

飛航事故調查報告

ASC-AOR-08-10-001

中華民國 96 年 12 月 28 日

內政部空中勤務總隊

機型 UH-1H

編號 NA-520

於烏來中嶺山區執行吊掛救援時人員墜落受傷

行政院飛航安全委員會
AVIATION SAFETY COUNCIL

中華民國 97 年 10 月

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。

國際民航公約第十三號附約第三章第 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. (失事或重大意外事件調查之唯一目的為防止失事或重大意外事件，分攤責任或追究責任並非調查作業之目的。)

本頁空白

摘要報告

96 年 12 月 28 日，台北時間上午約 0845 時，一架內政部空中勤務總隊（以下簡稱空勤總隊）UH-1H 型直升機，編號 NA-520，由松山機場起飛，赴烏來中嶺山區附近執行登山迷路民眾搜救任務，機上載有正駕駛、副駕駛、機工長各 1 員及消防署特種搜救隊員（以下簡稱特搜隊員）2 員，共計 5 員，由正駕駛擔任操控駕駛員，副駕駛擔任監控駕駛員。

約於 1003 時，該機於東經（E）121°33'34"，北緯（N）24°43'1.9"位置發現 3 名待救援民眾，機上之特搜隊員與機工長配合將待救民眾吊掛上機，於吊掛過程中鋼索斷裂，實施吊掛救援行動之特搜隊員 1 名及民眾 1 名墜地受傷，NA-520 機放棄任務，於 1034 時返回松山機場落地。NA-520 機除鋼索斷裂外，餘未受損，其他 4 名機組人員未受傷。

行政院飛航安全委員會（以下簡稱本會）為負責調查發生於中華民國境內之民用航空器、公務航空器及超輕型載具飛航事故之政府獨立機關，依據中華民國飛航事故調查法以及參考國際民航公約第 13 號附約（Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation），於事故發生後依法展開調查工作。受邀參與本次調查之機關（構）包括：內政部空中勤務總隊、內政部消防署及亞洲航空股份有限公司（簡稱亞航）。

歷經 5 月餘之事實資料蒐集作業，於 97 年 4 月 17 日本案調查小組召開事實資料報告確認會議，同時展開分析作業。於 97 年 7 月 8 日舉行「分析結果說明會」，聽取參與調查相關機關（構）對調查分析內容之意見。綜整相關意見後，於 97 年 7 月 17 日將「調查報告草案」函送相關機關（構），請其提供意見。

本調查報告格式係參照國際民航公約第 13 號附約之規定撰寫，唯有以下不同處：

第三章「結論」部分：為彰顯改善飛安之宗旨，不以處分或追究責任為目的，本會第 74 次委員會議決議，不再直接陳述「事故可能肇因及間接因素」，而以「調查發現」代之，並將其分為 3 類，即：「與可能肇因相關之調查發現」，「與風險相關之調查發現」以及「其他調查發現」。

第四章「飛安改善建議」部分：除對有關機關提出改善建議外，本會並將各參與機關提出之已實施或實施中之安全措施納入調查報告。此做法與澳大利亞運輸安全局（Australia Transportation Safety Bureau, ATSB）及加拿大運輸安全委員會（Transportation Safety Board Canada, TSB）等先進國家相同，亦符合第 13 號附約之原則，本會認為此舉更能達成改善飛航安全之目的。

本會依據事實資料進行分析，提出以下之調查發現及改善建議。

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。

1. 該機應於不規則之滾動氣流環境下執行 OGE 滯空，因作業區不易尋找明顯之操作參考點，不易判斷滯空之精確位置，可能產生修正延遲現象，影響滯空修正操作之時機致該機於執行人員下放後吊掛作業期間未保持穩定滯空狀態。

(2.2.3) (2.2.4)

2. 在吊掛作業過程中，飛機出現位移，導致 Fleet Angle 超過規範限制；同時鋼索鈎到樹枝而瞬間拉扯，Fleet Angle 超過 35 度造成應力集中現象，最後鋼索因瞬間負載過大而斷裂，導致吊掛救護人員及待救援人員墜落受傷。(2.2.3) (2.4.2)

與風險有關之調查發現

1. 空中勤務總隊訂定之救生吊掛設備標準操作程序未提供涵蓋各共勤單位之完整操作程序，另對於安全作業職責劃分，操作限制因素、注意事項及各種環境可否執行任務之限制因素、風險辨識標準均未具詳細指導原則，無法滿足執行救生吊掛任務之安全需求。(2.2.5) (2.6.2)
2. 內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容未針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並訂定共同作業規範、權責及程序之標準。(2.6.2)
3. 吊掛飛行線操作及維護保養手冊中有關重要操作限制及注意事項未見於相關單位教育訓練教材或操作程序中。(2.3.2)

其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部份調查結果為大眾所關切，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。

1. 無證據顯示本次事故與人員生理、心理、藥物及酒精有關。(2.1)
2. 該機載重平衡在限制範圍內。(2.1)
3. 該名待援民眾未有安全頭盔保護致事故後頭部受傷嚴重。(2.5.5)
4. 該機飛航組員於任務前未確實執行飛航前準備及任務提示。(2.2.1)
5. 根據事實資料，調查小組認為 NA-520 直升機之救生吊掛系統功能在事故發生時係為正常。(2.3.1)
6. 空中勤務總隊執行不定期查核未發現救生吊掛之修護線作業、修護紀錄之完整性缺失。(2.3.2)
7. 空中勤務總隊吊掛相關標準作業程序中未見機工長須保持目視地面吊掛人員、

未能保持目視時之應變措施及明確且完整之斷索判斷原則及執行方式。(2.2.5)
(2.5.3.2)

8. 該機飛航組員於飛航中未充分利用組員資源管理技巧，保持狀況警覺。(2.2.5)

9. 該機於到達事故地點後僅執行一次偵察航線，未按規定執行二次偵察航線，亦未詳細偵察風向及環境對執行任務之影響，高高度起降（山區）訓練未落實執行。

10. 空中勤務總隊與特搜隊共勤雙方之標準作業程序中未見緊急事故處理之相關程序，如對講機之構聯。(2.5.4)

11. 特搜隊標準作業程序中未見決定救援方式之指導原則、對於各種環境可否執行吊掛任務之評估標準、出艙前準備作業。(2.5.1) (2.5.2) (2.5.3.1)

12. 亞航執行救生吊掛系統飛行前/後檢查之時機與原廠規範相同。其設計之飛行前/後檢查工作程序單與原廠規範幾無差異。(2.3.2)

13. 亞航在飛行前之操作檢查及飛行後之鋼索檢查其所施放之長度與原廠規定有所差異。(2.3.2)

14. 亞航於飛行前之救生吊掛系統檢查在運保 14-003 表上並無指定欄位簽署，同時飛行前/後檢查並未使用/簽署吊掛系統檢查之工作程序單。(2.3.2)

15. 空中勤務總隊安全管理手冊完成並執行後，經由有系統之安全管理，將可保障未來任務執行單位或個人整體安全；內政部消防署如能依安全管理觀念依單位權責及作業執行整合成有系統之安全作業要求亦然。(2.6.3)

飛安改善建議

致內政部空中勤務總隊

1. 要求飛航組員確依航務管理手冊、飛行任務準據、操作標準手冊及檢查手冊規定執行飛航任務前準備及任務提示。(ASC-ASR-08-10-001)
2. 重新檢視組員資源管理訓練並予落實。(ASC-ASR-08-10-002)
3. 未能落實高高度起降(山區)訓練及滯空操作訓練應儘速改正。(ASC-ASR-08-10-003)
4. 檢視救生吊掛相關程序之完整合宜性，包括職責劃分，操作限制因素、風險評估、組員合作及緊急事故處理程序等。(ASC-ASR-08-10-004)
5. 檢視救生吊掛及其他類似組合訓練之訓練規範及執行方式，並加強救生吊掛系統操作人員對該系統之訓練。(ASC-ASR-08-10-005)
6. 加強對亞航飛行線上修護工作之查核。(ASC-ASR-08-10-006)
7. 儘速於近期檢視內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容中與安全作業有關權責，並針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並納入共勤作業及任務提示項目。(ASC-ASR-08-10-007)
8. 落實執行安全管理手冊。(ASC-ASR-08-10-008)

致亞航

1. 依原廠規定或已核可之工單實施救生吊掛系統之飛行前/後檢查，並詳實簽署/記錄檢查結果。(ASC-ASR-08-10-009)

致內政部消防署特種搜救隊

1. 強化標準作業程序包括吊掛相關內容，如：決定救援方式之指導原則、對於各種環境可否執行吊掛任務之評估標準、出艙前準備作業及緊急事故處理程序等。(ASC-ASR-08-10-010)
2. 檢視內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容並針對不同共勤作業方

式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並訂定共同作業規範、權責及程序之標準。(ASC-ASR-08-10-011)

3. 依安全管理觀念成立風險管理小組並積極研擬風險管理推動事宜。
(ASC-ASR-08-10-012)

4. 於執行吊掛搜救時，考量被救援民眾配戴安全頭盔之可行性。
(ASC-ASR-08-10-013)

目 錄

摘要報告	I
目錄	VII
表目錄	XIII
圖目錄	XV
第一章 事實資料	1
1.1 飛航經過	1
1.2 人員傷害	2
1.3 航空器損害情況	4
1.4 其他損害情況	4
1.5 人員資料	5
1.5.1 基本資料	5
1.5.1.1 正駕駛	5
1.5.1.2 副駕駛	5
1.5.1.3 機工長	5
1.5.1.4 特搜隊員 A	6
1.5.1.5 特搜隊員 B	6
1.5.2 訓練及考驗	6
1.5.2.1 正駕駛	6
1.5.2.2 副駕駛	7
1.5.2.3 特搜隊員	7
1.5.3 健康狀況	8
1.5.3.1 正駕駛	8
1.5.3.2 副駕駛	8
1.5.3.3 機工長	8
1.5.3.4 特搜隊員 A	9

1.5.3.5	特搜隊員 B	9
1.5.4	事故前 72 小時活動	9
1.5.4.1	正駕駛	9
1.5.4.2	副駕駛	9
1.5.4.3	機工長	9
1.5.4.4	特搜隊員 A	10
1.5.4.5	特搜隊員 B	10
1.6	航空器資料	10
1.6.1	航空器基本資料	10
1.6.2	發動機基本資料	11
1.6.3	救生吊掛裝備	11
1.6.3.1	救生吊掛裝備規範	11
1.6.4	航空器性能	13
1.6.4.1	性能簡述	13
1.6.4.2	性能資料	14
1.6.5	載重平衡資料	14
1.6.6	空勤總隊 UH-1H 直升機維護	16
1.6.7	吊掛維護作業	16
1.7	天氣資訊	17
1.7.1	事故當日天氣	17
1.8	助航設施	18
1.9	通訊	18
1.10	場站資料	20
1.11	飛航記錄器-全球定位系統接收機	20
1.12	現場撞擊資料	22
1.13	醫學與病理	23

1.14	生還因素	23
1.14.1	任務派遣	23
1.14.2	吊掛作業評估	24
1.14.3	救援過程	25
1.14.4	醫療後送作業	29
1.15	火災	30
1.16	測試與研究	30
1.16.1	救生吊掛裝備拆檢	30
1.16.2	吊掛鋼索檢驗	31
1.16.2.1	A 段吊掛鋼索與繩導 (Cable Guide) 檢驗	31
1.16.2.2	B 段吊掛鋼索檢查	36
1.16.3	機內通訊檢查	38
1.16.4	飛行線上救生吊掛裝備檢查模擬	38
1.17	組織與管理	38
1.17.1	組織簡介	39
1.17.1.1	內政部空中勤務總隊	39
1.17.1.2	內政部消防署特種搜救隊	39
1.17.2	共同作業之執行	39
1.17.2.1	支援協定書	39
1.17.2.2	支援機關共同執勤作業規定	40
1.17.2.3	空勤總隊航空器派遣及消防署特種搜救隊派遣	40
1.17.3	組合訓練	41
1.17.3.1	特搜員之直升機組合訓練	41
1.17.3.2	訓練課程	42
1.17.3.3	手冊/標準作業程序	42
1.18	其他資料	43

1.18.1	訪談摘要	43
1.18.1.1	正駕駛訪談	43
1.18.1.2	副駕駛訪談	44
1.18.1.3	機工長訪談	45
1.18.1.4	特搜隊員 A 訪談	46
1.18.1.5	特搜隊員 B 訪談	47
1.18.1.6	特搜隊員 C 訪談	47
1.18.1.7	受傷民眾訪談	49
1.18.2	飛航操作相關資料	49
1.18.2.1	航務管理手冊	49
1.18.2.2	飛行員訓練手冊	49
1.18.2.3	UH-1H 操作標準手冊	50
1.18.2.4	UH-1H 飛航人員個人資料冊	50
1.18.2.5	直升機山區飛行與救護	50
第二章	分析	53
2.1	概述	53
2.2	航務作業	53
2.2.1	飛航前準備	53
2.2.3	吊掛過程飛航軌跡	56
2.2.3.1	GPS 資料記錄之飛航軌跡	56
2.2.3.2	高高度起降及偵察航線	57
2.2.3.3	吊掛鋼索	58
2.2.4	影響滯空因素	59
2.2.5	組員資源管理	61
2.3	救生吊掛系統維護分析	62
2.3.1	吊掛組合件	62

2.3.2	救生吊掛維護作業之執行	62
2.4	吊掛鋼索斷裂原因	64
2.4.1	吊掛鋼索斷裂長度	64
2.4.2	吊掛裝備操作限制	65
2.5	生還因素	67
2.5.1	救援方式	67
2.5.2	吊掛作業評估	68
2.5.3	吊掛作業安全	68
2.5.3.1	吊掛出艙前準備	68
2.5.3.2	目視吊掛人員	69
2.5.4	吊掛人員墜落之搜救	69
2.5.5	傷勢原因	70
2.5.6	醫療後送作業	71
2.6	組織管理	71
2.6.1	支援機關共同執勤作業規定、權責及程序	71
2.6.2	標準作業程序	72
2.6.3	安全管理	72
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	其他調查發現	76
第四章	飛安改善建議	79
	致內政部空中勤務總隊	79
	致亞航	80
	致內政部消防署特種搜救隊	80
附錄一	正駕駛檢定報告表	83

附錄二	副駕駛檢定報告表	85
附錄三	UH-1H 載重計算表	87
附錄四	HS-20200-501 系列救護吊掛拆檢測試報告	89
附錄五	中科院檢測報告	93
附件		109

表 目 錄

表 1.2-1	傷亡統計表.....	4
表 1.5-1	駕駛員基本資料表.....	6
表 1.6-1	航空器基本資料.....	10
表 1.6-2	動機基本資料.....	11
表 1.6-3	救生吊掛基本資料.....	11
表 1.6-4	救生吊掛組合件規範.....	11
表 1.6-5	救生吊掛控制器規範.....	12
表 1.16-1	鋼索化學成份分析.....	34
表 1.16-2	B 段吊掛鋼索損傷及相對位置表.....	37
表 2.2-1	鋼索角度及伸放長度計算表.....	59
表 2.3-1	吊掛裝備原廠手冊「表 501」有關飛行前及飛行後檢查之項目及週期.....	63

本頁空白

圖 目 錄

圖 1.1-1	吊掛區域之飛航軌跡.....	3
圖 1.6-1	UH-1H 三視圖.....	13
圖 1.6-5	UH-1H 型直升機重心限制範圍	15
圖 1.7-1	福山及玉蘭氣象站位置圖	18
圖 1.9-1	通訊信號分配面板.....	19
圖 1.11-1	GPS 接收機記錄之高度與地速對照圖	20
圖 1.11-2	GPS 接收機記錄之飛航軌跡	21
圖 1.12-1	事故現場示意圖.....	22
圖 1.14-1	特搜北部分隊個人小包內容	24
圖 1.14-2	特搜隊員下放.....	27
圖 1.14-3	特搜隊員到達地面.....	27
圖 1.14-4	吊掛鋼索狀況.....	28
圖 1.14-5	飛機偏移情況.....	28
圖 1.16-1	檢送之吊掛鋼索及 Cable Guide	31
圖 1.16-2	Cable Guide 內表面之磨損痕跡	32
圖 1.16-3	實體顯微鏡巨觀觀察.....	32
圖 1.16-4	斷裂面 SEM 觀察	33
圖 1.16-5	斷裂面 SEM 觀察	34
圖 1.16-6	抗拉試驗.....	35
圖 1.16-7	抗拉試驗後鋼索破壞情形	36
圖 1.16-8	Kink 損傷 (ID 3)	37
圖 1.16-9	Core Protrusion 損傷 (ID 8)	37
圖 1.16-10	吊掛頭 (ID 0)	37
圖 1.16-11	B 段鋼索斷裂處 (ID 9)	37
圖 1.18-1	不規則山脊效應.....	51

圖 1.18-2	多山脊滾動氣流危險區.....	51
圖 1.18-3	山脊進場方式.....	52
圖 2.2-1	事故機飛航軌跡.....	55
圖 2.2-2	GPS 記錄之飛航軌跡	57
圖 2.2-3	地面吊掛點與飛機之關係示意圖.....	58
圖 2.4-1	吊掛鋼索斷裂處.....	65
圖 2.4-2	吊掛裝備 Fleet Angle 示意圖	66

第一章 事實資料

1.1 飛航經過

96 年 12 月 28 日，台北時間上午約 0845 時，一架內政部空中勤務總隊（以下簡稱空勤總隊）UH-1H 型直升機，編號 NA-520，由松山機場起飛，赴烏來中嶺山區附近執行登山迷路民眾搜救任務，機上載有正駕駛、副駕駛、機工長各 1 員及消防署特種搜救隊員（以下簡稱特搜隊員）2 員，共計 5 員，由正駕駛擔任操控駕駛員，副駕駛擔任監控駕駛員。

約於 1003 時，該機於東經（E）121°33'34"，北緯（N）24°43'1.9"位置發現 3 名待救援民眾，機上之特搜隊員與機工長配合將待救民眾吊掛上機，於吊掛過程中鋼索斷裂，實施吊掛救援行動之特搜隊員 1 名及民眾 1 名墜地受傷，NA-520 機放棄任務，於 1034 時返回松山機場落地。NA-520 機除鋼索折斷外，餘未受損，其他 4 名機組人員未受傷。

依訪談記錄及任務執行報告表，該機原預計 0900 時於松山機場起飛，執行至花蓮之飛渡任務，台北縣政府消防局接獲民眾報案並於 0728 時簽註「內政部空中勤務總隊航空器申請表」，申請表填註之任務地區座標為東經（E）121°33'05"，北緯（N）24°43'08"。0823 時飛航組員接獲空勤隊勤務指揮中心通知，指示將該 NA-520 機轉用為執行烏來中嶺山區迷路民眾搜救之任務機。

機長於接獲任務派遣表後，即依該總隊飛行任務行動準據內容，召集機組員及共勤組員（特搜隊員兩名）進行任務整備、飛行前檢查及機前任務提示。綜合訪談與機上衛星定位系統記錄，該機於 0845 時起飛定位後，約於 0903 時到達目標區進行搜尋，期間之飛航路線依機上衛星定位系統（Global positioning System, GPS）記錄之資料，如圖 1.11-2。於 1003 時發現地面狼煙而目視登山民眾，正駕駛於執行空中偵查並與機組員及特搜隊員討論後，認為該區雖有樹木等障礙物，但有一處約 5 至 6 公尺之樹洞，可執行人員吊掛救援任務。正駕駛依狼煙升起後方向之變換，

判斷當時風向應為東南風，於是由西北向東南方向進入目標區，並準備下放特搜隊員。第一次鋼索下放時晃動過大不易進入樹洞，因此暫停下放作業並回收特搜隊員。正駕駛第二次調整進入航向由北向南進入目標區，順利將特搜隊員下放至地面，特搜隊員以保持掛勾連結方式進行地面作業，於吊掛救援滯空期間，正駕駛感覺地面有環狀氣流，曾依機工長之引導，向後及向右修正滯空位置。特搜隊員於完成與待救援民眾之掛勾連接，但尚未開始回收作業時，飛機無法保持穩定滯空，偏離吊掛點，已完成勾接之特搜員及待救援民眾被拉向樹叢，隨後鋼索扯斷，特搜隊員及待救援人員墜落於目標區約 130 方位之山坡下。

該機於原地上空盤旋約 10 分鐘未發現墜落人員，飛航組員考量油量（當時約為 400 磅）因素返航，並於返航途中向總隊勤務指揮中心報告任務失敗，期間機上搜救隊員與地面待救援未受傷民眾以手機聯繫，始得知墜落兩員受傷。

依機上 GPS 記錄資料（如附件 1），該機於 1003 時至 1010 時於吊掛區飛航軌跡如圖 1.1-1，第一次進入目標之航向約為 150 方位，第二次進入目標之航向約為 180 方位。

1.2 人員傷害

該機搭載 2 名直升機駕駛員、1 名機工長及 2 名特搜隊員共 5 名機組人員，事故後 1 名特搜隊員及 1 名被救援民眾重傷，其他人員無傷。人員傷亡情形如表 1.2-1 所示。

兩位重傷人員之傷勢情形如下所述：

1. 特搜隊員 A：頭部外傷併枕骨骨折及右肱骨骨折。

該員於 96 年 12 月 28 日送往台北榮民總醫院急診加護病房，於 12 月 31 日轉入普通病房，97 年 1 月 4 日接受右肱股骨折固定手術，97 年 1 月 11 日出院（入院治療共計 15 日）。

