Teflon surfaces (e.g. greased joints, sealed bearings).*

*(f) Over cosmoline 1058 or equivalent per MIL-C-16173 grade 1.*

*(g) Areas with electrical arc potential.*

*(h) Engine strut cavities or cowling structure.*

*(i) Regions where temperature exceeds 220 degrees Fahrenheit (100 degrees Centigrade).*

另查閱長榮最近一次於民國 98 年 6 月 18 日執行於該公司 747 機隊（飛機編號 6412）之檢查工單 1A62IN，發現該工單已將上述第 1 頁第 2 項工作刪除，並將該工單內所有工作均設定為 CPCP（Corrosion Prevention and Control Program，

腐蝕防止及控制計畫) 類別之工作項目，上述第 2 頁第 7 項作業步驟之注意事項僅修訂編排格式及錯字，其他內容並未修訂。

### 1.6.7.4 維修紀錄

查閱該機於事故發生日前之維修紀錄，該機曾於民國 97 年 2 月 19 日執行 A04 檢查，未顯示異常登錄；另查閱該機中央維修電腦 (Central Maintenance Computer, CMC) 下載紀錄，發現在事故前一日以 BR68 航班由倫敦飛台北過程中，在地面曾接獲 1 號輔助發電機供電失效訊息。

CMC History Retrive Report										
A/C No	FLT No	RPT_DATE	CMC	EICAS	ATA	S ATA	PHASE	Fail Mod	A	CONTENT
B16410	EVA391	01/08 01:27		24500400	24	50				F/O XFR BUS S
B16410	EVA391	01/08 01:27	24059		24	51	PO			F/O TRANSFER RELAY FAIL (BCU)
B16410	EVA391	01/08 00:36		24500100	24	50				CAPT XFR BUS S
B16410	EVA391	01/08 00:36	24060		24	51	PF			CAPT TRANSFER RELAY FAIL (BCU)
B16410	EVA391	01/08 07:05	24138		24	22	PO			AIR/GND SWITCH FAIL (BCU-2)
B16410	EVA391	01/08 07:05	24124		24	22	PO			AIR/GND SWITCH FAIL (BCU-1)
B16410	EVA391	01/07 10:33	24099		24	34	LT			APU BATTERY CHARGER FAIL (BCU-2)
B16410	EVA391	01/07 10:33	24177		24	41	LT			BCU-2 HOT BATTERY SENSE INPUT FAIL
B16410	EVA68	01/23 22:17	24046		24	41	TA	H	A	EXT POWER SOURCE-2 FAIL INTERLOCK OVERCURRENT (BCU-2)
B16410	EVA68	01/23 22:17	24023		24	41	TA	H	A	EXT POWER SOURCE-1 FAIL INTERLOCK OVERCURRENT (BCU-1)
B16410	EVA68	02/22 10:20	24049		24	21	LT	H	A	APU GENERATOR/FEEDER-1 FAIL (BCU-1)
B16410	EVA67	02/23 19:41	24163		24	22	LT	I		UTILITY POWER-2 OFF (BCU)
B16410	EVA67	02/23 19:47	24059		24	51	TA	I		F/O TRANSFER RELAY FAIL (BCU)

圖 1.6-9 CMC 下載紀錄

## 1.7 天氣資訊

與本事故無關。

## 1.8 助、導航設施

與本事故無關。

## 1.9 通信

與本事故無關。

## 1.10 場站資料

與本事故無關。

## 1.11 飛航紀錄器

### 1.11.1 座艙語音紀錄器

該機裝置固態式座艙語音紀錄器 (Solid-State Cockpit Voice Recorder, CVR)，製造商為 L3 Communications Inc.，件號及序號分別為 S100-0080-000 及 000278897，該型紀錄器擁有 30 分鐘記錄能力。BR67 班機於事故發生後仍執行後續飛航任務，其飛航時間超過該型 CVR 記錄能力，因此 CVR 未能記錄與本事故相關之資料。

### 1.11.2 飛航資料紀錄器

該機裝置固態式飛航資料紀錄器 (Solid-State Flight Data Recorder, SSFDR)，製造商為 Honeywell，件號及序號分別為 980-4700-033 及 4814。資料紀錄品質及下載正常，共記錄 52 小時 49 分鐘 26 秒。

本會依據長榮提供之技術文件<sup>3</sup>進行 FDR 解讀後，發現其紀錄參數符合航空器飛航作業管理規則附錄七規定，並摘錄解讀結果如下：

1. 飛航資料紀錄器於桃園國際機場 0919:58 時啓動，於曼谷國際機場 1305:47 時停止記錄。
2. 該機於 0934:01 時，於桃園國際機場 05 跑道起飛，1301:29 時，於曼谷國際機場 01 跑道降落。
3. 該機 FDR 於曼谷國際機場停止記錄前，並無火警 (Fire)、煙 (Smoke) 或事件警告 (Event、Warning) 等紀錄<sup>4</sup>。

---

<sup>3</sup> 解讀文件 747 DFDAC ICD。

<sup>4</sup> FDR 紀錄和火警、煙及警告訊號包含：AFT Cargo Fire, APU fire, Fire MN Deck (AFT, FWD, MID, >2ZN), Equip Bay Smoke, Event Record, Lav Smoke, Master Warning, D5 Crew Rest Smoke, Wheel Well Fire。

## 1.12 航空器損害情形

航機散裝貨艙 STA 2020 至 STA 2060，S-26L 至 S-38L 隔熱毯上表面（面積約 20 英吋×70 英吋）焚毀、部分主客艙複材地板下表面（面積約 16 英吋×24 英吋）遇熱焦黑脫層、一客艙側飾板底部熱損，一航機結構地板樑框板（面積約 7 英吋×7 英吋）及一通風桁架結構、二縱桁有煙燻變色，後續非破壞性檢驗發現結構強度受損。APU 供電纜線支架斷裂垂脫，電纜線破皮局部焦黑熱熔、金屬導線熔蝕，下方廢水系統組件一螺栓尾部熱熔，所有損害區位置如圖 1.12-1 及圖 1.12-2 所示。

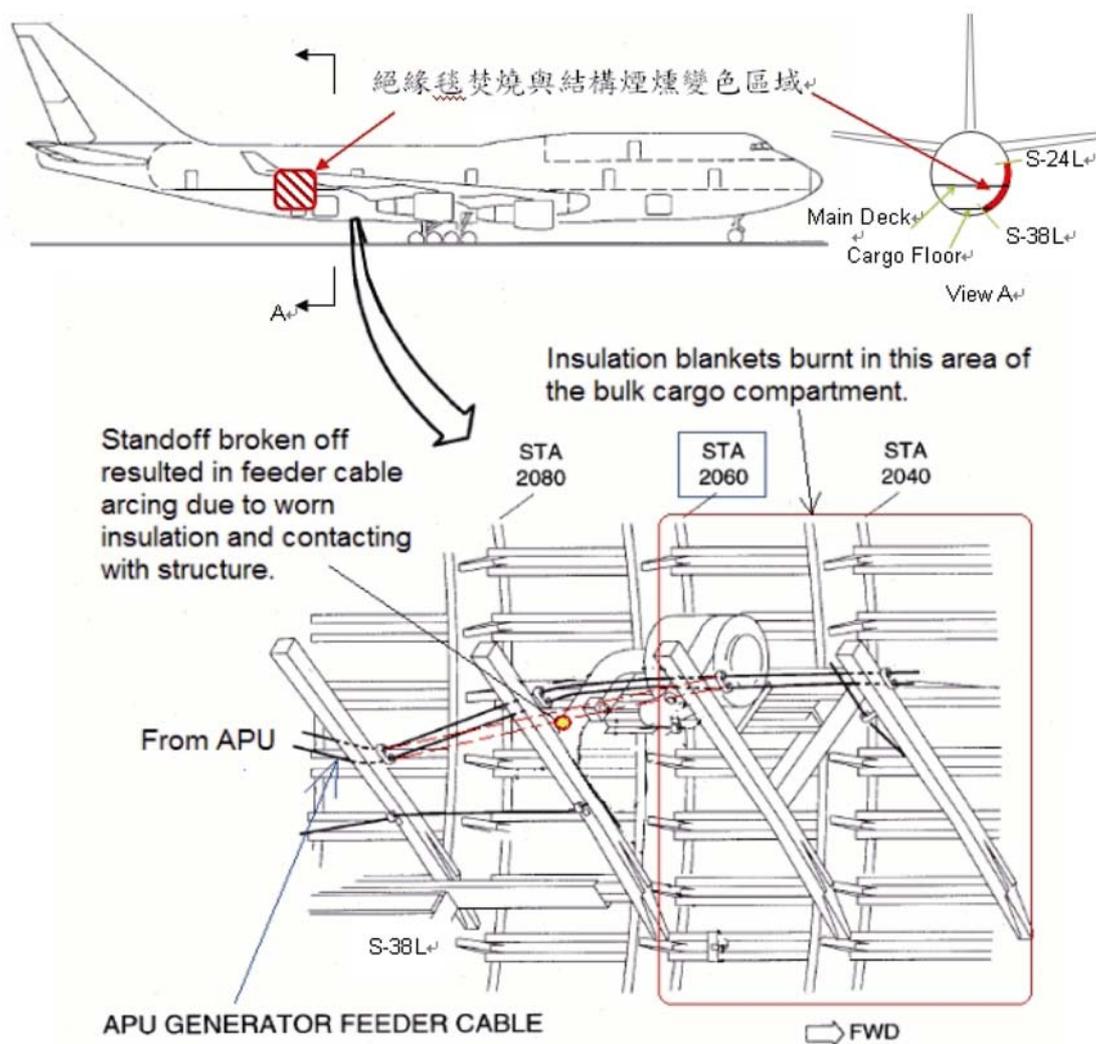


圖 1.12-1 隔熱毯焚燒與 APU 供電纜線損傷相關位置

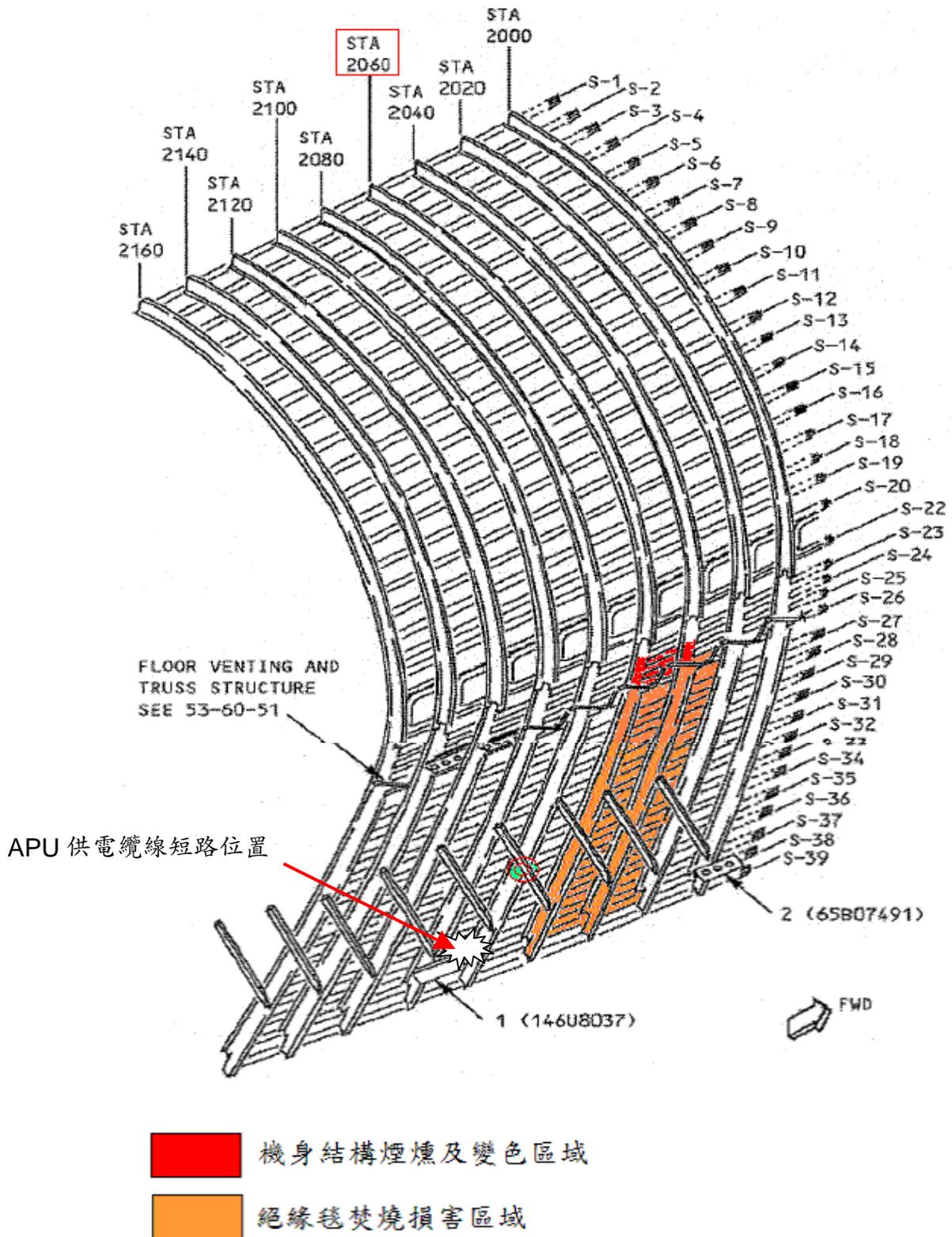


圖 1.12-2 機身結構煙燻及變色與下機身隔熱毯焚燒損害區域圖示

### 1.12.1 外觀損傷描述

航空器外觀無異狀。

### 1.12.2 客艙部份

航空器主客艙 E 區左側 STA 2020~STA 2060 座位編號 64A/65A 座位旁之側牆飾板底部壓條高溫損毀，飾板內側隔熱毯底端近 STA 2060 處變色捲曲變形，底部至中段煙燻及變色如圖 1.12-3。



圖 1.12-3 側牆飾板背面

客艙 STA 2040~STA 2060 飾板內側隔熱毯燻黑變色，隔熱毯下方表層熱損脫落，如圖 1.12-4。側牆板隔熱毯底部焚毀碳化，如圖 1.12-5。



圖 1.12-4 側牆板隔熱毯底端至中段煙燻及變色



圖 1.12-5 側牆板隔熱毯底部焚毀碳化

側牆飾板下方通風炭板 (DADO Panel) 有煙燻痕跡。

客艙 E 區左側座位編號 64A/65A 座位左下方複材地板面對貨艙下表面介於 STA 2040 與 STA 2060 間靠外側受高溫產生表面(面積約 16 英吋×24 英吋)碳化, 另敲擊測試顯示該區亦有脫層現象, 範圍接近 STA 2060 地板樑之前方, 如圖 1.12-6

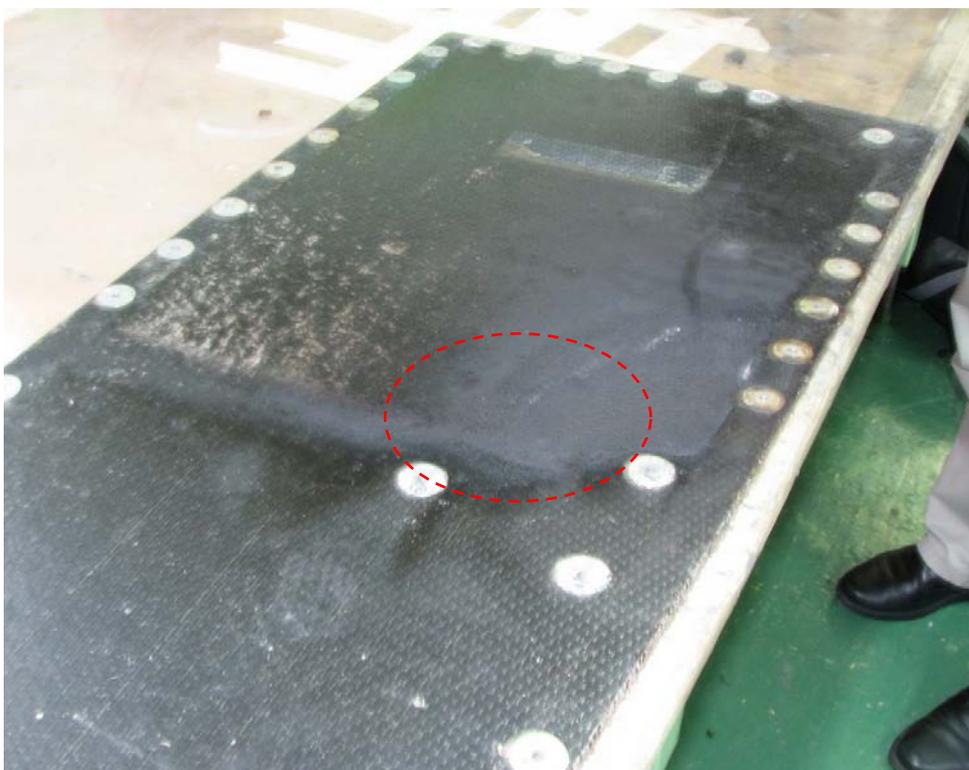


圖 1.12-6 客艙地板下表面碳化脫層

### 1.12.2.1 地板下機身

長榮收集並提供檢視位於 STA 2020 至 STA 2060 蒙皮內側地板以下兩片焚毀的隔熱毯, 其表布已燒盡, 裡層碎裂有焦痕如圖 1.12-7 至圖 1.12-11 所示。



圖 1.12-7 STA 2020~STA 2040 隔熱毯朝機身內側之損害情形



圖 1.12-8 STA 2020~STA 2040 隔熱毯朝機身內側之損害情形



圖 1.12-9 STA 2040~STA 2060 隔熱毯碎片 (上、中、下)



圖 1.12-10 隔熱毯表層焚毀熔化



圖 1.12-11 隔熱毯裡層隔熱材焦灰

散裝貨艙牆板（Cargo Lining）外側區域，部份焚毀之隔熱毯殘片表面，以及未受損之隔熱毯表面發現有污漬與灰塵存在，其餘各系統組件也發現有灰塵存在，下端位於貨艙地板下方之空間發現客艙服務用品碎屑，如圖 1.12-12 至圖 1.12-19 所示。



圖 1.12-12 部份焚毀隔熱毯殘塊灰塵、污漬及客艙異物堆積狀況

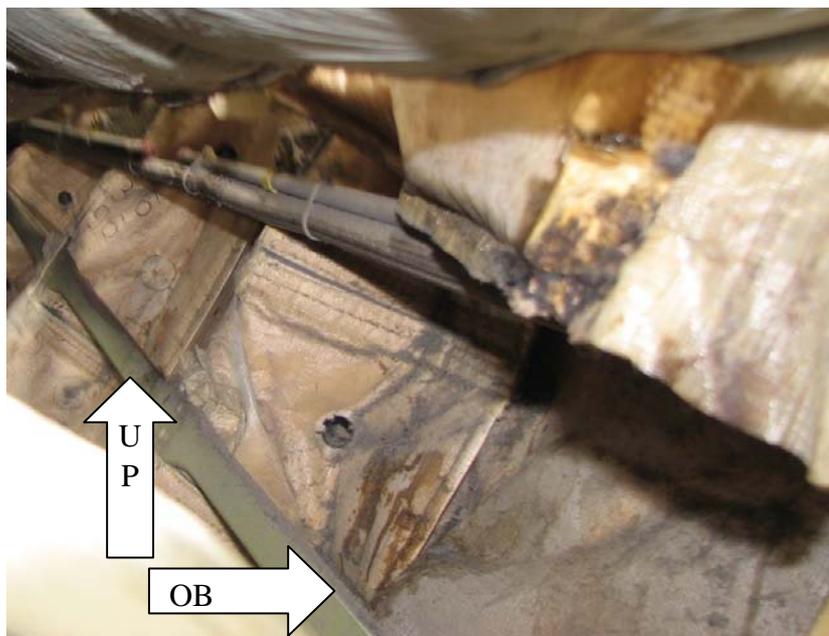


圖 1.12-13 隔熱毯灰塵堆積與污漬狀況



圖 1.12-14 隔熱毯灰塵堆積與污漬狀況

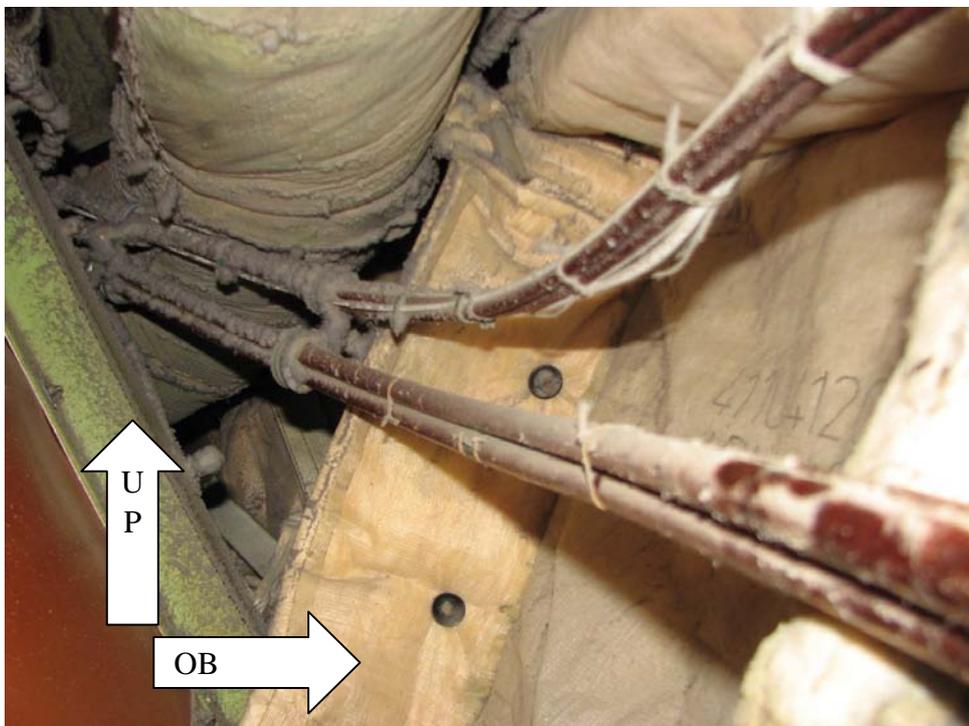


圖 1.12-15 機上其餘各系統組件灰塵堆積狀況



圖 1.12-16 貨艙地板下方 STA 1940~STA 1960 隔熱毯污染狀況



圖 1.12-17 貨艙地板下方 STA 1960~STA 1980 隔熱毯污染狀況

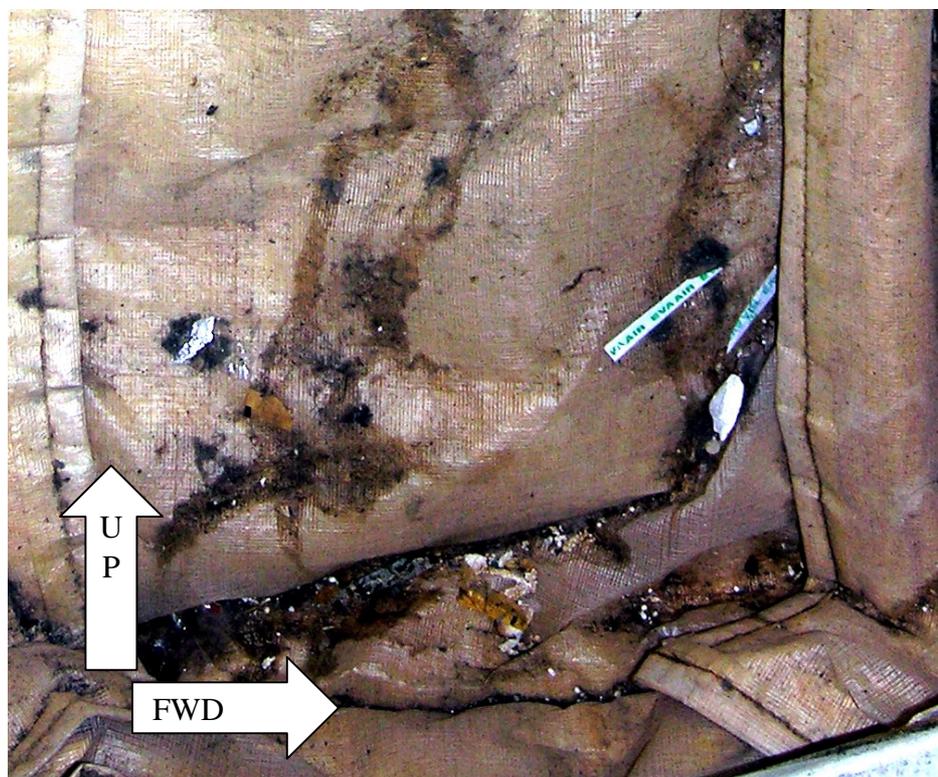


圖 1.12-18 貨艙地板下方 STA 1980~STA 2000 隔熱毯污染狀況



圖 1.12-19 隔熱毯上灰塵與污漬近照

包覆於左 APU 供氣管外之隔熱毯介於 STA 2040 與 STA 2060 之間靠機身蒙皮側表層 (Face Sheet) 有熱熔現象，如圖 1.12-20。

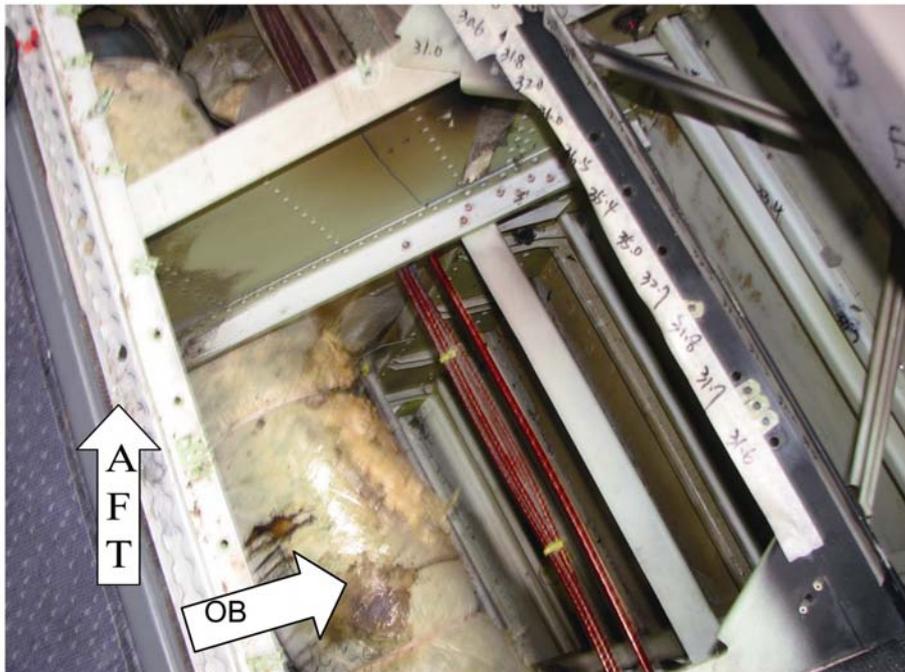


圖 1.12-20 APU 供氣管外之隔熱毯表層熱熔

APU 左供電電纜三只單線之一於 STA 2040 至 STA 2080 一段，長約 40 英吋，由長榮航空棚廠修理切斷重接之位置估算，該切下之 APU 供電電纜在位於 STA 2060 之後方有一處絕緣包覆呈熱熔破損狀，並已被修復單位從破損處剪斷為二，該絕緣包覆破損約 0.7 公分直徑，破損絕緣包覆處內部金屬導線呈現焦黑熔蝕現象，熔蝕深度約 60% 導線直徑，如圖 1.12-21 及圖 1.12-22。