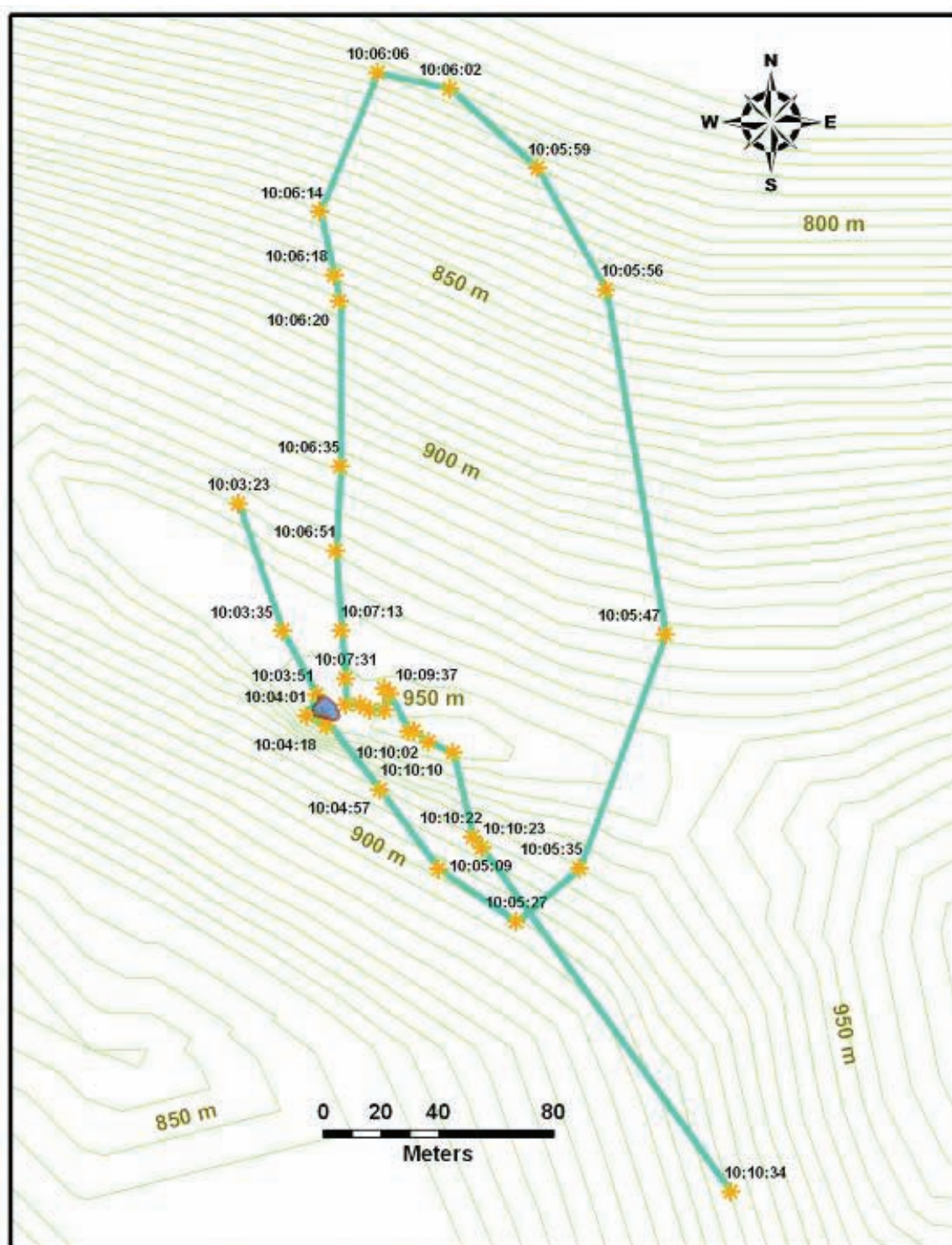


圖 1.1-1 吊掛區域之飛航軌跡

2. 被救援民眾：

- (1) 頭部傷：頭部外傷併嚴重腦挫傷、顱骨骨折、急性右側硬腦膜下腔出血及腦內出血。
- (2) 顏面傷：顏面骨折及右眼眶深度撕裂傷。
- (3) 右肱骨骨折。
- (4) 疑似外傷性視神經病變。
- (5) 左膝深度撕裂傷。

該民眾於 96 年 12 月 28 日送往三軍總醫院治療，97 年 1 月底始由加護病房移入普通病房，期間共動過 5 次手術包括：

- (1) 96 年 12 月 28 日：右側顱骨切除併血塊移除及顱內壓監測器置放術。
- (2) 97 年 1 月 14 日：腹壁埋骨處傷口擴創術。
- (3) 97 年 1 月 21 日：右肱骨開放復位及左膝擴創術。
- (4) 97 年 1 月 28 日：頭皮擴創術。
- (5) 97 年 2 月 4 日：腹壁擴創術。

表 1.2-1 傷亡統計表

傷亡	飛航組員	其他組員	其他	總計
致命傷	0	0	0	0
重傷	0	1	1	2
輕傷/無傷	0/2	0/2	0/0	0/4
總計	2	3	1	6

1.3 航空器損害情況

航空器機身及發動機無損壞，救生吊掛鋼索斷裂。

1.4 其他損害情況

無相關因素

1.5 人員資料

1.5.1 基本資料

1.5.1.1 正駕駛

正駕駛為中華民國籍，曾任陸軍直升機駕駛員。91 年 4 月進入內政部消防署空中消防隊籌備處（以下簡稱空消隊，為空勤總隊前身），擔任 UH-1H 型機正駕駛，於 93 年 07 月 10 日取得該型機教官資格。至 96 年 12 月 28 日止該型機飛行時間為 3,531 小時又 15 分，總飛行時間為 5,817 小時又 40 分。

1.5.1.2 副駕駛

副駕駛為中華民國籍，曾任陸軍直升機駕駛員。92 年 6 月進入空勤總隊，擔任 UH-1H 型機副駕駛。至 96 年 12 月止該型機飛行時間為 1,136 小時又 05 分，總飛行時間為 2,150 小時又 15 分。

1.5.1.3 機工長

機工長為中華民國籍，曾於陸軍航空部隊擔任維修工作，退伍後曾於大華航空及中興航空擔任維修工作，曾任中興航空機務處副處長。92 年 6 月進入空勤總隊，擔任 UH-1H 型機機工長。

表 1.5-1 駕駛員基本資料表

項目	正駕駛	副駕駛
性別	男	男
事故發生時年齡（歲）	51	41
進入空勤總隊日期	91 年 4 月	92 年 6 月
目前飛行機種	UH-1H	UH-1H
目前飛行資格	教官	正駕駛
體格檢查種類	乙類體位	乙類體位
到期日	97 年 7 月 20 日	97 年 7 月 19 日
最近一次飛航檢定	96 年 3 月 20 日	96 年 3 月 02 日
總飛航時間	5,817 小時 40 分	2,150 小時 15 分
UH-1H 總飛行時間	3,531 小時 15 分	1,136 小時 05 分
最近 12 個月飛航時間	180 小時 25 分	
最近 90 日內飛航時間	60 小時 05 分	
最近 30 日內飛航時間	22 小時 50 分	20 小時 55 分
最近 7 日內飛航時間	02 小時 00 分	00 小時 00 分
事故日已飛時間	00 小時 00 分	00 小時 00 分
事故前休息時間	12 小時 以上	12 小時以上

1.5.1.4 特搜隊員 A

特搜隊員 A 為中華民國籍，任特種搜救隊職約 4 年，直升機空勤時數約 780 小時，其為吊掛下機救援民眾之特搜員。

1.5.1.5 特搜隊員 B

特搜隊員 B 為中華民國籍，任特種搜救隊職約 6 年，直升機空勤時數約 691 小時，其為機上作業之特搜員。

1.5.2 訓練及考驗

1.5.2.1 正駕駛

正駕駛於 96 年 3 月 20 日完成該型機飛行術科年度檢定查核，檢定合格（報告表如附錄 2），考驗項目為：「UH-1H 飛航檢定教師」，附錄飛行術科年度檢定第 20 項至第 47 項僅執行「精確滯空」及「短程吊運」2 項課目，檢定欄內之查核結果

爲：「滿意」。建議及講評欄紀錄：「操作教學均合格，檢定教師檢定合格。」

正駕駛最近一次執行救生吊掛任務（訓練）之時間爲 96 年 11 月 30 日，擔任教官。最近一次執行吊環任務之時間爲 96 年 12 月 2 日，擔任教官。

正駕駛山區搜救總時間爲 74:40 小時，事故當月山區搜救飛行時間爲 14:60 小時，高山起降訓練時間爲 02:05 小時。

1.5.2.2 副駕駛

副駕駛於 96 年 3 月 02 日完成該型機飛行術科年度檢定查核（報告表如附錄 2），考驗項目爲：「UH-1H 正駕駛」附錄飛行術科年度檢定第 20 項至第 47 項僅執行「精確滯空」及「協同任務組合訓練」2 項課目，檢定欄內之查核結果爲：「滿意」。建議及講評欄紀錄：「自轉進入空速 90 浬而非 60 浬，餘操作良好，合格。」

副駕駛最近一次執行救生吊掛任務（訓練）之時間爲 96 年 11 月 08 日，座於正駕駛席位。最近一次執行吊環任務之時間爲 96 年 12 月 2 日，座於正駕駛席位。

副駕駛山區搜救總時間爲 27:35 小時，事故當月山區搜救飛行時間爲 03:05 小時，無高山起降之訓練記錄。

1.5.2.3 特搜隊員

內政部消防署特種搜救隊將直升機組合訓練列爲搜救隊員常年之訓練，定期於每月舉辦，每位搜救隊員每月約可接受兩次，每次兩小時之組合訓練。

特搜隊員 A 救助隊訓練合格，取得中級救護技術員資格，曾受 Helicopter Rescue Consult 公司之 AS-365 型機直升機基本救援吊掛訓練，93-96 年度直升機救援組合訓練共約 700 小時。

A 員最近一次直升機組合訓練是於 96 年 12 月 1 日於八德大漢溪河床接受 2

小時之吊掛訓練。

特搜隊員 B 救助隊訓練合格，取得中級救護技術員資格，91 至 96 年直升機救援組合訓練共約 502 小時，B 員最近一次直升機組合訓練是於 96 年 12 月 11 日於金山一帶接受 2 小時之吊掛訓練。

1.5.3 健康狀況

1.5.3.1 正駕駛

正駕駛曾於 96 年 7 月 20 日在國軍左營總醫院實施航空體格檢查。該航空體格檢查記錄表第 73 項欄內（各項缺點之總評）：計有 3 項缺點，第 76 項欄內（適合航空體格標準否）：標示為「適合」「第乙類」。

正駕駛不抽煙，無使用藥物及飲酒習慣，不需戴鏡飛行。事故前 72 小時之內未使用藥物。依空勤總隊空勤人員酒精檢測紀錄表：正駕駛事故前之酒精檢測值為零。

1.5.3.2 副駕駛

副駕駛曾於 96 年 7 月 19 日在國軍左營總醫院實施航空體格檢查。該航空體格檢查記錄表第 73 項欄內（各項缺點之總評）：計有 3 項缺點，第 76 項欄內（適合航空體格標準否）：標示為「適合」、「第乙類」。

副駕駛不抽煙，不需戴鏡飛行，事故前 72 小時之內未使用藥物。依空勤總隊空勤人員酒精檢測紀錄表：副駕駛事故前之酒精檢測值為零。

1.5.3.3 機工長

機工長曾於 96 年 7 月 10 日在國軍左營總醫院實施健康檢查體檢。機工長健康狀況良好，無使用藥物及飲酒習慣，戴有矯正視力之眼鏡並隨機有一備份眼鏡，當日執行任務時有戴鏡。事故前 72 小時之內未使用藥物。依空勤總隊空勤人員酒精

檢測紀錄表：機工長事故前之酒精檢測值為零。

1.5.3.4 特搜隊員 A

特搜隊員 A 曾於 96 年 5 月 2 日在台中縣童綜合醫院實施健康檢查，其中有六項檢查項目未落於正常範圍內，包括：體重過重、血壓偏高、球蛋白偏高、全蛋白偏高、總膽固醇偏高及尿酸偏高外，其餘項目皆屬正常。

1.5.3.5 特搜隊員 B

特搜隊員 B 曾於 96 年 5 月 2 日在台中縣童綜合醫院實施健康檢查，其中有三項檢查項目未落於正常範圍內，包括：平均血紅球體積過低、平均血球血紅素偏低（以上兩項指數過低懷疑為海洋性貧血或缺鐵性貧血）及血糖偏高外，其餘項目皆屬正常。

1.5.4 事故前 72 小時活動

1.5.4.1 正駕駛

12 月 25 日：休假。

12 月 26 日：休假。

12 月 27 日：休假，當日下午即進駐基地，作息正常。

1.5.4.2 副駕駛

12 月 25 日：休假。

12 月 26 日：休假。

12 月 27 日：休假，當日下午即進駐基地，作息正常。

1.5.4.3 機工長

12 月 25 日：休假。

12 月 26 日：休假。

12 月 27 日：休假，當日下午即進駐基地，作息正常。

1.5.4.4 特搜隊員 A

12 月 25 日：於本隊北部分隊（松山駐地）上班，依規定值勤，作息正常。

12 月 26 日：於本隊北部分隊（松山駐地）上班，依規定值勤，作息正常。

12 月 27 日：於本隊北部分隊（松山駐地）上班，依規定值勤，作息正常。

1.5.4.5 特搜隊員 B

12 月 25 日：於本隊北部分隊（松山駐地）上班，依規定值勤，作息正常。

12 月 26 日：請喪假，作息正常。

12 月 27 日：請喪假，作息正常。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器基本資料

航空器基本資料如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料¹

項次.	項目	內容
1	編號	NA-520
2	型別	UH-1H
3	製造廠家	Bell 公司
4	製造序號	18076
5	製造年	1975 年
6	使用者	內政部空中勤務總隊
7	所有者	內政部空中勤務總隊
8	飛航時間（時:分）	5,167:30
9	總落地次數	1,532
10	上次大修類別與日期	2PM（96.06.16-96.08.16）

¹ UH-1H 屬民航局認定之三級性能直升機

1.6.2 發動機基本資料

發動機基本資料如表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

型別	T53-L-13B
序號	LE-23852A
製造廠家	Honeywell
最近一次翻修日期	80 年 6 月 18 日
翻修後使用時間 (時:分)	2,394:50
總使用時間 (時:分)	5,060:30

1.6.3 救生吊掛裝備

救生吊掛基本資料如表 1.6-3。

表 1.6-3 救生吊掛基本資料

型別	BL-20200-501
序號	66C
製造廠家	BREEZE-EASTERN
最近一次翻修日期	2007 年 6 月 12 日
最近一次週檢日期	2007 年 11 月 29 日
翻修後使用次數 (cycle)	88
總使用次數 (cycle)	2,022

1.6.3.1 救生吊掛裝備規範

救生吊掛包括吊掛主體及一控制器，相關規範如下。

表 1.6-4 救生吊掛組套件規範

Cable :	
Type	19 x 7 Strand wraps
Length	245 feet (74.7meters) usable length
Diameter	0.187 in. +0.006/-0.001 in. (4.75 mm. +0.15/-0.03 mm.)
Cable Drum Layers	4
Material	Stainless Steel, flexible, preformed, spin resistant
Cable Speed (Hoisting) :	

600 pounds (272kg.)	100 fpm (0.5mps) with cable on top layer
250 pounds (113kg)	200fpm (1.0mps) with cable on top layer
Load :	
Operating Load	600 lb. (272kg.)
Overload Clutch	Slips between 1200 lb. (544kg.) and 1800 lb. (816 kg.)
Fleet Angle :	
Operational	15° to centerline (cone angle 30°)
Temperature Range :	
Operational	-49°F to +160°F (-45°C to +71°C)
Non-Operational	-65°F to +257°F (-54°C to +125°C)
Altitude	Sea Level to 12,000 Feet (3658 m.)
Electric Motor :	
Motor :	125 Amps maximum
Control Circuit	28VDC, 5 Amps, maximum
Cable Foul Sensor	Redundant switches IAW MS27216-5
Guilotine	Ballistic type, electrically fired (5 Amps per bridgewrie, min.)
Oil	MIL-PRF-7808, Class 3 (NATO Code No. O-148)
Weight (maximum)	79lb. (35.8 kg.) without hook

表 1.6-5 救生吊掛控制器規範

Variable Speed Controller	
Electrical Input	28 VDC, 130 Amps continuous base on Speed and load conditions
Electrical Output	0 –27.5 VDC, 125 Amps to motor series field and armature, fixed 28 VDC, 5 Amps to motor shunt brake
Operating Channels	Pendant hoist control, ICS, & if applicable, pilot hoist control
Pilot-Crew Operation	if applicable, pilot control has priority over crew control
Automatic Slow Speed	Slowdown when approaching extremes of cable travel
Weight (maximum)	14.1 lb. (6.4 kg.)
Control Pendant Assembly	
Voltage	28 VDC
Current	2 Amps

Speed Control	Incremental potentiometer
Load Control	250 lb (113 kg.) , or 600 lb (272kg.) solenoid selected
Directional Control	Thumb wheel actuated-centered null
Housing	Totally enclosed
Speed-Control Knob	Centering protected
Weight (maximum)	2.0 lb. (0.9 kg.)

1.6.4 航空器性能

1.6.4.1 性能簡述

UH-1H 型直升機為單發動機、兩片主旋翼直徑為 48 呎 3.2 吋，機身全長（含主旋翼）54 呎 1.67 吋、高 14 呎 8.2 吋，尾旋翼直徑 8 呎 6 吋，平衡桿長 9 呎 0.5 吋，運轉直徑約為 58 呎。三視圖如圖 1.6-1：

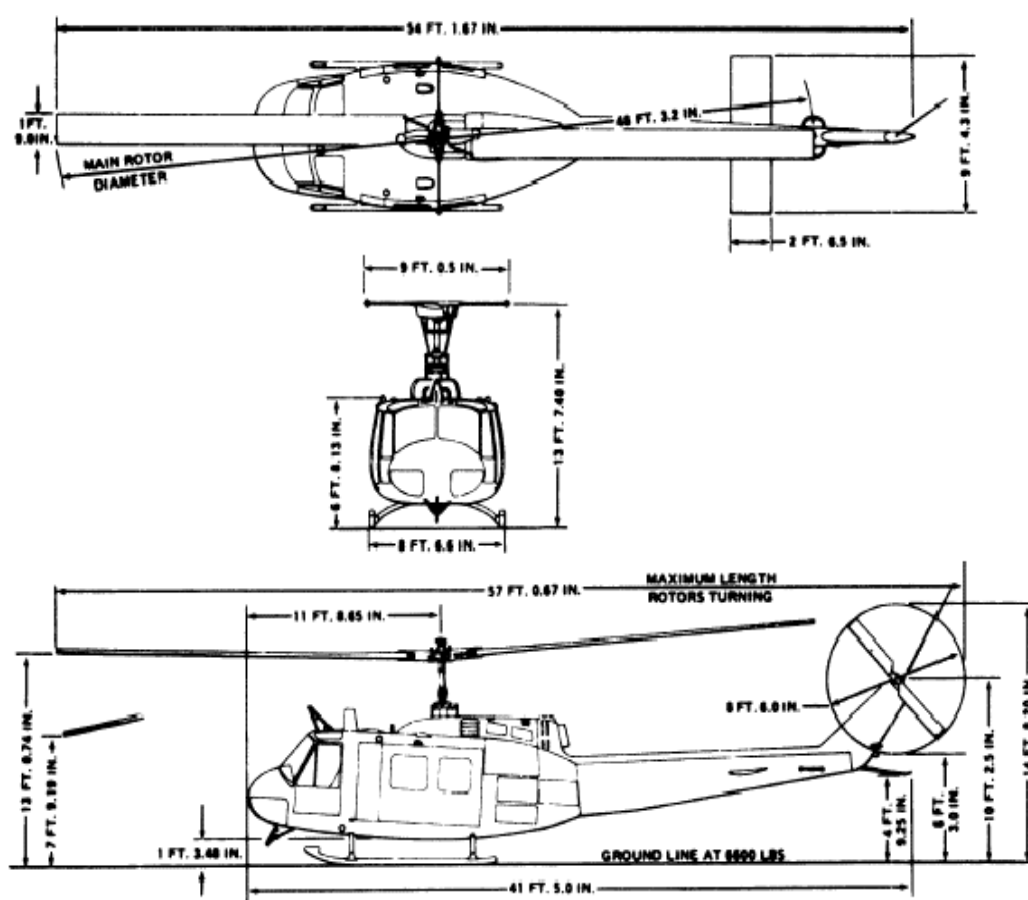


圖 1.6-1 UH-1H 三視圖

其基本性能資料如下：

空重（零油重量）：6,087 磅

最大起飛總重：9,500 磅

最大持續馬力：1,100 匹軸馬力（Shaft Horse Power, SHP）

最大速度：124 浬/時

最佳巡航速度：90 浬/時

最大爬升率：1,890 呎/分

最大昇限：15,000 呎

最大單程航程：210 浬

滿油箱油量：1,350 磅 JP-4

1.6.4.2 性能資料

「UH-1H/V 型直升機操作手冊」（UH-1H/V Helicopters, Operator's Manual, TM55-1520-210-10）第七章相關該機性能資料如附件 2。

1.6.5 載重平衡資料

該機最大起飛及落地重量限制為 9,500 磅，重心限制範圍（Center of Gravity index range）為機身站位 130 吋至 144 吋間。重心限制範圍如圖 1.6-5。

依該機載重計算表（如附錄 4）資料：起飛地之總重（含機組員、燃油及隨機裝備）為 7,441 磅。目的地有地面效應之最大起飛總重為 8,750 磅，最大安全起飛（酬載）重量為 1,309 磅。無地面效應下之最大起飛總重為 8,710 磅，最大安全起飛（酬載）重量為 1,269 磅。該表內容中記有起飛地/目的地之壓力高度與溫度，飛機基本重量、正/副駕駛及機工長重量，隨機裝備重量及起飛燃油量等資料，無特搜隊員重量資料。

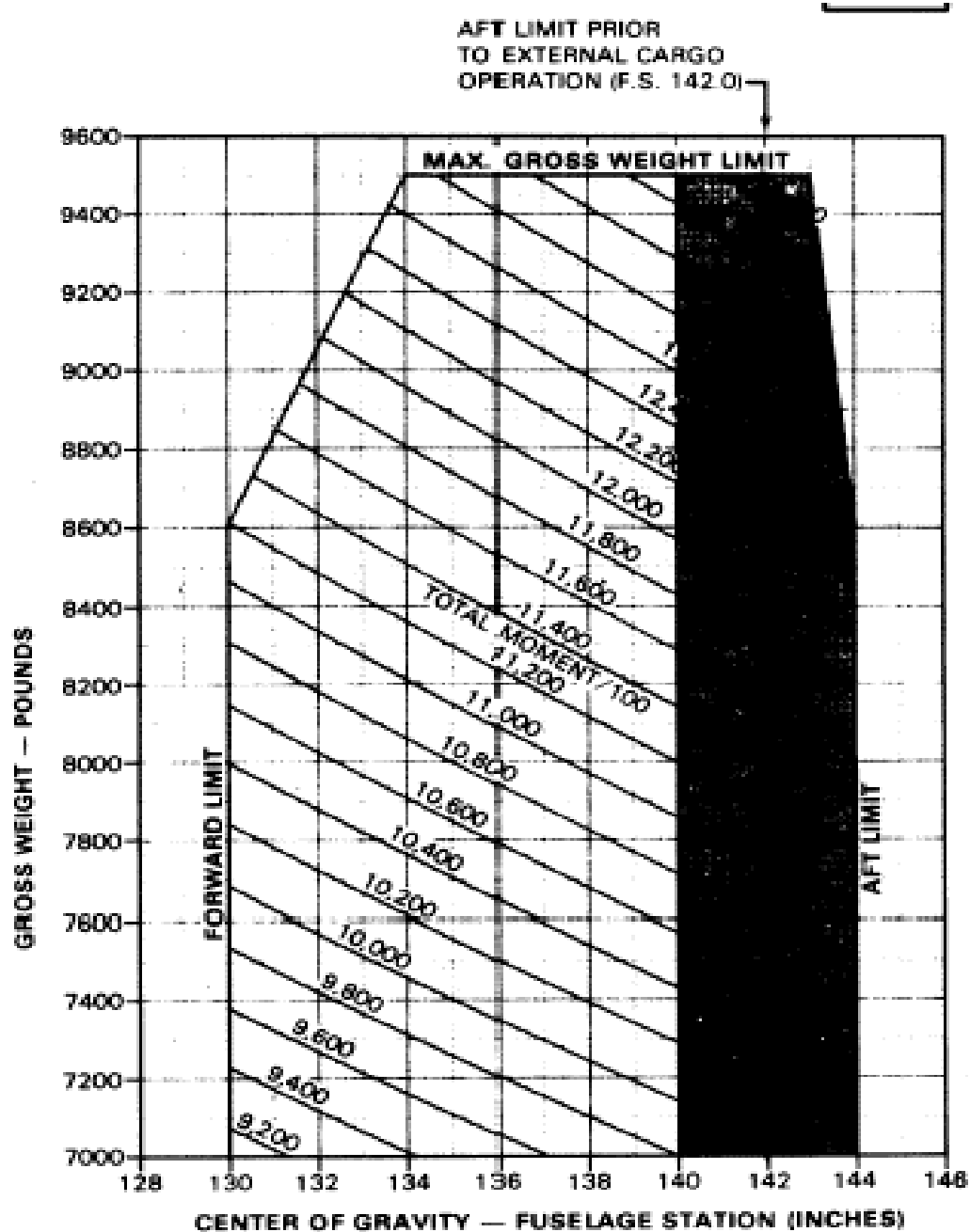


圖 1.6-5 UH-1H 型直升機重心限制範圍

1.6.6 空勤總隊 UH-1H 直升機維護

空勤總隊所有 UH-1H 直升機維修工作由亞洲航空股份有限公司（以下簡稱亞航）負責，亞航擁有我國民航局與美國聯邦航空總署維修場站執照，亦為貝爾直升機公司之合格維修中心。

NA-520 直升機之修護依內政部空中勤務總隊與亞航簽訂之直升機委外商維契約（案號 C-9511037）執行，該契約履約期限為 96 年 1 月 1 日至 96 年 12 月 31 日。

履約期間 NA-520 直升機每日飛行後檢查及定期檢查均為亞航負責執行，飛行前檢查由亞航派員配合空勤總隊飛行組員及機工長執行。直升機之飛行前檢查、飛行後檢查、每日檢查及吊掛每日檢查，完工後均須登錄於飛機檢查與保養紀錄表（運保 14-003 表）。

1.6.7 吊掛維護作業

空勤總隊 NA-520 直升機救生吊掛之檢查包括：飛行前檢查、飛行後檢查及每日檢查，檢查工作由亞航機務人員負責。救生吊掛檢查屬飛機檢查與保養紀錄表檢查項目之一，並無獨立之救生吊掛檢查工單。根據 HS-20200-501 吊掛系列飛行線操作及維護保養手冊（文件編號:TD-00-006）有關之檢查程序（CHECKS AND INSPECTIONS），第 25-61-00 章第 501 頁表 501（Inspection Requirements）中載明救生吊掛每天一開始的檢查、飛行前檢查、飛行後檢查、每日檢查及各階段週期檢查所依據之段落及圖說。

審視事故當日之首次飛行前檢查，其缺點與意見欄載明「救生吊掛檢查 S/N:66C Cycle:15597」，改正情形欄為「依據 HS-20200-501 檢查，狀況良好」。本案事故發生後於運保 14-003 表登錄之缺點為「救生吊掛鋼索斷裂（175 呎）」。

序號 66C 之救生吊掛於 96 年 5 月 4 日進廠翻修後，分別於 96 年 10 月 31 日及 96 年 11 月 29 日各完成一次每個月/100 小時/25 吊掛 cycles 定期檢查，其狀況均良好。

1.7 天氣資訊

1.7.1 事故當日天氣

松山機場 0800 時之天氣為：

風向 090 度，風速 5 浬/時；能見度 8,000 公尺；1,000 呎稀雲；2,500 呎疏雲。

依據當日 0800L 台北、花蓮探空資料及天氣圖，當日天氣穩定，風速不大，1,500 公尺高度之風向約為東北風、風速約 5 海浬。

距事故現場附近之中央氣象局氣象觀測站分別為福山及玉蘭氣象站(如圖 1.7-1)，事故當日該兩氣象站之氣象資料如下：

福山氣象站：(121°29' 40" E / 24°46' 47" N、海拔高度 455m)：

前 10 分鐘平均風向風速、溫度

0800L: 無資料、無資料

0900L: 無資料、17.5°C

1000L: 無資料、無資料

1100L: 120/05、21.4°C

玉蘭氣象站 (121°34' 44" E / 24°40' 38" N、海拔高度 494m)：

前 10 分鐘平均風向風速、溫度

0800L: 087/01、18.4°C

0900L: 208/02、18.3°C

1000L: 075/04、19.1°C

1100L: 106/06、19.9°C

事故現場位於東經 121°33' 33.6" 北緯 24°43' 1.9"，標高為 949 公尺，無相關氣象觀測資料。



圖 1.7-1 福山及玉蘭氣象站位置圖

1.8 助航設施

不適用

1.9 通訊

NA-520 機上裝有四套無線電通訊裝備，其中兩套為一般民航用頻道，一套為軍用頻道及一套為勤務專用頻道²。機內包括正駕駛，副駕駛，機工長及特搜人員共四個通話站位，各站位均可使用機內通訊系統通話。每個站位均配置一具通訊信號分配面板（型號：C-1611/AIC）如圖 1.9-1，信號分配面板上『1』代表勤務專用

² 勤務專用頻道指空勤總隊與特搜人員執行勤務時用之無線電頻道。

頻道，『2』代表為軍方專用頻道，『3』與『4』均為一般民航用頻道，INT 為機內通話。該面板接收開關提供使用人選擇聆聽之無線電接收機及機內通訊，此功能可同時監聽多方的聲音來源；發話選鈕提供發話選擇的對象，此功能同一時間只能選擇一發話對象，發話選鈕上若選在 PVT 則為機內通話且無需按下發話鈕，麥克風拾取之聲音即可傳至機內通話系統，僅有駕駛員之站位可使用無線電對外發話，其他兩站位發話僅限於機內通話；音量選鈕為控制聆聽聲音之音量。

執行吊掛任務時，駕駛員與機工長之間可使用機內通話溝通；機工長與特搜人員之間之溝通是以手勢為主；如果特搜人員落地離開吊掛後，可使用攜帶型或安全頭盔上內建無線通訊功能之勤務專用無線電頻道。機工長於訪談中說明，該專用無線電頻道於上機前即設定好，副駕駛於吊掛作業中會守聽，但訪談中機工長不記得有相關標準作業程序。

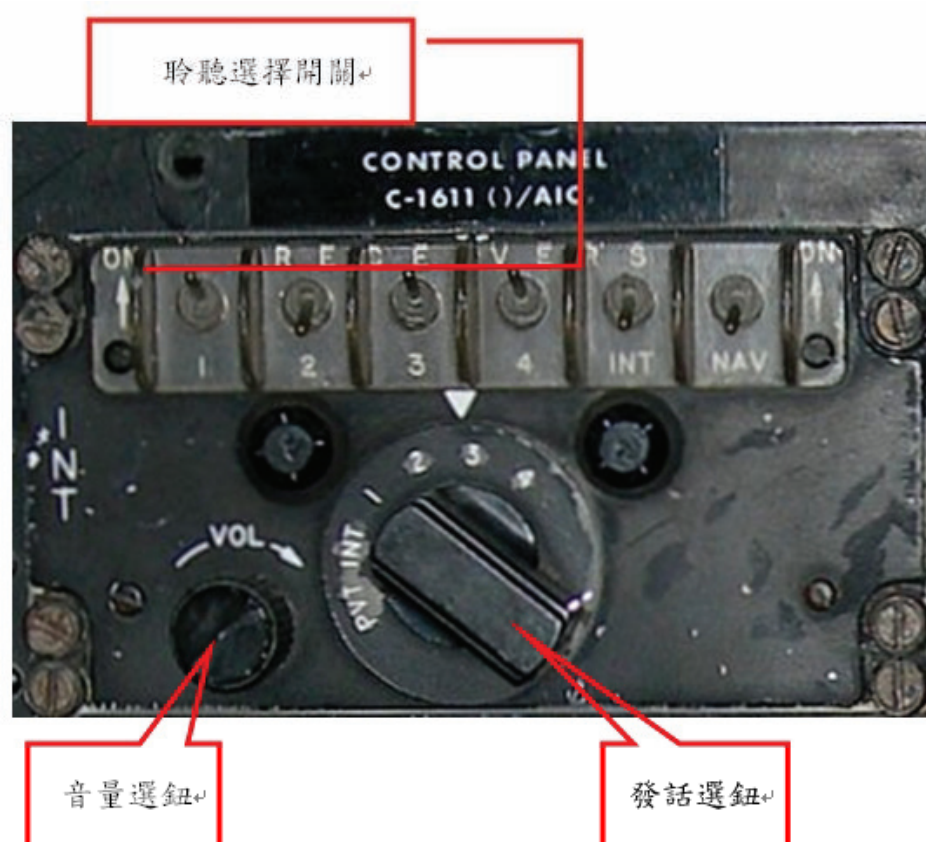


圖 1.9-1 通訊信號分配面板

1.10 場站資料

不適用

1.11 飛航記錄器-全球定位系統接收機

NA-520 機裝置攜帶式 GPS 接收機，型號 GARMIN GPSMAP 295。GPS 接收機外觀完整，資料下載正常，記錄資料包含：時間、經度、緯度、橢球高、軌跡角及地速等，自 0840:24 時至 1034:53 時止，共記錄 3 筆飛航軌跡，詳細資料如附件 1。

NA-520 機自松山機場起飛至烏來鄉中嶺山區進行搜救任務，任務期間之飛行高度及地速資料如圖 1.11-1，飛航軌跡套疊於衛星地圖如圖 1.11-2。

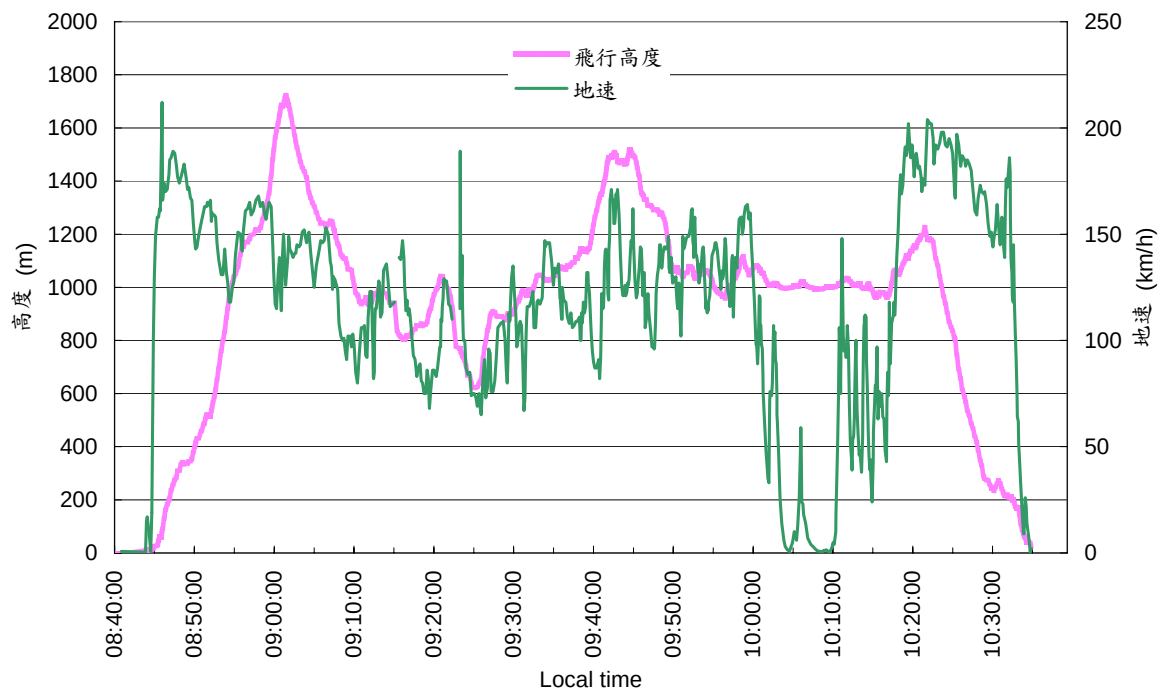


圖 1.11-1 GPS 接收機記錄之高度與地速對照圖

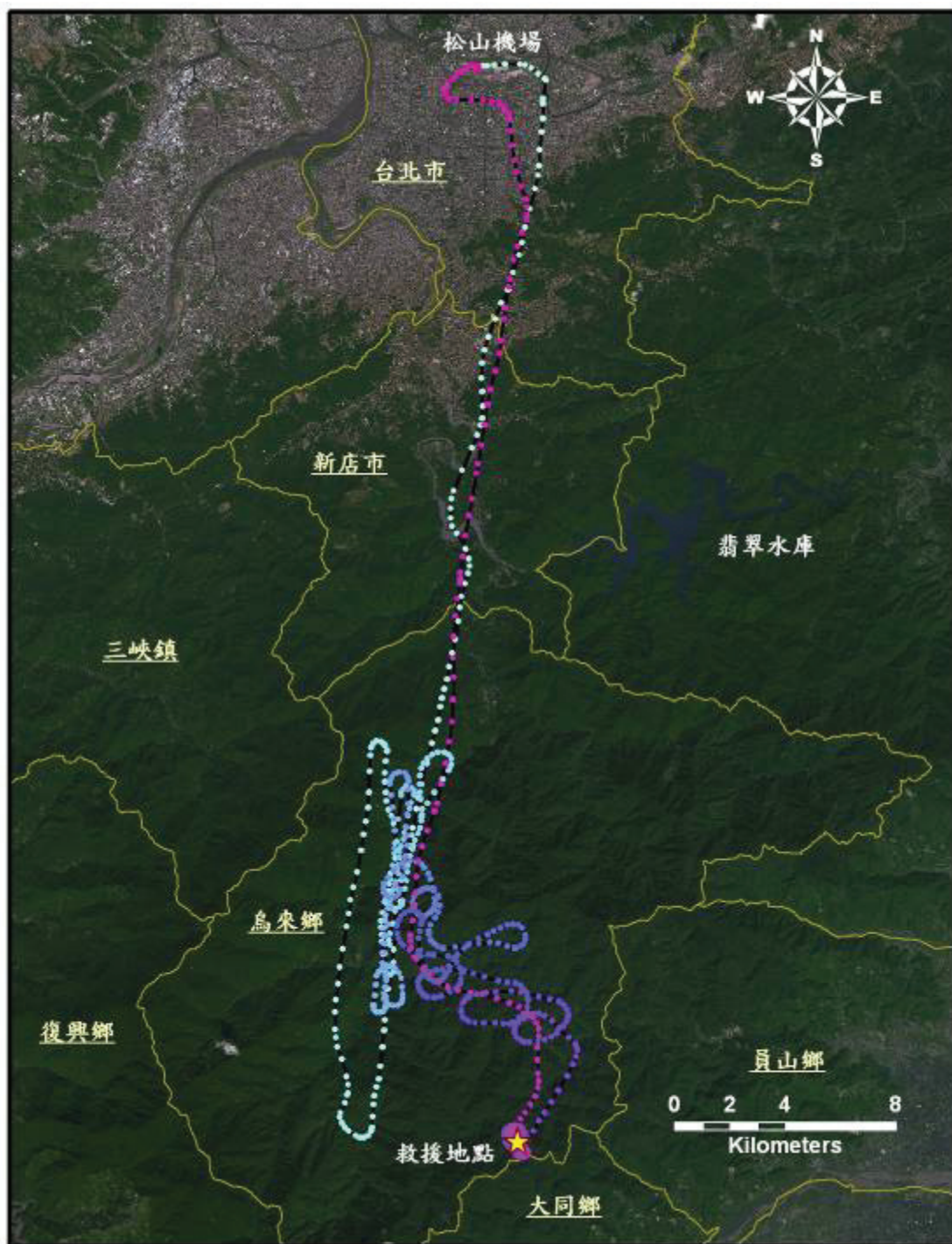


圖 1.11-2 GPS 接收機記錄之飛航軌跡

1.12 現場撞擊資料

使用 Garmin e-Trax C 手持式 GPS 接收機測定吊掛點位置，經緯度為東經 121° 33' 33.6"，北緯 24° 43' 1.9"，海拔高度 949 公尺。吊掛點位於稜線上一塊平台（如圖 1.12-1 左方藍色區塊），平台周圍被樹高約 5~12 公尺之樹木包圍，圖 1.12-1 以半徑 2 公尺之圓形表示樹枝及樹葉涵蓋範圍。

在吊掛點東南方數棵樹木樹枝上有明顯刮痕，且刮痕高度呈現由低至高趨勢，現場作業量測 4 處作為代表。圖 1.12-1 標示之狼煙燃燒位置、鋼索斷裂端之發現位置以及傷者最終停止位置，以上位置係經由待救援民眾指認。

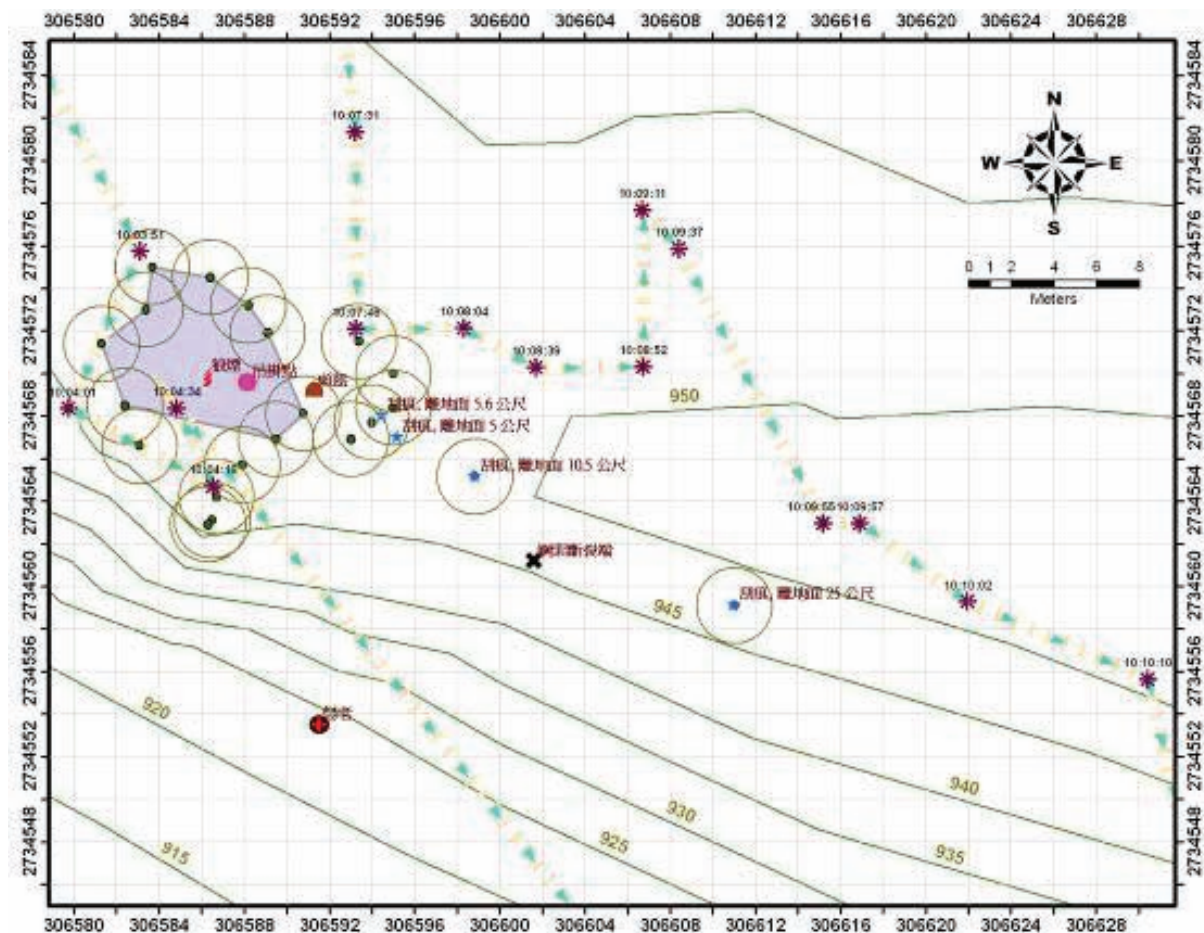


圖 1.12-1 事故現場示意圖

1.13 醫學與病理

無相關因素

1.14 生還因素

1.14.1 任務派遣

該架編號 NA-520 直升機當日原計畫執行花蓮飛渡任務，於 0800 時實施當日預劃飛渡任務之重點提示，提示內容包含：勤務、天氣及機務狀況說明等。事故日早上待救援民眾以手機向 119³ 求援，經由台北縣政府消防局通報內政部消防署救災救護指揮中心（以下簡稱指揮中心），特搜隊於 0823 時收到指揮中心支援烏來中嶺山區待救援民眾派遣勤務通知，臨時派遣為山區搜救，計派出 2 名特搜隊員以共勤人員身份與空勤總隊 3 名 UH-1H 型機機組員（包含正、副駕駛及機工長）共同執行搜救任務，並於 0845 時由松山機場起飛，機組員與特搜隊員登機前曾做簡單意見交換之提示。

綜合特搜人員訪談，任務裝備由特搜隊員自行依任務性質評估決定，每次出勤任務特搜隊以兩人搭配為原則，由特搜隊分隊主管排定，而該次任務工作分配則於上機後與機長、機工長協調後決定、吊掛下機之先後順序由資深特搜隊員決定。另吊環、吊籃、救生擔架、森林穿越器、吊網等，均屬空勤總隊財產，由空勤總隊負責平時之維護、檢查、保養，任務執行需要時，會參考勤指中心任務派遣單上之資訊，由特搜人員提供意見，空勤總隊機長決定並攜帶上直升機。

特搜隊員所攜帶之個人裝備、救護背包及緊急求生包內容如附件 4 所示。綜合特搜隊員訪談，緊急求生包屬特搜人員之個人裝備，係自我求生之裝備，由各分隊/駐地或個人自行準備，小包內容均不相同，基本原則以個人 2 天米糧、羅盤、飲水、信號筒、急救包及鍋爐等如圖 1.14-1。