圖 1.12-21 APU 供電電纜



圖 1.12-22 供電電纜橫切面

圖 1.12-23 顯示受損支架與機身之相對位置，受損支架位於 STA 2060 處（可參照圖 1.12-1 隔熱毯焚燒與 APU 供電纜線損傷相關位置），左下圖為支架斷裂後的情形，量測支架在貨艙壁之實際安裝位置（STA 2020 至 STA 2080），發現電纜線大致呈現高低起伏的情形，STA 2040 及 STA 2060 處之支架位於相對較高的位置，如圖 1.12-24。支架安裝方式係以上下兩支拉鉚釘固定於貨艙壁（圖 1.12-25），支架另一端承載 APU 供電纜線，調查小組以彈簧秤量測 STA 2060 處支架所受負載，約為 20 磅，扣除電纜線重量約 2 磅，推估支架承受額外負載為 18 磅。



圖 1.12-23 受損支架與機身之相對位置

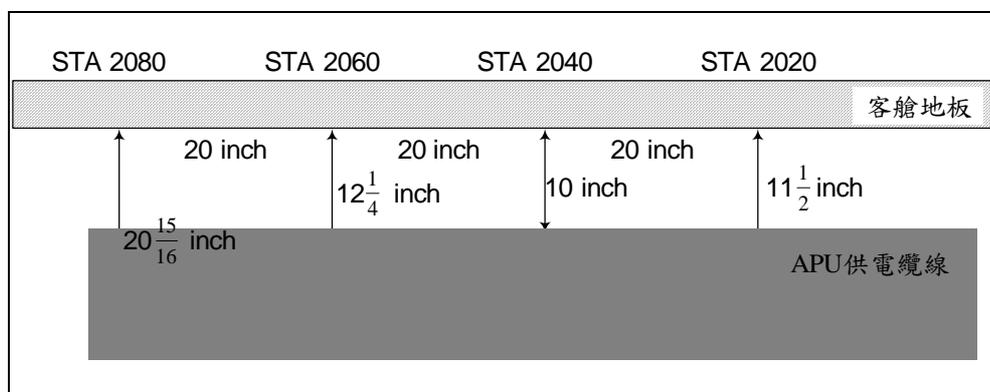


圖 1.12-24 支架實際安裝位置示意圖

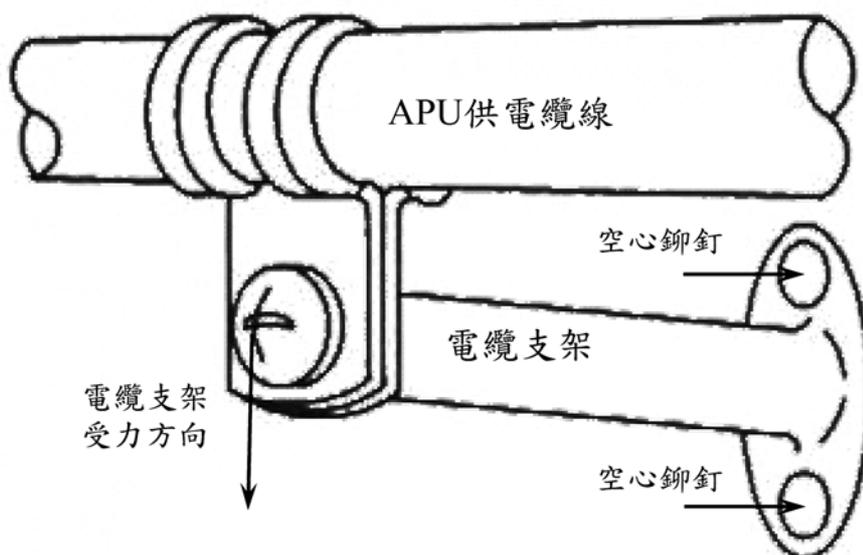


圖 1.12-25 支架安裝方式

固定本段 APU 供電電纜於 STA 2060，LBL 76.61 的金屬製電纜支架件號 BACN10TL3-18 已經更換，並重新於貨艙壁垂直方管原安裝處平移往下約 1/4 英寸處鑽孔安裝，如圖 1.12-26。

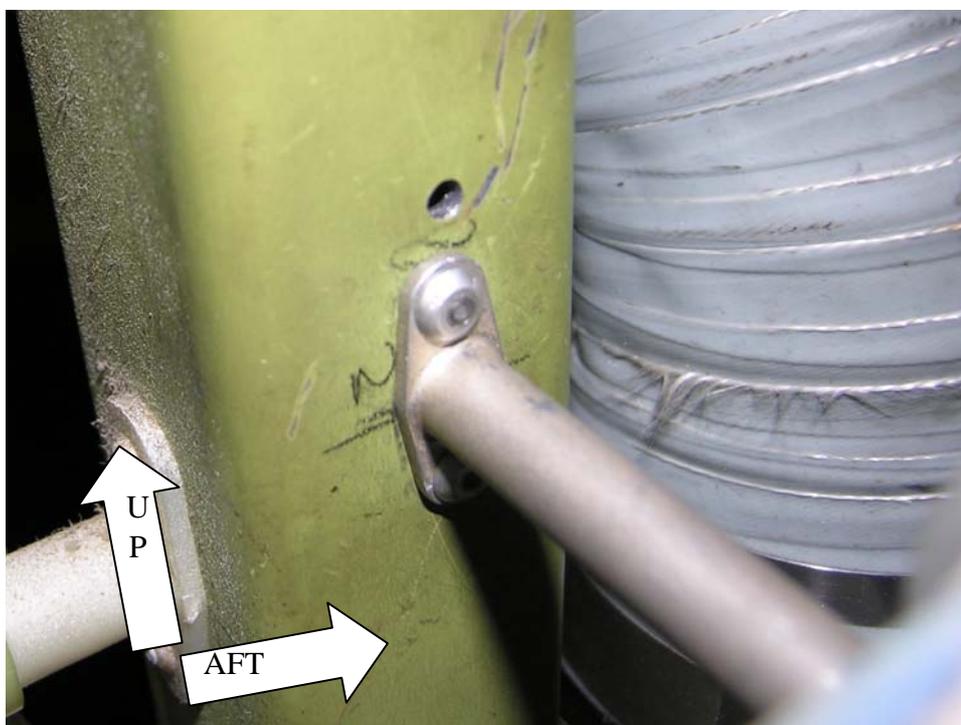


圖 1.12-26 新安裝之支架位置已經向下方移動 (View looking IB)

檢視被更換之電纜支架，觀察支架底座已經向下彎曲，上方斷裂，底座下端以拉鉚釘固定於底座上，如圖 1.12-27。



圖 1.12-27 斷裂之電纜支架

位於 STA 2060 後方抽氣幫浦管路固定座的螺栓尾部發現熔蝕現象，下方管路上有電弧產生之灰白與黑色粉狀物散佈於上表面，如圖 1.12-28。

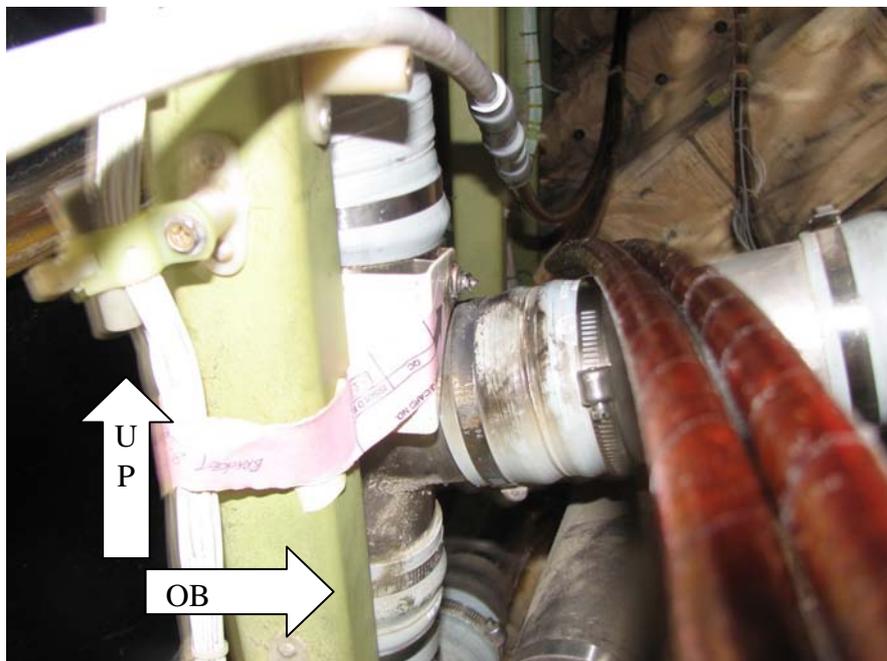


圖 1.12-28 固定座螺栓尾部熔蝕痕跡及電弧產生之灰白與黑色粉狀物散佈於上表面 (View looking AFT)

事故發生後拍攝之現場照片如圖 1.12-29，顯示電纜支架底座斷裂，致使 APU 供電電纜於 STA 2060 後端與抽氣幫浦管路固定座的螺栓尾部長期接觸，電纜表面絕緣包覆受摩擦破損後，內部金屬導線與螺栓產生短路接地現象。



圖 1.12-29 事故發生後拍攝之現場照片（由長榮提供）

### 1.12.2.2 機身結構部份

#### 地板樑 (Floor Beam)

拆除散裝貨艙受損隔熱毯與主客艙受損之地板及側牆飾板後，發現機體 STA 2060 地板樑最左側框板 (WEB) 及地板樑上框架 (Upper Chord) 有煙燻及表面變色痕跡，變色區域約 12.5 吋寬、全樑高，另於該地板樑 WEB 面向機身前方側及 S-27L 縱桁接片 (Stringer Clip) 尾端有隔熱毯燒焦殘渣附著，詳如圖 1.12-30 及圖 1.12-31。

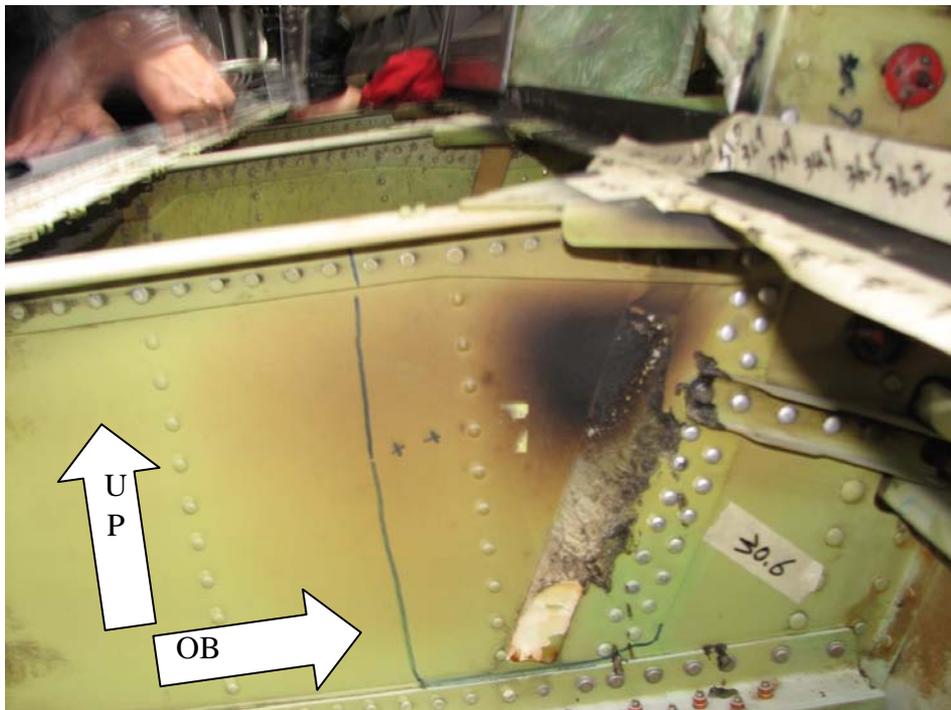


圖 1.12-30 STA 2060 地板樑前方側 Forward Side  
(View looking DOWN & AFT, L/H of A/C)

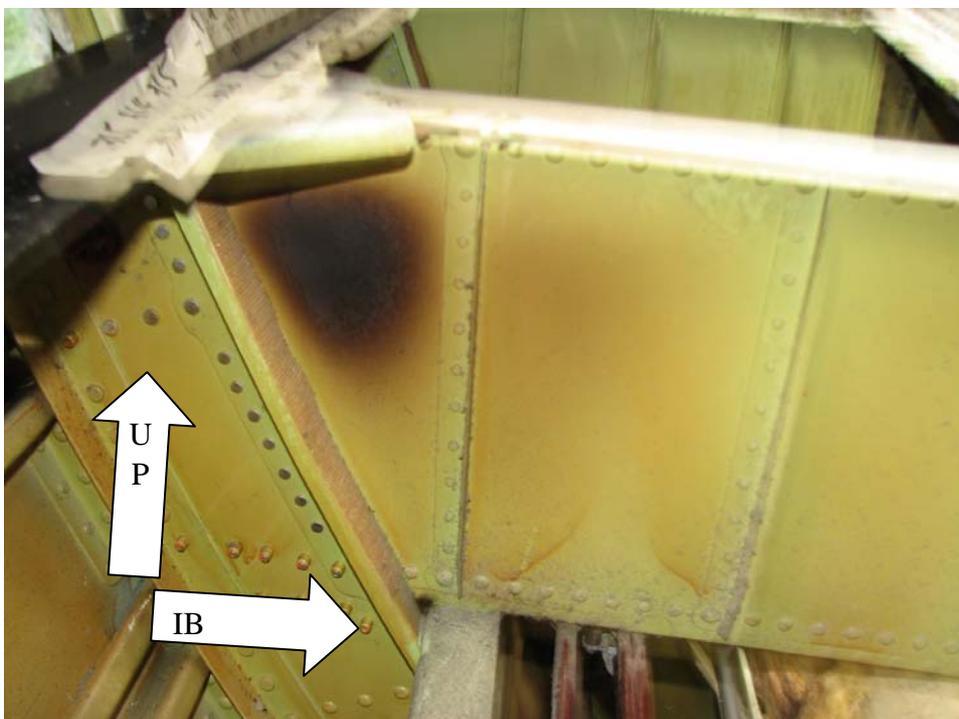


圖 1.12-31 STA 2060 地板樑後方側 Rear Side  
(View looking DOWN & FWD, L/H of A/C)

## 機身左側結構

STA 2040 與 STA 2060 機身橫框 (Frame) 介於 S-24L 與 S-27L 之間有煙燻及變色痕跡。介於 STA 2040 與 STA 2060 之間的縱桁 S-24L、S-25L、S-26L、S-27L 等均有煙燻及變色痕跡。位於 STA 2060 之 S-25L 與 S-27L 縱桁接片煙燻及變色，以上各結構位置如圖 1.12-32。

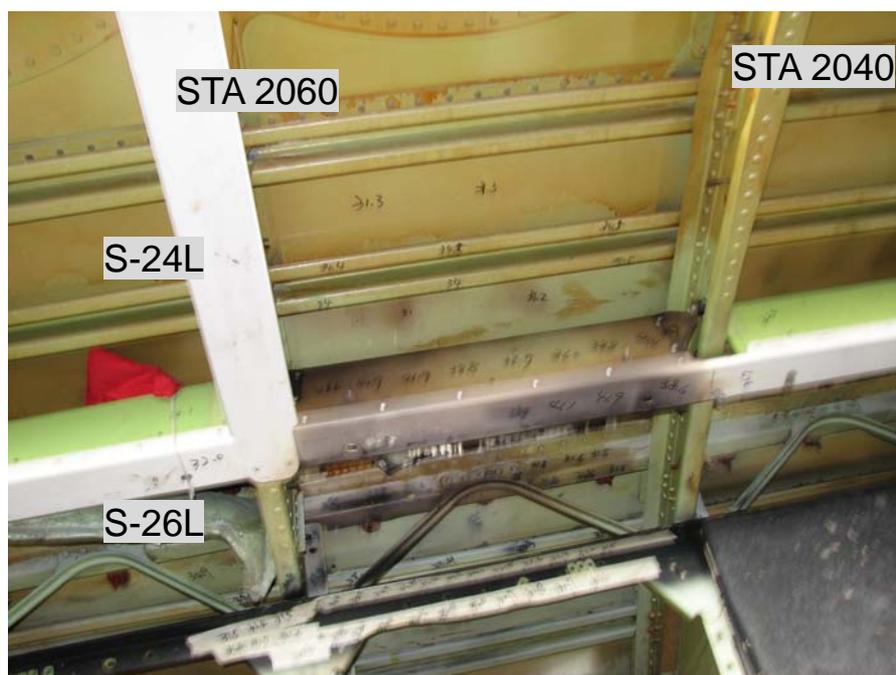


圖 1.12-32 STA 2040~STA 2060 客艙側邊結構

介於 STA 2040 與 STA 2060 之間的側牆板支撐角樑 (Panel Support) 有煙燻及變色痕跡，如圖 1.12-33 項目# 1。

S-26L 接近 STA 2060 機身橫框之前方因受高溫而在縱桁頂邊 Stringer Flange 產生變形，如圖 1.12-33 項目# 2。

介於 STA 2040 與 STA 2060 之間的通風及桁架結構 Truss (P/N 146U5303-3) 有煙燻及變色痕跡，如圖 1.12-33 項目# 3。

介於 STA 2040 與 STA 2060 之間地板收邊條 Mop Sill (P/N 65B06029-1) 有煙燻及變色痕跡，如圖 1.12-33 項目# 4。

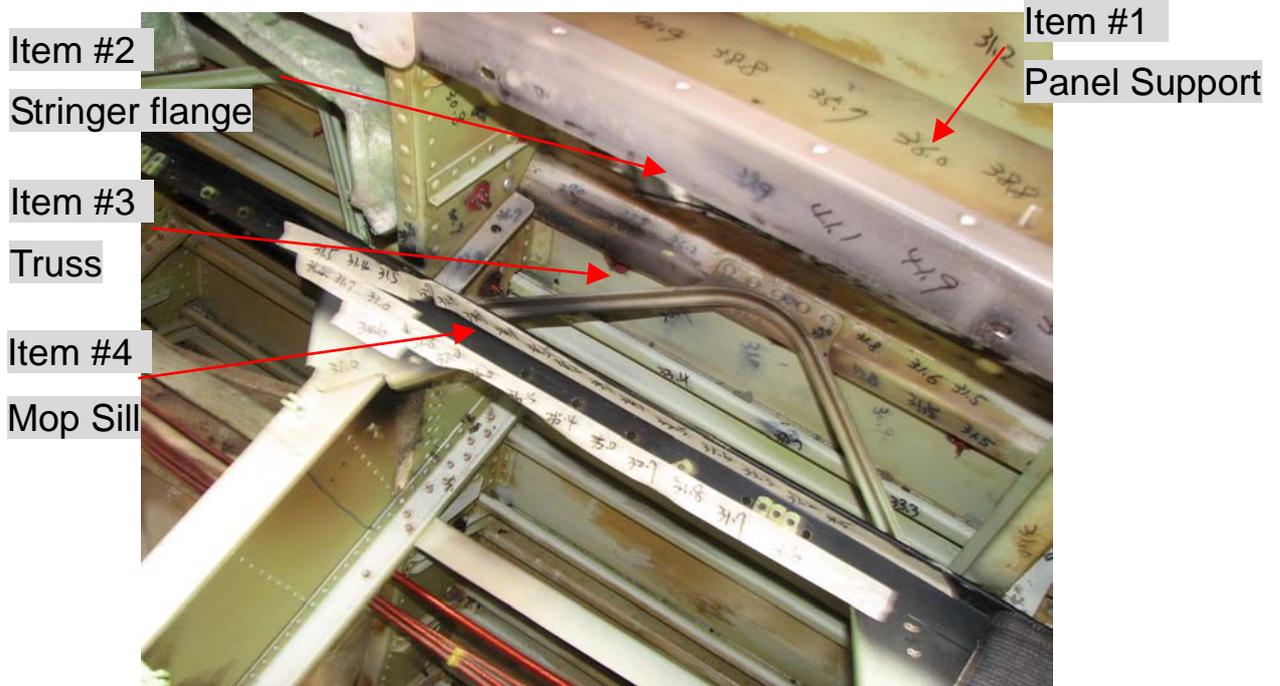


圖 1.12-33 STA 2040~STA 2060 客艙側邊結構

介於 STA 2040 與 STA 2060、S-25L 與 S-26L 之間的隔音片表面有煙燻痕跡，近 STA 2060 一側表層脫膠翹起，如圖 1.12-34。

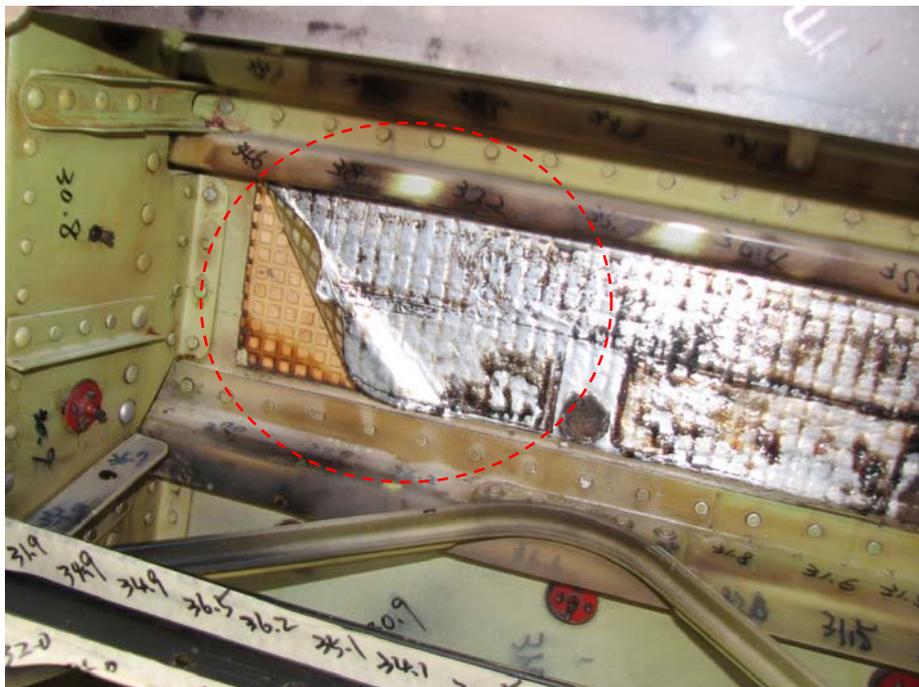


圖 1.12-34 STA 2040 前方隔音片表層脫膠翹起

長榮航太科技股份有限公司（以下簡稱長榮航太）對所有遭受煙燻及變色之結構組件執行渦電流檢查並執行修理，檢查結果與修理狀況如表 1.12-1 所示。

表 1.12-1 長榮航太檢查修理結果狀況

Item	Nomenclature	P/N	Damage Status	Disposition
1	mop sill	65B06029-1	Sta-2049~2060	Repair per SRM 51-70-12
2	S-24L	65B04150-5	Free of damage	NIL
3	S-25L	65B04150-6	Sta-2040~Sta-2060	Repair per SRM 53-00-03
4	S-26L	69B03061-1	Sta-2048~Sta-2060	Repair per SRM 51-70-11
5	S-27L	65B04150-29	Free of damage	NIL
6	F/B-2060 upper chord	65B22651-22	2" length at the LH end	Repair per SRM 51-70-12
7	F/B-2060 web	65B22651-29	Outbd of LBL-104	Repair per SRM 53-00-51
8	Air Baffle Instl, dado panel support angle	411U1323-21	Sta-2040~Sta-2060	Replacement
9	Air Baffle Instl, plate Sta-2040~2060	411U1325-23	entire part	Replacement
10	Air Baffle Instl, plate Sta-2020~2040	411U1365-23	Free of damage	Replacement
11	Air Baffle Instl, angle aft of Sta-2040	65B50988-93	entire part	Replacement
12	Air Baffle Instl, angle aft of Sta-2020	65B50988-93	Free of damage	Replacement
13	Air Baffle Instl, angle FWD of Sta-2060	65B50988-103	entire part	Replacement
14	Air Baffle Instl, angle FWD of Sta-2040	65B50988-103	Free of damage	Replacement
15	Fr-2040	65B04339-109	Free of damage	NIL
16	Fr-2060	65B04340-641	Free of damage	NIL
17	S-25L stringer clip at Fr-2060	65B38600-231	Free of damage	NIL
18	S-27L stringer clip at Fr-2060	65B38600-231	Free of damage	NIL
19	skin	65B04150-2	Free of damage	NIL
20	truss	146U5303-3	Unable to perform conductivity test	Replacement

### 1.12.2.3 其他發現

事故發生後長榮執行 B747-400 機型機隊檢查，發現編號 B-16411 機 APU 之同樣位置供電電纜，於 STA 2060 的金屬製電纜支架底座已經輕微向下彎曲，上方固定鉚釘鬆脫，下方固定拉鉚釘頭垂直面上端翹起，詳圖 1.12-35。