³ 該 119 隸屬台北縣政府消防局。



圖 1.14-1 特搜北部分隊個人小包內容

1.14.2 吊掛作業評估

該機約於 0903 時抵達目標區，但未能立即目視待救援民眾，經過搜尋後，約於 1003 時發現目視區狼煙，該機在目標區上空盤旋兩圈做空中偵查，同時於機內進行吊掛評估，機長逐一詢問機工長及 2 名特搜隊員是可否執行吊掛任務，獲得 2 特搜員肯定答覆。依機工長訪談記錄顯示：執行前特搜人員曾評估當時環境可用吊環方式吊掛人員上機。

綜合特搜人員訪談，是否可進行吊掛第一要務是要將被救援者吊掛上來，若是受地形或人數影響，也可將被救援者吊掛至可供地面支援部隊救援處。機工長於訪談說明，特搜隊員決定以單人單架次或是保持勾接狀態之吊掛作業，但原則上多以特搜人員到地面後先解除勾接，俟替代救人員套妥吊環後，再重新進行勾接吊掛，並於完成勾接後以手勢告知機工長。

1.14.3 救援過程

該機於進入目標區上空滯空穩定後，進行吊掛之特搜隊員 A 將耳機換上安全頭盔及個人小包，整備完成後，人員進行機內安全確認、勾掛、出艙準備動作等程序。綜合特搜人員訪談，出勤時隊員會互相協助確認裝備之穿戴是否確實（如勾環是否鎖緊、攜帶擔架之勾環是否勾緊、安全帽是否戴好等）。

依訪談記錄特搜隊員 A 於完成準備動作並勾接救生吊掛出艙，垂降快接近地面時，因鋼索晃動不易進入樹洞，特搜隊員 A 向機工長比出暫停及往上手勢，機工長隨即將該員回收入艙。於再次進入目標區上空滯空後，特搜隊員 A 攜帶牽引繩下艙，當時機上曾由另一名特搜隊員於機身客艙左側實施錄影（如附錄 5），依錄影帶上時間記錄，於 1007:35⁴時，執行搜救任務之特搜隊員已開始下放（如圖 1.14-2），人員於 1008:13⁴時到達地面（如圖 1.14-3）。由錄影資料觀察發現，該吊掛點位置附近佈滿疏密程度不同之樹枝。

特搜隊員 A 到達地面後即將救生吊掛之吊環套上待救援民眾，訪談特搜隊員 A，此時仍可目視到機工長，但發現直升機位置有些偏離，鋼索是軟的，也就是在未拉緊之狀態下。另機工長說明：在吊掛裝備操作上於人員到地後，都會多放出鋼索讓其在有餘裕度的狀態下，避免滯空位移時造成人員拉起。當日人員到地時鋼索長度約為 100 呎，相關預留鋼索餘裕度之作業並未列入標準作業程序中。特搜隊員 A 完成待救民眾吊環穿戴後，以手勢拍頭兩下，畫大圈，告知機工長回收入艙。機工長說明：在吊掛作業過程中飛航組員與共勤人員各司其職，正駕駛專注於保持穩定滯空之飛航操作，並依機工長負責指揮修正航機滯空位置保持目視吊掛，副駕駛則守聽無線電並職司外界安全監控，其個人為避免執行吊掛作業過程中受干擾，除機內通話保持開啓外，其他頻道均會關閉。

綜合特搜人員及機工長訪談，一般地面完成吊掛準備後，特搜隊員即以手勢通

⁴ GPS 時間與側錄影帶時間未同步

知機工長，機工長不須回應確認即進行上拉作業，在正常情況下機工長必須可以目視特搜員，若無法目視則不能執行人員回收作業。

依機工長訪談記錄顯示：NA-520 機工長發現飛機有向左前偏移現象，前後位移二次，第一次機工長曾經呼叫駕駛員修正位置，駕駛員亦配合調整，當時並不確定地面是否已完成勾接，也未能看到特搜隊員 A 的回收手勢，第二次位移更大，機工長呼叫駕駛員修正位置及穩住，同時調整鋼索長度，此時以最大速度放繩，但修正至一半已來不及，繩子突然斷掉，機工長回想二次位移時間不足 5 秒。參照錄影帶約自 1008:18⁵時，吊掛鋼索靠近地面部份即隱沒於樹叢中（如圖 1.14-4），錄影畫面已偏離人員下放點，地面人員時隱時現。以該影片角度，於 1008:455 時，飛機開始向鏡頭下方偏移，地面人員已離開錄影鏡頭畫面（如圖 1.14-5）。

依特搜隊員 A 訪談記錄顯示：當特搜隊員 A 與待救援民眾被拉起時，鋼索開始晃動，約離地 5 公尺左右，特搜隊員 A 與民眾撞向樹林並連續撞到多棵樹，特搜隊員 A 當時想要脫鉤但時間上來不及，此時看見鋼索卡在樹幹上，隨後鋼索斷裂接著墜落地面，後來發現身處在離樹洞區 5 公尺高差的山坡上，頭部流血，身體右側好像骨折，此時意識仍是清醒的，也聽到另兩名未受傷民眾的呼喊聲，隨後另兩名未受傷民眾以地上斷掉的鋼索，將特搜隊員 A 及受傷致意識不清之被救援民眾拉上樹洞區照料，並使用衣物、番刀鞘固定傷者骨折之部位，同時等待救援。

依訪談記錄，特搜隊員 B 曾聽到機工長呼叫鋼索勾住，要飛機往後、往後、飛機往後，鋼索斷了，人員摔落等機內通話，此時飛機狀態仍非常不穩定，待飛機回穩後，特搜隊員 B 要求機長飛回事故區確認人員摔落位置及傷勢，機工長無法確認當時是否曾試圖使用無線電與地面特搜人員通聯，經三次搜尋均未發現，NA-520 因油量因素返航。

⁵ GPS 時間與側錄影帶時間未同步



圖 1.14-2 特搜隊員下放



圖 1.14-3 特搜隊員到達地面



圖 1.14-4 吊掛鋼索狀況



圖 1.14-5 飛機偏移情況

1.14.4 醫療後送作業

空勤總隊於第一梯次救援任務失敗後，空勤總隊勤指中心立即以電話派遣後續救援救護任務，於約 1130 時，空勤總隊機型 AS-365（二級性能直升機）編號 NA-107 機長決定派遣共勤特搜隊員 1 名（以下簡稱特搜隊員 C）與空勤總隊 3 名機組員（正、副駕駛及機工長）執行第二梯次救援任務。該機抵達事故現場後，特搜隊員 C 於進行評估後決定吊掛至事故現場，據特搜隊員 C 報告及訪談資料：該名特搜隊員於抵達現場後，先進行特搜隊員 A 與受傷民眾之傷者評估，由於該受傷民眾當時無法站立，精神狀況亦不佳，且對初步之傷勢及固定處理（止血、固定）排斥，因此決定將特搜隊員 A 先以吊環吊掛至機內，NA-107 機將 A 員直接送往台北榮民總醫院急救；特搜隊員 C 隨後替受傷民眾固定止血，並協助傷患情緒穩定。

約 1115 時空勤總隊第三架編號 NA-510 之 UH-1H 型直升機搭載另兩名特搜隊員前往目標區執行後續救援。依據該機特搜隊員報告資料：該機於約 1220 時抵達，機組人員共同評估判斷，當時天氣良好但氣溫偏低，救援地點屬密林地形，四周並有高大逾 20 公尺之枯木多棵，增加救援任務進行動線之困難，因此機組人員決定進行單架單人次之救援程序。NA-510 直升機於滯空先將一名特搜隊員垂降至目標區，該機隨即離開，在下一航次回收傷患入艙，該名受傷民眾由垂降下之特搜隊員陪同，以籃式擔架吊掛回艙，該機隨即返航，於約 1250 時降落於松山機場，轉由特搜隊救護車將傷患送往三軍總醫院就醫。（UH-1H 屬三級性能直升機，依據民航局規定禁止於高架停機坪起降。）

編號 NA-510 機離開時，山上天氣持續變差，此時由台北榮總返回加入救援的編號 NA-107 直升機以無線電傳來訊息告知準備進行吊掛救援行動，特搜隊員 C 經評估後報告機長以第一次一個、第二次兩個的吊掛計畫進行吊掛。NA-107 直升機在順利完成第一次吊掛後，由於天候、能見度迅速變差影響飛安，該機便立即脫離現場，留下特搜隊員 C 及一受困無傷之民眾。

特搜隊員 C 與未受傷民眾當日在山中過夜，兩人以特搜員之個人食糧裹腹，隔日天氣仍持續變差，致無法進行直升機救援，約於中午時分兩人開始徒步下山，於下午 2 時與地面救難人員會合，於 1730 時抵達宜蘭縣消防局大同消防分隊。

1.15 火災

不適用

1.16 測試與研究

1.16.1 救生吊掛裝備拆檢

調查小組於 97 年 01 月 03 日於台南亞洲航空公司執行該救護吊掛（件號：BL-20200-501，序號：66C）之拆檢及測試，其檢測內容包括操作測試、負載測試及細部拆檢，說明如下：

- ◆ 操作測試：開箱後該救護吊掛外觀正常，廠家料號及序號正確無誤，斷裂之鋼纜已拆除，箱內僅有吊掛本體，執行操作及負載測試所須鋼纜均使用亞洲航空公司妥善之測試件。操作測試執行鋼纜全程（245 呎）收放各兩次，以高速及低速收放鋼纜操作正常，排纜器作用正常，無超溫狀況發生。
- ◆ 負載測試：執行負載 600 磅靜態測試無滑動現象發生，以低速動態收放鋼纜全程（245 呎）各兩次，操作狀況正常，無超溫狀況發生。執行負載 250 磅靜態測試無滑動現象發生，以高速動態收放鋼纜全程（245 呎）各兩次，操作狀況正常，無超溫狀況發生。執行負載 1200~1800 磅滑動離合器脫離測試，以千斤頂連接磅秤再連接鋼纜及吊掛絞盤，千斤頂向下持續施力至磅秤指針指示 1420 磅後，吊掛內部滑動離合器滑轉，持續施力磅秤指針指示不再增加，吊掛絞盤位置因滑動離合器滑轉致向下移動，符合規範要求，無超溫狀況發生。
- ◆ 細部拆檢：漏放齒輪箱及變速箱滑油。拆除吊掛輪轂兩側蓋板，檢查內部電氣線路正常。檢視排纜器鍊條張力正常，傳動齒輪正常。拆除鋼纜導角裝置，內部炸藥包無法檢視，炸藥包線路未連接，裝置外部鋼纜導引滑輪作用正常。自固定型架拆下吊掛輪轂，拆除輪轂內部行星齒輪組，拆除輪轂內部滑動離合器，檢查各齒輪齒條及來令片均正常。

吊掛組零件（廠家料號：BL-20200-501，序號：66C）拆檢結論：授權維修廠（亞航公司）依原廠飛行線操作及維護保養手冊（TD-00-006）及附件維護保養手

冊（TD-03-003）測試及拆檢後，可判定功能正常，內部各零件均無不正常磨耗。

1.16.2 吊掛鋼索檢驗

本案吊掛鋼索於事故時從繩導（cable guide）處斷成兩段，一段（稱之為 A 段）保留於救生吊掛於事故當日隨機回松山機場；另一段（稱之為 B 段）則斷裂後落於事故現場，並用於搶救落於山坡上之受傷人員，於 12 月 30 日由內政部消防署特搜隊至現場勘查後帶回，內政部消防署火災調查組曾對 B 段進行非破壞性高倍顯微鏡目視檢查，檢查結果與本會一致，本會對 B 段檢查之說明如 1.16.2.2。

1.16.2.1 A 段吊掛鋼索與繩導（Cable Guide）檢驗

本會於 97 年 1 月 28 日將 A 段吊掛鋼索及繩導（Cable Guide）（如圖 1.16-1）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，以蒐集吊掛鋼索斷裂發生原因，摘要說明如 1.16.3，測試報告如附錄 5。

針對上述之測試結果摘要說明如下。



圖 1.16-1 檢送之吊掛鋼索及 Cable Guide

- ◆ Cable Guide 檢視：在 Cable Guide 內表面發現磨損痕跡，如圖 1.16-2 所示，內表面有許多碎屑，其化學成份主要為 Cu、Fe、Ni、Al、Mn、Cr，與 Cable Guide 的化學成份相同。沿磨損痕跡方向觀察，Cable Guide 之圓孔呈現受力變形的情形。

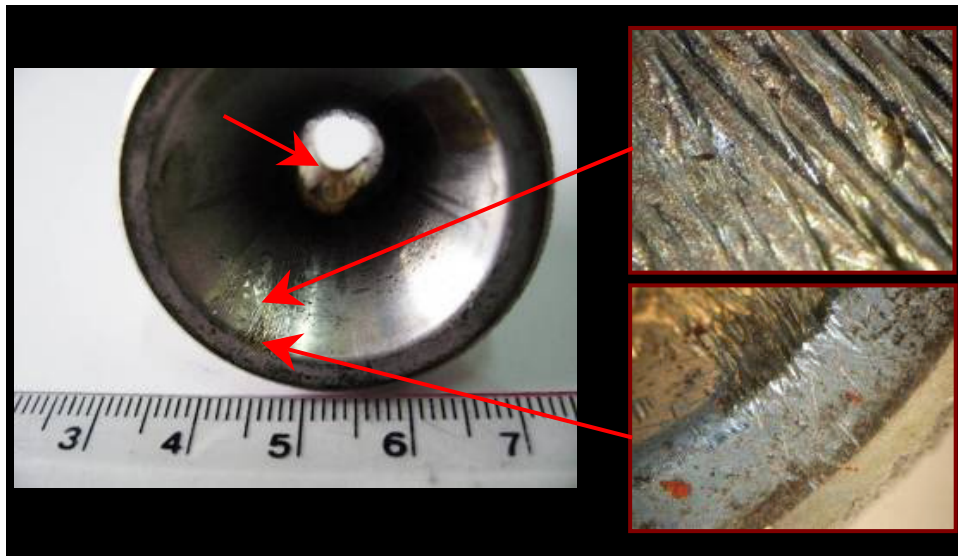


圖 1.16-2 Cable Guide 內表面之磨損痕跡

- ◆ A 段鋼索斷裂面觀察與分析：吊掛鋼索係為 19 條繩股（Strand）構成，每條繩股由 7 條鋼絲（Wire）組成。鋼索中央以一條繩股為股芯，6 條繩股以逆時針方向纏繞股芯形成鋼索內層，另 12 條繩股以順時針方向纏繞鋼索內層形成鋼索外層。破斷之鋼絲呈現參差不齊狀態，以實體顯微鏡觀察鋼絲之斷裂面，呈現剪應力破壞及頸縮兩種破壞型態，如圖 1.16-3 所示。

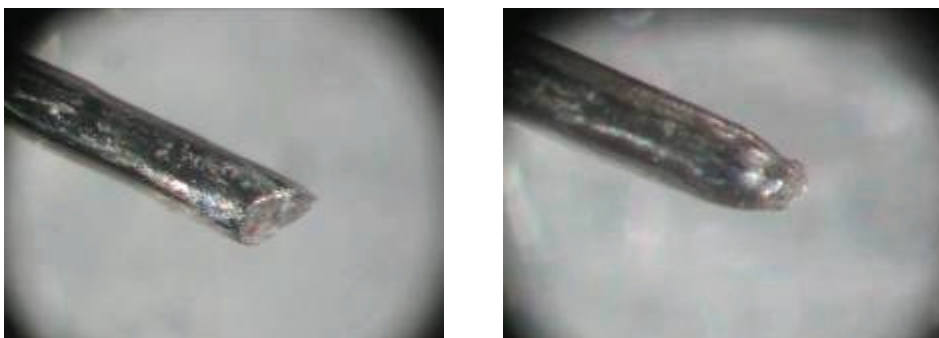


圖 1.16-3 實體顯微鏡巨觀觀察

以掃描式電子顯微鏡 SEM 檢視數條鋼絲之斷裂面，圖 1.16-4 為斷裂面於 SEM 下之微觀觀察，圖中顯示鋼絲係受到剪應力、拉應力作用而破壞，大多數鋼絲均受到剪應力作用，受純拉伸而破壞的比例較少；部分鋼絲斷裂面附近的外表面有磨損痕跡，甚至有些鋼絲受壓應力作用而變形，如圖 1.16-5 所示。將鋼絲斷裂面放大觀察，呈現過負載破壞之凹渦（Dimples）特徵。

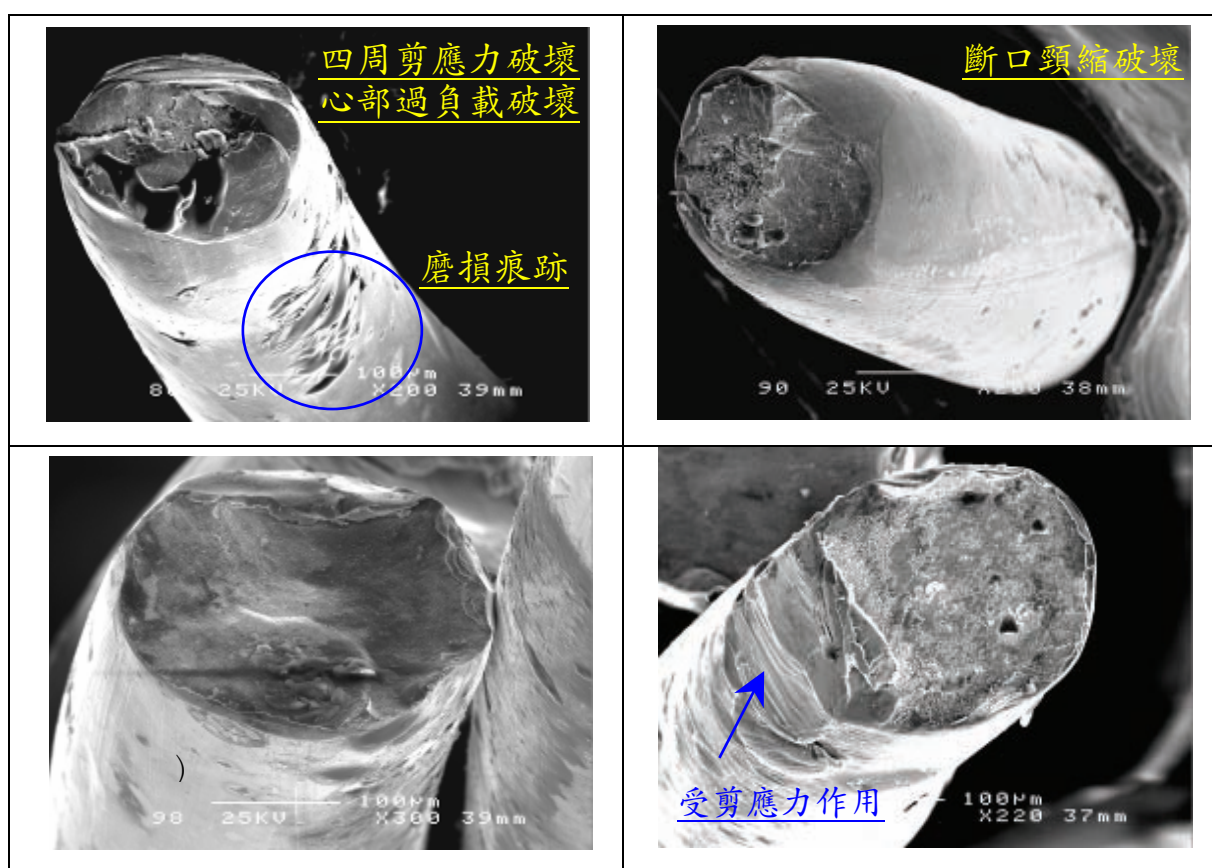


圖 1.16-4 斷裂面 SEM 觀察

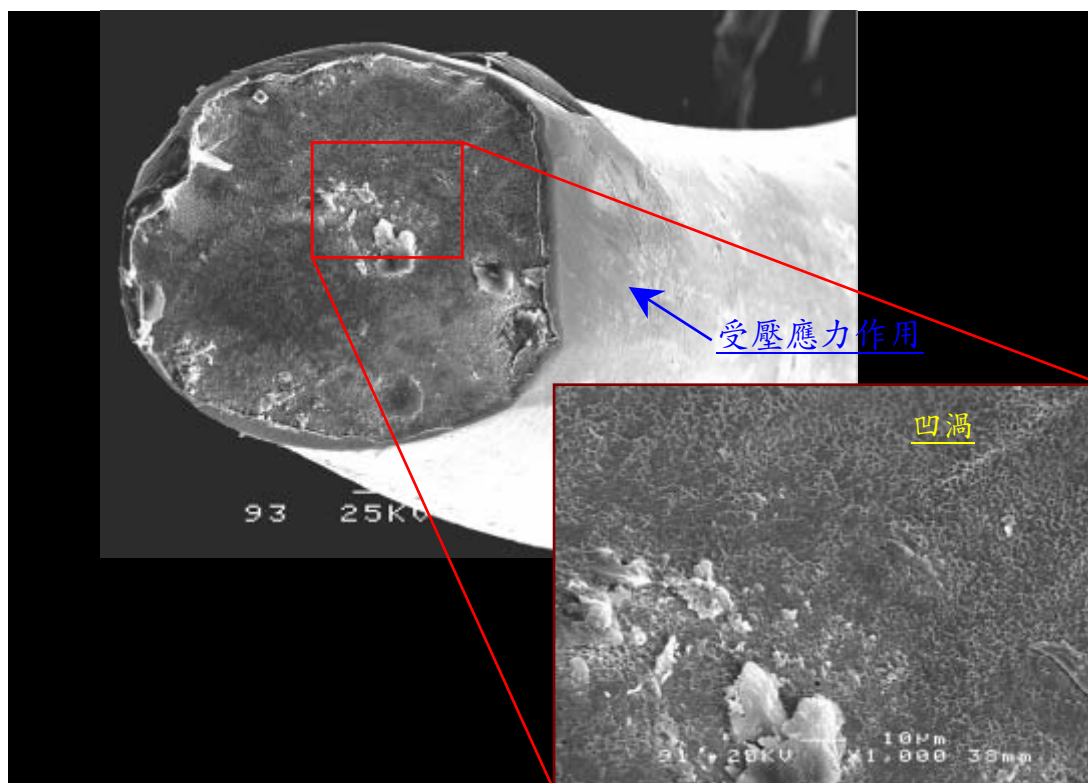


圖 1.16-5 斷裂面 SEM 觀察

- ◆ A 段鋼索材質分析：將鋼絲之截面鑲埋於試件，經研磨、拋光後以電子微探分析儀（Electron Probe Microanalysis, EPMA）及碳硫分析儀進行分析，成份分析結果如表 1.16-1，研判材料規格為 AISI⁶ 302 不銹鋼。經由金相組織分析，研判該材料為冷加工硬化組織。

表 1.16-1 鋼索化學成份分析

元素	C	Si	S	Cr	Mn	Ni	Mo	Cu	Fe
Wt%含量	0.091	0.42	0.005	18.97	0.78	8.28	0.19	0.16	Rem.

⁶ AISI (The American Iron and Steel Institute) 美國鋼鐵協會規格

如圖 1.16-6 所示，使用 MTS 20/G 型萬能材料試驗機進行鋼索的抗拉試驗，試驗時夾頭速度為 5 mm/min，試驗結果顯示鋼索可承受之最大負荷為 1340 kgf，大於鋼索之靜態最大負荷規格（1247 kgf or 2750 lbf）。觀察抗拉試驗後的鋼索破壞狀態，股芯與鋼索內層之 7 條繩股均已破斷，而鋼索外層之繩股則呈現鬆弛且部分破斷的狀態，如圖 1.16-7 所示。



圖 1.16-6 抗拉試驗



圖 1.16-7 抗拉試驗後鋼索破壞情形

A 段吊掛鋼索測試結果依中科院檢測報告結論如下：

☆此吊掛鋼索材質正常，其靜態抗拉負荷能力符合要求。

☆由鋼索之斷裂面特徵及扭曲狀態，研判此鋼索因異常的側向快速位移，導致鋼索 Fleet Angle 過大，最後鋼索因瞬間負載過大而斷裂。(中科院檢測報告詳細資料如附錄 5)

1.16.2.2 B 段吊掛鋼索檢查

B 斷鋼索總長約 50 公尺長，從避震器 (bumper assembly) 算起為 0 (m)，順序觀察至斷裂處 (50m)，發現鋼索除了斷裂處另有 8 處明顯之損傷，其中過於彎曲所造成之永久彎折變形 (kink) 有 4 處，如圖 1.16-8 為代號 3 之損傷情形，其位置約在 7.0m 處；通常是由瞬間負荷 (shock loading) 所造成的中心鋼繩突出 (Core

Protrusion) 有 4 處，如圖 1.16-9 為代號 8 之損傷情形，位置約在 38.1m 處；並發現吊掛頭的安全插銷遺失。各個損傷相對之參考位置如表 1.16-2。

表 1.16-2 B 段吊掛鋼索損傷及相對位置表

代號 (ID ⁷)	狀況描述	段別	備註
0	Lock pin missing	0m	吊掛頭，圖 1.16-10
1	Kink	2.5m	
2	Kink	5.8m	
3	Kink	7.0m	圖 1.16-8
4	Core Protrusion	12.0m	
5	Core Protrusion	15.5m	
6	Core Protrusion	21.1m	
7	Kink	35.8m	
8	Core Protrusion	38.1m	圖 1.16-9
9	Broken end	50.0m	圖 1.16-11



圖 1.16-8 Kink 損傷 (ID 3)



圖 1.16-9 Core Protrusion 損傷 (ID 8)



圖 1.16-10 吊掛頭 (ID 0)



圖 1.16-11 B 段鋼索斷裂處 (ID9)

⁷ 損傷代號(ID) 同內政部消防署火災調查組所賦予之代號。

1.16.3 機內通訊檢查

調查小組於 96 年 12 月 31 日於松山機場根據技令 (TM 11-1520-210-23) 執行 NA-520 之內部通訊操作測試，發現該機之內部通訊系統正常。並於 97 年 1 月 7 日測試事故當時正駕駛，副駕駛及機工長所使用頭盔之通話功能，發現各頭盔之通話功能亦正常。

1.16.4 飛行線上救生吊掛裝備檢查模擬

由於救生吊掛之翻修與週期檢查均有工單與詳細說明提供予施工人員使用，而吊掛之飛行前檢查與每日檢查均屬整架直升機飛行線上檢查項目之一。為了解飛行線上吊掛之檢查，調查小組於 97 年 3 月 3 日於松山機場請亞航機務人員模擬救生吊掛之飛行前檢查、飛行後檢查及每日檢查。

實務上吊掛飛行後檢查與每日檢查通常合併實施，完工後再登錄修護作為於飛機檢查與保養紀錄表之救生吊掛檢查欄位。飛行前之吊掛檢查在紀錄表上並無指定欄位簽署，以下是模擬之摘要說明：

飛行前檢查：包括滑油量檢查、外表檢查、吊掛頭檢查、電器接頭/線路檢查、吊掛固定座檢查、鋼索在吊掛上之表面狀況、導軌/滾輪檢查、鋼索放下/收回操作檢查（長度約 7-8 呎，吊掛頭未觸及地面）、於鋼索放出時檢查該段之鋼索。

飛行後檢查：包括飛行前檢查的所有項目，另檢查該日任務所使用長度之鋼索及 cable guide 狀況，如果當日未使用救生吊掛則不檢查。

每日檢查：包括飛行前檢查的所有項目，另檢查 cable guide 狀況、檢查鋼索（至少放出 20 呎）及檢查鋼索放出及收回速度之自動轉換功能。

1.17 組織與管理

NA-520 機飛航事故勤務單位包括內政部空中勤務總隊與內政部消防署特種搜救隊。

1.17.1 組織簡介

1.17.1.1 內政部空中勤務總隊

九十四年六月二十二日 總統公布「內政部空中勤務總隊組織法」，並經行政院發布自九十四年十一月九日施行，內政部空中勤務總隊正式成立，隸屬內政部。空中勤務總隊整併內政部警政署空中警察隊、內政部消防署空中消防隊籌備處、交通部民用航空局航空隊及行政院海岸巡防署空中偵巡隊，統籌調度總隊資源執行陸上及海上空中救災、救難、救護、觀測偵巡、運輸等五大任務。空勤總隊依任務性質，與消防署、警政署、環保署、衛生署、農委會林務局、海巡署海洋總局、民航局達成各項支援協議。

1.17.1.2 內政部消防署特種搜救隊

89 年公布之「災害防救法」賦予消防署新的任務，除了火災外，更包含各種天然與人為災害，為因應「災害防救法」之施行，消防署業務擴增，90 年 11 月完成消防署組織條例修正案，除 9 組 4 室外，設特種搜救隊及訓練中心等二個派出單位，特種搜救隊各分隊及駐地分布於國內北、中、南、東、花等五大駐點。

1.17.2 共同作業之執行

1.17.2.1 支援協定書

內政部消防署暨空中勤務總隊於民國 93 年 10 月 8 日訂定「內政部消防署暨空中勤務總隊籌備處相互支援協定書」，協定書內訂有共同作業規範、權責及程序，以作為相互支援之標準依據。

協定書中說明共乘勤務人員告知空勤總隊組員勤務內容後，訂定飛航計劃並作任務提示；特搜隊與空勤總隊共同值班、訓練、待命；在飛航無虞情況下，特搜隊決定搜救行動方式，空勤總隊配合；空勤總隊每月支援 50 架次或 100 小時消防及災害防救演習及訓練勤務，並由消防機關每月向空勤總隊提出申請後，接受組合訓

練；共勤人員在安全狀況下得於協商同意後變更飛航計劃。協定書內容參照附件 3。

1.17.2.2 支援機關共同執勤作業規定

內政部空中勤務總隊於 96 年 5 月 16 日訂定「申請內政部空中勤務總隊航空器支援機關派員登機共同執勤作業規定」：共勤人員需經審核及造冊備查、簽具切結書手續，共勤人員參加任務提示，說明作業目的及請求支援事項、任務機長向共勤人員作安全簡報及配合事項、共勤人員依總隊指示攜扣必要安全裝備並接受檢查、所攜裝備需先聲明並獲機長同意。

特搜隊與空勤總隊合處辦公，共同出勤、訓練、生活，於任務執行前由機長召集所有機組人員（含特搜員）實施任務提示。

1.17.2.3 空勤總隊航空器派遣及消防署特種搜救隊派遣

94 年 12 月 20 日訂定之「申請內政部空中勤務總隊派遣航空器空中勤務申請」，各需求單位於填具「內政部空中勤務總隊航空器申請表」送總隊勤務中心，勤務指揮中心執勤人員依申請表表列項目逐一審查各項支援細節，並考量勤務種類、狀況、天氣、機況、能力等因素分析、研判，如確屬緊急狀況，且均符合出勤條件時，完成簽派程序；緊急或臨時性任務，執勤人員受理後，先通知備勤機待命，並立即向相關業務主管機關查証，協調共乘人員，經確屬緊急狀況，且符合出勤條件時，經當日總值日官核准後應即刻派遣備勤機執行。

內政部消防署於 93 年 8 月 10 日訂定「內政部消防署特種搜救隊支援空中勤務總隊籌備處執行各項任務派遣計畫」，作為勤務派遣管制之標準依據。依該計劃特種搜救隊支援工作項目為-非經特搜隊支援，無法有效達成救災、救難等行政作為之目的者，包括山難搜救。

空勤總隊航空器派遣優先順序如下：

- (一) 人命優先原則：生命危急案件，優先派遣。
- (二) 嚴重緊急優先原則：嚴重緊急事故案件，優先派遣。
- (三) 偏遠離島地區優先原則：交通不便、醫療短缺之地區，優先派遣。

空勤總隊航空器派遣原則如下：

- (一) 合適機種原則：以勤務需求及性能考量，派遣適當機種執行。
- (二) 快速就近原則：以時間因素及地點考量，派遣適當機種執行。

如空勤總隊無合適機種或考量救災時效，屬行政院國家搜救指揮中心任務範圍者得轉請行政院國家搜救指揮中心指派國軍合適機種支援。

如需動用行政院國家搜救指揮中心搜救待命機時，應向該機關備案。

1.17.3 組合訓練

1.17.3.1 特搜員之直升機組合訓練

(一) 新進人員

特搜隊成員以公開方式，甄選各縣市消防局具有實務救災經驗之消防救助隊人員加入。一般而言，新進人員除已具備消防救災經驗、救助隊訓練合格、中級緊急救護技術員（EMT2）證照，並有優異之體能、技能以勝任各項救災、救護任務。特搜隊新進人員一旦獲選加入，需再接受特搜隊辦理之「新進人員訓練」（為期 3 週），對特搜隊之各項勤務、業務、車輛裝備器材操作能瞭解並操作。新進人員訓練中須配合空勤總隊直升機實施立體救災、救護組合訓練，使其具備空中救災救護任務之能力，達到特搜人員執勤標準。

(二) 與地方縣市消防局聯合搜救組合訓練：

消防署每年協調空勤總隊於特搜隊各分隊辦理「聯合搜救組合訓練」，邀集特搜各分隊鄰近縣市消防局救災專技人員參訓，以建立中央與地方之救災伙伴關係。

課程內容包含直升機性能介紹及操作限制說明、著陸場選定與直升機安全注意事項、直升機手勢指揮、救護吊掛救援操作、短程吊運救援操作、繩索滯空下降操作、直升機申請作業程序及各項立體救災狀況模擬訓練，各縣市消防局人員完訓後能出勤地面救災，於地面將災民直接救上直升機，該組合訓練計畫內容顯示，人員結訓後會發給證書及標章，並於出勤中佩戴，以證明具備該項任務之資格。

（三）每月預劃直升機組合訓練

特搜隊每月固定協調空勤總隊提供特搜隊各分隊駐地 U 機 8 架次，以維持特搜隊隊員「立體救災」能力，熟練各項配合直升機救災技術；南部分隊 B 機 2 架次之訓練（5 個駐地；每月共 42 架次），訓練科目包括：繩索下降、吊環吊掛、吊籃吊掛、救生擔架、森林穿越器及短程吊運救援。另空勤總隊飛行員每月常年訓練「組合訓練」課目時，亦常由各駐地特搜人員配合共同實施。

1.17.3.2 訓練課程

消防署自辦聯合搜救組合訓練，課程內容除直升機救援技能外，亦包括直升機起降指揮與管制、著陸場選定與直升機安全注意事項、直升機操作注意事項、繩索滯空下降操作、救護吊掛救援操作等。

內政部消防署於 94 年 6 月彙編「內政部消防署特種搜救隊聯合搜救組合訓練教材」其內容包含直升機簡介、直升機作業安全、直升機救援器材、機內安全確保、滯空下降、短程吊運救援、起降場開設與管理、救生吊掛救援、山區搜索與救援、野外求生注意事項、聯合演習、直升機申請作業程序、立體救災作業注意事項、共勤登機作業規定等。除特搜隊人員外，各縣市消防人員亦參與該項訓練，以達成陸空合作之作業。

1.17.3.3 手冊/標準作業程序

空中勤務總隊依據航空相關手冊需求規劃、編訂、審查及管理等制度已於 94 年 10 月 4 日以空勤安字第 0940004327 號函頒「航空作業手冊管理規定」。空勤總

隊並已擬訂 22 項航空相關手冊，其中執行各項任務之標準作業程序（SOP）規範訂於航務管理手冊。另空勤隊隊於 97 年 1 月 28 日參照民航局 AC120-32B 以空勤安字第 0970000689 號函頒訂定安全管理手冊。

空勤總隊現有四種不同機型直升機，各機型救生吊掛廠牌、型式各異，救生吊掛設備標準作業程序由空中勤務總隊研定。

特搜隊於「內政部消防署勤（業）務標準作業程序」（92 年 12 月）中分別依任務特性修訂六項特種搜救隊之標準作業程序，包含森林滅火標準作業程序、沙洲急流救援標準作業程序、山區搜救標準作業程序⁸、水上救援標準作業程序、重大交通事故（含海、空難）標準作業程序及緊急醫療勤務標準作業程序。內政部消防署特搜隊於 93 年 11 月 30 日修正配合空中勤務總隊籌備處直升機執勤之 5 項搜救任務（山區搜救、水上救援、沙洲急流救援、重大交通事故、緊急醫療後送）修定標準作業程序及管考基準表（詳細資料參照附件 11），作為特搜員執行各項任務之依據。

1.18 其他資料

1.18.1 訪談摘要

1.18.1.1 正駕駛訪談

當日原預計 0900 時執行至花蓮之飛渡任務，0822 時勤務中心電話通知棲蘭山有登山客需救援，任務單傳來後就依任務指示準備飛航，約於 0845 時起飛，使用 GPS 定位後，依標定點之路線飛行，到達定點上空時並未發現目標，總隊勤指中心以無線電通知應向東南及向太陽方向飛。依指示向 090 航向飛航，於是看到狼煙。飛近時發現當地約有一 3,100 呎之山脊，山頂約為 4,000 呎，附近有兩棵突出之枯木及樹叢，枯木約高 50 至 70 呎，看到地面待救援人員就在兩棵枯木中間。到達

⁸ 勤指中心是否透過登山隊伍或消防單位電話告知特搜隊員？

目的地後先執行高低空偵查，觀察地形確定目標及地點，並與機工長及搜救員討論及評估吊掛之方式及可行性，經機組人員同意後開始執行，繩索下放期間由機工長報告下降情形，有報告標準程序。當時狼煙上升後向西北方向成 90 度，判斷吹東南風，於是由西北向東南約 120 方向進入，感覺地面有環繞氣流，因為地面煙有散亂現象。

第一次人員下放時未成功，機工長報下放時晃動太大於是回收，第二次順利下放人員，當時感覺氣流不穩，與機工長之機內通話有斷斷續續現象，機工長呼叫向右修正及穩住，忽然感覺被扯一下，以為人員吊起，機工長報吊繩斷，人員於執行吊掛救援時墜落，判斷被樹木勾斷，於上空繞三圈搜索，未發現掉落人員，因油量考量返航，返航時油量約為 400 磅，於返航途中向總隊報告任務失敗，搜救員與地面人員通電話，得知該墜落兩員受傷。

1.18.1.2 副駕駛訪談

該批任務起飛前先由載重平衡表查當地載重及馬力限制，到達目的地後觀察風向、地形、機外溫度，再比對原資料。此批任務以 15°C/3,000 呎計算，載重限制為 9,300 磅，轉速限制為 93%，扭力限制為 41psi。到達目標上空時之重量為 7,000 磅，當時滯空之扭力為 35psi。於 0903 時到達目標區，搜尋未果。待救援人員於地面目視飛機通過，以電話通知總隊勤務中心，由勤務中心通知已飛越待救援人員位置，於是機上搜救員以電話與地面待救援人員聯絡確定位置。確定後向東飛，目視狼煙及一山脊，約 1003 時飛近與山脊平行執行兩次偵查航線，第三航線時下放人員，到一半時因氣流不穩，飛機晃動而由機工長將人員回收。第四次人員順利下放，依組員職責，當時注意力集中在注意外界障礙物及飛機儀表，正駕駛負責操控飛機，沒有看到地面人員及情況。特搜員完成勾接，下吊時由機工長引導飛機保持穩定滯空，因坐於左座，有視障無法看到右邊，現場有 10 棵以上之大樹及許多矮樹，滯空過程中雷達高度表設定在 100 呎，滯空時有警告音響斷續出現。

繩下放後，有聽見機工長叫「穩住」及「向後向右修正」，有聽到機工長叫「

人員勾接」，未聽到叫「勾接完成」，又聽到機工長叫勾到了，忽然聽到「兵」一聲鋼索斷掉，飛機左傾，當時約 1010 時。機工長報吊繩斷，人員於執行吊掛救援時墜落，於上空繞三圈搜索，未發現掉落人員，建議因油量因素返航，以無線電呼叫總隊，至烏來才構成聯繫。

1.18.1.3 機工長訪談

因原來所獲待搜救地點有誤，約差 3 至 5 哩，經地面通知後改向東搜尋，約於 1000 找到目標，待救人員位置在一低稜線區。執行兩次空中偵查，當地環境不適宜執行 IGE⁹，係以 OGE¹⁰ 方式執行吊掛。執行前特搜人員曾評估當時環境可執行用吊環方式吊掛人員上機。

第一次人員下放時因氣流不穩，鋼索下放至約 40 呎時回收。第二次搜救員帶牽引繩下去，下放過程有左右晃動但順利下放，當時飛機位於枯木上方約 20 呎，機工長說明在吊掛裝備操作上於人員到地後，都會多放出鋼索讓其在有餘度及軟癱的狀態下，可避免大位移時造成人員突然向上拉起，記憶中操作吊掛鋼索在人員到地時鋼索長度約 100 尺，但並無相關標準作業程序。特搜隊員 A 完成待救民眾吊環穿戴後，以手勢拍頭兩下，畫大圈，告知機工長回收入艙。機工長說明正常地面完成勾接後，應以手勢告知，於是可開始執行吊掛救援。在正常情況下機工長必須可以目視到特搜員，若無法目視則不能執行人員回收作業（目前程序中並無必須目視人員否則應停止作業之相關敘述）。

依機工長訪談記錄顯示：NA-520 機工長發現飛機有向左前偏移現象，前後位移二次，第一次機工長曾經呼叫駕駛員修正位置，駕駛員亦配合調整，當時並不確定地面是否已完成勾接，也未能看到特搜隊員 A 的回收手勢，第二次位移更大，因飛機向左前偏，看不到地面人員，機工長呼叫駕駛員修正位置及穩住，但修正至

⁹ 地面效應影響範圍之內（IGE：Hover in-ground-effect）。

¹⁰ 地面效應影響範圍之外（OGE：Hover out-of-ground-effect）。

一半已來不及，以最大速度放繩但繩索突然被樹勾斷，機工長回想二次位移時間不足 5 秒，於上方偵查 3 次未找到墜落人員，因油量不足於是回航。未看到人被樹勾到，判斷當時狀況是飛機位移後將人帶起來，撞到樹木把鋼索拉斷，使人員墜落。鋼索斷之原因應是一突然拉扯力量造成。

機工長在訪談中說在吊掛作業過程中飛航組員與共勤人員各司其職，正駕駛專注於保持穩定滯空之飛航操作，並依機工長呼叫修正航機俾能保持目視吊掛作業確保人員安全，副駕駛則守聽無線電並職司外界安全監控，機工長負責依目視情況指揮修正航機滯空位置，機工長說明其個人操作習慣為執行吊掛作業過程中為避免干擾，除機內通話保持開啓外其他頻道均會關閉。

1.18.1.4 特搜隊員 A 訪談

該員進入特搜隊約 4 年，職司後艙救援。該隊並無提供訓練手冊、標準作業程序等，其訓練由小隊長安排，曾受過 HRC (Helicopter Rescue Council) 種子教官訓練，內容包括後艙安全、出入艙、吊掛等，有考核亦有發證書，每月有定期複訓課程，針對應加強部分檢討。該員認為：執勤時狀況很多，很難訂定標準作業程序，以美國或德國系統為例其程序多少不同，故實際執勤時必須針對現場狀況、可用器材臨場找出最安全及最有效率的作法，完成任務。

特搜隊輪值隊員係在松山機場待命，當天早上收到搜救任務，特搜隊員 2 名上機，到達目標區後在機內評估是否可以吊掛，主要以吊掛點之開闊度為主，機長向機工長及 2 名特搜隊員逐一詢問是否可執行任務，2 名特搜隊員回答可以後，該員將耳機換上安全頭盔及個人小包（包括 2 天米糧鍋爐等），進行機內安全確認、勾掛、出艙準備動作。第一次下艙至離地約 10-15 公尺處鋼索晃動太強不易進入樹洞，向機工長比出暫停及往上手勢後，回艙取牽引繩，第二次下艙後擲牽引繩給被救援者，順利抵達救援點，將吊環扣好後，目視到機工長，當時飛機約偏離目標區 10-15 度左右，鋼索是軟的未拉緊，該員以手勢拍頭兩下，畫大圈，程序上或組合訓練上機工長不須回應確認，此時鋼索是否垂直該員未注意，因絞盤轉動的上拉與

飛機滯空位移在鋼索上的震動不同，該員確認當時是飛機滯空位移產生的上拉，約離地 5 公尺後該員左側身體撞樹，接著連續撞到多棵樹木，頭盔可能脫落，若當時想脫鉤時間上來不及，(2 種方式:以繩刀割下與吊環連結的編織繩；或由機工長在機上啟動切斷鋼索之機制)，撞樹後腦筋一片空白（該員認為機工長應來不及放繩），後發現自己在離樹洞區 5m 高差的山坡上，頭部流血，大概是身體右側著地，好像骨折，此時意識都是清醒的，聽到呼喊聲，由另兩名受救民眾，以斷掉的鋼索拉上樹洞區，第二架直升機到達後，同仁下降後即將掛勾勾上鋼索直升機後送榮總，由山坡上拖及後送過程中無加重傷害情形。

該員認為此次事故天候因素難以掌握，A 機及 U 機懸停滯空的性能不同，A 機較為穩定，可能有大側風，因此 A 員下吊準備過程已注意安全頭盔，手套，全身式吊帶，扣環等安全。

1.18.1.5 特搜隊員 B 訪談

約九時五十五分到達目標區上空，在目標區上空盤旋兩圈做空中偵查，第三次進入目標區上空滯空，A 員勾接救護吊掛出艙垂降，快接近地面時，因直升機滯空狀況不穩定，隨即將 A 員回收入艙。第四次進入目標區上空滯空，A 員攜帶牽引繩勾接救護吊掛垂降至地面勾接被救者，此時飛機滯空往後位移，座艙通話器傳來機工長要飛行員控制飛機往前，3、2、1 停，B 員位於飛機左側目視下方 A 員之作業情形，發現飛機沒有停止且繼續往前，座艙通話器機工長又傳來纜繩勾住，飛機往後、往後、飛機往後、往後，纜繩斷了，人員摔落。此時飛機狀態非常的不穩定，待飛機回穩後，立即要求機長返回事故區確認人員摔落位置及傷勢，但經三次搜尋均未發現，故返回松山機場求援。