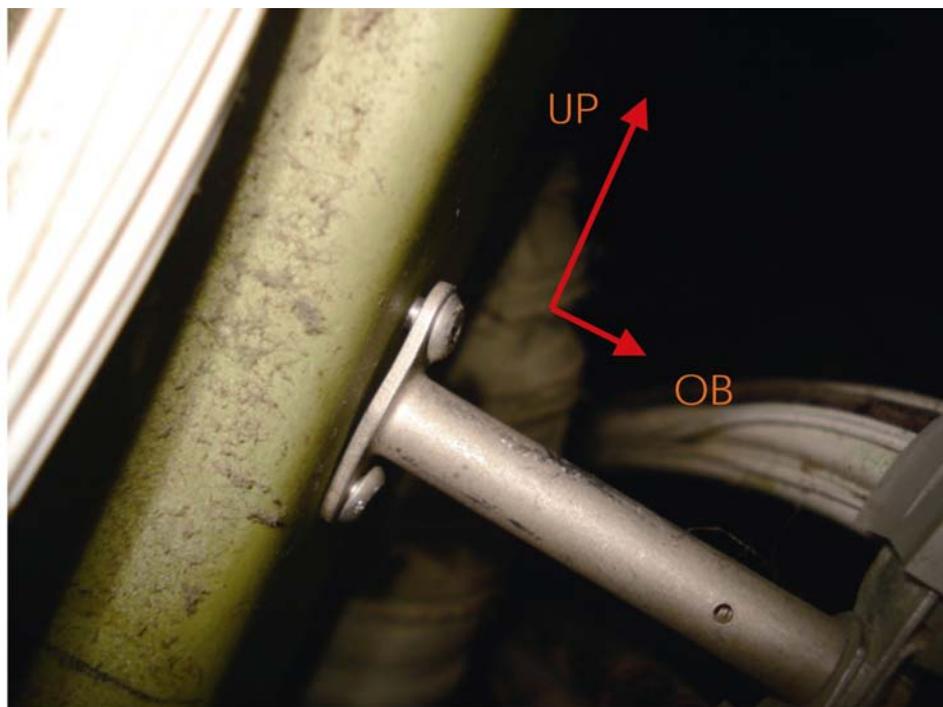


圖 1.12-35 同型機同位置電纜支架底座狀況

### 1.13 醫學與病理

無相關因素。

### 1.14 失火

該機於民國 97 年 2 月 23 日執行由台北經曼谷至倫敦之載客飛航任務，於曼谷機場落地滑行至停機坪後，在旅客下機過程中，客艙 64A 及 65A 排座位間之左側通氣炭板處有煙霧冒出，客艙組員以機上通話系統通知機長後，長榮駐曼谷機場機務代表到場，見到空橋已靠機，但是 R5 艙門被打開，進到客艙後看到客艙左側 64A 及 65A 座位間之通氣炭板網孔及側板有煙霧冒出，並未見任何火花；先將飛機電源及 APU 關閉，就近使用客艙組員已備便之機上滅火瓶兩瓶，以其中一瓶全數朝煙霧冒出之網狀通氣炭板處向下噴灑，煙霧逐漸消散，接著打開通氣炭板檢查煙霧來源，隨後進到後貨艙檢查，確認煙霧已經消散。下節概述損害情形，詳情參照 1.12 節航空器損害情形。

### 1.14.1 輔助發電機電源線損害狀況

事發後長榮當地機務代表重新啓動該機 APU 嘗試上電，發現 1 號輔助發電機斷電器跳脫無法供電，同時發現後貨艙有短路現象；經檢查確定在後貨艙靠近廢水櫃附近，因電源線束支撐架鉚釘脫落，支撐架斷裂，1 號輔助發電機三相電源供線其中一條線，外部絕緣包覆物與固定廢水櫃管路之螺桿（詳圖 1.14-1）磨擦破損，導致破損部位金屬導線裸露，詳圖 1.14-2。



圖 1.14-1 支撐廢水櫃管路固定螺桿



圖 1.14-2 摩擦破皮之電源線

裸露之金屬導線與機身短路接地造成金屬導線熱熔，凝結成串珠式金屬熱熔痕跡，詳圖 1.12-3～圖 1.12-4。



圖 1.14-3 電源線產生高溫熔化痕跡-1



圖 1.14-4 電源線產生高溫熔化痕跡-2

### 1.14.2 隔熱毯損害情形

檢視該機因受損而拆換之隔熱毯，其中料件號及參照工程圖版期等資訊可辨識者（詳圖 1.14-5）綜整列表如下：



圖 1.14-5 可辨識之隔熱毯樣本

表 1.14-1 已拆換隔熱毯資訊

編號	料件號	參照藍圖版期（西元）	符合 FAR 25.856
1	411U4055-1037	12/12/96	符合
2	411U4120-2020	4/8/96	符合
3	411U4120-2383	2/21/97	符合
4	411U4120-2386	2/22/97	符合
5	411U4120-4312	8/3/97	符合
6	61B500025-1002	2/14/96	符合

上述隔熱毯裝機部位涵蓋飛機 STA 2020 至 STA 2060 之客艙及後貨艙，詳圖 1.14-6 左圖，其中受損情形較嚴重之黃色隔熱毯均位於短路接地之輔助發電機供電線下方附近，安裝於客艙部位之綠色隔熱毯則多為燻黑或變色，拆換之部分隔熱毯詳圖 1.14-6 右圖。



圖 1.14-6 隔熱毯損害部位狀況

## 1.15 生還因素

### 1.15.1 客艙應變作業

#### 1.15.1.1 發現冒煙、監控及通報

依客艙組員訪談資料，該機於曼谷機場落地後，滑行至停機坪，駕駛員關閉發動機，各機艙門操作設定已由客艙組員移轉至 Manual Position，大部份乘客離座起身取出手提行李，準備下機，一名乘客通知 L5 客艙組員（以下皆以 Duty Code 編號標示，如圖 1.15.1 所示），該員趕到乘客位置，發現 64-65 排 A 座椅之客艙側板有白色煙霧冒出並感覺有熱氣，因乘客都在走道上，該員未能到門邊使用 interphone 告知事務長，故請 R5 客艙組員代為回報狀況，L5 客艙組員留在現場監控並請乘客遠離冒煙源，同時請趕到的 L4' 客艙組員協助 R5 客艙組員守護 L5/R5 號門（位置如圖 1.15.2 所示）並安撫該區乘客。L4' 客艙組員之後返回 R4 號門附近面告 L4 客艙組員（E Zone Chief）冒煙一事，R4 客艙組員即通知事務長說“64A Side wall 下方通風口處有 Smoke”。

事務長收到 R4 客艙組員通知時正位於 L1 號門處，乘客正依序下機（A、B、C、Upper Deck、D 及 E Zone，如圖 1.15.2 所示），當時商務艙（A、B Zone）及

長榮客艙 (C Zone) 乘客已下機；樓上的乘客也有 1 半 (約 20 位) 下機。

### 乘客開啓 R5 號門

R5 客艙組員收到 L5 客艙組員要求代為通報後，由 interphone 通知事務長 station，但無人應答，該員嘗試打到 L2 station，告訴 L2 客艙組員 E zone 冒煙，此時後段客艙的冒出的煙已變黑變濃，一名男性乘客以中文要求立即開門，R5 客艙組員安撫他請等待駕駛員的指示，該名乘客不從，強行開啓 R5 號門 (滑梯無展開，manual position)，此時 L4 客艙組員及 L4' 客艙組員由冒煙處趕抵 R5 號門協助阻擋乘客，防止乘客摔落航機。

#### 1.15.1.2 機長指示

事務長接獲 R4 客艙組員通知後艙狀況時，隨即告知機長 (L4 客艙組員在 L5 station 插撥回報當時狀況)，機長表示知道了，隨後指示副駕駛員至客艙處置，副駕駛員先在 L1 及 L2 艙門附近協助疏散乘客，副駕駛員抵達 E Zone 時機務人員已在現場。

#### 1.15.1.3 事務長處置

事務長隨後欲趕往現場，途中經過 L3 號門時，C、D Zone 間的隔簾 (dividing curtain) 關閉，D、E Zone 間的隔簾也關閉，事務長表示公司規定 fasten seat belt sign off 後關閉，也需等 C zone 及 Upper Deck 乘客完成離機後才會開啓，除非因緊急狀況。當時 D zone 未聞到或看到煙，該區乘客並不知道 E zone 異常。因 D zone 乘客要離機，因此事務長無法向後艙前進，事務長遂指示客艙組員打開隔簾並協助 L3 及 R3 客艙組員儘速引導 D zone 乘客離機。

#### 1.15.1.4 乘客撤離及客艙消防準備

在 R5 號門被乘客打開後，L4 客艙組員見狀即護住 R5 號門邊並指示乘客由前方門離機，約有 20 多位乘客問客艙組員為何門開啓後無滑梯展開，不願配合往

前方離機，在 L4 客艙組員催促後因前方乘客已離機，這 20 多位乘客才由前方離機，而 L4、L5 客艙組員隨乘客後向前移動，此時因濃煙瀰漫，由 61 排無法目視 69 排狀況。隨後機長電詢 L5 station 並指示 L4' 客艙組員取出海龍滅火器待命，L4' 客艙組員和 L5 客艙組員取出 L5 號門的海龍滅火器，及 L4 號門的防煙面罩，返回冒煙現場。

#### 1.15.1.5 乘客開啓 L4 號門

事發後 L4 及 L4' 客艙組員陸續離開 L4 號門支援，L4 號門被不知名乘客開啓，L4 客艙組員催促乘客向前移動時，才發現 L4 號門被開啓。

#### 1.15.1.6 客艙消防處置

事務長抵達冒煙現場時，所有乘客已離機，L5、L3 號門的海龍滅火器及防煙面罩由客艙組員取出帶至冒煙現場，客艙組員分區檢查乘客遺留行李，集中至 L2 號門邊，同時機長、地面機務人員抵達現場，機長即請客艙組員下機，由機務人員執行消防程序。

#### 1.15.1.7 其他

該機客艙煙霧偵測裝置設置於所有洗手間，事故當時無任何警示及警告聲響。事故發生後無客艙廣播。事務長表示因客艙組員判斷非緊急事件，故未啓動緊急撤離程序。

事務長及部分客艙組員稱由冒煙至所有乘客下機期間估計約 2-3 分鐘。

該機一乘客敘述事故經歷如附錄 1。

### 1.15.2 客艙配置

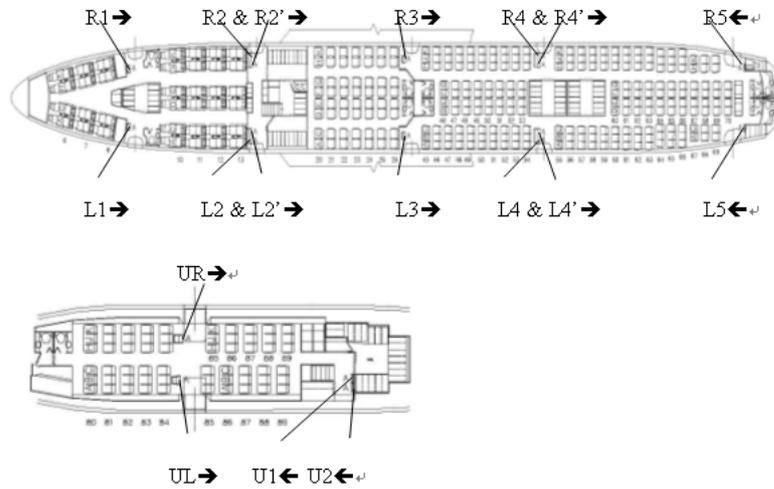


圖 1.15.1 客艙組員職責分配圖

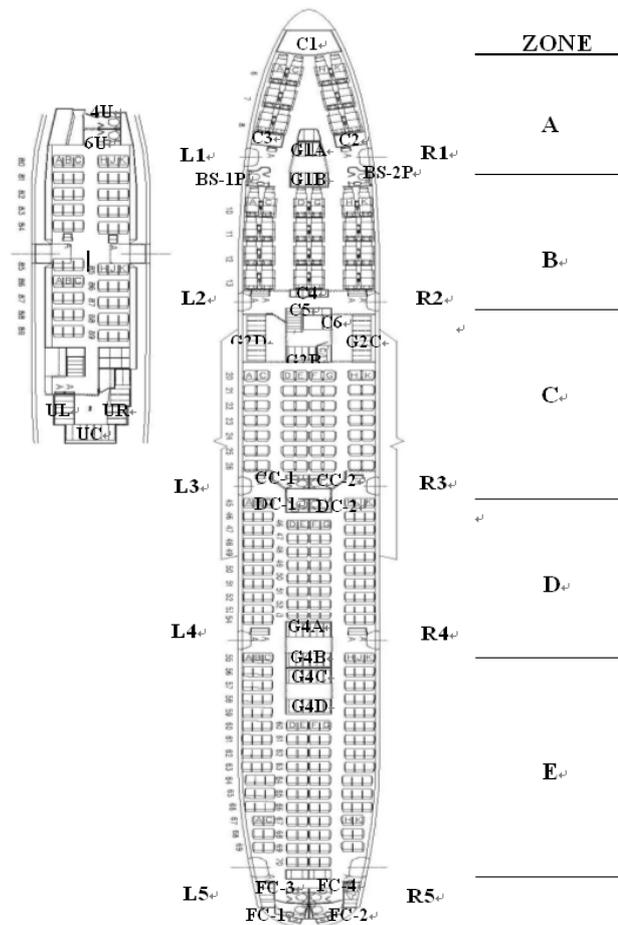


圖 1.15.2 客艙配置圖

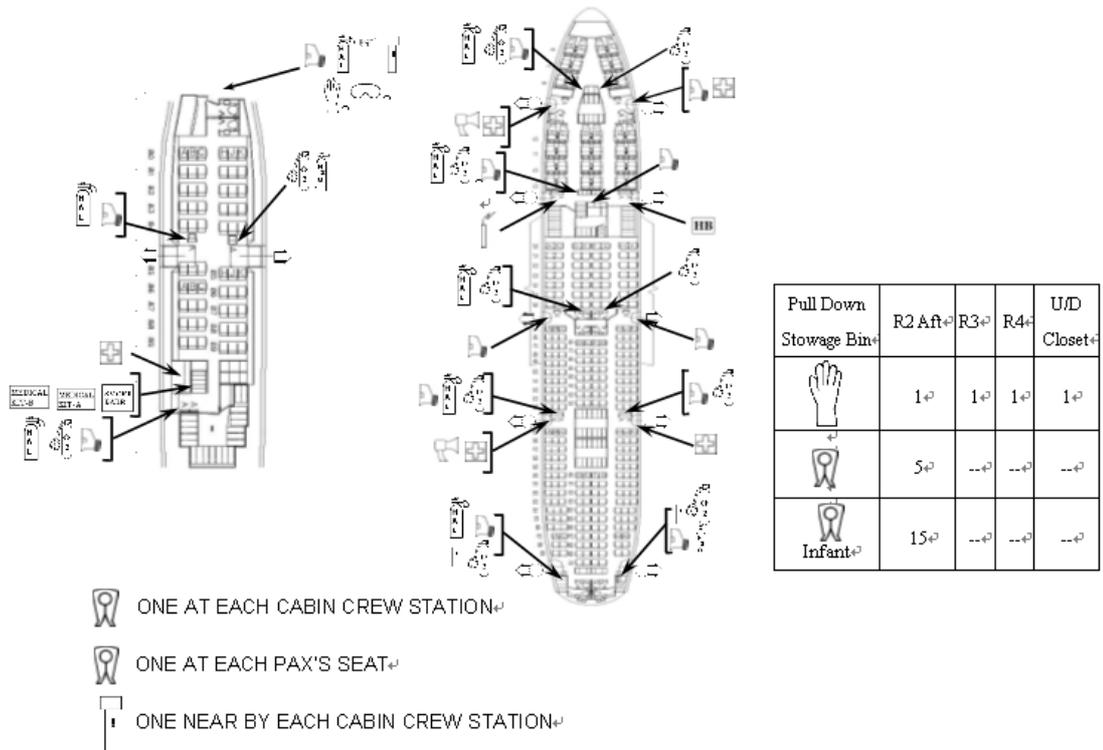


圖 1.15.3 客艙緊急裝備配置圖

表 1.15-1 客艙緊急裝備表

A. Emergency equipment checklist			
ITEM	DESCRIPTION	QTY	LOCATION
1	Smoke Goggles	2	(2) Near by 1 <sup>st</sup> and 2 <sup>nd</sup> observer
2	(a) Ventilated Full Face Oxygen Mask (b) Ventilated Oxygen Mask	2	(2) Captain and First Officer
3	Crash Axe	1	(1) 2 <sup>nd</sup> observer LH AFT compartment
4	Inertia reel Descent Device	4	(4) 1 <sup>st</sup> observer overhead compartment
5	Life Vest (Crew)	22	(4) Each flight crewmember seat (18) Each cabin crew seat
6	Life Vest (PAX)	370	(368) Each PAX seat (2) R5 door crew rest seat
	Life Vest (Spare)	5	(5) R2 door AFT pull down bin
7	Life Vest (Infant)	15	(15) R2 door AFT pull down bin
8	Baby Cot	0	
9	First Aid Kit	5	(4) R1, L1, R4, L4 door pull down bin (1) U/D closet near stair
10	Medical Kit-A	1	(1) U/D closet near stair
11	Medical Kit-B	1	(1) U/D closet near stair
12	Halon Fire Extinguisher Kidde 090052	9	(1) 2 <sup>nd</sup> observer LH AFT compartment (1) Dog house stowage near L1 door (1) Dog house stowage FWD of L2 door (2) L3, L4 door crew seat (1) L5 door crew seat (1) R5 door overhead crew bunk (1) U/D LH door crew seat (1) U/D LH stowage near closet
13	Water Fire Extinguisher	7	(1) Dog house stowage near R1 door (2) R3, R4 crew seat (1) Dog house FWD of R2 door (1) R5 door under stair stowage (1) R5 door overhead crew bunk (1) U/D RH door crew seat
14	Portable Oxygen Bottle	13	(2) Cage mounted container FWD of R1, L1 door (2) Dog house stowage FWD of R2, L2 door (4) Floor mounted container FWD of R3, L3, R4, L4 door (1) R5 door under stair stowage (1) Lower door AFT of L5 door (2) U/D RH overhead bin (1) U/D LH stowage near closet
ITEM	DESCRIPTION	QTY	LOCATION
15	Smoke Hood (PBE) Drager	14	(2) Dog house stowage near R1, L1 door (2) Dog house stowage FWD of L2, R2 door (4) R3, L3, R4, L4 door crew seat (1) R5 door under stair stowage (1) L5 door crew seat (2) U/D RH, LH door crew seat (1) U/D LH stowage near closet (1) 1 <sup>st</sup> observer AFT wait
	Puritan-Bennett	1	(1) R5 door overhead crew bunk
16	Flashlight	21	(16) Cabin crew seat except near door 5 (1) R5 door under stair stowage (1) L5 door crew seat (1) R5 door overhead crew bunk (2) Cockpit A/T sidewall
17	Megaphone	2	(1) L1 door pull down bin (1) L4 door pull down bin
18	Emergency Locator Transmitter (E.L.T.)	1	(1) L2 door AFT pull down bin
19	Fire Resistant Gloves	6	(2) 2 <sup>nd</sup> observer LH AFT compartment (1) R2 door AFT pull down bin (1) R3 door pull down bin (1) R4 door pull down bin (1) U/D closet near stair
20	Demo Kit: Demo Life Vest, Demo O2 Mask, Demo Seat Belt, Stowage Bag	14	(2) U/D LH stowage near closet (2) Compartment No 219 of purser work station (5) Dog house stowage FWD of CC-1 LAV (4) Dog house stowage FWD of AFT CTR closet (LH)
21	Extension Seat Belts	10	(5) Compartment No 219 of purser work station (5) R5 door under stair stowage
22	Baby Bassinet	8	(4) Noise closet (4) AFT LH closet (LH)
23	Hygienic Bag	1	(1) R2 door FWD pull down bin
24	Spare Seat Cover (SB & ED)	2	(2) L3 door pull down bin
25	Security File	1	(1) Compartment No 219 of purser work station

### 1.15.3 客艙組員訓練

檢視該機 14 名客艙組員，均符合民用航空法規相關規定，完成該機型年度複訓課程及考驗，課程內容包括緊急裝備檢查、逃生門操作、安全檢查、急救箱使用、緊急狀況模擬演練、實際滅火作業等項目。

## 1.16 測試與研究

### 1.16.1 電纜支架測試與研究

民國 97 年 6 月 4 日，受損電纜支架送至國防部中山科學研究院材料暨光電研究所（以下簡稱中科院），進行相關材料檢測與試驗，以判定電纜支架斷裂發生原因，測試報告詳附錄 2。

檢送之電纜支架如圖 1.16-1 所示。材料測試項目包括：巨觀觀察及照相、化學成份分析、金相分析、微硬度試驗、掃描式電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope，以下簡稱 SEM）觀察斷裂面等，以觀察支架破壞模式。針對上述測試結果摘要說明如下。



圖 1.16-1 檢送之電纜支架

圖 1.16-2 為支架斷裂面巨觀觀察及照相，箭頭處為支架下耳部，呈現受力彎曲變形；上耳部則斷裂破壞。檢視支架上耳部靠電纜之外側表面（以下簡稱 a 面），呈現一系列之磨擦痕跡，如圖 1.16-3 (a)；支架上耳部靠貨艙壁之底部表面（以下簡稱 b 面），有數個明顯的受力壓痕，如圖 1.16-3 (b)。量測電纜支架管壁和耳部之尺寸，均符合工程圖要求。

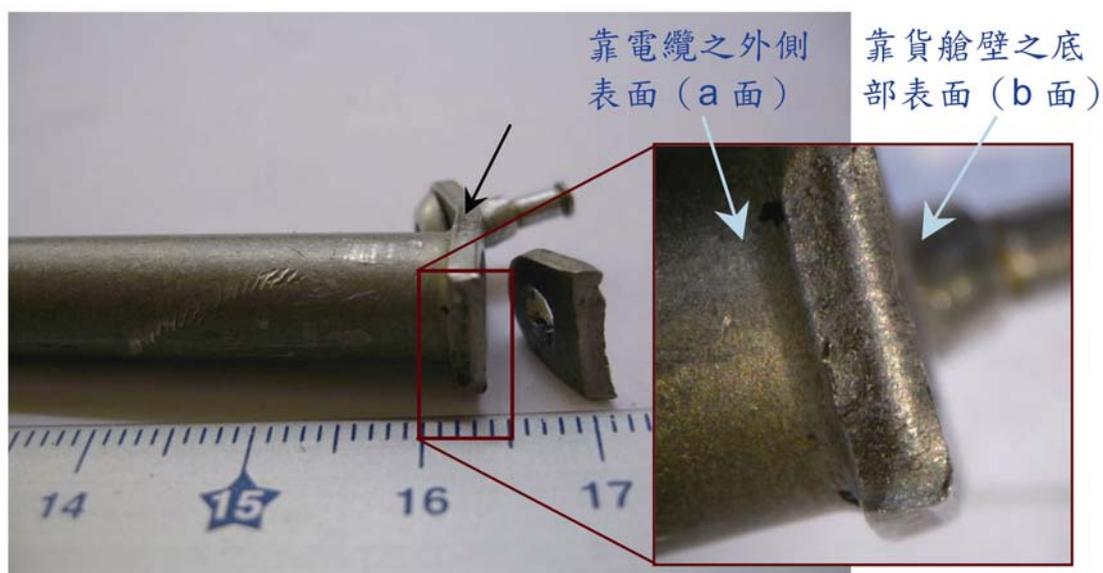


圖 1.16-2 受損支架巨觀觀察



圖 1.16-3 支架上耳部巨觀觀察

以 SEM 檢視斷裂面（圖 1.16-4），圖 1.16-4 (b) 為斷裂面紅框區域之高倍型態，上半部區域（靠近 a 面）高低起伏較大且表面較為粗糙光澤較為明亮，下半

部區域（靠近 b 面）則相對平坦且表面較為光滑光澤較為暗沉，以更高倍率檢視圖 1.16-4 (b) 及圖 1.16-4 (c) 上半部斷面表面呈現延性凹渦（Dimple）之拉伸破壞特徵，下半部斷面表面呈現疊層之擠壓破壞特徵，材料有從中間被往下方壓擠流動現象，詳圖 1.16-4(c)。

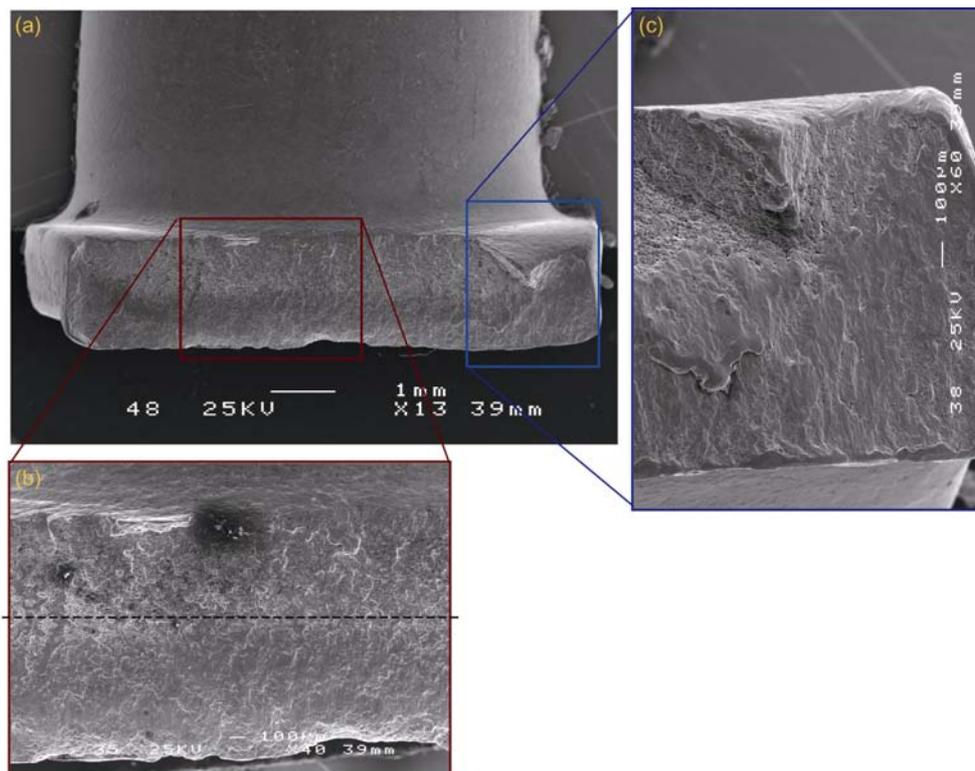


圖 1.16-4 斷裂面微觀

取支架下耳部截面作金相觀察，如圖 1.16-5 所示，晶粒大小正常，於弧形轉角處發現一表面缺陷。將支架之截面鑲埋於試件，經研磨、拋光後以電子微探分析儀（Electron Probe Microanalysis, EPMA）分析，成份分析結果如表 1.16-1。另依金相分析、微硬度試驗結果，研判該材料為 AA 6061 系列鋁合金。

表 1.16-1 化學成份分析

元素	Mg	Si	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ti	Al
Wt% 含量	0.81	0.53	0.19	0.03	0.22	0.32	0.02	0.02	Rem.