1.18.1.6 特搜隊員 C 訪談

96 年 12 月 28 日接獲消防署指揮中心通知，支援台北縣消防局申請棲蘭山民眾受困救援案件，並與空勤總隊共同執行任務。機組人員（空勤：3 人；特搜：2

人) 於 0845 起飛，NA-520 於 10:34 返回松山後，特搜隊員 B 透過電話回報於搜救過程中發生鋼索斷裂，導致搜救 A 員與被救民眾 1 名掉落，在生死未卜狀況下，立即準備第二次救援任務。隨後便前往機棚了解當時發生情形及目標區的各種狀況，也準備了隨行的擔架、醫療救護背包與空勤總隊人員會合。

NA-107 機組人員（空勤：3 人；特搜：1 人）於 11:20 開車，開車前機組員針對此次任務做提示，並以安全為重，救援人員為第一優先。

11:30 起飛，就發覺台北盆地以外的天候並不理想，山前的雲幕非常的低，機長決定由桃園縣鶯歌鎮進入，並爬升 6000 呎以上高度出雲，並定向目標區，但檢視附近山頭較高的山嶽雲幕也慢慢的下降，此時機組員開始做搜尋位置之準備。當發現目標區後，可目視到 A 員與受傷民眾身體有外傷，其餘兩員民眾並無傷勢，C 員告知機長下面之狀況，機長開始找尋最佳進場方位並通知 C 員準備器材進行吊掛救援作業，當吊掛下降時直升機下洗氣流非常大，擔架、準備器材與 C 員皆不停的旋轉，到達地面後，做了一個簡單的評估，並檢視傷者狀況，為了不浪費時間立即給予 A 員固定止血就吊掛至直升機，後送醫院急救。

由於當時受傷民眾無法站立，精神狀況不佳，又無理取鬧，其除了受傷外，非常排斥 C 員給予的初步處理（評估、止血、固定）。約 5 分鐘後另一架直升機 NA-510 用無線電取得聯繫，準備於目標區吊掛傷患救援，但該受傷民眾仍是不願配合，機長遂垂降一名搜救隊員陪同該傷患勾掛回艙，由 C 員利用牽引繩方式協助，人員入艙後該機便脫離。

NA-510 機離開後，山上天氣持續變差，無線電傳來 NA-107 微弱訊號告知準備吊掛作業，特搜隊員 C 經評估後報告機長以第一次一個、第二次兩個的吊掛計畫進行吊掛，當順利將第一位民眾吊掛上機後，該機即脫離現場，當時發現雲幕降低開始下雨，且能見度變差了，了解救援告一段落後，C 員告知留下之民眾必須留置山區及可能發生之狀況，便開始找尋臨時避難所，以最少的裝備與食物與民眾於山區渡過一夜。

隔天氣候狀況不佳可能無法執行吊掛作業，於中午時分便與該民眾徒步往東南方向行動，約於下午 2 時許，似乎聽到地面救難人員的呼喊聲，在互相呼應下辨認出方位，與地面救難人員會合後，給予該民眾食物與衣物後繼續下山，於 17:30 到達宜蘭縣消防局大同消防分隊。

1.18.1.7 受傷民眾訪談

該受傷民眾原與 2 位親戚一同前往山區，後因天氣轉壞，無法辨識方位情況下，以手機求救，並聽候指示砍樹葉升狼煙，當特搜隊員 A 垂降至地面時該受傷民眾表示要先上機，該民眾也指出飛機在頭頂上，A 員與該民眾一同綁好往上拉時，該民眾有感覺到晃動，很快的就撞到樹，接下來便一片空白，醒來時已在醫院中。

1.18.2 飛航操作相關資料

1.18.2.1 航務管理手冊

依空勤總隊 96 年 10 月 22 日頒布之「航務管理手冊」(如附件 6)，共計航務、飛航及管制、航空器飛航作業等三篇。該手冊第三章「飛航組員職責與座艙規定」第 8、13、14、15、17 條對任務分工及職責規範有相關說明，附錄 14 有飛行任務行動準據。

1.18.2.2 飛行員訓練手冊

依空勤總隊 96 年 11 月 15 日修訂第四版之「飛行員訓練手冊」(如附件 7)，共計 14 章，分別訂訓練權責、訓練類別、訓練方式、及訓練流程等。手冊第 2 章內容中規定各勤務大隊應依機種、駐地，任務特性完成年度訓練計畫之訂定及督導。手冊第四章飛航人員訓練第 20 條訓練種類中說明，學科課程包括山難搜救、實務講解等，時數不得低於 15 小時；術科課程包括繩索下降、救護吊掛等，時數不得低於 10 小時。2-4-7 特種訓練包括高山搜索、陸地救護、吊掛等。特種訓練併於每月基本訓練時實施。另常年訓練每月 12 小時中包含吊掛（含水上急流及救生

吊掛) 1 小時、組合訓練 2 小時

1.18.2.3 UH-1H 操作標準手冊

依空勤總隊 96 年 08 月 20 日審訂之「UH-1H 操作標準手冊」(如附件 8)，共分任務計畫、性能飛行、緊急程序、儀器飛行、救災專業、特種飛行及熟悉飛行環境等大項，其中性能飛行大項內容含有精確滯空、山頂山脊線操作課目，救災專業及特種飛行大項內容含有救生吊掛作業、空中偵查與風向判定等課目。

1.18.2.4 UH-1H 飛航人員個人資料冊

依空勤總隊提供之「飛航人員個人資料冊」(如附件 9)，共分個人資料表、最高學歷證明文件暨航空專業訓練及格證書、任職證明文件、各機種機型時間統計表、年度體檢報告表、飛安暨年度檢定記錄等大項。

1.18.2.5 直升機山區飛行與救護

依空勤總隊與飛安基金會共同編譯之「直升機山區飛行與救護」(如附件 10) 第二部/第一篇/第 11 頁內容；略述如下：風吹過一不規則斜坡(山脊)之效果，則是在上坡邊與下坡邊產生亂流。風越強，效應越大，在山脊的任一側，可發現由不規則地表所產生之強烈亂流(如圖 1.18-1)。第 12 頁說明風吹過依系列之山脊時，其效應乃是在山脊線之間形成滾動氣流(如圖 1.18-2)。第 31 及 32 頁圖示說明風沿山脊線吹及風吹越山脊線時之進場方式(如圖 1.18-3)。

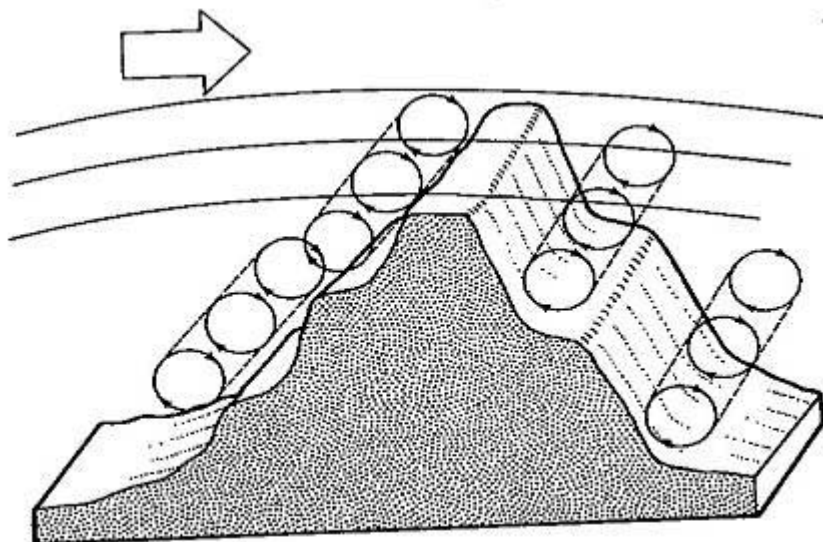


圖 1.18-1 不規則山脊效應

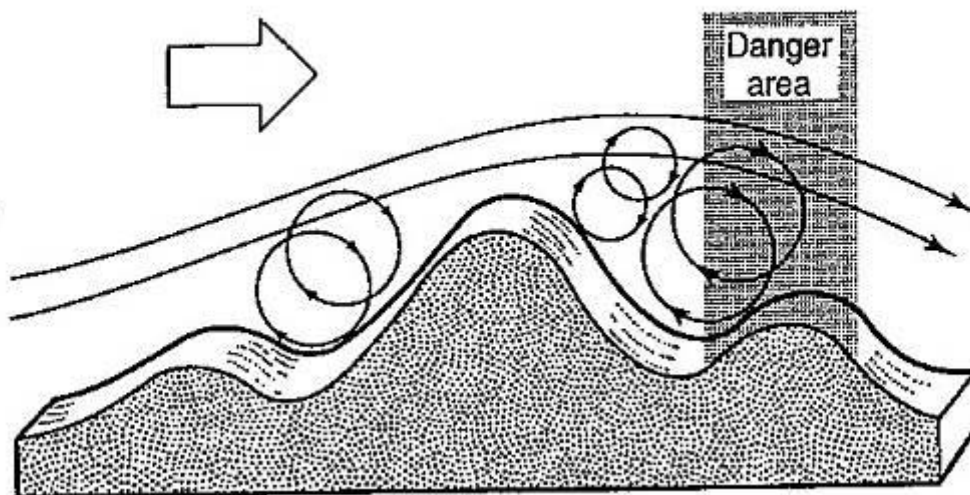


圖 1.18-2 多山脊滾動氣流危險區

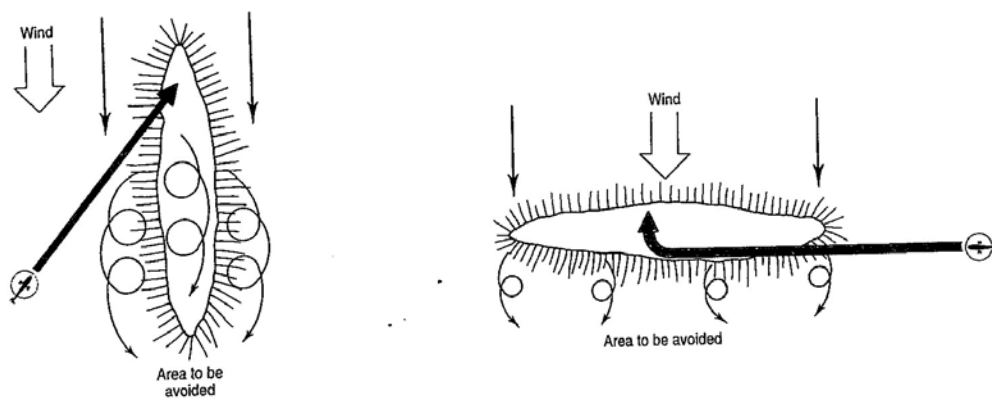


圖 1.18-3 山脊進場方式

第二章 分 析

2.1 概述

該機飛航組員事故前 72 小時內之工作及休息時間正常。正駕駛及副駕駛依空勤總隊航務管理手冊第二十三條規定，完成年度檢定合格。體格檢查結果符合空勤總隊空勤人員體檢標準。無證據顯示飛航組員在事故發生時，受到藥物、酒精之影響。

依該機載重與平衡資料，其起飛重心約為 139.9 吋，落地重心約為 137.2 吋，均在限制範圍內。

根據事實資料，調查小組認為 NA-520 直升機之救生吊掛系統功能在事故發生時係為正常。

2.2 航務作業

本事故與航務作業相關之因素分飛航前準備、吊掛過程飛航軌跡、穩定滯空及組員資源管理等分述如下：

2.2.1 飛航前準備

依 GPS 記錄之飛航軌跡及訪談記錄，該機約於 0841 時起飛，判斷該機應約於 0958 時（位於目標北面約 2.5 哩）始定向目標。其間該機離場後即保持航向約 190 向南飛航，該機於約 0900 時即到達約（E） $121^{\circ}30'23.8''$ ，北緯（N） $24^{\circ}43'15''$ 之位置，之後右轉（向西）回頭繼續沿松山 TACAN 約 180 度邊搜尋，至約 0940 時始向東移轉搜尋方向（如圖 1.11-2）。該機因起飛前所獲相關資訊不足，故於目標區搜尋近 1 小時後始尋獲目標。

依該單位每日任務提示記錄，執行任務之特搜員 A 未參與當日之任務提示會議；機長僅於起飛前執行機前任務提示；無任務提示單；且該機載重計算表內無

特搜員重量資料，機長亦未於該載重計算表簽署欄內簽名。

飛行前任務提示之目的在使參與任務之機組員及共勤人員瞭解任務種類、任務編組、執行概要、組員執掌、天氣狀況、機務狀況、任務裝備需求、通訊聯絡方式及規定、飛機性能及油量限制、影響任務因素及緊急程序複習等，以確保執行任務時之組員合作與安全。

依空勤總隊「航務管理手冊」內有關飛航準備、航路搜索相關規定及附錄十四飛行任務準據、UH-1H 機之操作標準手冊及檢查手冊中之「內政部空中勤務總隊飛行載重計算、任務提示與任務歸詢實施規定」，飛航組員應於飛航前針對任務依程序進行準備、規劃及提示，以利任務之執行。

調查發現：飛航組員未完全依照程序要求進行準備、規劃及提示，影響任務執行方式、緊急程序及組員間之合作及溝通。



圖 2.2-1 事故機飛航軌跡

2.2.3 吊掛過程飛航軌跡

2.2.3.1 GPS 資料記錄之飛航軌跡

依 1.11 節，該機之 GPS 型號為 GPSMAP 295，依該 GPS 之規範，其位置之精確度為 15 公尺，經差分定位技術修正後，其精確度可達 2 至 5 公尺。事故機 GPS 資料均以依松山機場直昇機停機坪精確位置修正後之資料，經交叉比對後，其精度及準確度都在容許範圍內，誤差在 2 至 5 公尺之內。

參考 GPS 資料，該機於事故地點共執行 2 次救生吊掛作業（參考圖 2.2-2）。第 1 次進入之時段約為 1003:51 時至 1004:57 時，航向約為 160，對正樹洞之中心，曾於 1004:34 時進入樹洞邊緣上空，於進入樹洞前向右偏側，之後沿樹洞南側向東移動，距吊掛點水平距離約為 4 公尺，之後向東南脫離。

參考 GPS 資料，第二次進入之時段約為 1007:31 時至 1010:02 時，航向約為 180，進入前偏樹洞東側，最接近吊掛地點之時間約為 1007:46 時，後其航跡持續向東偏移，參考圖 2.2-2 頭盔及刮痕顯示航跡修正後再次偏移。由錄影資料顯示，該機約於 1008 時至 1010 時飛機位置有向吊掛地點移動之修正現象。

另由當時之錄影帶，飛機下方有樹枝等障礙，證實人員著陸後，已有部份鋼索隱沒於樹叢中。依現場勘查樹枝刮痕位置，均位於該機吊掛作業時之位置與吊掛點之直線距離附近（如圖 1.12-1），證實該機於吊掛作業過程中，出現飛機不穩定之位移，並使鋼索曾與樹叢間產生干涉現象。

綜上所述，該機於執行人員下放後吊掛作業期間未保持穩定滯空狀態。

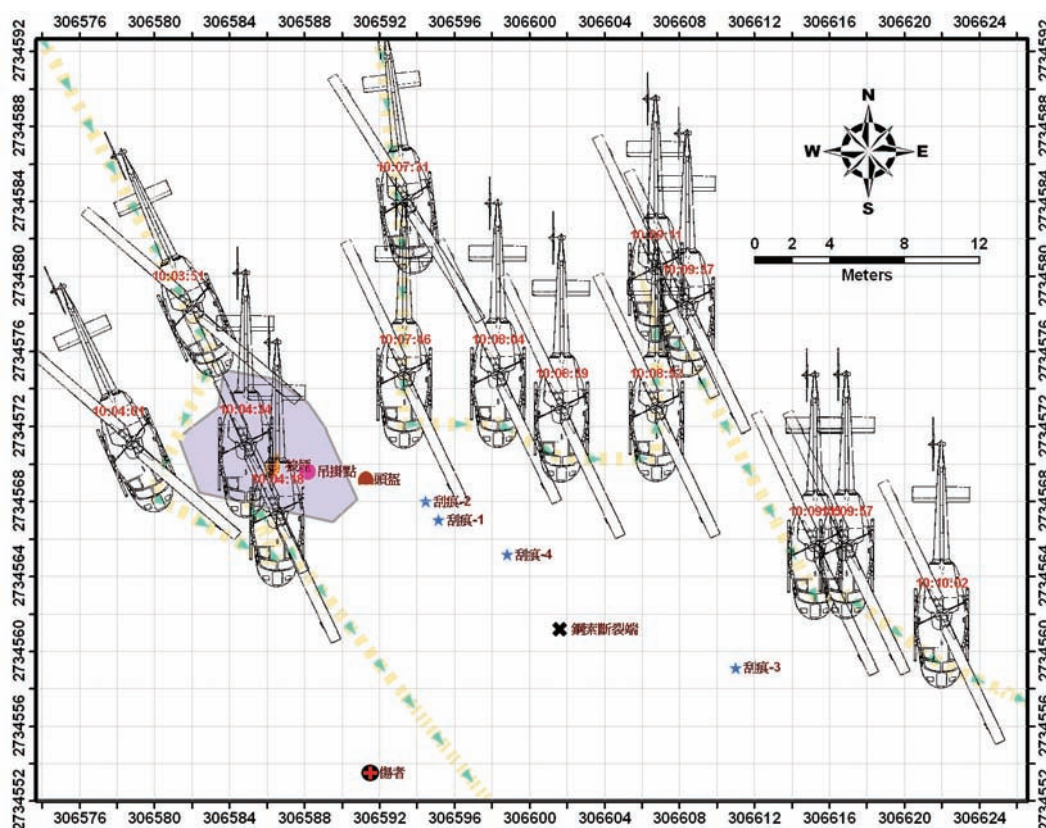


圖 2.2-2 GPS 記錄之飛航軌跡

2.2.3.2 高高度起降及偵察航線

UH-1H 機種訓練規範中於學科訓練 15 小時中包含高高度起降講解，術科 10 小時中包含高高度起降訓練，於特種訓練 5 小時中包含高山運補起降及高山搜索項目，併於每月基本飛行訓練時實施，另常年訓練項目除組合訓練 2 小時外另包含高高度起降訓練 2 小時。

UH-1H 機種訓練手冊律訂於山頂/山脊線操作時應執行偵察，偵察課目分高高度及低高度偵察，高高度偵察目的為了解著陸場合適性並選擇進場航道、空速、高度、重飛點及迫降場；低高度偵察目的在確認高高度資料並彌補其不足。訪談記錄顯示正、副駕駛及機工長均表示任務當時曾執行兩次空中偵察航線，但依 GPS 記錄之資料，該機於到達事故地點後，僅執行一次偵察航線，未按規定執行二次

偵察航線，亦未詳細偵察風向及環境對執行任務之影響，高高度起降(山區)訓練未落實執行。

2.2.3.3 吊掛鋼索

事故當時飛機與地面之垂直投影點與地面吊掛點之關係示意如圖 2.2-3。如根據 GPS 高度及位置資料計算吊掛鋼索角度 (Fleet Angle) 及鋼索長度，結果如表 2.2-1。

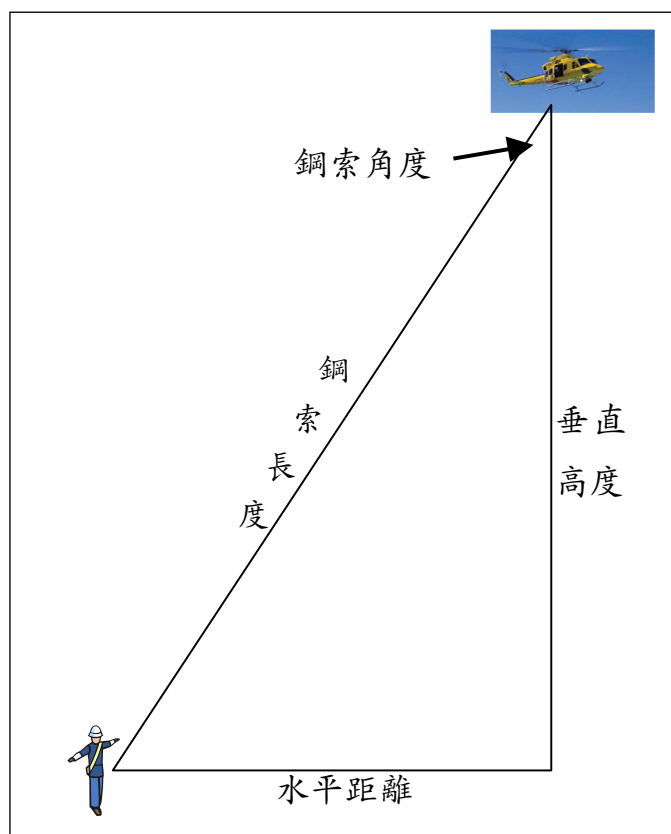


圖 2.2-3 地面吊掛點與飛機之關係示意圖

表 2.2-1 鋼索角度及伸放長度計算表

時間	水平距離 (呎)	垂直高度 (呎)	鋼索長度 (呎)	鋼索角度
1008:04	34	135	139	14
1008:39	44	131	139	19
1008:52	61	141	154	23
1009:11	66	154	168	23
1009:37	70	154	169	24
1009:55	91	157	182	30
1009:57	97	157	185	32
1010:02	116	161	198	36

參考 2.4.2 節，該救生吊掛裝備規範之操作角 (Fleet Angle) 限制為 15 度，救生吊掛鋼索導引頭 (Cable Guide) 有磨損痕跡 (圖 1.16-2)，證實鋼索於吊掛作業過程中，Fleet Angle 角度應已超過 15 度且與 Cable Guide 間產生擠壓現象。依表 2.2-1 計算結果，鋼索長度於 1009:55 時已超過斷裂鋼索長度 (175 呎)；且鋼索長度由 10~15 度增至 35 度以上，造成鋼索應力集中現象，綜上所述，本會推論可能於 1009:55 時至 1010:02 時之間，吊掛鋼索之操作角超出限制，並與樹叢產生干涉現象，遭瞬間之拉力而斷裂。

2.2.4 影響滯空因素

參考圖 1.18-1 及 1.18-2，於不規則之山脊或多重山脊地形飛航，如山區有盛行風，將使該區及較低之山脊區產生不規則滾動氣流。

綜合現場勘查、GPS 資料及訪談記錄，事故區為一東西向延伸之狹長山脊，南面有一高約 4,000 呎之山，中間為一深約 200 公尺之山谷，為一多重較低之不規則山脊地形，容易形成不規則之滾動氣流。該山脊區為一濃密雜樹林，樹林之高度約 5 至 12 公尺，並有突出之枯木參雜其中，待救援民眾位於一處約 5 至 6 公尺不規則之空地上 (樹洞)，周圍佈滿高低程度不同之樹木。