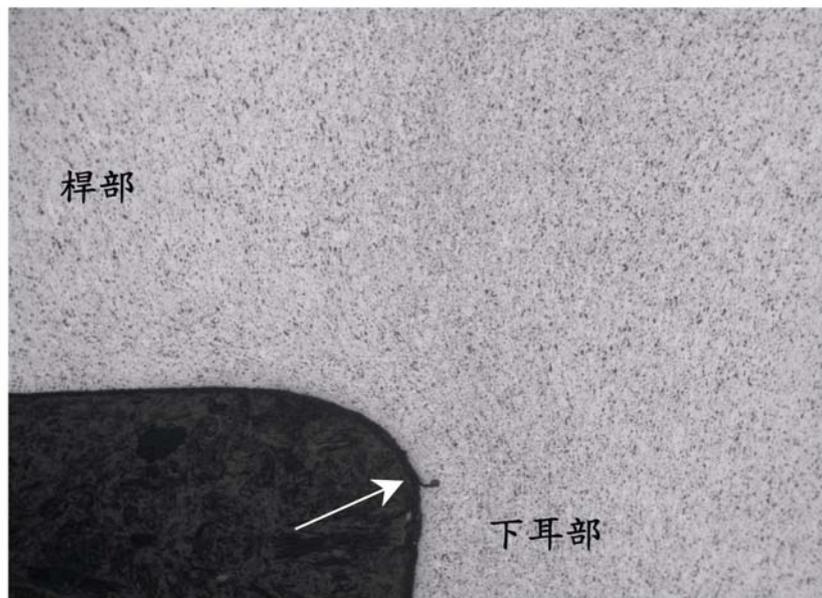


圖 1.16-5 下耳部表面裂紋

為進一步確認斷裂面特徵，本會委請台灣科技大學材料科技研究所協助作 SEM 微觀觀察，發現上耳部 b 面之表面粗糙不平，且有數個缺陷存在，如圖 1.16-6 所示。本會再檢視數個備品支架，發現所有支架表面亦有粗糙不平情形，耳部 b 面亦發現表面缺陷，如圖 1.16-7 所示。

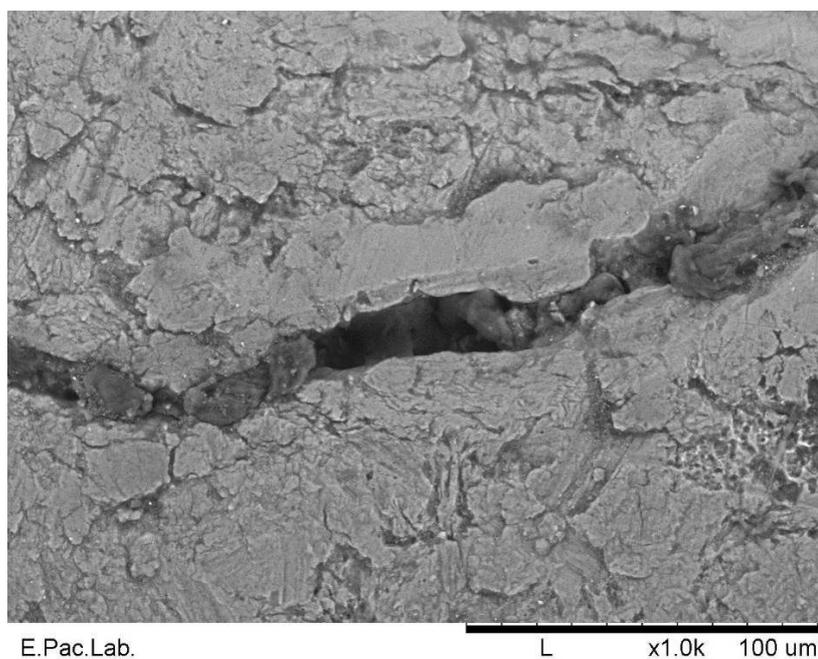


圖 1.16-6 上耳部 b 面之表面缺陷



圖 1.16-7 備品耳部 b 面之表面缺陷

### 1.16.2 隔熱毯測試與研究

受損及庫存備品隔熱毯一起運送至美國國家運輸安全委員會（以下簡稱 NTSB），NTSB 分劃工作並參與美國聯邦航空總署（以下簡稱 FAA）火災實驗室及波音公司材料實驗室進行相關檢測與試驗。FAA 火災實驗室針對隔熱毯進行燃燒測試；波音公司測試項目為隔熱毯表面薄膜之成份分析，以及判斷隔熱毯污染物之組成，測試報告詳附錄 3，摘錄如下：

隔熱毯表布為一層非金屬聚酯薄膜，經由傅立葉轉換紅外線光譜儀（Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR）分析，顯示隔熱毯表布薄膜材質為聚乙烯對苯二甲酸酯（Polyethylene Terephthalate, PET），而隔熱毯沾污之組成為抗腐蝕化合物（Corrosion Inhibiting Compounds, CIC）、合成纖維、天然纖維、動物毛髮、植物性纖維、礦物微粒、聚苯乙烯、金屬碎片及昆蟲等。

垂直布條燃燒測試<sup>5</sup>（vertical strip burn tests）結果，隔熱毯表布可引燃，但火

<sup>5</sup> 此測試係依據 FAA “Aircraft Materials Fire Test Handbook” 第 1 章 Vertical Bunsen Burner Test for Cabin and

焰擴散緩慢，且在可允許的 15 秒平均時間內熄滅。棉球燃燒測試<sup>6</sup>(cotton swab burn tests) 結果，受污染隔熱毯之燃燒範圍超過允許之 8 吋。

檢測報告結論為：隔熱毯表布符合規範要求，受污染之隔熱毯未通過棉球燃燒測試。



圖 1.16-8 隔熱毯燃燒測試

## 1.17 組織與管理

與本事故無關。

## 1.18 其他

### 1.18.1 駕駛員訪談資料

---

Cargo Compartment Materials 之方法進行。

<sup>6</sup> 此測試係依據 FAA “Aircraft Materials Fire Test Handbook”第 22 章 Cotton Swab Test for Thermal Acoustic Insulation Blankets 之方法進行，此非美國 FAR 之規定，但普遍使用於飛機製造廠作為隔熱毯表布阻燃篩檢測試。

### 1.18.1.1 CM-1

於航機停妥、關車、並完成檢查程序後約 2-3 分鐘，事務長及一位客艙組員以 interphone 告知客艙有煙。當時檢查駕駛艙 overhead panel 上除 APU Generator 1 “AVAIL”無指示外，其餘顯示皆正常。

CM-1 請 CM-2 先至經濟艙了解狀況，並配合組員及地勤人員作後續之處置。隨後 CM-2 即抵達客艙協助旅客由 L1、L2 空橋儘速下機。

機務同仁於客艙內使用 2 瓶滅火瓶噴向冒煙處。

### 1.18.1.2 CM-2

自台北起飛、航路飛行、下降進場、到曼谷機場落地皆一切正常，當滑行接近停機位置時，依程序啓動 APU，於靠妥停機位置，發現 APU PWR1 無供電指示，繼續以 APU PWR2 供電，完成關車程序後，駕駛艙內除 APU GEN No.1 無供電指示外，無其他警告訊號顯示。正當與 CM-1 討論上述情況時，事務長即打電話告知經濟艙有冒煙之情況，CM-1 隨即要求 CM-2 至客艙察看情況並回報，CM-1 在駕駛艙指揮協調及對外連絡，待乘客全數下機後即由當地機務代表持海龍滅火器對冒煙部位噴灑，組員則依照 SOP 來實施後續之處置。

## 1.18.2 維修人員訪談資料

### 1.18.2.1 維修人員

該機 APU 供電纜線破皮區域最近一次定檢為民國 93 年 8 月 20 日執行之區域檢查（工單編號 1A62IN），執行該項檢查領班訪談摘要如後。

該員說明執行檢查時由兩到三人為一組負責該張工單，小組的成員各自負責拆開蓋板及視需要做清潔的動作，執行檢查的方法主要是目視檢查，如果看不出來時，會用手去確認；結構檢查的方法是清乾淨要檢查的區域，再用手電筒及鏡子進行檢查。

該員執行檢查時使用之工具有手電筒、反光鏡、溶劑、用來清潔髒污之防銹劑以及除膠棒。

受訪者帶班執行該工單時，會依照小組成員人數分工待檢之區域，各自進行拆蓋板清潔檢查與復原之工作，完工後會全部確認一次後再通知授權簽放人員來檢查及蓋三角章完結工單；惟當時的小組成員是誰已不記得，但確定三人都是結構專長。

### 1.18.2.2 駐曼谷機務代表

該機於民國 97 年 2 月 23 日執行由台北經曼谷至倫敦之載客飛航任務，航機於曼谷機場落地滑行至停機坪後，在旅客下機過程中，客艙 64A 及 65A 座位間之左側通氣炭板處有煙霧冒出，客艙組員以機上通話系統通知機長後，長榮駐曼谷機場機務代表到場，以機上滅火瓶完成噴灑動作，本次訪談以電話訪談方式完成。

受訪者事故當天見到空橋已靠機，但是 L4 及 R5 艙門被打開，進到客艙後只看到客艙左側 64 及 65 排座位間之通氣炭板網孔及側板有煙霧冒出，並無看到任何火花；先將飛機電源及 APU 關閉，就近使用客艙組員已備便之機上滅火瓶兩瓶，以其中一瓶全數朝煙霧冒出之網狀通氣炭板處向下噴灑，煙霧逐漸消散後不再冒出煙霧，接著打開通氣炭板檢查煙霧來源，隨後進到後貨艙檢查，確認煙霧已經消散。

為找出造成機內產生煙霧的來源及部位，該員先打電話向台北總公司報備許可後進行故障排除，先將外部電源斷電後，重新啓動該機 APU 嘗試上電，發現 1 號輔助發電機斷電器跳脫無法供電，同時觀察到後貨艙下方 APU 電源線有接地短路產生電弧；經檢查確定為在後貨艙靠近廢水櫃艙附近，因固定支撐架之拉鉚釘脫落，支撐架斷裂，1 號輔助發電機三相電源供線其中一條線，外部絕緣包覆與支撐廢水櫃管路之固定螺桿磨擦破損，導致裸露之金屬線與機身搭接造成短路現

象，使後貨艙底部隔熱毯後產生煙霧。

受訪者說明經詳細檢查後貨艙近廢水櫃艙附近區域，除燃燒受損之隔熱毯外，飛機結構表面有燻黑變色的現象，但是可以用手抹去，研判只是煙灰故推斷結構未受損；在靠近客艙地板的部分看不見異樣，未檢查結構狀況；在其他系統方面，均確認正常，故暫停使用 APU，並將發電機電纜線磨損破皮部位以絕緣包覆隔離後，同意該機之簽放。

## 第二章 分析

### 2.1 電纜與支架

#### 2.1.1 支架損害

依 1.16.1 節所述，支架上耳部發生斷裂現象（圖 1.16-4），斷裂面下半部（靠貨艙壁側，b 面）呈現壓擠破壞特徵，斷裂面上半部（靠電纜側，a 面）呈現延性凹渦破壞特徵，研判上耳斷裂面下半部先出現壓擠破壞後斷裂，因殘餘材料強度不足，最後在上耳部上半部發生延性強制破壞。上耳部斷裂後，支架上方失去固定，僅由下耳部鉚釘支撐電纜重量形成彎矩，造成支架下耳部彎曲現象。

#### 2.1.2 支架應力

觀察斷裂支架（STA 2060）與其相鄰支架的相對位置，該支架係位於電纜位置高低變化較大的地方，多股電纜長度不一且共用一支架固定之情形下即產生拉擠，相較於其它位置之支架，該支架受到較大的負荷，經調查小組量測，該航機靜止於地面時，該位置之支架即已承受 20 磅向下之負荷，如圖 1.12-23~26。

為進一步分析該斷裂支架之應力分佈，本會導入有限元素分析技術，首先建構支架有限元素分析模型（圖 2.1-1），設定各種邊界條件，其中支架與鉚釘皆完整且未變形，估算 20 磅向下之靜負荷對支架所造成的影響，並比較其應力分佈，分析支架破壞原因。圖 2.1-2 顯示支架之主應力分佈，支架上耳部 a 面最大拉應力為  $334\text{MPa}$ <sup>7</sup>（6061-T6 鋁合金之降伏強度  $276\text{MPa}$ ，極限強度  $310\text{MPa}$ ）<sup>8</sup>，b 面最大壓應力為  $26.1\text{MPa}$ ，依有限元素分析的模擬結果，在正常安裝狀態且支架沒有缺陷之情況下，初始的破壞應該出現在上耳部上半部（a 面），此分析模擬係以

<sup>7</sup> Mpa=Mega Pascal 為應力單位， $1\text{MPa}=10^6\text{Newton/m}^2$

<sup>8</sup> 20 磅負載係事故後所量測，事故前支架斷裂過程中所受實際負荷無法得知。支架斷裂前，上拉釘漸行鬆脫，支架上耳底部發生塑性變形，造成支架桿部向下位移，前述過程之位移將使當初電纜安裝完成時之負載（現場模擬時為 20 磅）漸行減弱。

支架受靜負荷 20 磅作計算，而航機正常操作的震動及電纜線拉擠均可能造成支架更大的破壞；但由 2.1.1 節材料分析結果，上耳部下半部先出現壓擠破壞，上耳部上半部為最後的延性強制破壞點，兩者結果並不一致，顯示有限元素分析之支架與鉚釘邊界條件設定有修正必要。

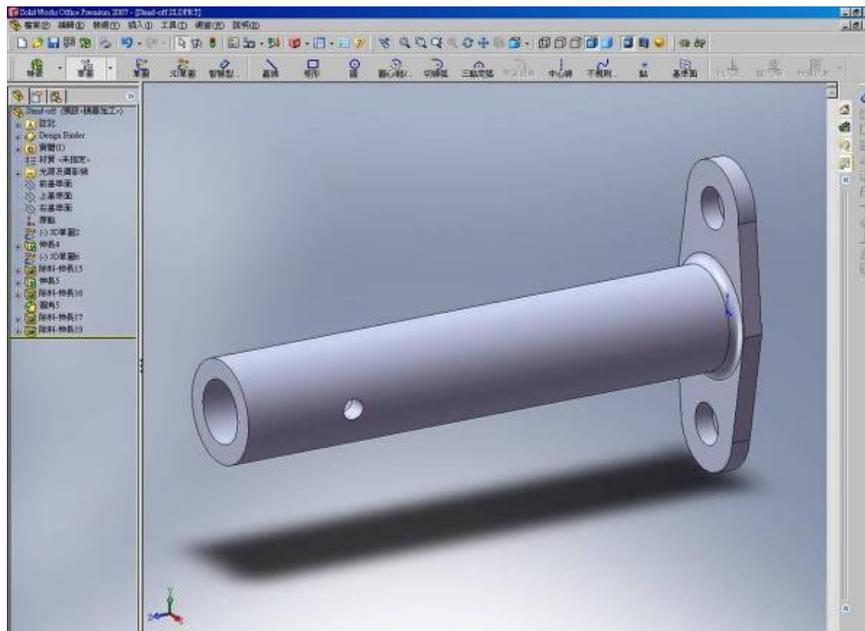


圖 2.1-1 支架有限元素分析模型

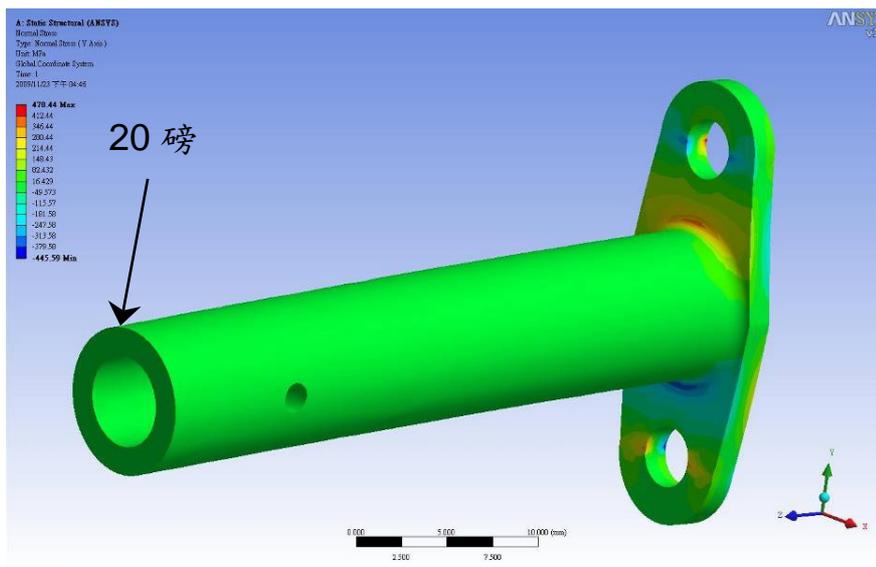


圖 2.1-2 支架之主應力分佈圖

為修正有限元素分析邊界條件之設定，專案調查小組使用 3D 光學掃描儀器量測斷裂支架，並建立該支架之曲面模型<sup>9</sup>。首先 3D 光學掃描儀器將光柵條紋投射於支架表面，接著以 CCD 擷取條紋影像，經電腦運算處理後，可求得斷裂支架高密度點雲資料，經過後續的計算與疊合，得到斷裂支架的三角網格（如圖 2.1-3）。依第 1.12.2.3 節所述，觀察該公司同型機編號 B-16411 機之 STA 2060 位置，發現該處支架底座已經輕微向下彎曲，上固定空心鉚釘鬆脫，下固定空心鉚釘頭垂直面上端翹起，詳圖 1.12-35。綜合以上所述，專案調查小組研判在支架斷裂前，上拉釘已鬆脫且上耳部已發生塑性變形。

依據 1.16.1 節上耳部 b 面 SEM 微觀觀察結果，上耳部 b 面存在數個疑似製造過程所產生的表面缺陷，如圖 1.16-6 所示。專案調查小組重新設定邊界條件，假設上拉釘先鬆脫且上耳部 b 面有數個較深裂紋，模擬支架發生塑性變形。模擬分析結果為上耳部下半部先行破壞，上耳部上半部最後斷裂，詳圖 2.1-4，有限元素分析模擬結果與中科院材料試驗結果吻合，顯示前述假設應與支架斷裂過程符合。

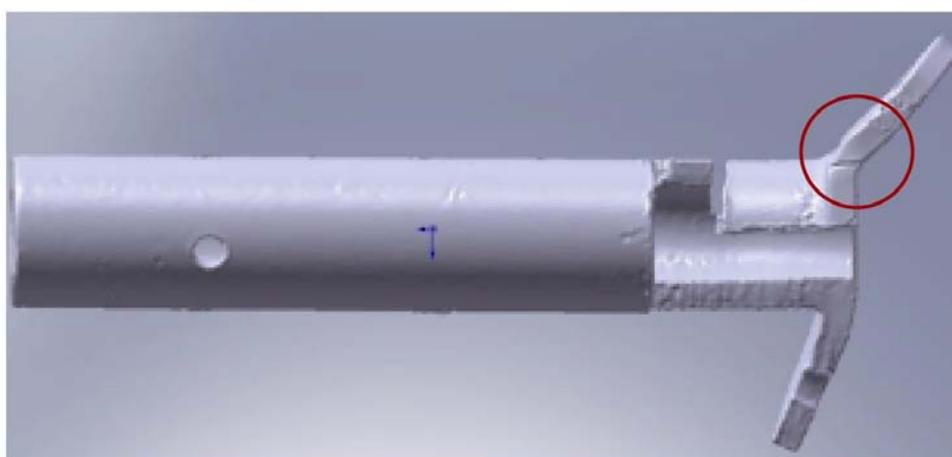


圖 2.1-3 斷裂支架之三角網格

<sup>9</sup> 因斷裂支架已經進行過材料試驗切片取樣，故並非完整。

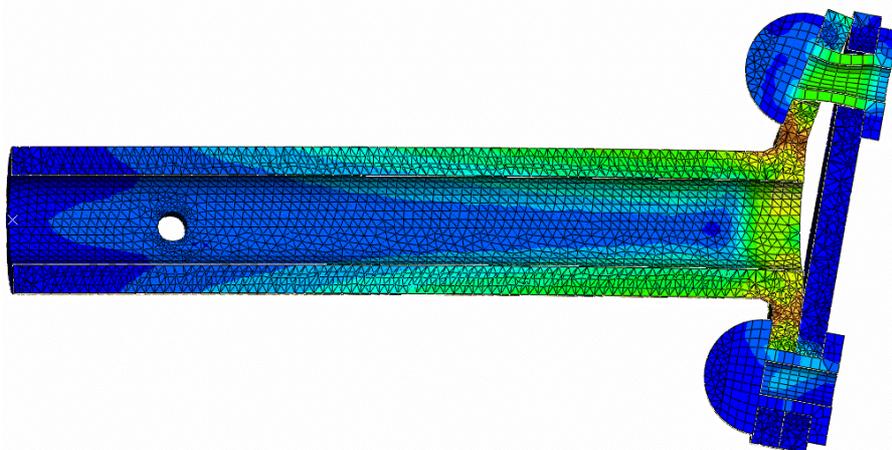


圖 2.1-4 支架之主應力分佈圖

### 2.1.3 支架之設計

該機（生產編號 RT955）與其餘兩架同型機（生產編號 RM116 及 RM117），自出廠即裝用 BACN10TL3 之鋁質支架。回顧波音公司早於 1997 年 6 月出廠的 B747-400 機型，係採用尼龍材質製的同型電纜支架，因為曾發現該尼龍製電纜支架有斷裂鬆脫，導致與本事故相同之短路現象，故將該支架修改設計為鋁合金材質，並於 2001 年 8 月 7 日發布服務信函 Service Letter 編號 747-SL-24-060，週知使用人因該尼龍製電纜支架斷裂導致的短路問題，以及修改設計後之鋁合金電纜支架已安裝於較新出廠之飛機上，並建議裝置尼龍製電纜支架之航機，於方便時機進行更換為鋁合金材質的電纜支架。

由尼龍製電纜支架之斷裂脫落，即顯示在機身站位 STA 2060 處的支架因 APU 電纜線安裝所產生之額外負載和後續航機操作中因外型變化所產生的動態應力，造成電纜支架過負載斷裂，可能為長久存在的問題。波音雖以金屬電纜支架更換尼龍電纜支架作為解決方式，但以本次金屬電纜支架仍然斷落導致短路之事故與前述尼龍支架斷裂導致的短路問題如出一轍之事實顯示，該支架材質並非電纜支架斷裂造成短路導致火災之原因，電纜線安裝所產生之額外負載方為發生事故之主要原因。

該支架材質更換之辦法不足以解決電纜支架斷裂造成短路導致火災之問題，

飛機生產線上因電纜線安裝所產生之額外負載方為真正問題之核心。

## 2.2 火災與污染

輔助發電機電纜因鋁質支架斷裂，電纜掉落後與固定座螺栓接觸並長期磨擦使絕緣外層剝落，電纜裸線接觸機身金屬部位後短路並產生電弧火花，掉落火花引燃下方隔熱毯表面污染物，燃燒部位位於機艙，該處結構造型弧度由水平轉為垂直，火焰上竄之特性與其隔熱毯上污染物相互結合造成嚴重火災以致結構受損。

依據 1.6.6.2，長榮於事故後已將 STA 2020 至 STA 2060，機身左側客艙及貨艙燃燒焚燬之隔熱毯全部換新，然位於貨艙與換新隔熱毯相鄰側區域之隔熱毯表面仍堆積有大量污染物，調查人員收集該區沾附污染物之隔熱毯並送至 FAA 執行檢測。

依據 FAA 隔熱毯測試報告顯示，在兩片表面無污染之新隔熱毯試片執行棉球燃燒測試，兩片試片延燒現象均在 FAA 規定之 8 吋範圍內熄滅；另兩片測試表面有污染之隔熱毯試片，延燒均超過規定之 8 吋範圍。兩項未達標準的測試，第 35 號測試使用中度污染樣品發現延燒範圍達 9 吋；第 36 號測試使用重度污染樣品發現延燒範圍達 1/2 立面及全部平面（約 20 吋），顯示表面污染情形愈嚴重則延燒範圍愈大。

### 2.2.1 污染物來源

依據 1.6.6.1 隔熱毯之污染、1.12.2.1 地板下機身及 1.16.2 FAA 隔熱毯測試與研究結果，該隔熱毯表布污染物包含 CIC、合成纖維、天然纖維、動物毛髮、植物性纖維、礦物微粒、聚苯乙烯、金屬碎片及昆蟲等。CIC 污染應係結構檢查作業時，維修人員意外潑濺於隔熱毯上所致；合成纖維、天然纖維等應係由座椅、地毯等客艙內布質裝潢及機上人員之衣物脫落而來；植物性纖維、礦物微粒及昆蟲應係機艙空調系統由外界導入；動物毛髮、聚苯乙烯、金屬碎片等應係乘客或

其他人員活動時所遺留。

依據圖 1.6-5 客貨艙空氣循環圖所示，當飛機下方貨艙循環風扇抽取空氣至上方客艙時，會使貨艙艙壓稍低於客艙，此壓差促使客艙的空氣經由位於客艙地板之閘孔向貨艙流動，散佈在客艙空氣中之灰塵及其他污染物亦隨氣流經由閘孔至貨艙，空氣中之污染物隨氣流在閘孔下方堆積，較重之污染物如毛髮、鋁箔紙、地毯纖維及衣物棉絮等，堆積於隔熱毯上，此現象可由圖 1.6-6～圖 1.6-8 中局部放大之 a1、b1 及 c1 圖確認；較輕之懸浮微粒如灰塵等則被氣流帶至循環風扇前之濾網，過濾後之乾淨空氣再依序進入風扇及歧管，混合新鮮空氣後再被送回客艙。

## 2.3 維修作業

### 2.3.1 清潔作業

依長榮航空維修計畫，失火區域之清潔作業於 D Check 時執行，D Check 時距為 6 年，前次執行日期為民國 93 年 8 月 24 日 D Check，距本事故發生有 3 年 6 個月（3.5 年），這段時間以來隔熱毯上污染物堆積之情形即已引起火災造成飛機結構實質損害，事發時距下次 D Check 清潔週期尚有 2 年 6 個月（2.5 年），斯時污染情形將更嚴重，測試結果顯示，污染愈嚴重延燒範圍愈大，且類似火災發生時間愈晚，污染物堆積量愈大，則航機損害將更嚴重。

### 2.3.2 工單 1A62IN

檢視 1.6.7.3 節所述第 1 頁第 2 項工作內容只針對隔熱毯表面之灰塵、棉絮、垃圾等執行吸塵或擦拭之作業，並無隔熱毯遭受 CIC 污染後之處置。

第 2 頁第 7 項之注意事項工單內容僅有勿將 CIC 施用於某些組件之說明，並無隔熱毯遭受 CIC 污染後之處置說明。調查小組函詢長榮其隔熱毯遭受 CIC 污染之政策，長榮於民國 98 年 9 月 18 日函覆「針對隔熱毯上面有 CIC 污染狀況的處置政策，EVA 在工單當中引用的 AMM 章節警語「NOTE: Do not apply water

*displacing/anti-corrosion compounds in the following areas: cables, pulleys, wiring, plastics, elastomers, oxygen systems adjacent to tears or holes in insulation blankets interior materials, including cargo liners. APU, APU shroud or any structure in direct contact with the lubricated or Teflon surfaces (e.g. greased joints, sealed bearings).*

」，如工單「1A62IN」第三頁Para.7 Note (b) 和工單「1A34IN」第五頁Para. G (1) Note 標示，都已經要求不得讓 CIC 污染到絕緣毯，敬請知悉。」調查小組認為長榮以為現有日常之客艙清潔作業及定期貨艙隔熱毯清潔作業計畫已可滿足該服務信函之建議，既定之客艙及貨艙清潔計畫無須變更；另依據 1.6.7.2 節出版日期民國 96 年 10 月 18 日之 AMM 25-55-03-404-009 節，若隔熱毯有 CIC 污染、油、蠟狀物質或液體污漬時應更換新隔熱毯。查該項維修內容於民國 95 年 5 月由波音公司修訂後併入 AMM 中，長榮於民國 93 年 8 月 24 日事故前最後一次轉換檢查時 AMM 尚無該內容，然依據 1.6.7.3 節，長榮於最近一次（民國 98 年 6 月 18 日）執行 1A62IN 工單時，該工單版別與內容雖經修訂，然第 7 項之注意事項內容仍與民國 93 年 8 月 24 日事故機事故前最後一次轉換檢查之內容一樣。AMM 為機務維修之必要參考，該新版 AMM 距民國 98 年 6 月 18 日最近一次執行 1A62IN 工單已有 1 年 8 個月，查其 1A62IN 工單內容無隔熱毯遭受 CIC 污染後之檢視及處置說明。長榮未將 AMM 中隔熱毯遭受 CIC 污染後之維修工作，納入 1A62IN 工單提示重點中，一旦維修人員遭遇 CIC 污染隔熱毯情況時將無法據以執行。事實顯示事故機火災及其他區域之隔熱毯皆有 CIC 之污染，維修人員於 CIC 塗佈作業時並未注意 CIC 對隔熱毯之污染，區域性檢查時亦未清除遭受 CIC 污染之隔熱毯。

### 2.3.3 長榮對波音服務信函之評估

依據 1.6.7.1 節長榮於民國 87 年 4 月 10 日、民國 93 年 7 月 26 日及民國 93 年 8 月 30 日收到該服務信函後，認為現有日常之客艙清潔作業及定期貨艙隔熱毯清潔作業計畫已可滿足該服務信函之建議，既定之客艙及貨艙清潔計畫無須變更，之後分別於民國 91 年 11 月 27 日及民國 93 年 8 月 24 日執行工單 1A62IN 完

畢。事實顯示該機於民國 97 年 02 月 23 日因隔熱毯表面之 CIC 及棉絮等大量污染物堆積以致發生事故。該服務信函提及 CIC 污染亦造成灰塵、棉絮及毛髮等雜物黏附堆積在客艙及貨艙之機身外側之隔熱毯上，堆積量大後其著火之高溫將造成結構損害。該服務信函建議業者增加檢查及清潔頻率，並於定期檢查時應檢視隔熱毯表布是否有液體或油/蠟等物質之遺留，如有發現應將其移除及換新。

該三份服務信函述及隔熱毯遭受 CIC 污染後之現象及其可能發生之危機、後果及改善建議。該機失火區域曾執行兩次區域性檢查，第一次及第二次檢查分別於民國 91 年 11 月 27 日及民國 93 年 8 月 24 日執行完畢，距第一次區域檢查前約 4 年 7 個月波音已發佈服務信函 747-SL-25-170，提醒各航空公司隔熱毯受 CIC 污染可能衍生之火災風險。該信函雖為建議性質並非強制性文件，然事實顯示因該類污染所衍生之火災確實造成長榮航機實質損害，且實驗證明火燄之延燒已超出 FAA 測試該型隔熱毯可承受之標準範圍，長榮於收到該服務信函後，未能確實進行評估並採取措施，免於火災之發生，顯示長榮對隔熱毯遭受 CIC 及棉絮污染狀況之重視及警覺不足，所定之客艙及貨艙清潔計畫欠完善。

### 2.3.4 外站簽放作業

該機於啓動輔助電源系統時，因電線短路而引燃隔熱毯，高溫波及站位 2060 之地板樑、縱桁、與通氣桁架等主結構。事發後當地機務代表進入貨艙，以目視檢查判定飛機結構表面有燻黑變色的現象，但是可以用手抹去，故未依據結構修理手冊進一步確認該等機體結構實際損害狀況，便予以放飛，繼續後續之預定航段。俟航機回桃園本站後，經維修單位拆除隔板、側牆等複材組件，執行目視檢查，以及依據 747 NDT Part-6, 51-00-00 之導電度測試方法，對於貨艙與客艙範圍之結構元件進行檢驗，方確認各燻黑變色結構件之材料強度妥適與否。（見表 1.12-1 所示）機務人員對類似航機結構遭遇失火高溫之處置，需確認遭受火災波及之後的結構強度與材料特性是否產生變異，需依照 B747-400 結構修理手冊 SRM 51-20-02/03 進行導電度測試或是硬度測試，並依照結構修理手冊恢復航機結構之

完整性，才准予放飛。航機返台後經由結構檢測發現一地板樑結構受損，顯示該機於事故發生後繼續執行飛航任務之維護簽放未按結構修理手冊程序，未考量受熱損須經檢測。

## 2.4 飛機輔助電力系統

依據 1.6.9.5 輔助發電機之電源控制及保護由兩具 AGCU 負責，AGCU 在輔助發電機供電電流差異保護電路負責監控發電機及線路中電流之差異，當差異電流大於  $20\pm 5$  安培且持續時間超過 0.04 秒時，保護電路會致動輔助發電機控制繼電器及電源斷電器，使輔助發電機繼電器跳脫供電中斷。查閱該機中央維修電腦（Central Maintenance Computer, CMC）下載 FAULT HISTORY 紀錄，發現事故前一日 BR68 由倫敦飛台北航班，曾發生 1 號輔助發電機供電失效情形，顯示 1 號輔助發電機曾有供電異常狀況。唯該狀況無 EICAS 警示訊息，且未鎖定為須立即加以處置之 EXISTING FAULT，致線上維修無從知悉並加以處置。然依據 FAULT HISTORY 的紀錄研判，間歇性短路情況於事故前即已存在，但因 CMC 紀錄之設計，係為維修時之參考，故該機短路之狀況未被立即察覺。該紀錄及本案短路現象發生時 1 號輔助發電機供電失效並由電力匯流排跳脫之徵候顯示 1 號輔助發電機電路發生電流異常差異現象，且差異電流大於  $20\pm 5$  安培且持續時間超過 0.04 秒之設定，於是保護電路致動 1 號輔助發電機之控制繼電器（Auxiliary Generator Control Relay, AGCR）及電源斷電器 APB，使 1 號輔助發電機供電中斷，短路部位不致繼續發生火星而使火勢增強，該機職司電源控制及保護之 1 號 AGCU 功能正常。

## 2.5 生還因素

本節由乘客發現客艙冒煙開始，直至客艙組員下機之間，以客艙應變之生還因素觀點分析包括：異常狀況通報、尋找火源及滅火時機、客艙指揮、分工合作等。

## 2.5.1 尋找火源及通報

依長榮航空客艙組員手冊<sup>10</sup>第 5.4.2 節客艙消防程序<sup>11</sup>第 A 小節：客艙組員應先尋找火源，判斷可能為電、油、紙類或塑膠材質之燃燒，再使用適合的滅火器。消防程序中尋找火源為優先執行的項目，惟該機火源發生於下貨艙，燃燒後煙透過通氣炭板漫出，客艙組員無法立即發現火源位置。

事故時為正常離機階段，機上乘客持手提行李自走道上魚貫下機，後方乘客發現客艙通氣炭板冒出白色煙霧時告知附近的客艙組員 (L5)，該名客艙組員即至冒煙點查看，並請其它客艙組員通知事務長及機長。

另該手冊第 5.4.2 節客艙消防程序第 D 小節「消防作業及組員協調」：遭遇客艙失火時，客艙組員首先應確認失火、尋求其他組員協助、獲得適當滅火器並控制火源、兩位組員交互滅火持續噴灑滅火劑、需要時使用防煙面罩及隔熱手套、並將下列資訊立即向機長及事務長陳報，其陳報內容包含：失火地點、強度、可能火源及起火原因、客艙冒煙的情況、乘客狀況等資訊。

事故發生時，該名客艙組員留在現場監控並請其他客艙組員通知事務長，受託通報之客艙組員依上述程序分別通知事務長及機長，事務長收到資訊後亦通知機長，其通報流程符合手冊規範。

## 2.5.2 滅火時機

檢視該公司授與客艙組員有關滅火訓練包括：客艙組員手冊內相關程序之複習、與前艙組員聯合演練有關緊急狀況之模擬訓練、實際操作海龍滅火操作訓練

<sup>10</sup> 版期:2007.03.01 第 8 版

<sup>11</sup> *Cabin Fire Fighting Procedures : A. Source/cause: (1) Identify the likely source/cause of fire. Possible causes are electrical, grease, oil, paper, melting plastic etc. B. Type of fire extinguisher: (1) Use the proper extinguisher...C. Location of the fire: (1) Clear the area surrounding the fire of combustible materials. (2) Remove all oxygen bottles from the vicinity of the fire. (3)Open any cabinets/doors only when ready to discharge extinguishing agent into them ...*

(客艙、廁所及廚房)，此外於客艙模型實施之相關年度複訓包括：客艙冒煙、客艙失火之滅火訓練等，訓練課程規劃完整並符合民用航空相關法規要求。

客艙組員因未能發現火源，無法立即展開消防作業，包含取得滅火器、防煙面罩、手套，淨空該區，2 人一組連續噴發滅火劑等消防程序。調查發現：地面機務人員上機後，持一瓶滅火器由通氣板噴入，濃煙未再大量冒出，若客艙組員於發現煙源時，立即依手冊於煙源冒出處，執行滅火程序，可能會減低出現後續大量濃煙散佈於客艙之狀況。

### 2.5.3 啓動緊急撤離之判斷

發現冒煙時，該機已靠抵空橋；前 3 區乘客皆已全數下機；其它區乘客正在離機；機下地勤作業已開始。依據長榮航空客艙組員手冊第 6.1.1 節 E 款<sup>12</sup>：當航機落地且完全停止後，或許不需要執行緊急撤離作業，除非發生有立即威脅生命安全之緊急狀況，客艙組員必需等待機長的最終指示。

另依據客艙組員手冊第 6.1.2 節「基礎緊急程序」規定；實施緊急撤離程序時，機長需向全體組員提示緊急情況、並下達緊急撤離指示、客艙撤離準備工作（如客艙燈光調節）、緊急出口之預備操作、等待指示、開門、引導乘客撤離航機等。

調查發現：若該機靠抵空橋且乘客已在離機過程，執行緊急撤離程序，容易造成地面車輛疏散不及或機上乘客推擠而導致傷亡，或因駕駛艙及客艙準備作業反而花費更多時間，未能達成緊急而安全的撤離目的。

### 2.5.4 應變作為

該機在未執行緊急撤離程序之情況下，後區部分乘客在冒煙發生後至離機過程，因恐慌而產生推擠客艙組員、強行開門及自行開門等現象，調查小組對造成

---

<sup>12</sup> E. After landing, when the aircraft has come to a complete stop, it may not be necessary to evacuate the aircraft. Cabin Crew must await the captain's final instructions unless the emergency becomes a life-threatening situation.

恐慌因素及與客艙組員應變作為分析如下。

1. 濃煙快速散佈客艙：濃煙產生後快速充滿 E 區，此時 DE 區間之隔簾關閉，使濃煙封閉，致客艙能見度降低。
2. 乘客未能了解前區撤離進度：依據客艙組員手冊第 1.1.10 節 C 款，實施正常下機程序時，須關閉隔簾，至前區乘客下機後，始向後逐一開啓隔簾，其目的為循序下機秩序之考量，但 E 區的乘客目睹煙變大變濃，DE 區間隔簾未開啓之狀況下，對客艙組員是否已進行應變處置產生疑慮。
3. 組員之應變作為：客艙組員通報事務長及機長後，該區客艙組員判斷無立即之危險，除監控狀況外，大多數的作業在防止乘客自行開門而跌落地面，因無任何廣播，導致乘客並不確定機長、事務長及前區客艙組員是否已知 E 區現況，另該機未廣播告知前區乘客有關 E 區狀況，並要求前區乘客加速撤離。
4. 乘客未接到任何指示：客艙組員手冊第 5.4.2 節客艙消防程序第 E 小節說明：客艙失火時客艙組員應以數種話語<sup>13</sup>安撫乘客防止乘客恐慌或困惑，其目的在於告知乘客，組員已有應變作為，只要安心跟著指令就能夠安全離開，事故後部分乘客未見到期望中的組員應變作為及其明確的指令。

濃煙發生後，客艙組員通報機長及事務長，機長指派副駕駛員至客艙處理，包括事務長、副駕駛員皆因乘客正在離機，佔據走道，以致未能反向走至事故現場。

調查小組建議客艙組員如類似狀況發生時能廣播通知 E 區有狀況，要求客艙組員協助乘客儘速離機；下達開啓隔簾之指令，讓客艙前後區暢通，加速濃煙消散，亦可藉此目視觀察事故區狀況或客艙前後區通聯；廣播安撫乘客並提供自救措施之指令（如手帕掩口鼻）；以廣播請負消防職責的客艙組員攜帶裝備設法至現

---

<sup>13</sup> Every Thing is fine. Please be seated; We are extinguishing now; please put your hand down.; Please put a handkerchief on your nose and mouth....

場滅火及請離開職位客艙組員代理之指派等，來有效降低乘客的恐慌心理。

本會認為通報時已明確告知冒煙，雖經判斷後不啟動緊急撤離，惟事務長、副駕駛員受阻於走道時，未採取積極性作為要求前區乘客加速離機並下達應變作為之指令。

### 2.5.5 組員支援及責任代理

異常狀況發生時，該機客艙組員曾相互合作及支援，如為防止乘客推擠跌落地面，L4 及 L4' 客艙組員前往被乘客強行開啓的 R5 門支援，以致 L4 門在乘客下機時，無客艙組員監管而遭開啓。調查發現：客艙組員處理其他異常狀況時，應互相支援以避免離開責任區支援其他同仁時乘客發生開門摔落之風險。

本頁空白

## 第三章 結論

本章中依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析，總結以下三類之調查發現：「與可能肇因有關之調查發現」、「與風險有關之調查發現」及「其他調查發現」。

### 與可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定為與本次事故發生有關之重要因素。其中包括：不安全作為、不安全狀況或造成本次事故之安全缺失等。

### 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及飛航安全之風險因素，包括未直接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件及組織與整體性之安全缺失等，以及雖與本次事故無直接關連但對促進飛安有益之事項。

### 其它發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部分調查發現為大眾所關切，且見於國際調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全之用。

### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 在機身站位 STA 2060 處的 APU 電纜線因安裝不當，使該處支架產生額外之負載達 18 磅，加上後續航機之動態應力，使該處支架超過設計強度以致斷裂。  
(2.1.3、2.2)
2. 金屬電纜支架上耳疲勞斷裂後上部失去固定，僅由下耳部鉚釘支撐電纜重量，該鉚釘不勝長期過載而鬆脫，電纜與支架一起掉落。掉落電纜與相鄰螺栓接觸並長期磨擦使絕緣外層剝落，電纜裸線接觸金屬螺栓發生短路產生電弧火花，

掉落火花引燃下方隔熱毯表面污染物，失火部位位於造型弧度近於垂直之機艙，火焰上竄之特性與其隔熱毯上污染物相互結合造成嚴重火災以致結構受損。(2.2)

3. 金屬或塑膠之支架材質並非造成支架斷裂釀成火災之原因，飛機製造廠生產線上因電纜線安裝所產生之額外負載方為發生事故之主要原因。(2.1.3)

### 3.2 與風險有關之調查發現

1. FAA 隔熱毯測試報告顯示，在兩片表面無污染之新隔熱毯試片執行棉球燃燒測試，兩片試片延燒現象均在規定之 8 吋範圍內熄滅；另兩片測試表面有污染之隔熱毯試片，延燒均超過規定之 8 吋範圍。兩項未達標準的測試，顯示表面污染情形愈嚴重則延燒範圍愈大。(1.16.2)
2. 依據 1.6.6.1 隔熱毯之污染、1.12.2.1 地板下機身及 1.16.2 FAA 隔熱毯測試與研究結果，該隔熱毯表布污染物包含 CIC 等雜物。隔熱毯上之 CIC 污漬較他處更易留置空氣中之毛髮、棉絮、纖維等物，上述情形若遇電弧火花，則可能被引燃，並造成助長火勢之結果。(2.2.1)
3. 航機上次 D Check 完成日距本事故發生已有 3 年 6 個月 (3.5 年)，依據 1.6.6 隔熱毯之污染，其污染之堆積量經 FAA 測試結果顯示，當此遭受污染之隔熱毯觸及電纜火花時，則可能被引燃。這段時間以來隔熱毯上污染物堆積之量即已形成火災造成飛機結構實質損害，事發時距下次 D Check 清潔週期尚有 2 年 6 個月 (2.5 年)，斯時污染情形將更嚴重，測試結果顯示，污染愈嚴重延燒範圍愈大，且類似火災發生時間愈晚，污染物堆積量愈大，則航機損害將更嚴重。(2.3.1)
4. 長榮未將 AMM 中相關隔熱毯受 CIC 污染之維修工作納入工單中提示，致檢查工單 1A62IN 未詳列隔熱毯遭受 CIC 污染後之工作要求，維修人員遭遇 CIC 污染隔熱毯情況時將無法據以執行。(2.3.2)

5. 長榮於收到波音服務信函 747-SL-25-170-B 後，未能確實進行評估並採取措施，免於類似災害之發生，顯示長榮對隔熱毯遭受 CIC 及棉絮污染狀況之重視及警覺不足，所定之維修計畫欠完善。(2.3.3)
6. 該機返台後結構檢測發現一地板樑結構受損，顯示該機於事故後從曼谷往倫敦再返回桃園機場之維護簽放未按結構修理手冊程序，未考量受熱損須經檢測。(2.3.4)
7. 該機火源發生於下貨艙，燃燒後煙透過通氣炭板漫出，客艙組員無法立即發現火源位置。(2.5.1)
8. 客艙組員在未發現火源的狀況下，無法展開消防作業。(2.5.2)
9. 濃煙快速散佈客艙的過程中，因隔簾關閉阻隔，客艙前後區未能通透，組員應變時雖以口頭及肢體動作指示乘客往前移動，惟未透過 PA 指示前區乘客加速離機，部分乘客在未接到任何應變或安撫指令下，少數乘客因此狀況產生恐慌、推擠 R5 客艙組員、強行開啓 R5 艙門等作為。(2.5.4)
10. L4 客艙組員因協助同仁處理其他異常狀況致 L4 機門無客艙組員監管而遭乘客開啓。(2.5.5)

### 3.3 其它發現

1. 電纜支架管壁和耳部之尺寸，均符合工程圖要求。另依金相分析、微硬度試驗結果，研判該材料為 6061 系列鋁合金，與規範相符。(1.16.1)
2. 中科院以 SEM 檢視斷裂面，發現局部區域呈現疲勞紋特徵，斷裂面藍框區域呈現延性凹渦 (Dimple) 破壞特徵，研判此區域為最後強制破壞區域。檢測報告結論如下，電纜線支架試樣係因疲勞負荷作用而發生破壞，研判係上方耳部在支架基部轉角處承受過大的疲勞負荷而斷裂，隨後造成下方耳部的變形及鉚釘鬆脫。(2.1.1)

3. 支架承受約 18 磅向下之額外負載。(1.12.2.1)
4. 該隔熱毯表布污染物包含 CIC、合成纖維、天然纖維、動物毛髮、植物性纖維、礦物微粒、聚苯乙烯、金屬碎片及昆蟲等。CIC 污染應係結構檢查作業時，維修人員施工時將使用之 CIC 潑濺於隔熱毯上所致；合成纖維、天然纖維等應係由座椅、地毯等客艙內布質裝潢及機上人員之衣物脫落而來；植物性纖維、礦物微粒及昆蟲應係機艙空調系統由外界導入；動物毛髮、聚苯乙烯、金屬碎片等應係乘客或其他人員活動時所遺留。(2.2.1)
5. 波音公司測試隔熱毯表面薄膜之成份分析，檢測報告結論為隔熱毯表布符合規範要求。(1.16.2)
6. 1 號輔助發電機電路發生電流異常差異現象，且差異電流大於  $20\pm 5$  安培且持續時間超過 0.04 秒之設定，於是保護電路致動 1 號輔助發電機之控制繼電器 AGCR 及電源斷電器 APB，使 1 號輔助發電機供電中斷，短路部位不致繼續發生火星而使火勢增強，該機職司電源控制及保護之 1 號 AGCU 功能正常。(2.4)
7. 修護紀錄無異常之登錄。(1.6.8.4)
8. 事故後，客艙組員分別通知事務長及機長，其通報流程符合手冊規範。(2.5.1)
9. 該公司客艙組員消防訓練課程符合民用航空相關法規要求。(2.5.2)
10. 該機當時靠抵空橋且乘客已在離機過程，若執行緊急撤離程序，容易造成地面車輛疏散不及或機上乘客推擠，或因駕駛艙及客艙準備撤離作業反而花費更多時間，未必能安全撤離。(2.5.3)

## 第四章 飛安改善建議

本章中，4.1 節為依據本調查之結果而提出之飛安改善建議。各相關機關(構)於調查過程中已完成或進行之改善措施，列於 4.2 節，惟本會並未對其所提列之飛安改善措施進行驗證，故相關之飛安改善建議仍列於 4.1 節中。

### 4.1 改善建議

#### 致長榮航空公司

1. 量測並改善同型機隊於機身站位 STA 2060 處電纜線安裝不當產生額外負載之問題。(ASC-ASR-11-02-001)
2. 參考波音服務信函 747-SL-25-170-B，重視波音機隊經驗，加強客貨艙污染清除之實質評估，據以修訂維修計畫並確實執行。(ASC-ASR-11-02-002)
3. 依據 AMM 審視 1A62IN 及所有類似工單內容，增訂隔熱毯遭受 CIC 污染後之檢視及處置方法等，俾便維修人員確實遵照實施。(ASC-ASR-11-02-003)
4. 該機從曼谷飛回桃園之載客飛行過程，航機部分客艙地板結構已受熱損壞，長榮應強化外站簽放機制，避免類似情事之再發生。(ASC-ASR-11-02-004)
5. 強化組員手冊內有關客艙消防之火源搜尋、滅火作業、隔簾啓閉時機及離開責任區之職務代理、指揮、通聯、宣告及乘客安撫等程序，特別考量走道被佔據之狀況，並列入空服及航務相關複訓課程。(ASC-ASR-11-02-005)

#### 致交通部民航局

1. 督導國內相關業者改善 B747-400 同型機隊於機身站位 STA 2060 處電纜線安裝不當產生額外負載之問題。(ASC-ASR-11-02-006)
2. 督導國內相關業者加強 B747-400 同型機隊客貨艙污染之實質評估，據以修訂客貨艙清潔計畫並確實執行。(ASC-ASR-11-02-007)

3. 督導長榮審視 1A62IN 及類似工單之內容，增訂隔熱毯遭受 CIC 污染後之檢視及處置方法等，俾便維修人員確實遵照實施。(ASC-ASR-11-02-008)
4. 該機從曼谷往倫敦再返回桃園之載客飛行過程，航機部分客艙地板結構已受熱損壞，民航局應督導長榮強化外站簽放機制，避免類似情事之再發生。(ASC-ASR-11-02-009)
5. 督導長榮強化組員手冊內有關客艙消防之火源搜尋、滅火作業、隔簾啓閉時機及離開責任區之職務代理、指揮、通聯、宣告及乘客安撫等程序，特別考量走道被佔據之狀況，並列入空服及航務相關複訓課程。(ASC-ASR-11-02-010)

#### **致波音飛機製造公司**

1. 提出有效方法解決機身站位 STA 2060 處支架，因 APU 電纜線安裝所產生之額外負載和後續航機操作中因外型變化所產生的動態應力，造成電纜支架過負載斷裂的問題。(ASC-ASR-11-02-011)

#### **致美國聯邦航空總署**

1. 督導波音提出有效方法解決機身站位 STA 2060 處支架，因 APU 電纜線安裝所產生之額外負載和後續航機操作中因外型變化所產生的動態應力，造成電纜支架過負載斷裂的問題。(ASC-ASR-11-02-012)

## **4.2 已完成或進行中之改善措施**

### **交通部民用航空局**

民航局自案發至已完成下列改善措施：

1. 針對長榮航空外站簽放作業未依據結構維修手冊進一步確認該等機體結構實際損害狀況，便予以放飛。民航局已於 97 年 11 月 21 日以 0970032028 號函裁處長榮航太違反民用航空法第 114 條第 1 項第 4 款「『執行修護或改裝工作，其所

用之器材、方法及程序，未依工作物之原製造廠商所發布或經民航局認可之技術文件實施』。罰鍰 6 萬元整。

於 97 年 11 月 21 日以 0970032027 號函裁處機務人員，違反航空器飛航作業管理規則第 134 條第 1 項「航空器適航簽證人員，應持有有效之地面機械員檢定證書，並依航空器維護能力手冊之權限，確實執行各項維護及簽放作業」與第 2 項「每項維護簽放紀錄內容應包含執行維護工作之依據及重點摘要、維護完工日期及簽放人員之簽署」。停止執業兩個月。

於 97 年 11 月 22 日以 09700321267 號函警告長榮航空確實改善監督代理維護公司簽放作業。

2. 辦理情形，民航局亦於 97 年 3 月 24 日准予備查。

### 長榮航空公司

1. 波音公司已於 99 年 10 月 14 日發布技術通報 SB 747-24-2331 修改電纜支架設計，可以解決支架承受額外負載問題，長榮航空目前已依照該 SB 完成 B-16410 號機之改裝工作，另兩架同構型的機型亦排定實施中。

本頁空白

## 附錄一 乘客陳述事故經歷

### Fire incident on board BR67 on 23<sup>rd</sup> February 2008

#### My Witness account :

Myself, my wife, my four year old son, and my baby daughter, were travelling in the economy cabin in the central bulkhead DEF seats on flight EVA Air's flight BR67 from Taipei to London. We were in, or near, row 61.