依上述現場環境及場地特性，該事故區之作業環境可能不利執行滯空救援作業。

穩定滯空之操作要領為：於到達滯空高度後應於機鼻前方、飛機側方及飛機明膠玻璃下方選擇明顯地物為參考點，交互檢查其位移及變化，維持穩定狀態並適時做適量之操作調整，相關操作應柔和，避免扭力大幅改變。保持滯空穩定之因素除上述現場環境及場地限制外，尚與滯空當地之氣流、風向風速、滯空高度、操作參考點、可用馬力，飛行員操作之純熟度及操作負荷等相關。

調查小組針對上述因素分述如下：

事故當地並無風向風速等資料，但依當日事故地區附近玉蘭氣象站資料，當時之風向約為東風，風速約為 4 至 5 哩/時，由海面吹向山區，如吹過不規則多重山脊，產生加速效應，將使山脊兩側及較低山脊處產生亂流及不規則之滾動氣流。由事故區拍攝之影帶中狼煙散亂現象及訪談記錄，可證實該事故區可能存在不規則之滾動氣流（亂流）及風向風速不穩定之現象。

該機機組員於考量需與地面障礙物保持安全隔離（當時與地面之高度約為 100 呎），故需以 OGE 滯空方式執行吊掛作業。惟於 OGE 滯空操作時，因與地面距離容易產生修正延遲現象，且於高高度操作，不易尋找明顯之操作參考點，影響滯空時修正之操作。

該機之載重計算表資料記載事故區之標高約為 3,000 呎，溫度約為攝氏 25 度，該機之起飛總重為 7,441 磅。依該型機飛行手冊第 7 章性能數據資料，當時飛機之最大可用扭力約為 41PSI，而於當地執行 OGE 滯空所需扭力約為 35PSI，故該機當時之可用馬力滿足該機當時構型之 OGE 滯空馬力需求。

依正駕駛之訓練及考驗記錄，正駕駛為該型機之飛航檢定教師，且經年度檢定合格，年度檢定考驗項目內含有精確滯空及短程吊運之課目。正駕駛於 30 日內

曾分別執行救生吊掛及吊環任務各一次，無不正常飛航記錄，顯示正駕駛滯空操作於正常情況下應可合於要求標準。

綜上所述，該機應於不規則之滾動氣流環境下執行 OGE 滯空，因作業區不易尋找明顯之操作參考點，不易判斷滯空之精確位置，可能產生修正延遲現象，影響滯空修正操作之時機。

2.2.5 組員資源管理

依組員資源管理之精神，飛航組員應經常評估飛機及操作環境之狀況，保持狀況警覺，在決策下達上，應以飛安為最高原則，並善用所有資源，良好溝通協調及領導統禦。

該批任務面臨之威脅為：任務準備不足、待救援人員之狀況不明、當地之地形及環境不良、救援方式選擇等。該機於無充分時間執行任務準備之狀況下起飛，未及深入勘查當地地形及環境，即執行第 1 次人員下放，於下放時因人員晃動過大而回收人員。飛航組員亦察覺地面狼煙有散亂現象，顯示當時環境及氣流不宜執行滯空吊掛，但該機飛航組員並未警覺此異常狀況而進一步研判執行任務之風險，亦無組員提出質疑而決定進入第二次之救生吊掛行動。

空勤總隊航務管理手冊第 3 章第 13 至第 16 條內容含有正駕駛、副駕駛、機工長及共勤組員之職責。第 17 條內容中含有操控飛行員及監控飛行員之駕駛艙任務分工。空勤總隊 UH-1H 操作手冊中訂有救生吊掛之要求標準、訓練程序、操作要領及注意事項等，其中包括執行該任務時各人之職責、溝通用語等。

另依 UH-1H 操作標準手冊職掌區分及相互支援協定均以機長負責飛航安全，具最終飛航控制權，於執行救生吊掛操作時，正駕駛、副駕駛、機工長及搜救員需於短時間內充分交換資訊，隨時溝通並確認各階段資訊之傳達以正確領知與執行，直至安全完成任務為止。

依據事故當時之飛航軌跡、錄影資料、鋼索長度及訪談等資料，得知於吊掛任務時，特搜人員下放落地後機工長曾依規定導引正駕駛修正滯空位置並視當時鋼索情況調整其長度，但因飛機無法保持穩定而持續向東偏離，致使機工長於約 1008:45 時已開始無法全程目視地面人員，

依訪談資料，機工長於飛機偏離過程中曾呼叫穩住且要求正駕駛修正，但飛機仍處於不穩定狀態，依該次任務之執行情形，目前現有之救援相關程序並無法滿足執行該任務之安全需求。

2.3 救生吊掛系統維護分析

2.3.1 吊掛組合併

調查小組根據 1.6.7 節之救生吊掛修護紀錄，檢視 NA-520 直升機之吊掛組合併之定期檢查狀況良好，另依 1.16.1 節救生吊掛裝備進廠拆檢結論，該吊掛組合併功能正常，內部各零件均無不正常磨耗；吊掛組合併之維修紀錄亦顯示鋼索並無不堪用之情形。

綜上所述，調查小組認為 NA-520 直升機之救生吊掛系統功能在事故發生時係為正常。

2.3.2 救生吊掛維護作業之執行

調查小組另分別對本事故救生吊掛維護作業依進廠維修及飛行線上修護進行檢視。

檢視亞航救生吊掛組合併之進廠維修紀錄，維修廠對吊掛組合併之檢視及翻修作業均依修護文件維修並備有完整之維修記錄。

調查小組根據吊掛裝備原廠飛行線上操作及維修手冊（Flight line operation and maintenance manual HS-20200-501 series rescue hoist system, March 9, 2005）有

關點檢及查驗（Checks and Inspections）之要求，檢視救生吊掛系統飛行線上維護作業，發現原廠所規定之飛行前檢查需求（參照原廠手冊 501 頁表 501，有關飛行前及飛行後檢查項目如表 2.3-1）各種檢查之項目及週期）與亞航吊掛裝備之飛行前與飛行後檢查工單（HOIST015, Revision Original, Date 29 Aug. 2006）及飛行後檢查工單（HOIST016, Revision Original, Date 29 Aug. 2006）其檢查內容幾無差異。

表 2.3-1 吊掛裝備原廠手冊「表 501」有關飛行前及飛行後檢查之項目及週期

Recommended Frequency of Inspections (whichever occurs first) *	Part Name (Para. Ref. in Section 501, unless otherwise noted)	Figure and Item Number	Inspections Required
At the beginning of the day	Oil Level (Para.2L[5])	Figure 521	Pre-Flight Inspections
At the beginning (pre-flight), or at the end (post-flight), of the day	Hook Assembly (Para. 2F, 2L, and 2M)	Figure 510, 512, 513, 522 and Figures 1003-1009, as applicable	Pre-Flight and Post-Flight Inspections
	Cable Cutter Cotter Pin (Para.2N)	Figures 1002, view B, Item 140	Pre-Flight and Post-Flight Inspections
At end of the day	Wire Rope Cable (Para.2E)	Figure 505 through 511 and 1002, View B, Item 30	Post-Flight Inspections

參考 1.16.4 節飛行線上救生吊掛系統檢查模擬後發現，吊掛系統之飛行前檢查與每日檢查均屬整架直升機飛行線上檢查項目之一，在實務上救生吊掛系統飛行後檢查與每日檢查通常合併實施，完工後再登錄於飛機檢查與保養紀錄表之救生吊掛檢查欄位。原廠規定救生吊掛系統之飛行前/後檢查之時機：為當任務可能需使用救生吊掛裝備時，則飛行前檢查需涵蓋救生吊掛系統之檢查。當日任務若曾使用救生吊掛，則飛行後檢查必須涵蓋救生吊掛系統之檢查。亞航執行救生吊

掛系統飛行前/後檢查之時機與原廠規範相同。

調查小組檢視亞航在飛行線上救生吊掛系統檢查之實際作業與原廠之規定有異；原廠在飛行線上飛行前操作檢查要求救生吊掛系統之操作檢查必須將全部鋼索放出，檢查鋼索兩端自動減速及停止的功能，亞航實際作業時則僅止於前端（接近吊掛頭處）之檢查。原廠要求飛行後之鋼索檢查需放出全長度檢查（放出至自動停止），而亞航實際作業時則為檢查當日使用之長度；若當日之吊掛任務於海/水上執行，則會放出全長度鋼索檢查。另亞航於飛行前之吊掛檢查在運保 14-003 表上並無指定欄位簽署，同時實際作業（飛行前/後檢查）時並未使用上述之救生吊掛系統工作程序單檢查且簽署。

消防署聯合搜救組合訓練教材中列有吊掛設備一般功能介紹，惟原廠之吊掛飛行線操作及維護保養手冊中有關重要操作限制及注意事項未見於相關單位教育訓練教材或操作程序中；空勤總隊執行不定期查核亦未能發現救援救護重要裝備救生吊掛之修護線作業、修護紀錄之完整性缺失。

2.4 吊掛鋼索斷裂原因

調查小組分別依吊掛鋼索斷裂長度、吊掛裝備操作限制等說明鋼索斷裂原因，分述如下：

2.4.1 吊掛鋼索斷裂長度

依 1.6.7 節所述，事故發生後登錄於運保 14-003 表之缺點為「救生吊掛鋼索斷裂（175 呎）」，而依 1.6.2.2 節掉落地面之 B 段吊掛鋼索長度約 50 多公尺（164 呎），若加上過於彎曲所造成之永久彎折變形（kink）之長度，吊掛鋼索斷裂時下放長度約為 175 呎。

吊掛鋼索斷裂位置，沿垂直軸方向將剩餘鋼索往 Cable Guide 內表面磨損痕跡處壓平，鋼索斷裂處與 Cable Guide 開口處大致切齊，顯示鋼索在 Cable Guide

開口處斷裂（如圖 2.4-1）。

依 1.16.2.1 節對 A 段鋼索觀察分析，檢視鋼絲斷裂面附近的外表面，多數受到剪應力作用，僅少數受到純拉伸破壞，另僅部份鋼絲斷裂面外表有磨損痕跡，而部分鋼絲外表面呈現受壓應力作用變形（圖 1.16-4），但未發現大面積刮痕；而 Cable Guide 內表面僅有磨擦及壓力痕，無明顯刮痕特徵，顯示吊掛鋼索下放後吊掛鋼索與 Cable Guide 並無相對位移，即無滑動現象。

綜上所述，人員於地面被拉起至鋼索斷裂時，該吊掛鋼索仍保持掛勾連結狀態且無收放，當時斷裂鋼索長度為 175 呎。

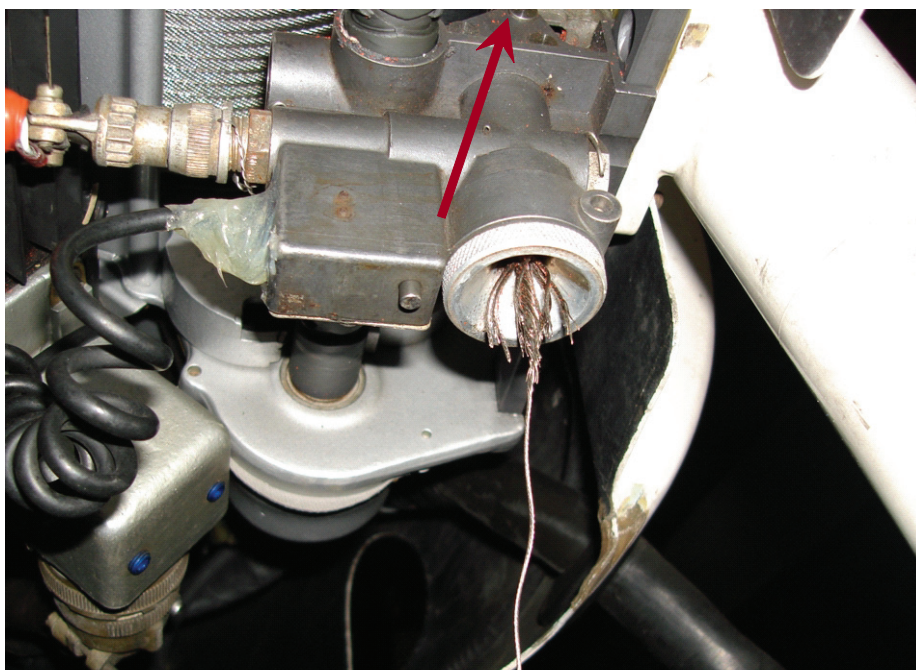


圖 2.4-1 吊掛鋼索斷裂處

2.4.2 吊掛裝備操作限制

根據 1.16.2.1 節中科院測試結果，該斷裂鋼索可承受之最大負荷為 1340 kgf，而該吊掛裝備規範之最大工作負荷 272 kgf，以特搜隊員 A 及待救援人員總重量約 140 kgf，斷裂之 175 呎鋼索及吊掛環總重量約 7 kgf，因此斷裂鋼索總計承受

147 kgf 負荷，在正常操作情形下（圖 2.4.2 左圖），鋼索承受 147 kgf 的軸向負荷，低於吊掛裝備規範之最大工作負荷 272 kgf；另參考 2.2.3 該機於吊掛作業過程中，鋼索曾與樹枝間產生拉扯現象。

依 1.6.3.1 節所述，救生吊掛裝備規範之操作角（Fleet Angle）限制為 15 度（圖 2.3-2 左圖），Fleet Angle 如超過 15 度，鋼索即可能與 Cable Guide 內表面接觸；當 Fleet Angle 增加到 35 度時，鋼索接觸到 Cable Guide 下緣（圖 2.4-2 右圖之鋼索 a）；事故發生後，在 Cable Guide 下緣處發現磨痕（圖 1.16-2），證實鋼索已接觸 Cable Guide 下緣，依此研判在鋼索斷裂時，Fleet Angle 已經超過 35 度，致使負荷集中在 Cable Guide 下緣之鋼索（圖 2.4-2 右圖之鋼索 b），即產生應力集中現象（Stress Concentration）。

本會推論在吊掛作業過程中，鋼索發生應力集中現象；同時鋼索與樹枝間拉扯增加負荷後產生瞬間負載，鋼索無法承受而斷裂。

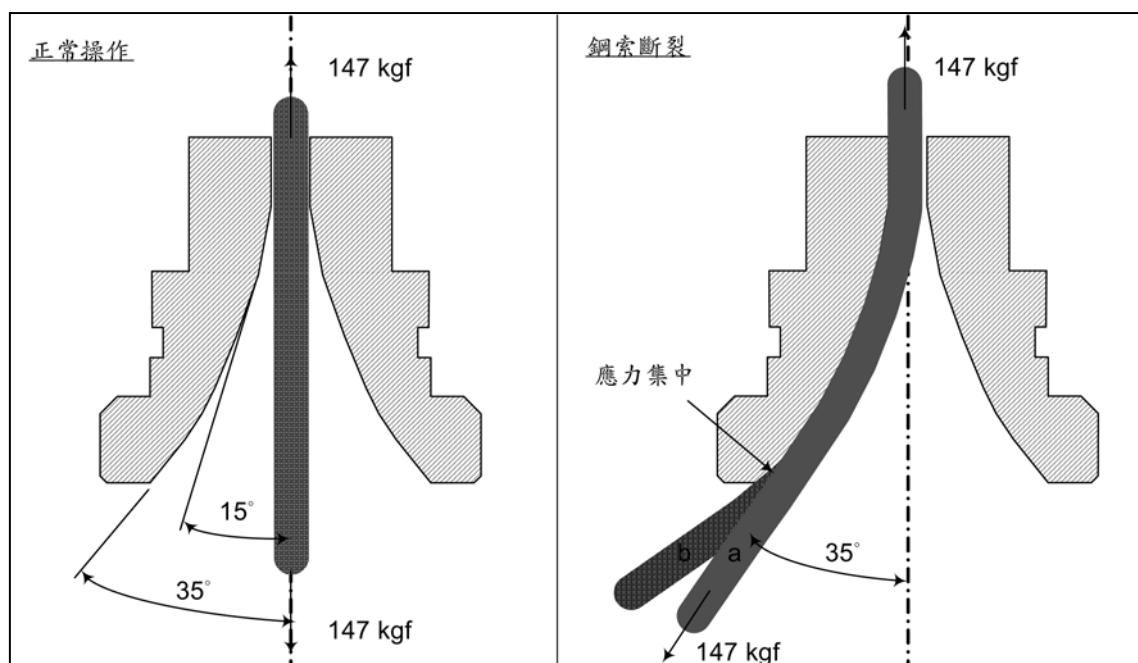


圖 2.4-2 吊掛裝備 Fleet Angle 示意圖

綜上所述，調查小組發現：在吊掛作業過程中，飛機出現位移，導致 Fleet Angle 超過規範限制；同時鋼索鉤到樹枝而瞬間拉扯，Fleet Angle 超過 35 度造成應力集中現象，最後鋼索因瞬間負載過大而斷裂。

2.5 生還因素

「內政部消防署勤（業）務標準作業程序」中述及山區搜救任務受領、提示、決定救援方式及任務分配、實施、返隊及記錄作業，其中注意事項中包括風險評估；組合訓練教材中有關救生吊掛，列有山區搜救、吊掛相關之作業文件；另由內政部空勤總隊編訂之「UH-1H 操作手冊」在救災專業中亦列有救生吊掛作業、高山救難等科目。

調查小組針對救援方式、吊掛作業評估、吊掛作業安全、替代方案、人員搜救、傷勢原因及醫療後送之生還因素分析如後：

2.5.1 救援方式

依聯合搜救組合訓練教材中有關立體救災注意事項（陸）空中救援作業優先順序為：一、落地救援；二、鄰近著陸場著陸；三、滯空救援作業，至於採何方式救援視待救者狀況、飛機性能、天氣、場地及視障狀況而定。

「內政部消防署勤（業）務標準作業程序」於山區搜救中敘述：發現待救者時由搜救人員決定救援方式。是否脫鉤由特搜隊員判斷決定之，決定標準例如：一般「火場救生」、「水域救援」通常均不解除勾接；山難救援則視「被救者」有無行動能力？是否受傷？需否特別處置？等現場狀況。另先解除勾接，吊掛回收、直升機飛離，俟待救人員處理完成後，直升機再進場重新進行勾接吊掛的救援方式，主要是考量「被救者」處理（急救包紮、固定於擔架床…）需費時數分鐘至十數分鐘，如被救者能立即完成準備，馬上回收時，特搜隊員通常採行不脫鉤作業。調查發現：標準作業程序中未見決定救援方式之指導原則。本案特搜 A 員到

達地面後，發現被救者行動自如，故採行不脫勾方式直接吊掛。

2.5.2 吊掛作業評估

執行吊掛任務前應進行吊掛環境評估，以決定該次任務在現有人員素質、裝備條件下是否能在當時環境下繼續完成任務。

吊掛環境評估係直接影響任務成功與否，其中涉及特搜隊員對吊掛點安全度評估、機工長對鋼索導引頭之操作角限制熟悉及吊掛設備（森林穿越器、吊環、擔架等）選用、駕駛員是否能穩定實施精確滯空（山區地形及氣候變化掌握、飛行技巧嫻熟、航機性能及滯空高度等條件）以及組員間是否提供專業領域之正確建議以爲機長判斷之依據等因素。

該機於進行高、低空偵察時執行吊掛環境評估，其後執行二次吊掛，第 1 次無法下放而回收，第 2 次成功下放。依據訪談記錄，該機駕駛員曾在第 1 次吊掛前向特搜隊員詢問是否可進行吊掛，特搜隊員回答「可以，駕駛員可以穩定滯空我就可以做吊掛」。

檢視包括「內政部消防署勤（業）務標準作業程序」、相關訓練教材及訪談記錄發現，特搜隊未提供特搜隊員對於各種環境可否執行吊掛任務之評估標準，因此在任務執行時面對機長的詢問，特搜隊員均依據經驗及衡量自身能力的條件下回答，在缺乏客觀評估標準下可能產生主觀偏差。

2.5.3 吊掛作業安全

2.5.3.1 吊掛出艙前準備

檢視消防署聯合搜救組合訓練教材，要求配載頭盔必須束緊顎帶，另在訪談中發現事故機特搜隊員出艙前有進行換裝（如安全頭盔、個人小包等）、機內安全確認、勾掛、出艙準備及裝備交互確認（如勾環鎖緊、無線電確認、安全帽繫緊）

等作業。

調查發現：出艙前準備作業未見於特搜隊所屬之標準作業程序中。

2.5.3.2 目視吊掛人員

機工長在吊掛作業重要職責之一係為負責持續目視地面人員並指揮駕駛員修正吊掛位移，當機工長無法目視地面人員顯示該機已具相當程度之偏移。另消防署聯合搜救組合訓練教材內針對機組員職責分工：扣上鉤環、繩索未脫離前為駕駛員責任，脫離後則為搜救者責任；機工長任務為確保搜救者與被救援者安全，並執行飛機前、右、後、側視線安全聯絡引導確保工作。

依據機工長訪談記錄：該員發現飛機有向左前偏移現象二次共約 5 秒，第一次呼叫駕駛員修正位置，駕駛員亦配合調整，惟當時該員未能目視地面之特搜隊員，且不確定地面是否完成勾接。依「UH-1H 操作標準手冊」之吊掛相關作業程序中，多為機工長依特搜員手勢實施鋼繩回收或人員吊起等文字。

調查發現：機工長須保持目視地面吊掛人員及未能保持目視時之應變措施未於空勤總隊所屬之吊掛相關標準作業程序中完整敘述。

再者，該機雖具有切斷鋼索之功能，檢視空勤總隊相關作業程序，僅於消防署聯合搜救組合訓練教材中於救生吊掛救援中提及組合併認識，未具備明確且完整之斷索判斷原則及執行方式，提供第一線執勤人員據以執行。

2.5.4 吊掛人員墜落之搜救

該機機工長於吊掛過程中發現鋼索斷裂，機長繞行墜落區三圈，未發現掉落人員後返航。

特搜隊員執勤時須攜帶無線電對講機，該對講機有兩種型態：頭盔內建無線電對講機及攜帶型，空勤總隊 U 機機載 4 套無線電通訊設備及機內通訊系統，其中

一套為可與共勤人員構聯的勤務專用頻道，駕駛員可同時監聽 4 套通訊源及機內通訊源，也包含勤務專用頻道，再必要時駕駛員可選擇在勤務專用頻道上發話。

勤務專用頻道於上機前須設定，吊掛作業中須由副駕駛守聽，惟執行吊掛時因為噪音干擾，共勤人員與機工長以手勢溝通，機工長再透過機內通話通知駕駛員，若特搜人員落地離開吊掛狀態後，可使用無線電對講機與直昇機駕駛員構聯。