Following a rather rough landing at Bangkok, we taxied to the gate (accompanied by the sound of many seatbelts being released by passengers whilst taxiing) and then stopped by the terminal. The aisles were then immediately filled with passengers queuing to get off.

Just a few moments after stopping, there was quite an acrid smell of burning. I looked around, but I could not see any sign of smoke at this point. I commented on the smell to my wife.

A minute or two later, I noticed that some faintly visible smoke was starting to appear a few rows back, around seats ABC. I picked-up my son and said to my wife, who was holding my daughter, that we should take the children further forward.

We made our way in to the aisle but could not move any further forward due to the stationery queue of passengers. I could see that the curtain which divides the economy cabin from the next class was drawn across the aisle, as it would be if everything was normal.

A member of cabin crew headed from the direction of the curtain to the direction of the smoke, where there appeared to be another cabin crew member already. I could not see any cabin crew members manning the curtain at this point.

I then looked back and noticed that the smoke was now much thicker and grey in

colour. However, the queue of passengers was still static, the curtain was still closed, and there still did not appear to be any cabin crew making efforts to evacuate passengers from the plane.

I shouted in the direction of the passengers at the front “*Please move forward at the front*”. The queue then started to move forward quickly.

A male passenger who had been next to the emergency exit just ahead of me opened the exit. However, the chute did not deploy, and the drop to the ground was substantial. Neither he nor I could see a means of manually deploying the chute.

A few seconds later, the part of the queue where we were was able to start moving forward. However, many passengers behind us were now panicking and pushing from behind. Some came through the galley and my wife and daughter got trapped against the seats. I was forced to physically intervene to free them.

We were then able to briskly walk off through the exit and in to the terminal.

When we got inside, there were EVA groundstaff handing out boarding cards to transfer passengers. I asked them if they were aware that there was an emergency situation, but they were not.

I looked back through the window in the direction of the aircraft, and did not notice any fire appliances.

We then waited to find out what was happening next. Whilst waiting, I spoke to the flight crew that was waiting to board. They were also unaware that there had been an incident prior to my speaking to them. We looked out the window at that point, and incident vehicles and fire appliances were now on the scene.

The next day we were informed by EVA staff that there had been a fire in the cargo bay, that five seats had been damaged as a result, and that the incoming pilot had been

aware that something was amiss prior to landing.

We were also advised that in the area where the smoke entered the cabin, most of the passengers were Taiwanese, yet the cabin crew on duty were Thai. Language difficulties meant that communication was an issue.

As of the 15<sup>th</sup> March, no representatives from EVA have approached us for our accounts of the incident.

**My Concerns :**

The cabin crew did not appear to take the lead in evacuating the aircraft. This may be due to a lack of assertiveness, evident by the large volume of passengers allowed to release their safety belts whilst taxiing.

The crew that were visible concerned themselves with investigating the cause of the smoke, but this left nobody to man the emergency exits or evacuate passengers quickly through the usual exits.

The dividing curtain was left in place, impeding passengers trying to exit and slowing the evacuation.

The length of time taken to evacuate passengers meant that panic was able to set in amongst those closest to the smoke. No longer able to act calmly, panicking passengers appeared quite capable of crushing others that stood in their way.

The chute at the emergency exit did not deploy automatically, and a means to manually deploy was not obvious. The advice notice on the exit only states that the chute deploys automatically.

Communication with ground crew regarding the situation was slow. I was one of the last passengers to get inside the terminal, yet the groundcrew were unaware that there had been an incident.

If it is correct that the captain was aware that there was a fire in the hold prior to landing then:

- Taxiing to the gate meant that the fire could develop more before passengers were evacuated. It also meant that the plane was close by the terminal, and could put those who were inside the building at risk.
- There did not appear to be any fire appliances in attendance on arrival.
- The cabin crew did not appear to have been informed, as evident by their response.

If it is correct that language problems reduce a cabin crew's effectiveness in an emergency, then the crew should have been organised to reduce the likelihood of a problem, ie: Mandarin speaking crew responsible for the parts of the plane where most mandarin speaking passengers are sat, and Thai speaking crew responsible for the parts of the plane where most Thai speaking passengers are sat.

If there is no systematic attempt to capture witness accounts from passengers, then potential information to assist learning (vital for improving responses and minimising risks in the future) is lost.

I have also reviewed the safety cards since the incident, and any methods of manually deploying the chute are still not clear to me, despite having seen an emergency exit up close and open.

### **Questions arising :**

Why did the cabin crew appear to react so slowly?

Did the cabin crew take the most appropriate action by investigating the source of the smoke, or would immediate evacuation have been better? Although hindsight shows that passengers had sufficient time to evacuate the aircraft from the normal exit,

could they have known this at the time?

Why did the chute not deploy? Is this related to the doors being put to 'manual'? If so, is there a mechanism to manually deploy the chute?

At what point did the pilot become aware of the situation? Could he have known that the passengers had sufficient time to evacuate the aircraft from the normal exit at the terminal? If he knew prior to taxiing, did he act appropriately when he took the terminal building?

**My suggestions for actions to be considered :**

Review staff and training standards, to ensure that crew are capable of being sufficiently assertive and knowledgeable enough to be able to take control in an emergency or when passengers ignore safety instructions.

Always keeping the dividing curtain open on arrival, until the last passenger has got off.

Review processes for alerting others – cabin crew to cabin crew, and cabin crew to ground crew - to an incident on board once the reasons for the apparent failure of the existing processes have been established.

Implementing processes to systematically capture passenger witness reports as soon as possible after an incident.

Give consideration to language abilities when deciding on the most appropriate deployment of cabin crew on each flight.

Improve the clarity of written instructions (both on safety cards and the additional sheets given to those seated by emergency exits) and the notice printed on the exit doors, so that it is clearer. The instructions should be tested on people who have no previous experience of using aeroplane emergency exits.

本頁空白

## 附錄二 中科院受損電纜支架材料測試報告

中山科學研究院材料暨光電研究所  
 Materials & Electro-Optics Research Division, Chung Shan Institute of Science and Technology  
 桃園龍潭郵政 90008-8-5 信箱 P.O. Box 90008-8-5, Lungtan, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.  
 TEL: (03)-4711742, FAX: (03)-4714368

### 材料測試報告 編號(No.): 97 專-7-151

### Materials Test Report 頁次(page): 1/9

申請單位名稱和地址 Name and Address of Client 行政院飛航安全委員會/台北縣新店市北新路三段 200 號 11 樓		來文編號 Application No. 無																					
試樣名稱 Name of Sample 電纜線支撐架	項數 / 件數 No. of Items/Pieces 1/1																						
試驗項目 Test Items 成份、金相、硬度、破斷面形態觀察、破損分析	日期 Date Y/M/D	建案 Acceptance 97/05/28	完成 Issue 97/07/09																				
試驗方法 (規範) Test Methods/Specifications ASTM E3-01、E384-06	試驗儀器 Test Instruments EPMA、OM、SEM/EDS、微硬度試驗機																						
<p>1.前言：</p> <p>送驗試樣係長榮航空 BR67 班機 (編號 B-16410) 上之電纜線支撐架 (材料為 6061-T6 鋁合金)，周圍環境及斷裂狀況如照片一。此支撐架因不明原因斷落 (外觀如照片二、三)，導致電纜線與鄰近螺栓長期摩擦破損，造成電線短路之意外事件。為追查此試樣的斷裂原因，申請單位委請本組進行試樣的材質分析及斷裂面形態觀察，並研判其斷裂原因。</p> <p>2.材質分析結果：</p> <p>2.1 成份分析結果：</p> <p>取電纜線支撐架試樣截面研磨、拋光後以 EPMA (電子探針顯微分析儀) 分析，結果如下：</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>元素</th> <th>Mg</th> <th>Si</th> <th>Cr</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Cu</th> <th>Zn</th> <th>Ti</th> <th>Al</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wt%含量</td> <td>0.81</td> <td>0.53</td> <td>0.19</td> <td>0.03</td> <td>0.22</td> <td>0.32</td> <td>0.02</td> <td>0.02</td> <td>Rem.</td> </tr> </tbody> </table> <p>此支撐架試樣的成份符合要求之 AA6061 鋁合金規格。</p> <p>2.2 金相分析結果：</p> <p>如照片二所示，取此支撐架未斷裂的耳部縱向截面作金相觀察，結果如照片四、五，可知此支撐架的耳部係鍛造成形，晶粒大小正常，但在靠近轉角處有一微裂縫。照片六為試樣直管部的縱向金相，與耳部相似，顯微組織正常。</p> <p>2.3 微硬度試驗結果：</p> <p>試樣直管部：109—116 HV 100gf (相當於 93—99 HB)，試樣耳部：110—116 HV 100gf，二者接近且相當於 6061-T6 鋁合金的硬度。</p>				元素	Mg	Si	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ti	Al	Wt%含量	0.81	0.53	0.19	0.03	0.22	0.32	0.02	0.02	Rem.
元素	Mg	Si	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ti	Al														
Wt%含量	0.81	0.53	0.19	0.03	0.22	0.32	0.02	0.02	Rem.														
填寫 Prepared by	審查 Reviewed by		核定 Approved by																				
連絡電話 Contact Tel.																							

※ 注意: Form No.: MTES-T-005-1 Issued: 81/10/15 Revised: 93/09/01

1. 本報告僅對送驗試樣負責。  
This report only accounts for the sample(s) sent.
2. 本報告無核章及日期簽署、或塗改、翻製、影印者無效。  
This report is invalid without being stamped and dated, or if obliterated, modified, duplicated in any other way.
3. 本報告不得作為任何商業推銷廣告或公告之用。  
This report should not be used for any commercial advertisement and public statement.

材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 2/9

3. 破斷面形態觀察結果：

照片三標示之破斷面用掃描電子顯微鏡(SEM)做破斷面形態觀察，此破斷面全貌如照片七所示，表面形態可概分為上、下二部份，其中的上方破斷面區域起伏較大，下方區域則相當平坦，如照片八所示。照片九為照片七之藍框區域破斷面放大的形態，局部可見延性凹窩破裂(ductile dimpled fracture)形態，其較高倍率的形態如照片十，此區域應為最後強制破壞。

此破斷面下方區域(靠近支撐架的底面)磨損較嚴重，但局部區域有清晰的疲勞紋特徵，如照片十一、十二，研判此區域為疲勞破壞。

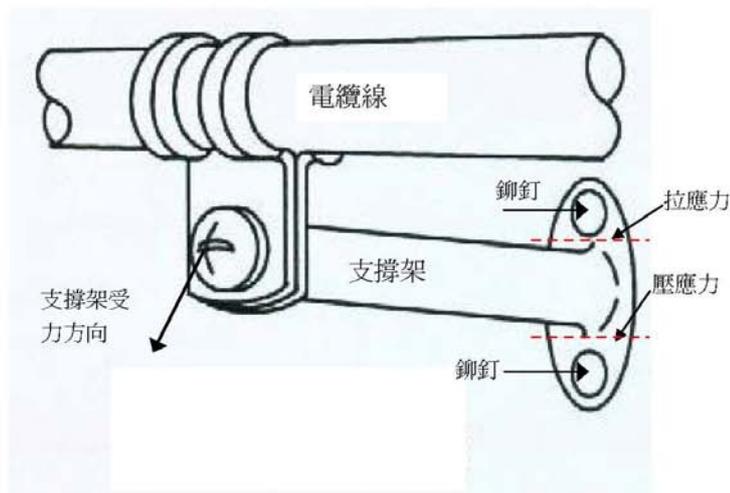
4. 破損分析：

- 4.1 送驗之電纜線支撐架的材質正常，符合要求的 6061-T6 鋁合金規格；管壁和耳部的厚度量測結果均符合藍圖(如申請單附件)要求。
- 4.2 由此電纜線支撐架斷裂後的狀況(照片一~三)，下方未斷的耳部仍附著被拔出之鉚釘，因此研判此支撐架的受力方向如圖一(負荷力向下並有向外拉力)，使此支撐架在上方耳部轉角(上方虛線)受到反覆的拉應力(飛行中上下震動所致)，並在此位置發生疲勞斷裂，且斷裂起始點係在上方耳部的底面。此支撐架的上方耳部斷裂後，下方耳部因受到過大的拉拔和彎折力而變形及造成下方鉚釘的鬆脫。
- 4.3 此斷裂之電纜線支撐架(站位：2060)及其相鄰支撐架的相關位置如圖二所示，此位置在電纜線高度升降變化較大處，推判可能受到較大的負荷。

5. 結論：

本案的電纜線支撐架試樣係因疲勞負荷作用而發生破壞，研判係上方耳部在支撐架基部轉角處承受過大的疲勞負荷而斷裂，隨後造成下方耳部的變形及鉚釘鬆脫。

--以下空白--



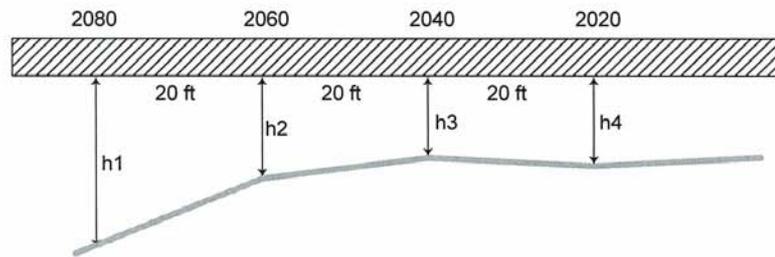
圖一、電纜線支撐架的受力分析圖

材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 3/9

站位	2080	2060	2040	2020
距天花板高度	h1	h2	h3	h4
inch	$20\frac{15}{16}$	$12\frac{1}{4}$	10	$11\frac{1}{2}$



圖二、斷裂之電纜線支撐架（站位：2060）及其相鄰支撐架的相關位置



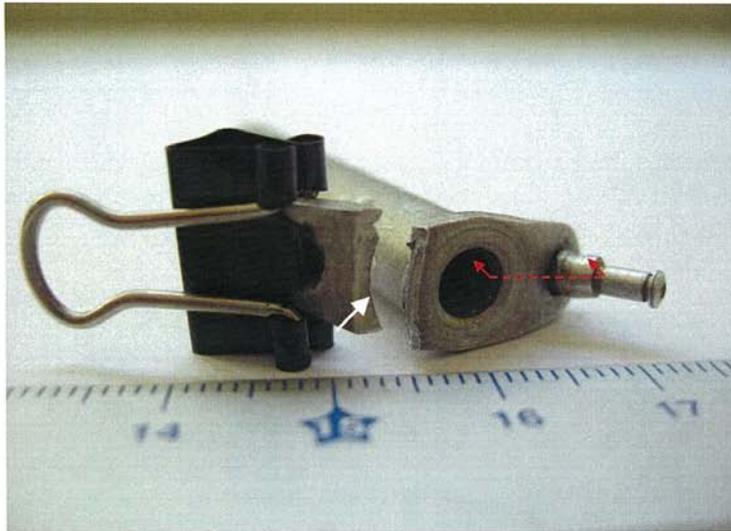
照片一、斷裂之電纜線支撐架（圈示處）的周圍環境及斷裂狀況

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 4/9



照片二、電纜線支撐架試樣的斷裂情形，白色箭頭處有剪唇。取虛線處的縱截面作金相觀察



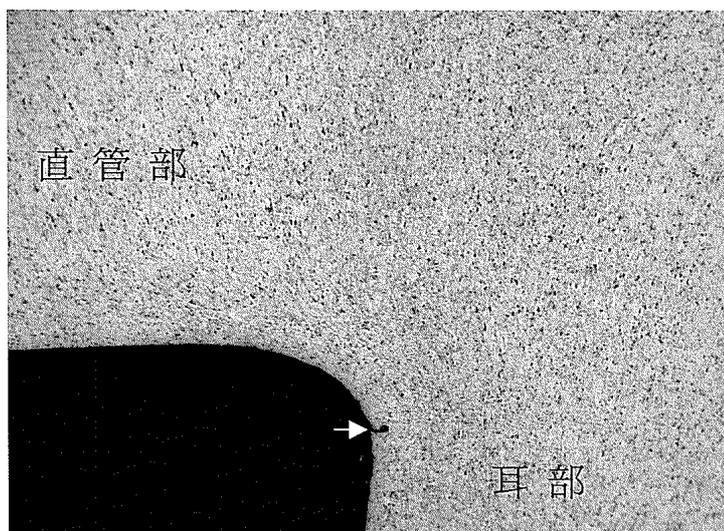
照片三、由另一角度觀察的電纜線支撐架試樣的斷裂情形，箭頭處顯示試樣彎曲

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 5/9



照片四、支撐架試樣轉角處的縱向金相，可知為鍛造成形，箭頭處有微裂 (Kroll's reagent, x 50)



照片五、支撐架試樣耳部的縱向金相，晶粒大小正常 (Kroll's reagent, x 100)

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

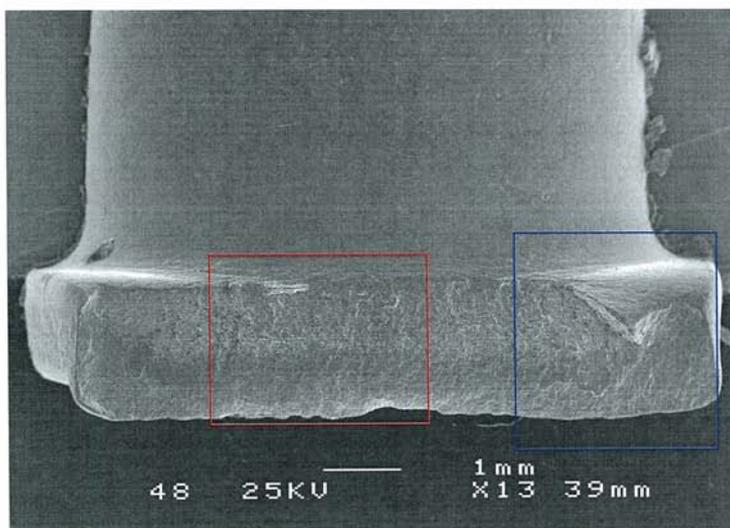
材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 6/9



照片六、支撐架試樣直管部的縱向金相，晶粒大小正常 (Kroll's reagent, x 100)



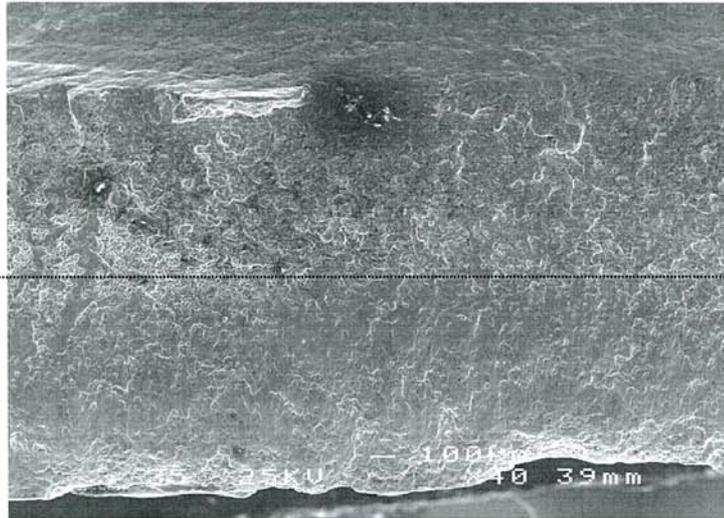
照片七、為照片三之紅框內破斷面的低倍形態 (SEM, x 13)

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

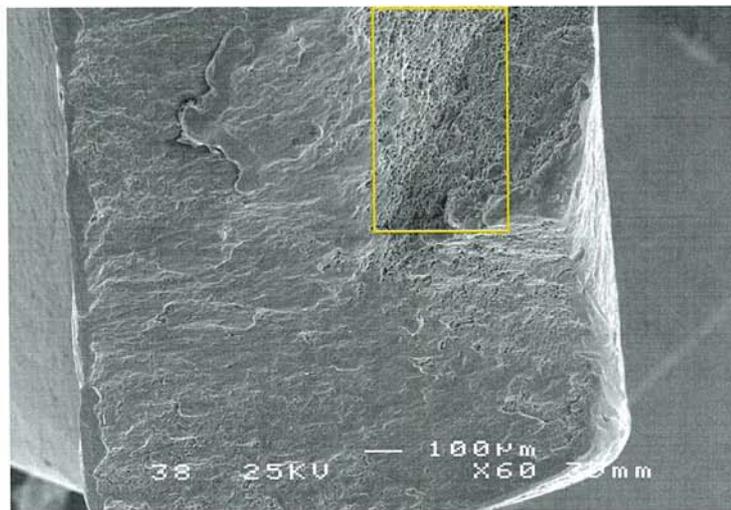
材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 7/9



照片八、為照片七之紅框內破斷面的形態，虛線下方破斷面區域較平坦（SEM, x 40）



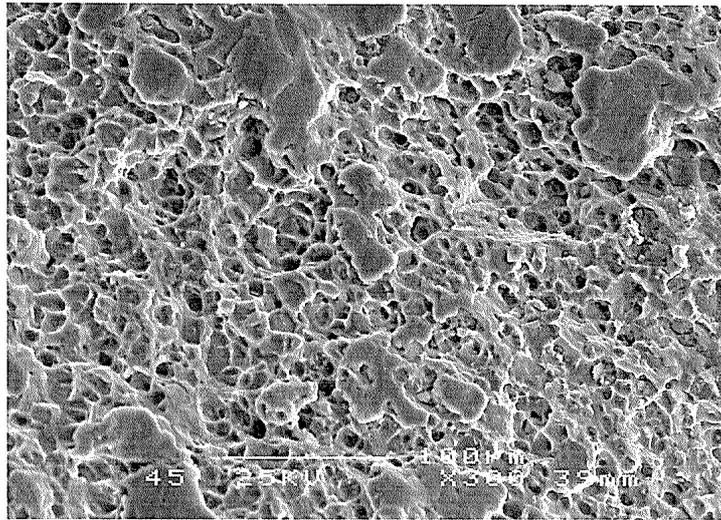
照片九、為照片七之藍框內破斷面旋轉 90 度後的放大形態，方框區域呈凹窩形態（SEM, x 60）

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

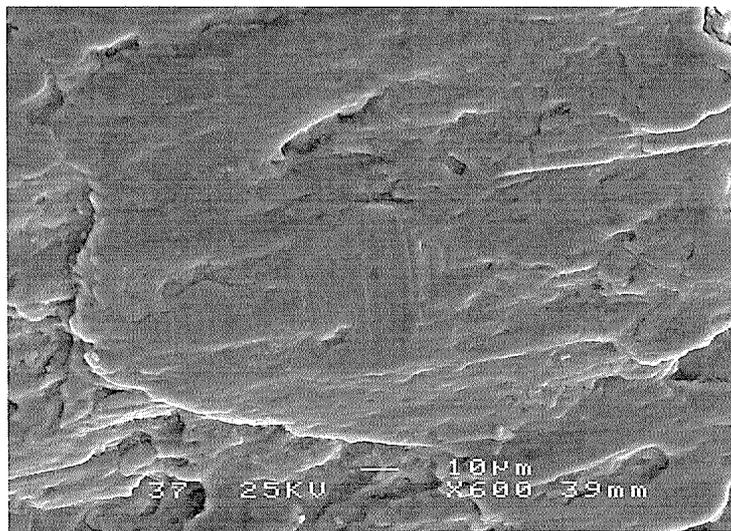
材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 8/9



照片十、為照片九之方框區域表面形態，主要呈凹窩形態 (SEM, x 300)



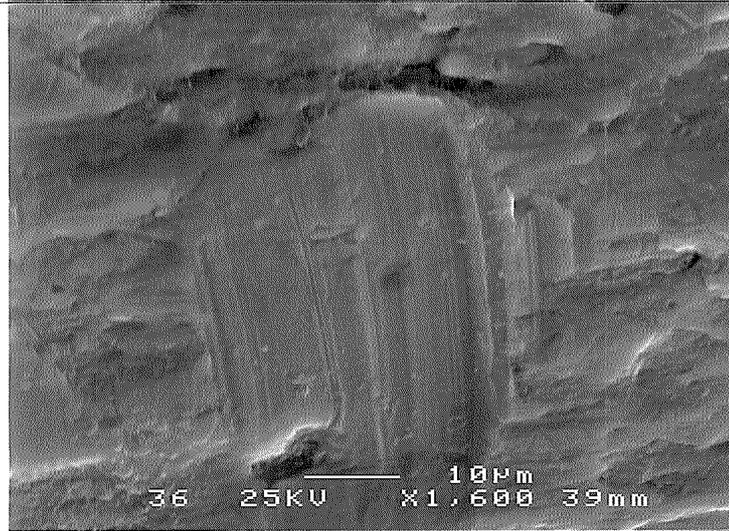
照片十一、為照片七之破斷面下半部的局部形態 (SEM, x 600)

Form No.: MTES-T-005-2 Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

材料測試報告  
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-151

頁次(page): 9/9



照片十二、為照片十一之中央部份放大的形態 (SEM, x 1600)

--以下空白--

**中山科學研究院材料暨光電研究所**  
**Materials & Electro-Optics Research Division, Chung Shan Institute of Science and Technology**  
 桃園龍潭郵政 90008-8-5 信箱 P.O. Box 90008-8-5, Lungtan, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.  
 TEL: (03)-4711742, FAX: (03)-4714368

**材料測試服務申請單**

**Application Form for Materials Test Services**

來文編號 Application No. : \_\_\_\_\_ 申請日期 Date (Y/M/D) : 97 年 5 月 28 日

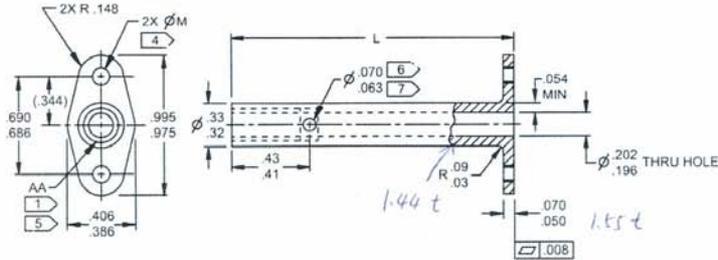
申請單位：行政院飛航安全委員會 Client 地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 11 樓 Address 申請人：██████ Attention	負責人及公司簽章： Client's signature/stamp 電話 Tel: (02) 8912-7388 ██████████ 傳真 Fax: (02) 8912-7398 統一發票編號：16271936 United Code No.		
試樣名稱 Name(s) of samples : 電纜線支撐架	數量 Quantity : ___ 1 ___ 種 Item ___ 1 ___ 件 PCS	測試後試樣處理方式： Sample handling after testing <input checked="" type="checkbox"/> 退還 Return <input type="checkbox"/> 保留 Reserve	
委託測試類別 Testing categories : <input checked="" type="checkbox"/> 化學成份 Chemical composition <input checked="" type="checkbox"/> 機械性能 Mechanical properties <input checked="" type="checkbox"/> 顯微組織和缺陷 Microstructure & defects <input type="checkbox"/> 晶體結構 Crystallographic structure <input type="checkbox"/> 熱特性 Thermal analysis	<input type="checkbox"/> 表面與微區成份 Surface & micro- analysis <input checked="" type="checkbox"/> 破損/故障原因 Failure analysis & prevention <input type="checkbox"/> 組件逆向工程 Reverse engineering <input type="checkbox"/> 光/電/磁性 Optical, electrical, magnetic properties <input type="checkbox"/> 材料/光電技術諮詢 Technical consultation <input type="checkbox"/> 其他 Others		
試樣編號和背景說明 Sample(s) numbering & background description :  			
測試需求內容說明，如測試項目、條件、要求規格、分析部位、或注意事項等 Contents of tests : 試樣斷裂原因分析			
隨附文件 Enclosures :			
收件日期 Receiving date : 	登錄編號 Registration number : 97專-7-151	協辦人 Assisted by : 主辦人 Person in charge :	主管 Chief :

Issued: 81/10/15, Revised: 95/03/01 Form No.: MTES-T-002  
 ※ 雙線以下免填；填妥本表連同試樣郵寄連絡人 ██████████。  
 Please fill the spaces above the double-line only and mail the filled form with samples to Miss. Peng or contact her for further information.

\*\*\*\*\* PSDS GENERATED \*\*\*\*\*

STATUS OF INACTIVATION  
SEE APPLICABILITY BLOCK

BCAG	P	BD&SD	P	BH	P						
NEW DESIGN APPROVAL: P=PARTIAL, F=FULL, N=NONE											



DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994.  
DIMENSIONS IN INCHES UNLESS OTHERWISE NOTED.

TABLE I

BOEING STANDARD NUMBER BACN10TL	SECOND DASH NUMBER	AA NOMINAL THREAD SIZE UNF-2B PER FED-STD-H28/2	L ±.02	Ø M	
				INSTALL .0937 SOLID RIVETS "-" CODE	INSTALL BLIND RIVETS "A" CODE
3	3	.1900-32	.30	.103 .098	.135 .128
	4		.40		
	6		.60		
	8		.80		
	10		1.00		
	12		1.20		
	14		1.40		
	16		1.60		
	18		1.80		
	20		2.00		
	22		2.20		
	24		2.40		

TECHNICAL CHANGES IDENTIFIED BY REVISION BAR.

DATE 10-MAR-1969 REV (P) 14-FEB-2001

CAGE CODE #1205

**BACN10TL**  
SH 1 OF 5

**NUT,  
SPACER PLATE, LIGHT DUTY**

**BACN10TL**  
SH 1 OF 5

PAGE 80.65.6.104.1

**BOEING PART STANDARD**

PAGE 80.65.6.104.1

本頁空白

## 附錄三 美國 NTSB 隔熱毯測試報告

### NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD

Office of Aviation Safety  
Aviation Engineering Division  
Washington, DC 20594

December 3, 2008

#### SYSTEMS GROUP FACTUAL REPORT OF INVESTIGATION

A. **ACCIDENT:** ENG08FA028  
**LOCATIONS:** Bangkok International Airport, Thailand  
**DATE/TIME:** February 23, 2008  
**AIRCRAFT:** Eva Air Transportation Boeing 747-400 (BR-16410)

#### B. GROUP MEMBERS:

Chairman:

[REDACTED]

Member:

[REDACTED]

Member:

[REDACTED]

#### C. SUMMARY:

On February 23, 2008, a Boeing 747-400 airplane and operating as EVA Air flight BR67 landed at Bangkok.<sup>1</sup> While disembarking at about 1307, passengers from the rear of the cabin noticed smoke coming from the sidewall at seats 64A and 65A. Flight attendants suppressed the smoke with a fire extinguisher and the auxiliary power unit (APU) was shut down. Passengers left the airplane by using the forward entrance door to the terminal and no passengers or crew were injured.

The Civil Aviation Administration of Thailand delegated the investigation to the ASC of Taiwan, which was the airplane's nation of registration. Subsequent inspection revealed that an APU generator supply cable had chafed at a cable stand-off and thermal-acoustic insulation blankets from beneath the main deck floor had evidence of fire on the exposed

<sup>1</sup> The airplane was registered as B-16410, Boeing serial number 29061, with 49,000 flight hours and 7,000 takeoff/landing cycles. The fire was at about fuselage station 2060.

interior surfaces. Thermal damage existed on aluminum components near the floor's sidewall vents.

The ASC contacted the National Transportation Safety Board for assistance with investigating the fire on the thermal-acoustic insulation blankets. Participating in support of the NTSB were the Federal Aviation Administration and Boeing Commercial Airplanes.

The research into the thermal acoustic blankets found that each met certification requirements. The research into the contamination on each found wide degrees of variation in flammability, even in a single sample.

#### **D. DETAILS OF THE INVESTIGATION:**

Two types of blanket materials were found and varying degrees of contamination were found on each. Samples of the contamination were sent to Boeing for laboratory analysis of what blanket material surface films were involved and to determine what constituted the contamination. Blanket materials from the burned area and new blanket samples made from the current blanket material standards were tested on June 24, 2008, at the Federal Aviation Administration (FAA) fire test laboratory in Atlantic City, New Jersey.

An initial examination showed that the outboard side of the blankets had a non-metalized mylar film surface that was thinner than the thickness of the inner surface. Despite differences in appearance from the yellow and green fiberglass core batting, the surface film was identified by Boeing as polyethylene terephthalate (PET). Boeing examined the contaminants and found localized areas of contamination including mixtures of corrosion inhibiting compounds, synthetic and natural fibers, animal hairs, cellulose fibers, mineral particles, Styrofoam, metal fragments, and insects. (See attached report SR 11299)

The FAA lab tested facial film samples from each side of each blanket and the samples passed vertical strip burn tests. (Reference FAR 25.853, Appendix F) The tests revealed that the skin material of the used blankets could ignite but the spread of flame was slow and would extinguish within the permissible 15 average seconds (3 samples).

Non-regulatory cotton swab burn tests were also performed. The contamination could burn on the surface of the blanket and involve the surface beyond the permissible eight inches. A burning cotton swab was dropped onto a contaminated flat blanket and the burning extinguished. A second burning swab was dropped elsewhere on the same surface and a slowly creeping flame consumed both the surface film and contamination of nearly the entire surface as the flame crept past where the original flame extinguished. (Ref. Figure 1)



Figure 1. An initial alcohol-soaked cotton swab was dropped in the center of the flat area and the flame extinguished. When the flame went out, a small circular hole in the surface film existed in the center of the lower flat area shown. This photo shows a second test, in which a burning alcohol-soaked cotton swab was dropped near the left end of the fold. The visible creeping flame burned around and past where the initial flame stopped when this photo was taken.

APPENDIX 1.

Boeing Material Analysis Report SR 11299

7/22/08

SR 11299 pg 1

To: [REDACTED]

CC: [REDACTED]

Subject: Material Analysis of Insulation Blankets from EVA 747-400

**ABSTRACT:**

Fourteen samples of insulation blanket film from blankets involved in a fire incident on an EVA 747-400 were received by the M&PT Fluids & Lubrication Technology group to:

- (1) Characterize the insulation blanket film material
- (2) Analyze the surface contamination of the samples

The film material was characterized using Thermo-Nicolet Nexus 670 diamond ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared) spectroscopy. Contaminates on the surface of the samples were analyzed using the ATR-FTIR spectroscopy; as well as EPMA (Electron Probe Micro Analysis) to provide elemental data and Polarized Light Microscopy (PLM) to identify particulate matter.

The blanket film material was determined to be consistent with Polyethylene Terephthalate. Additionally surface contamination was characterized as similar to corrosion inhibiting compounds. Particulate matter was identified as synthetic and natural fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, plastic, Styrofoam, metal fragments, and insects.

**ACKNOWLEDGEMENTS:**

[REDACTED]

Prepared by: [REDACTED]

Approved by: [REDACTED]

Concurrence by: [REDACTED]

7/22/08

SR 11299 pg 2

**BACKGROUND:**

A fire incident was reported in an EVA 747-400 cargo bay. The insulation blankets from the fire area and near that area were removed. The Flammability, Safety & Airworthiness and Standards Group of M&PT required more information as to the identity of contaminates found on the blankets' surfaces. Sections of insulation blankets involved in the incident and those near by were analyzed to characterize the contamination. The samples were labeled as follows:

1A; 2A; 2B; 3A; 3B; 3C; 3D; 5A;  
6A; 6B; 6C; 7A; 7B; 7C

FTIR spectroscopy, EMPA, and PLM were used to identify contaminates and characterize the insulation blanket film. The samples can be seen in Figure 2.

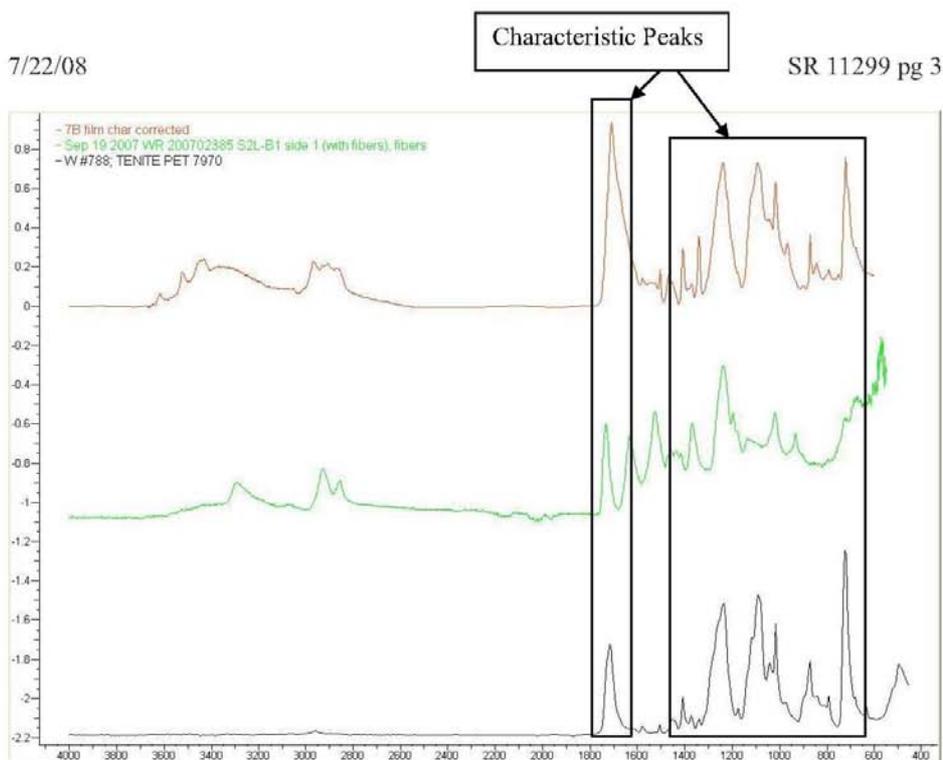
**SAMPLE DESCRIPTIONS:**

The samples were surface pieces of insulation blanket film. Some samples were heavily contaminated with dust, dirt, fibers, and particulate matter. Also contamination included dried liquids. The samples as received with sampling areas identified can be seen in Figure 2.

**RESULTS**

**Film Characterization:**

The exterior surface of the provided blanket film samples were analyzed to confirm the film was Polyethylene Terephthalate (PET) and determine contaminates present. Small sections of the film samples were rinsed with acetone to clean them (where no visible contamination was present). A scalpel was used to cut small pieces of the film out to sample with FTIR. The thermal analysis samples were sized about 1"x1". The blanket film samples were found to be consistent with PET as indicated by presence of characteristic peaks seen in Figure 1 below.



**Figure 1: typical spectra of PET (black) compared to spectra of WR200702385 (green) a study of similar insulation blankets and a typical spectra of blanket film from sample 7B (red) showing blanket material is consistent with PET**

**Surface Contamination Identification:**

Sampling areas and techniques can be seen labeled below in Figure 2 and 2A. On sections of brown contamination the blanket films were rinsed with hexane/ acetone. The solvent was collected and allowed to evaporate. The resulting residue was analyzed with FTIR spectroscopy. In addition, flakes of the dried brown contaminate were removed. The FTIR spectra from both forms of sampling indicated the brown contamination was consistent with corrosion inhibiting compounds as seen in Figures 3 and 4. In addition, EMPA spectra from brown flakes were used, but samples proved to be heavily contaminated by surroundings, a representative spectrum can be seen in Figure 5 and a typical CIC spectrum is shown in Figure 6. Similarities can be seen but are hindered by the amount of contamination.

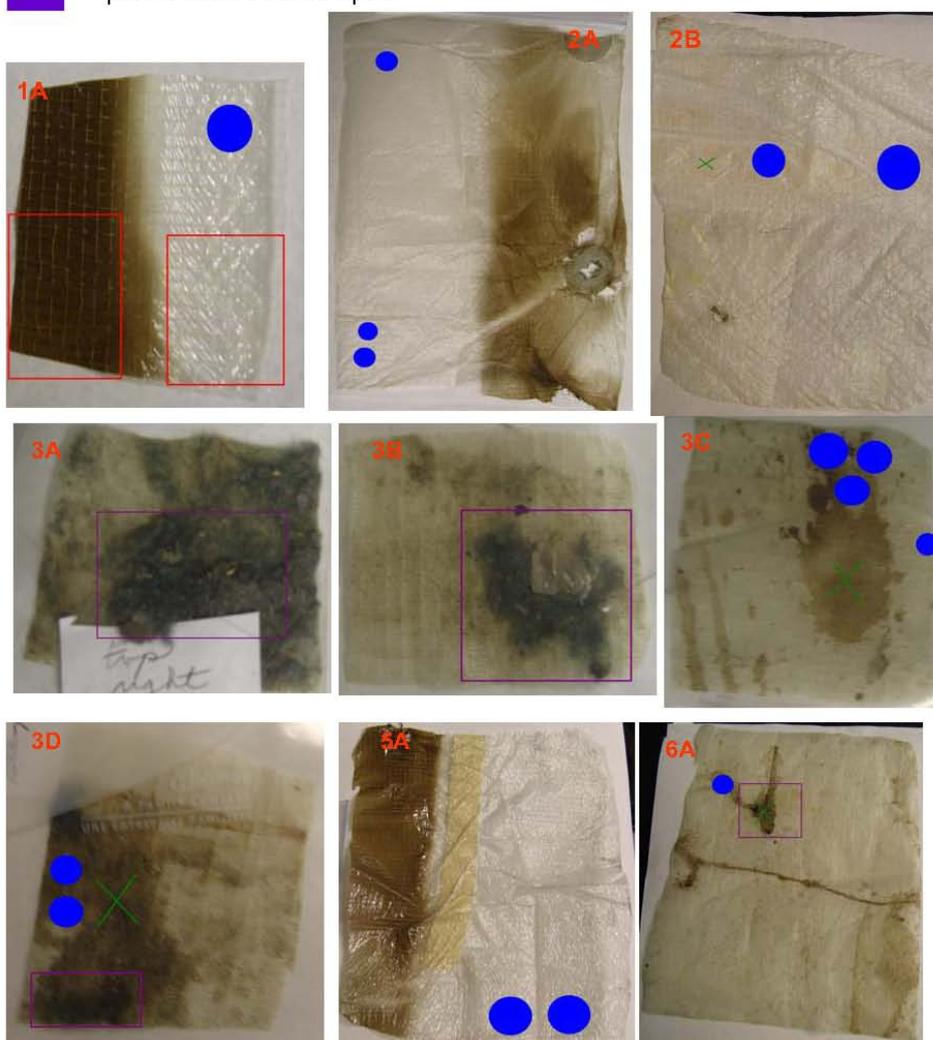
7/22/08

SR 11299 pg 4

## Figure 2: Films 1-7 Areas of Analysis

-  = Thermal analysis TGA
-  = FTIR analysis
-  = Microprobe sample
-  = particulate matter sampled

Part numbers listed in Table I

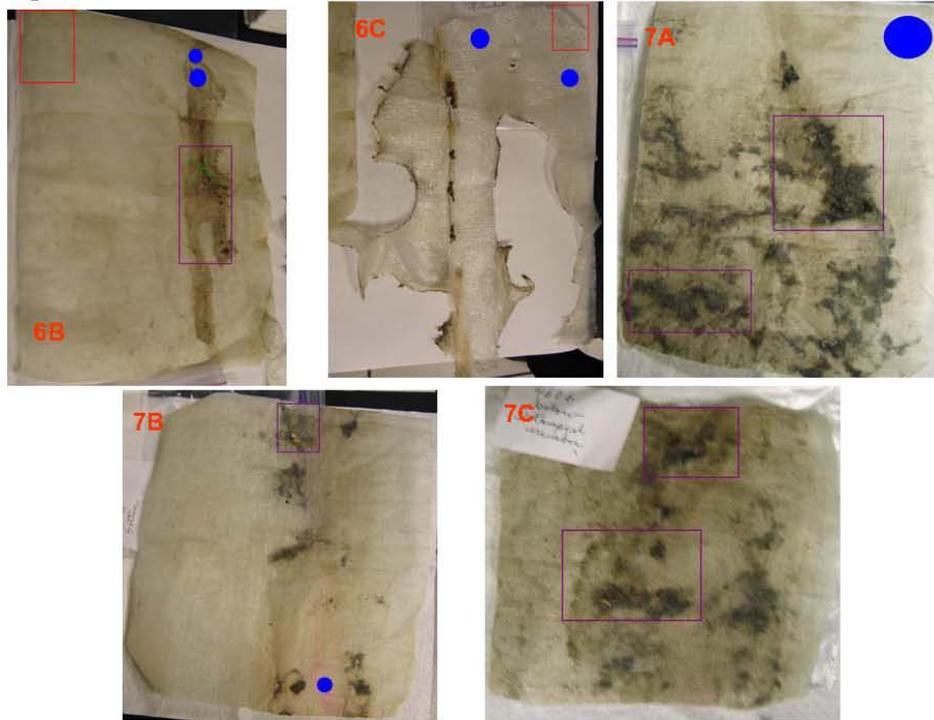


Note: no sample 4

7/22/08

SR 11299 pg 5

Figure: 2A



7/22/08

SR 11299 pg 6

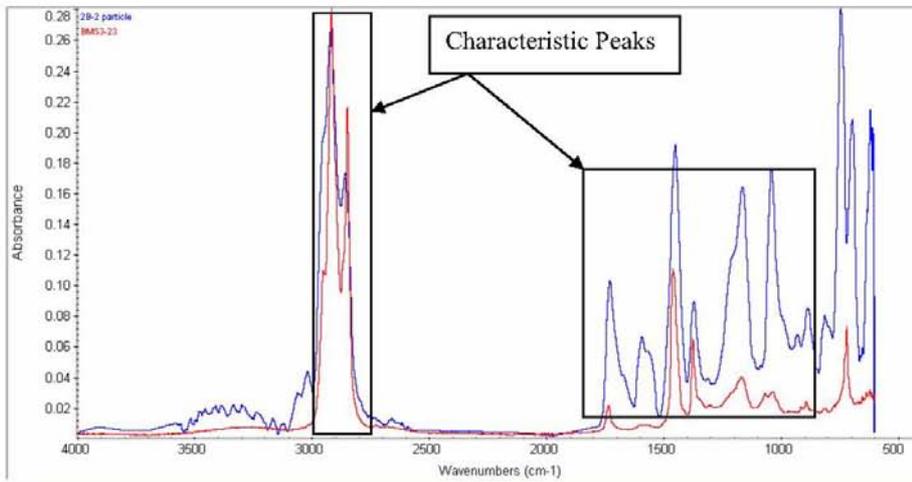


Figure 3: Flake removed from blanket 2B compared to BMS3-23, typical CIC spectra showing flake is consistent with CIC

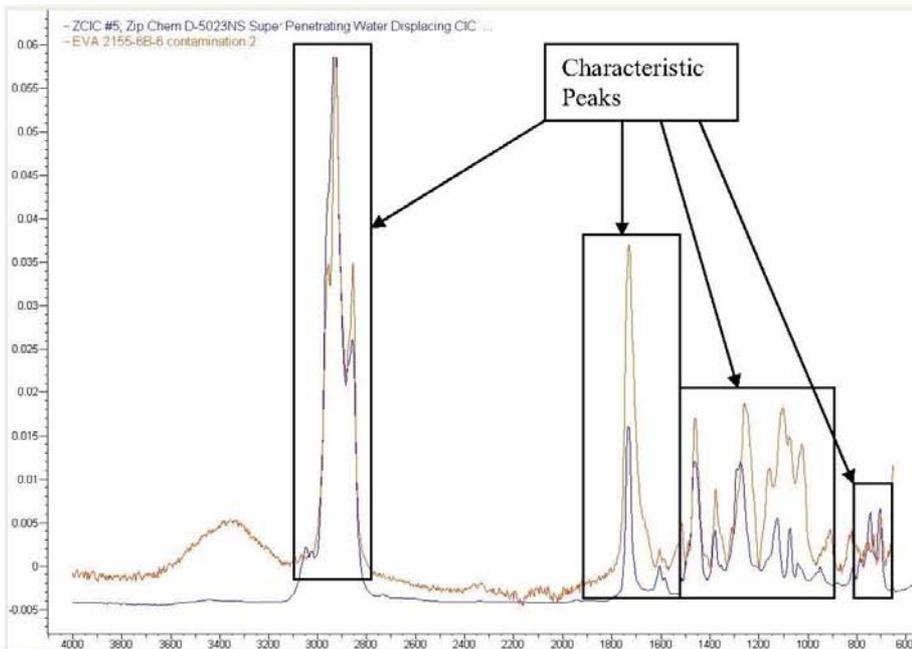
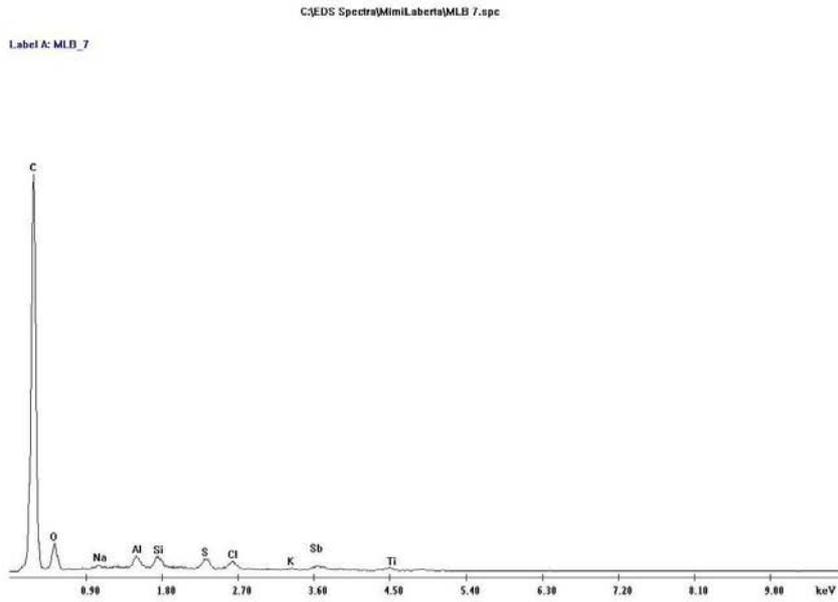


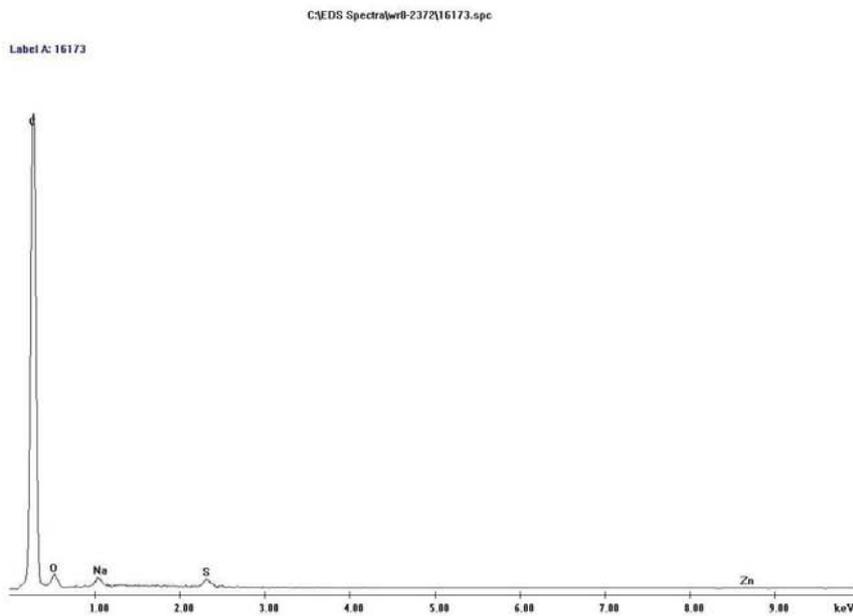
Figure 4: flake sample from blanket 6B compared to typical CIC spectra showing flake is consistent with CIC

7/22/08

SR 11299 pg 7



**Figure 5: Representative EMPA sample of CIC flake removed from blanket surface**



**Figure 6: Typical CIC EMPA spectrum**

**Summary of Results: Table I**

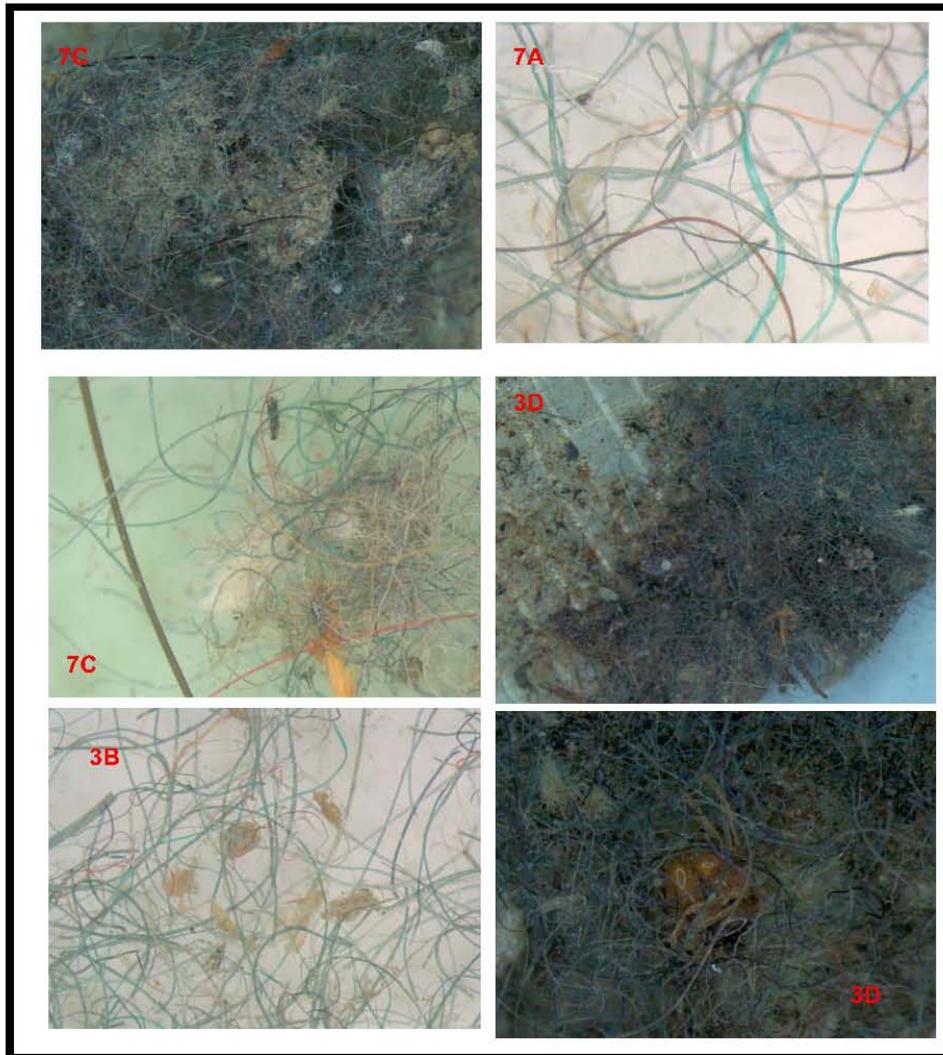
<b>Surface Contamination on Insulation Film</b>					
<b>Part #</b>	<b>Blanket</b>	<b>Sample</b>	<b>Summary of Results</b>	<b>Thermal Analysis</b>	<b>Microprobe</b>
411U4055-1037	1	1A	film id'ed as PET and areas of thermally damaged PET	√	
		1B	thermally damaged PET		
411U4120-2386	2	2A	film id'ed as PET		
		2B	contamination similar to CIC		√
411U4120-2702	3	3A	see <b>Table II</b>		
		3B	see <b>Table II</b>		
		3C	film id'ed as PET, contamination similar to CIC		√
		3D	contamination similar to CIC, possible hydraulic fluid		√
61B50025-1002	4		No sample received for this number		
411U4120-2383	5	5A	film id'ed as PET		
411U4120-4302	6	6A	contamination similar to CIC, possible hydraulic fluid		√
		6B	contamination similar to CIC, possible hydraulic fluid	√	√
		6C	film id'ed as PET, contamination similar to CIC	√	
411U4120-4606	7	7A	film id'ed as PET		
		7B	Small area pink contaminate/stain id'ed as dye		
		7C	see <b>Table II</b>		

**Particulate Contamination:**

Particulate contamination was identified by visual inspection using bright field optical microscopy and polarized light microscopy (PLM). Fibrous matter was identified using PLM and index of refraction oils. Fibrous matter was identified as dyed synthetic red, blue, green fibers, dyed cellulose (cotton fibers) and paper like cellulose, also fiberglass similar to blanket insulation and bundles of fiberglass not similar to blanket insulation were found. The particulate matter included: general dust, animal hair (some 4-6" long), cellulose fibers, mineral particles, Styrofoam, metal fragments, insects, and CIC flakes (identified by FTIR and EMPA). Examples of particulate contamination can be seen in Figure 7.

7/22/08

SR 11299 pg 9



**Figure 7: Particulate and Fibrous Particulate and Fibrous Surface Contamination, showing overall view and fibers dispersed view.**

**Summary of Results: Table II**

<b>Particulate Contamination</b>			
<b>Part #</b>	<b>Blanket</b>	<b>Sample</b>	<b>Summary of Results</b>
411U4055-1037	1	1A	No obvious particulates
		1B	No obvious particulates
411U4120-2386	2	2A	No obvious particulates
		2B	No obvious particulates
411U4120-2702	3	3A	general dust*, fibers**, animal hair (some 4-6" long) , cellulose fibers, mineral particles, Styrofoam, metal fragments
		3B	general dust, fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, plastic, Styrofoam, metal fragments
		3C	general dust, fibers, mineral particles, CIC particles
		3D	general dust, fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, CIC particles, insects
61B50025-10024	4		No sample received for this number
411U4120-2383	5	5A	No obvious particulates
411U4120-4302	6	6A	general dust, fibers, mineral particles, CIC particles
		6B	general dust, fibers, mineral particles, CIC particles
		6C	general dust, fibers, mineral particles, CIC particles
411U4120-4606	7	7A	general dust, fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, metal fragments
		7B	general dust, fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, seed, wood chip
		7C	general dust, fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, plastic, piece of sealant

\* Fibers include: dyed synthetic red, blue, green fibers, dyed cellulose (cotton fibers) and paper like cellulose, also fiberglass similar to blanket insulation and bundles of fiberglass

\*\*General dust includes fine mineral particles, calcium carbonate, calcium sulfonate, and sodium chloride particles

7/22/08

SR 11299 pg 11

**CONCLUSION:**

The insulation blanket film was characterized as similar to Polyethylene Terephthalate reference materials. The surface contamination was consistent with corrosion inhibiting compound. Particulate matter was made up of synthetic and natural fibers, animal hair, cellulose fibers, mineral particles, plastic, Styrofoam, metal fragments, and insects.

**References:**

- a) BMS8-142
- b) M&PT Standard Bulletin: Standard Guide for Identification of ORCON Orcofilm® AN-26 and AN-36W Adhesives by Infrared Spectroscopy
- c) WR200802155-S00
- d) WR200802155-S01

## APPENDIX 2.

## Data recorded at the FAA Technical Center

The following were the thermal-acoustic insulation blankets tested on June 24, 2008, at the FAA Technical Center fire laboratory:

Blanket #	Part #	Description
1	BMS8-377 Type I & II Class I Orcofilm AN-54W Lot No. 40034	Newly fabricated quilted blanket
2	411U4055-1037 ABN1-12/12/96	Burnt. Green batting
3	411U4120-2386 ABN3-2/22/97	Burnt. Green batting
4	411U4120-2702 ABN1-2/26/96 Mexmil	Severe contamination. Yellow batting. From bulk cargo compartment, left side. BS 1980-2000
5	61B50025-1002 ABN1-2/14/96 Mexmil	From window area. Yellow batting
6	411U4120-2383 ABN3-2/21/97 Mexmil	Almost no contamination. Burnt. Green batting
7	411U4120-4302 Mexmil	Burnt & contaminated. Yellow batting
8	411U4120-4606(?) ABN1-2/26/96 Mexmil	Moderate contamination. Yellow batting. From bulk cargo compartment, left side. BS1960-1980

The insulation blankets had a thick and a thin side with regard to the face sheet. The outboard side was the thin side. The inboard side was the thick side, to resist wear/tearing during maintenance operations. Samples were cut and a small calibrated flame was used to perform 34 vertical strip tests in a flame cabinet (12-second vertical Bunsen burner test). In the cabinet, typical samples had shrinkage, no dripping, and no after-flame.

From 411U4120-2702, one sample had one 23-second time for the flame to extinguish, making it the longest recorded. The average time of the 3 samples was 11 seconds and an average of 15 seconds was permissible, so the blanket did pass.

Tests 35-38 were non-regulatory tests that were performed to examine flame propagation from an ignition source on a representative insulation blanket configuration. The procedure dropped burning alcohol-soaked cotton swabs on sections of blanket that were folded, such that half was vertical and half was flat on the floor. The FAA required the burn damage to not travel more than 8 inches from the initial ignition site. Two of the four blanket samples did not pass this requirement. One of the failures happened after that blanket passed an initial test and was lit a second time at a separate location.

Test #35 used a portion of the -4606 blanket that had a large #8 marked on it. The first swab was dropped on the flat portion of the blanket and the face material shrank for about 3 inches. A second swab was dropped into the crease between the flat and vertical portions, resulting in about 9 inches of flame travel. The top portion of the blanket folded down and the burning had very little smoke.

Test #36 used a portion of the -2702 blanket that had a heavy layer of contamination. A swab was dropped into the flat portion and the film shrank with little propagation before the flame stopped. A second swab was dropped at the bottom of the heaviest area of contamination on the vertical portion. Small pieces of burning contamination fell to the flat portion, but the flame was stopped at the bottom of the heaviest contamination on the vertical. Almost half of the vertical material was ultimately consumed. The flame continued on the flat portion until most of the facial material was involved by the slowly creeping flame. The group noted that while the blanket passed the first test, the flame from the second swab burned past the area which had passed the requirement, resulting in a failure to pass the requirement during the second test.

Test #37 used a portion of the green -2383 blanket, with a manufacturing date of 2/21/97, and this sample had virtually no visible contamination. The first swab in the center of the flat portion achieved about an inch of facial film shrinkage. The second swab at the crease resulted in film shrinkage of about 3 inches laterally and 5 inches vertically.

Test #38 used a portion of the -2386 blanket that had virtually no visible contamination. The first swab in the center of the flat portion achieved about an inch of facial film shrinkage. The second swab at the crease resulted in film shrinkage of about 7 inches laterally and 6 inches vertically.

本頁空白

附錄四 波音服務信函



Commercial  
Aviation  
Services

# SERVICE LETTER

SERVICE ENGINEERING • BOEING COMMERCIAL AIRPLANES • P.O. BOX 3707 • SEATTLE • WASHINGTON 98124-2207

707-SL-25-025-B	717-SL-25-105-B
727-SL-25-036-B	DC9-SL-25-103-B
737-SL-25-077-B	DC10-SL-25-101-B
747-SL-25-170-B	MD10-SL-25-101-B
757-SL-25-064-B	MD11-SL-25-103-B
767-SL-25-084-B	MD80-SL-25-104-B
777-SL-25-018-B	MD90-SL-25-102-B

ATA: 2503-00  
6 August 2004

**SUBJECT:** PREVENTING CONTAMINATION THAT AFFECTS  
FLAMMABILITY OF INSULATION BLANKETS

**MODEL:** 707/727/737/747/757/767/777/ DC9/DC10 /MD10/MD11/MD80/MD90

**APPLICABILITY:** All 707/727/737/ 747/757/767/777/DC9/DC10 / MD10 / MD11 / MD80 /  
MD90 Airplanes

**REFERENCES:**

- a) Multi-Model Service Related Problem (SRP) 25-0103
- b) Multi-Model Service Related Problem (SRP) 25-0237
- c) 707-FTD-25-04001
- d) 727-FTD-25-04001
- e) 737-FTD-25-04001
- f) 747-400-FTD-25-04003
- g) 747-FTD-25-04002
- h) 757-FTD-25-04001
- i) 767-FTD-25-04001

707-SL-25-025-B      717-SL-25-105-B  
727-SL-25-036-B      DC9-SL-25-103-B  
737-SL-25-077-B      DC10-SL-25-101-B  
747-SL-25-170-B      MD10-SL-25-101-B  
757-SL-25-064-B      MD11-SL-25-103-B  
767-SL-25-084-B      MD80-SL-25-104-B  
777-SL-25-018-B      MD90-SL-25-102-B

6 August 2004

Page 2 of 4

**SUMMARY:**

This service letter informs operators of the potential fire hazard if combustible materials (contamination) such as overspray of corrosion inhibiting compound (CIC), hydraulic fluids, oil, pesticides with flammable 'carrier' fluids, grease or dust buildup are allowed to accumulate on the insulation blankets outboard of the passenger/cargo compartment linings. Some types of contaminants have been found to support propagation of flame.

**BACKGROUND:**

Operators have reported arcing of wires, which result in fire events involving insulation materials. Further evaluation and lab testing of these events has revealed that the presence of corrosion inhibiting compounds (CICs) and other contamination may contribute to the severity of the fire event, and could have been the reason why some fire events were not self-extinguishing. The International Aircraft Materials Fire Test Working Groups (IAMFTWG) "Contamination /Aging" task group, under the leadership of the FAA Technical Center and an ATA member, has conducted investigation and analysis of blankets which has shown an accumulation of various contaminants results in a reduction of flame resistant properties.

**DISCUSSION:**

Boeing's investigation reference a) (Multi-Model SRP 25-0103) into the CIC contamination also looked at the accumulation of dust, lint and other debris on the insulation blankets in the outboard section of the passenger/cargo compartments. It is conceivable that a large buildup of contaminants on these blankets could ignite as a result of a high temperature source, thereby damaging aircraft structure or systems.

Boeing's investigation of the reference b) (Multi-Model SRP 25-0237) into the effects of aging and contamination on insulation with AN-26 cover film has again determined that contamination bears a large responsibility in the degradation of material ability to prevent flame propagation. More information on the investigation into aging and contamination is contained in references c) through i) FLEET TEAM digest articles. AN-26 cover film was used on Models 707, 727, 737 Classic, 747, 757 and 767 in production.

707-SL-25-025-B      717-SL-25-105-B  
 727-SL-25-036-B      DC9-SL-25-103-B  
 737-SL-25-077-B      DC10-SL-25-101-B  
 747-SL-25-170-B      MD10-SL-25-101-B  
 757-SL-25-064-B      MD11-SL-25-103-B  
 767-SL-25-084-B      MD80-SL-25-104-B  
 777-SL-25-018-B      MD90-SL-25-102-B

6 August 2004

Page 3 of 4

**BOEING ACTION:**

The original release of this service letter advised of revisions in the applicable Boeing manuals to address the affects of corrosion inhibiting compound and other materials on the flammability of airplane insulation blankets. The reference a) SRP was initiated to address this issue. Boeing has also presented information on this subject at airline conferences and industry working group meetings to increase operator awareness. Excessive dust, debris, fluids, or overspray of corrosion inhibiting compounds found during any inspection, are considered to be an unsatisfactory condition possibly reducing fire resistance. Cleanup of these materials should be a standard part of maintenance activity. Areas that are more likely to become contaminated are the bilge, the cargo compartment cheeks, and areas outboard of the main cabin sidewalls and air return grills.

**SUGGESTED OPERATOR ACTION:**

Operators are advised to pay proper increase attention to periodic inspection and cleaning of the airplanes during maintenance to avoid blanket contamination and remove foreign materials. When operators remove linings or otherwise expose insulation blankets, it is suggested that they vacuum loose debris off of the blankets, or use a non-metallic soft brush to remove contamination. Blankets with observable fluids or oily/waxy substances (which typically change the color and appearance of the cover film) should be removed and replaced with new blankets. Boeing does not recommend washing blankets with detergents or solvents to remove contamination, as this can remove flame retardants and leave flammable residue.

Based on their experience, operators can increase the frequency of vacuuming carpet and upholstery to reduce the volume of dirt and fibers in the cabin. Reducing the amounts of dust, dirt, and fibers in the cabin should reduce the amount of accumulated contamination. The use of low lint paper products, and floor mats to clean debris from passenger's shoes as they enter the airplane may also help to control amounts of contamination brought into the airplane.

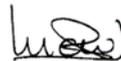
707-SL-25-025-B      717-SL-25-105-B  
 727-SL-25-036-B      DC9-SL-25-103-B  
 737-SL-25-077-B      DC10-SL-25-101-B  
 747-SL-25-170-B      MD10-SL-25-101-B  
 757-SL-25-064-B      MD11-SL-25-103-B  
 767-SL-25-084-B      MD80-SL-25-104-B  
 777-SL-25-018-B      MD90-SL-25-102-B

6 August 2004

Page 4 of 4

**WARRANTY INFORMATION:**

Warranty remedies are not available for the action suggested by this service letter.



Krijn deJonge  
 For Respective Fleet Support Chiefs

ABD:vgs

Original      Dated: 23 March 1998

Revision A:      Dated: 25 June 2004. Revised entire service letter. Added cleaning information to suggested operator action and AN-26 data to other sections, removed attached Boeing manual update dates. Also to include Douglas Model Airplanes

Revision B:      Revised to correct Model and Applicability Sections

## 附錄五 長榮在本會第 141 次委員會議中之陳述意見

### 建議修訂意見一

請貴會考量此事件是否一定要歸類為“失事”或依貴會『飛航事故調查標準作業程序』2.3-調查作業等級之第三級飛航事故-“指非屬普通航空業之固定翼航空器飛航事故，無人員死亡及傷害，但造成航空器實質損害者。”。難道無任何空間可歸類為重大意外事件？『民用航空器及公務航空器飛航事故調查作業處理規則』第五條第十款、“客艙或貨艙內之失火、冒煙或發動機之失火者。”

祈請委員參考ICAO Annex 13 Attachment G : Guidance for the determination of aircraft damage，重新認定此事件之等級。

頁次	草案原文	建議修訂內容												
第2頁 1.3	1.3 艙機損害情況。 APU供電電纜熱損；機身一地板樑與兩縱桁局部遭受熱損，經非破壞性檢查，該部位結構實質受損，詳見1.12。	1.3 艙機損害情況。 APU供電電纜熱損；機身一地板樑與兩縱桁局部遭受熱損，經非破壞性檢查，該部位結構實質受損，詳見1.12。												
<p>說明：</p> <p>1. B-16410 BR67 結構損傷說明： 依B747-400 SRM 52-20-03所述-"Exposure to high temperature can change the initial heat-treatment/temper condition and cause a decrease in strength of metal structure." EVA於熱損區域執行檢測，以確認結構減弱之情形，發現： 正常導電度量測範圍如下：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Alloy</th> <th>Temper</th> <th>Conductivity range</th> <th>Structure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2024</td> <td>- T3</td> <td>28.5 - 32.0 % IACS</td> <td>skin</td> </tr> <tr> <td>7075</td> <td>- T6xx</td> <td>30.0 - 35.0 % IACS</td> <td>stringer, frame, floor beam,</td> </tr> </tbody> </table>			Alloy	Temper	Conductivity range	Structure	2024	- T3	28.5 - 32.0 % IACS	skin	7075	- T6xx	30.0 - 35.0 % IACS	stringer, frame, floor beam,
Alloy	Temper	Conductivity range	Structure											
2024	- T3	28.5 - 32.0 % IACS	skin											
7075	- T6xx	30.0 - 35.0 % IACS	stringer, frame, floor beam,											

說明(續)：

站位2060地板樑由33.9 變為36.7 % IACS.

S-25L stringer由33.0變為38.0 % IACS

S-25L stringer由31.5變為40.2 % IACS

上述地板樑強度或許有改變/降低，但其結構仍能維持，且無任何Cracked或是broken。

3. 如上述說明，本事件機於事發後飛航BKK-LHR-BKK-TPE 3航段，航機之飛航性能及狀況皆正常，依上述Guidance，如將本事件歸類為”Accident”，與一般社會大眾之認知有極大差異，故建請重新考量”實質”受損之字句。

## 建議修訂意見二

“與風險有關之調查發現”第6項－“該機返台後結構檢測發現一地板樑結構受損，顯示該機於事故後從曼谷飛往倫敦返回桃園機場之載客飛行已不符安全標準。”，此項結論，貴會調查員未能接受本公司所提之論述，建請委員參考飛安改善建議-致交通部民航局第4項之文字修訂。本公司尊重調查員之調查權責，然其報告之用詞遣字應本於法令所賦予之權，秉持公正，客觀的態度，以事實證據為依歸，消弭主觀意識形態。



頁次	草案原文	建議修訂內容
第viii頁 及第93頁 4.1	4.1 改善建議 致長榮航空公司 4. 該機從曼谷飛回桃園之載客飛行已不符安全標準，長榮應強化外站簽放機制，避免類似不安全飛行之再發生。	4. 該機於曼谷未完成相關手冊檢查即予放飛，長榮應強化外站簽放機制，避免類似情事之再發生。
<p>說明</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 曼谷站機務代表在事件發生後，檢查電線短路附近區域，除了受損的隔熱毯之外，結構表面雖然有燒黑的現象，因為可以用手抹去，而且沒有變色的現象，所以認為沒有需要立即執行進一步檢查的必要。</li> <li>2. 其他系統均確認正常，故停用APU並將該發對機電源供線磨損破皮部位以絕緣包覆隔離後，執行該航班簽放繼續飛航任務。</li> <li>3. 該機完成飛航任務回到台北後，執行詳細檢查才發現下貨艙靠近主甲板處的結構有變色現象，雖然沒有任何裂紋或破損，但是本公司仍然立即執行NDI(非破壞性檢查)並加以修復。</li> <li>4. 本事件航機於事發後，繼續飛航曼谷-倫敦-曼谷-台北之飛航任務，航機性能及狀況皆正常，且損傷部位並非落於航機之主要結構部位，而其結構性能應為降低，顯見並無不安全飛行之虞，故建議修訂“不安全飛行”之用語。</li> </ol>		



### 建議修訂意見三

此事件之主要肇因為 Boeing公司對本機型在機身站位2060處電纜線支架設計、安裝不當所致，然而，此份調查報告於25頁至53頁以18張大小照片來描述隔熱毯污染、燃燒之狀況，與主肇因所使用描述之篇幅極不相稱，有本末倒置之疑，試問有此必要嗎？

再者“與風險有關之調查發現”第2項及第3項中所使用的“可能被引燃”、“如類似火災發生時間愈晚，則污染物堆積量愈大，航機損害將更嚴重”，此種假設性、臆測性的用詞是否適當，恭請委員裁量！

調查員認為污染之隔熱毯為可燃物，此問題為全球之問題，建議貴會予波音公司及FAA之建議事項中，可建議提升隔熱毯清潔作業規範之等級從SL(Service Letter)提升至SB(Safety Bulletin)。

P26-53共計18張有關隔熱毯的照片



頁次	草案原文	建議修訂內容
第77頁 2.3 維修作業 2.3.1 清潔作業 2.3.2 工單1A62IN 2.3.3 長榮對波音服務信函之評估		建請建議波音提升對客貨艙隔熱毯清潔之作業等級。
<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本調查報告於隔熱毯之清潔部份，有諸多論述，如1.6.6 隔熱毯之污染、1.12.2.1 地板下機身、2.3維修作業等約19頁皆有論述，顯見調查人員對本狀況之重視程度。</li> <li>2. 波音針對此隔熱毯之清潔作業，目前僅列為SL(Service Letter)等級。</li> <li>3. 有關貨艙隔熱毯污染之狀況，全世界航機皆會遭遇類似狀況，故以調查人員對於本案之隔熱毯污染狀況之重視程度，<b>建議貴會應增列對波音公司及FAA之建議事項，提升對客貨艙隔熱毯清潔之作業等級</b>，以降低類似災害發生時之危害。</li> </ol>		

## 其他建議修訂意見

4. 第vi及89頁3.2 與風險有關之調查發現第9點有關指示乘客離機的方式**非僅限於廣播**，組員以手勢、肢體語言、口頭指令等，仍可達到指引乘客離機之目的。故建請將文字內容修訂為“濃煙散佈後段客艙的過程中，因隔簾阻隔，客艙前後區未能通透，**組員應變時以口頭及肢體動作指示乘客往前移動，建議透過 PA指示前區乘客加速離機**，部分乘客在未接到任何應變或安撫指令下，少數乘客因此狀況產生恐慌、推擠R5 客艙組員、強行開啟R5 艙門等作為。”
5. 第viii頁及第93頁4.1改善建議 致長榮航空公司2. 參考波音服務信函747-SL-25-170-B，重視波音機隊經驗，加強客貨艙污染清除之實質評估，據以修訂維修計畫並確實執行。致交通部民航局第2點類似內容已將客艙部份刪除，建議同步修訂之。
6. 第vii頁及第90頁其他發現第4點 “…CIC 污染應係結構檢查作業時，維修人員施工時將使用之CIC 潑灑於隔熱毯上所致；…”，上述有關CIC潑灑之字句建議與2.2.1之字句同步修訂。
7. 本調查報告使用共計3處的假設性用語，對於整個調查報告的可信度降低，請貴會加以斟酌評估。

**上述意見敬請委員斟酌，如意見未蒙採納，建請將此意見陳述列為調查報告之附件。**

本頁空白

## 附件清單

1	長榮航空公司 Special Work Order# SERA01741 及長榮航太 Engineering Instruction B2008A53M-116
2	客艙組員工作手冊 (cabincrew handbook)

本頁空白

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

飛航事故調查報告：中華民國 97 年 2 月 23 日，長榮航空公司 BR 67 班機，B747-400 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16410，於曼谷機場旅客下機時客艙後段通氣板冒煙 / 行政院飛航安全委員會編著。-- 初版。-- 新北市：飛安委員會，民 100.03  
面；公分

ISBN 978-986-02-7456-1 (平裝)

1. 航空事故 2. 飛行安全

557.909

100005121

飛航事故調查報告

飛航事故調查報告：中華民國 97 年 2 月 23 日，長榮航空公司 BR 67 班機，B747-400 型機，國籍標誌及登記號碼 B-16410，於曼谷機場旅客下機時客艙後段通氣板冒煙

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) 8912-7388

地址：231 新北市新店區北新路 3 段 200 號 11 樓

網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 100 年 3 月 (初版)

經銷處：國家書店：台北市松江路 209 號 1 樓

五南文化廣場：台中市中山路 6 號

GPN：1010000590

ISBN：978-986-02-7456-1

定價：新台幣 850 元

\*本會保留所有權利。未經本會同意或授權不得翻印。