調查發現：執行無線電通訊時機、作業、設定及出艙前檢查程序，未明列於共勤雙方之標準作業程序中。

依據訪談記錄，該機吊掛人員墜落後，曾目視搜索未發現墜落人員，過程中未嘗試以無線電對講機與墜落之特搜隊員聯繫，該機駕駛員、機工長及共勤特搜隊員未能充分利用通訊系統功能之資源，於第一時間確認傷患狀態。

調查發現：共勤雙方之標準作業程序中未見緊急事故處理之相關程序。

2.5.5 傷勢原因

由錄影帶資料及現場勘察發現，該吊掛點位置附近佈滿疏密程度之樹林，現場有 10 棵以上之大樹及許多矮樹，人員墜落山谷與吊掛地點高差約 26 公尺。

肇致兩位人員重傷之傷勢情形分析如下：

1. 特搜隊 A 員回收入艙前，受鋼索拉力扯入樹林後，連續與樹木產生撞擊及摩擦，後因鋼索斷裂而墜落地面，肇致頭部外傷、枕骨骨折及右肱骨骨折等傷勢。該員因有搜救服及裝備保護，故身體遭受傷害的程度較低。
2. 待援民眾受鋼索拉力扯入樹林後，連續與樹木產生撞擊及摩擦，後因鋼索斷裂而墜落地面，肇致頭部、右眼、左膝等撕裂傷以及顱骨、顏面骨、右肱骨骨折等傷勢，而腦部也可能因撞及山壁或墜落時碰撞地面，造成右側硬腦膜下腔出

血及腦內出血等傷勢。

調查發現：待援民眾未有安全頭盔保護致頭部受傷嚴重。

2.5.6 醫療後送作業

檢視內政部空中勤務總隊「申請內政部空中勤務總隊派遣航空器作業規定」「派遣作業程序」「航空器派遣原則」規定：勤務需求及性能考量派遣適當機種執行。

第 1 梯次救援任務失敗後，勤務指揮中心派遣一架 AS-365 型直昇機、機組員及 1 名特搜隊 C 員（任務機長決定）及台中水湳機場 UH-1H 直昇機繼續救援救護任務，AS-365 型直昇機救生吊掛重量可達 600 磅、可裝載擔架 1-4 組並可搭載乘員為 6-8 員。依民航局對直昇機性能分類，該機歸類於二級性能直升機，可於醫院頂樓高架停機坪起降。UH-1H 型直升機之功能與 AS-365 型機大致相同，屬三級性能直升機，依據民航局規定禁止於高架停機坪起降。

AS-365 救援機因臨近救援現場先抵達，由特搜 C 員先行垂降現場，依據特搜隊 C 員報告及訪談資料顯示：當特搜隊 C 員抵達現場後，原救援計劃係將受傷與未受傷民眾由 A 機一併載送救醫，惟該受傷民眾當時無法站立，精神狀況不佳，且對特搜隊 C 員給予初步傷勢固定處理（止血、固定）非常排斥，因此特搜隊 C 員決定將特搜隊 A 員先以吊環吊掛上機，該機人員隨即先後送特搜 A 員，該機隨即約於 1200 時直抵台北榮總。另一架 UH-1H 直昇機到達現場時，特搜 C 員已完成受傷民眾簡易包紮，以擔架吊掛方式吊起於 1250 時松山機場落地。

調查發現：受傷民眾約於 1250 時由 UH-1H 型直昇機落地松山機場，再由救護車轉送，約於 1300 時抵達三軍總醫院，較特搜 A 員遲約 1 小時到院救治。

2.6 組織管理

2.6.1 支援機關共同執勤作業規定、權責及程序

內政部消防署與空中勤務總隊以相互支援協議書作為相互支援共同作業規範、權責及程序之標準依據，另內政部空中勤務總隊訂有共同執勤作業規定，內政部消防署訂有支援空中勤務總隊各項任務遣計劃。

檢視相互支援協定書及共同執勤作業規定，內容著重於相關單位航空器申請、人員派遣及概括性之任務執行要求及訓練支援，未針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目予以整合訂定共勤作業標準。

2.6.2 標準作業程序

調查小組檢視相關單位有關救生吊掛作業之相關程序，空中勤務總隊訂有救生吊掛設備標準操作程序、UH-1H 操作標準手冊中於救災專業及特種飛行大項內容含有救生吊掛作業、執行吊掛之標準操作程序、UH-1H 機種訓練規範中訂有救生吊掛作業訓練程序、操作要領、注意事項，另訓練規範中亦有繩索下降、短程吊運、高山救難之相關作業；消防署特搜隊於「內政部消防署勤（業）務標準作業程序」中列有救生吊掛作業作為特搜員執行各項任務之依據；另亞航亦提供原廠吊掛操作維修手冊。

調查發現：目前相關單位多以空中勤務總隊訂定之操作程序作為救生吊掛作業之程序，惟該程序未提供涵蓋各共勤單位之完整操作程序，包括對於安全作業職責劃分，操作限制因素、注意事項及各種環境可否執行任務之限制因素、風險辨識標準等均未具詳細指導原則。

2.6.3 安全管理

空勤總隊於事故後於 97 年 1 月 28 日已參照民航局 AC120-32B 以空勤安字第 0970000689 號已函頒訂定安全管理手冊，內容依航務、機務及勤指中心安全管理為主。依手冊安全權責，各單位均應納入辨識飛航風險及訂定標準。

依空勤總隊安全管理手冊規定，未來在勤務指揮中心應值勤人員應負責勤務

派遣之風險評估，監控操作地點之限制與安全、隨時監控天候因素、指揮管制優先以機種限制能力及操作範圍為主、因應風險採取預備機組人員之規劃 並彈性調整不同駐地飛機支援；在安全管理上，勤指中心作業手冊應提供緊急勤務安全風險管理機制並詳加監控、並訂定如飛行管制安全、任務派遣安全管制之作業程序程序。

未來在航務安全管理作業執行將以飛航組員安全職掌與臨時工作分配之標準程序、操作地點之限制及安全擬定、依機種律定天候因素與飛航半徑及勤務執行範圍限制、作業手冊納入辨識飛航風險及訂定標準、律定緊急任務之簡易風險評估卡及環境風險控管、緊急救難場飛航環境改變之風險控管為內容，

未來在機務管理將包括飛機維修之督導、委外修護之安全稽核等而作業執行亦將包含機務委外品質保證稽查必須符合原廠維修手冊。

調查發現未來上述安全管理手冊完成後，經由有系統之安全管理，將可保障未來任務執行單位或個人整體安全；另內政部消防署特搜隊如能依安全管理觀念依單位權責及作業執行整合成有系統之安全作業要求亦然。

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。

其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。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. 該機應於不規則之滾動氣流環境下執行 OGE 滯空，因作業區不易尋找明顯之操作參考點，不易判斷滯空之精確位置，可能產生修正延遲現象，影響滯空修正操作之時機致該機於執行人員下放後吊掛作業期間未保持穩定滯空狀態。
(2.2.3) (2.2.4)
2. 在吊掛作業過程中，飛機出現位移，導致 Fleet Angle 超過規範限制；同時鋼索鈎到樹枝而瞬間拉扯，Fleet Angle 超過 35 度造成應力集中現象，最後鋼索因瞬

間負載過大而斷裂，導致吊掛救護人員及待救援人員墜落受傷。(2.2.3) (2.4.2)

3.2 與風險有關之調查發現

1. 空中勤務總隊訂定之救生吊掛設備標準操作程序未提供涵蓋各共勤單位之完整操作程序，另對於安全作業職責劃分，操作限制因素、注意事項及各種環境可否執行任務之限制因素、風險辨識標準均未具詳細指導原則，無法滿足執行救生吊掛任務之安全需求。(2.2.5) (2.6.2)
2. 內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容未針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並訂定共同作業規範、權責及程序之標準。(2.6.2)
3. 吊掛飛行線操作及維護保養手冊中有關重要操作限制及注意事項未見於相關單位教育訓練教材或操作程序中。(2.3.2)

3.3 其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部份調查結果為大眾所關切，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。

1. 無證據顯示本次事故與人員生理、心理、藥物及酒精有關。(2.1)
2. 該機載重平衡在限制範圍內。(2.1)
3. 該名待援民眾未有安全頭盔保護致事故後頭部受傷嚴重。(2.5.5)
4. 該機飛航組員於任務前未確實執行飛航前準備及任務提示。(2.2.1)
5. 根據事實資料，調查小組認為 NA-520 直升機之救生吊掛系統功能在事故發生時係為正常。(2.3.1)
6. 空中勤務總隊執行不定期查核未發現救生吊掛之修護線作業、修護紀錄之完整

- 性缺失。(2.3.2)
7. 空中勤務總隊吊掛相關標準作業程序中未見機工長須保持目視地面吊掛人員、未能保持目視時之應變措施及明確且完整之斷索判斷原則及執行方式。(2.2.5) (2.5.3.2)
 8. 該機飛航組員於飛航中未充分利用組員資源管理技巧，保持狀況警覺。(2.2.5)
 9. 該機於到達事故地點後僅執行一次偵察航線，未按規定執行二次偵察航線，亦未詳細偵察風向及環境對執行任務之影響，高高度起降（山區）訓練未落實執行。
 10. 空中勤務總隊與特搜隊共勤雙方之標準作業程序中未見緊急事故處理之相關程序，如對講機之構聯。(2.5.4)
 11. 特搜隊標準作業程序中未見決定救援方式之指導原則、對於各種環境可否執行吊掛任務之評估標準、出艙前準備作業。(2.5.1) (2.5.2) (2.5.3.1)
 12. 亞航執行救生吊掛系統飛行前/後檢查之時機與原廠規範相同。其設計之飛行前/後檢查工作程序單與原廠規範幾無差異。(2.3.2)
 13. 亞航在飛行前之操作檢查及飛行後之鋼索檢查其所施放之長度與原廠規定有所差異。(2.3.2)
 14. 亞航於飛行前之救生吊掛系統檢查在運保 14-003 表上並無指定欄位簽署，同時飛行前/後檢查並未使用/簽署吊掛系統檢查之工作程序單。(2.3.2)
 15. 空中勤務總隊安全管理手冊完成並執行後，經由有系統之安全管理，將可保障未來任務執行單位或個人整體安全；內政部消防署如能依安全管理觀念依單位權責及作業執行整合成有系統之安全作業要求亦然。(2.6.3)

本頁空白

第四章 飛安改善建議

本報告中，增列相關單位於本會提出改善建議後，已完成或進行之具體改善措施。

致內政部空中勤務總隊

1. 要求飛航組員確依航務管理手冊、飛行任務準據、操作標準手冊及檢查手冊規定執行飛航任務前準備及任務提示。(ASC-ASR-08-10-001)
2. 重新檢視組員資源管理訓練並予落實。(ASC-ASR-08-10-002)

已完成之飛安改善措施：

自民國 97 年 3 月 26 日起分 6 梯次實施組員資源管理課程

3. 未能落實高高度（山區）訓練及滯空操作訓練應予改正。(ASC-ASR-08-10-003)

已完成之飛安改善措施：

事故後完成 UH-1H 檢定機師全面鑑測各員滯空操作科目能力與資格。

4. 檢視救生吊掛相關程序之完整合宜性，包括職責劃分，操作限制因素、風險評估、組員合作及緊急事故處理程序等。(ASC-ASR-08-10-004)
5. 檢視救生吊掛及其他類似組合訓練之訓練規範及執行方式，並加強救生吊掛系統操作人員對該系統之訓練。(ASC-ASR-08-10-005)
6. 加強對亞航飛行線上修護工作之查核。(ASC-ASR-08-10-006)

已完成之飛安改善措施：

自民國 97 年 8 月起增派空勤機工長共同實施品保稽查，將飛行線上修護納入必檢項目。

7. 儘速於近期檢視內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容與安全作業有關權責，並針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並納入共勤作業及任務提示項目。(ASC-ASR-08-10-007)
8. 落實執行安全管理手冊。(ASC-ASR-08-10-008)

致亞航

1. 依原廠規定或已核可之工單實施救生吊掛系統之飛行前/後檢查，並詳實簽署/記錄檢查結果。(ASC-ASR-08-10-009)

已完成之飛安改善措施：

新訂 UH-1H 與 B-234 機型救生吊掛檢查工作單，設有維修者及審核者等指定簽名欄位；於民國 97 年 7 月 4 日起實施直昇機救生吊掛使用封條機制確保救生吊掛安全可靠及檢查完整性。

致內政部消防署特種搜救隊

1. 強化標準作業程序包括吊掛相關內容，如：決定救援方式之指導原則、對於各種環境可否執行吊掛任務之評估標準、出艙前準備作業及緊急事故處理程序等。(ASC-ASR-08-10-010)

已完成之飛安改善措施：

已於民國 97 年 7~8 月分別召開 3 次山區搜救標準作業程序研修會議並於民國 97 年 8 月 6 日消署搜字第 0971800239 函頒各分隊。

2. 儘速於近期檢視內政部消防署與空中勤務總隊相互支援協議書內容與安全作業有關權責，並針對不同共勤作業方式中需共同執行、作業重疊或於共同評估後決定之項目整合並納入共勤作業及任務提示項目。(ASC-ASR-08-10-011)
3. 依安全管理觀念成立風險管理小組並積極研擬風險管理推動事宜。

(ASC-ASR-08-10-012)

4. 於執行吊掛搜救時，考量被救援民眾配戴安全頭盔之可行性。

(ASC-ASR-08-10-013)

本頁空白

附錄一 正駕駛檢定報告表

附表一

內政部空中勤務總隊飛航駕駛（旋翼機）飛行術科檢定查核報告表							
單位	職別	姓名	機型	機號	機型飛行時間	飛行總時間	
勤勤內隊	飛行員	李自明	UH-1H	503	3400:50	5680:30	
項目： 「S」滿意：Satisfactory 「U」不滿意：Unsatisfactory 「N」未實施：Not applicable					「S」 滿意	「U」 不滿意	「N」 未實施
1、飛航公告。					✓		
2、飛行計畫。					✓		
3、口試。					✓		
4、載重平衡。					✓		
5、油量計算與飛機性能查閱。					✓		
6、飛行前、後檢查。					✓		
7、座艙程序（含開、試車及關車程序）。					✓		
8、滯空課目操作。					✓		
9、上昇及下滑。					✓		
10、正常起飛及落地。					✓		
11、航線操作。					✓		
12、重飛。							
13、大性能起飛。					✓		
14、大角度進場。					✓		
15、滾行起飛及落地。							
16、斜坡地操作。					✓		
17、小轉彎。					✓		
18、滯空自動旋轉。					✓		
19、基本自動旋轉。					✓		
20、各項緊急程序操作。					✓		
21、模擬單發動機失效。							
22、CAT-A 類操作。							
23、高高度起降。							
24、峰頂。							
25、閉塞。							
26、精確滯空。					✓		
27、救生吊掛。							
28、機腹吊掛。							
29、長索攀降。							
30、水袋操作。							
31、短程吊運。					✓		
32、吊籃操作。							
33、吊環操作。							
34、吊網操作。							
35、目視航路飛航。							
36、地圖導航。							
37、協同任務組合訓練。							
38、基本儀器飛航。							

39、AFCS 操作。					
40、AP 及 FD 操作。					
41、GPS 操作。					
42、儀器離場。					
43、精確進場 (ILS)。					
44、非精確進場 (TACAN、LDA、VOR、ADF 及 GPS)。					
45、空中待命及儀器離場、循跡。					
46、海上搜尋與搜救。					
47、夜航。					
48、迷航進場程序。					
49、航管通話程序。	✓				
50、飛行中發動機再啟動 (教官訓練)。					
51、不正常動作改正 (教官訓練)。					
52、教學能力 (教官訓練)。	✓				
53、C.R.M (座艙組員資源管理)。	✓				
54、判斷力與決心。	✓				
55、					
56、					
57、					
58、					
59、					
60、建議及講評：	操作教學合格，檢定教師檢定合格。				
種類： ☐ 訓練	結果： ☒ 合格	本次飛行時間：1250			
☒ 年度檢定	☐ 不合格				
☐ 查核					
合格考驗項目 (機型及職別)	UH-1H 飛航檢定教師				
日期：96年3月20日	檢定教師簽署：伍開雄	督考官簽署：			

(*) 正常與不正常程序檢定得評估後與其他項目合併實施，受檢人之成績檢定必要依操控飛機、認知及分析不正常指示之能力並時以正確程序改正。

附錄二 副駕駛檢定報告表

附表一

內政部空中勤務總隊飛航駕駛（旋翼機）飛行術科檢定查核報告表						
單位	職別	姓名	機型	機號	機型飛行時間	飛行總時間
一大二	飛行員	郭仁發	UH-1H	512	990:35	2004:45
項目：				※項目得視情況酌減		
「S」滿意：Satisfactory 「U」不滿意：Unsatisfactory 「N」未實施：Not applicable				「S」 滿意	「U」 不滿意	「N」 未實施
1、飛航公告。				✓		
2、飛行計畫。				✓		
3、口試。				✓		
4、載重平衡。				✓		
5、油量計算與飛機性能查閱。				✓		
6、飛行前、後檢查。				✓		
7、座艙程序（含開、試車及關車程序）。				✓		
8、滯空課目操作。				✓		
9、上昇及下滑。				✓		
10、正常起飛及落地。				✓		
11、航線操作。				✓		
12、重飛。				✓		
13、大性能起飛。				✓		
14、大角度進場。				✓		
15、滾行起飛及落地。				✓		
16、斜坡地操作。						
17、小轉彎。						
18、滯空自動旋轉。						
19、基本自動旋轉。				✓		
20、各項緊急程序操作。						
21、模擬單發動機失效。						
22、CAT-A 類操作。						
23、高高度起降。						
24、峰頂。						
25、閉塞。						
26、精確滯空。				✓		
27、救生吊掛。						
28、機腹吊掛。						
29、長索舉降。						
30、水袋操作。						
31、短程吊運。						
32、吊籃操作。						
33、吊環操作。						
34、吊網操作。						
35、目視航路飛航。						
36、地圖導航。						
37、協同任務組合訓練。				✓		
38、基本儀器飛航。						

39、AFCS 操作。			
40、AP 及 FD 操作。			
41、GPS 操作。			
42、儀器離場。			
43、精確進場 (ILS)。			
44、非精確進場 (TACAN、LDA、VOR、ADF 及 GPS)。			
45、空中待命及儀器攔截、追蹤。			
46、海上搜尋與搜救。			
47、夜航。			
48、迷失進場程序。			
49、航管通話程序。	✓		
50、飛行中發動機再啟動 (教官訓練)。			
51、不正常動作改正 (教官訓練)。			
52、教學能力 (教官訓練)。			
53、C.R.M (座艙組員資源管理)。	✓		
54、判斷力與決心。	✓		
55、			
56、			
57、			
58、			
59、			
60、建議及講評： <u>自轉進入急遽下降程序處理，餘操作良好，合格。</u>			
種類： ☐ 訓練	結果： ☒ 合格	本次飛行時間： <u>2:00</u>	
☒ 年度檢定	☐ 不合格		
☐ 查核			
合格考驗項目 (機型及職別) <u>UH-1H 正駕駛</u>			
日期： <u>96年3月2日</u> 檢定教師簽署： <u>李自明</u> 督考官簽署：			

(*) 正常與不正常程序檢定得評估後與其他項目合併實施，受檢人之成績檢定必要依據操控飛機、認知及分析不正常指示之能力並時以正確程序改正。

附錄三 UH-1H 載重計算表

01/16/2008 15:25 033984122

NASC-1-2

PAGE 02

033984122

U H - 1 H 直 昇 機 載 重 計 算 表				96年12月28日		
機號	520	校正因素	61.2	NI Topping 值(%)	99	
起飛地	松山		扭力 Topping 值(psi)	0		
起飛地壓力高度	0		BGT Topping 值(°C)	0		
起飛地溫度+2度	24		飛機基本重量	5628		
落點	17		正駕駛重量(含個裝)	150		
第一目的地	3000		副駕駛重量(含個裝)	180		
第一目的地壓力高	29		機工長重量(含個裝)	130		
第一目的地溫度	15		特授員重量(含個裝)	0		
第二目的地	18		隨機裝備重量	53		
第二目的地壓力高	0		起飛燃油量	1300		
第二目的地溫度	23		操作總重(上列各項合計)	7441		
起飛地載重計算 (Departure)			有地面效應(IGE)		無地面效應(OGE)	
最大可用扭力 (PSI)			指示	47.5	校正	47.0
最大容許總重(磅)			9500		9460	
一操作總重(磅)			7441			
=最大計劃酬載重量(磅)			2059		2019	
一保留重量(安全值)			250			
=最大安全酬載重量(磅)			1809		1769	
一搭載人員重量(磅)			500			
一搭載裝備重量(磅)			0			
=最大安全起飛重量(磅)			1309		1269	
第一目的地載重計算 (Arrival)			有地面效應(IGE)		無地面效應(OGE)	
最大可用扭力 (PSI)			指示	50.5	校正	50.0
最大容許總重(磅)			9500		9500	
一操作總重(磅)			7941			
+ 航程耗油量(磅)			400			
=最大計劃酬載重量(磅)			1959		1959	
一保留重量(安全值)			250			
=最大安全落地重量(磅)			1709		1709	
+ 卸載人員裝備重量(磅)			0			
一搭載人員重量(磅)			540			
一搭載裝備重量(磅)			0			
=最大安全起飛重量(磅)			1169		1169	
第二目的地載重計算 (Arrival)			有地面效應(IGE)		無地面效應(OGE)	
最大可用扭力 (PSI)			指示	47.5	校正	47.0
最大容許總重(磅)			9500		9460	
一操作總重(磅)			8081			
+ 航程耗油量(磅)			0			
=最大計劃酬載重量(磅)			1419		1379	
一保留重量(安全值)			250			
=最大安全落地重量(磅)			1169		1129	
+ 卸載人員裝備重量(磅)			0			
一搭載人員重量(磅)			0			
一搭載裝備重量(磅)			0			
=最大安全起飛重量(磅)			1169		1129	

製表: 邱光祺

審核:

本頁空白

附錄四 HS-20200-501 系列救護吊掛拆檢測試報告

日期：97 年 01 月 03 日 09:00~16:30

地點：台南亞洲航空公司

參加人員

飛安會：李延年飛安官

空勤總隊：高勝治科長等 2 人

亞洲航空公司：孫文龍組長，林來福領班等 8 人

測試項目

1. 資格審查
2. 操作測試
3. 負載測試
4. 細部拆檢

吊掛基本資料

製造廠：BREEZE-EASTERN

廠家料號：BL-20200-501

序號：66C

生產日期：2/02

重量：79 lbs

資格審查

台南亞洲航空公司於 93 年 9 月 28 日與 HS-20200-501 系列救護吊掛原廠 BREEZE-EASTERN 公司簽訂技術支援協定（Technical Assistant Agreement，如附件一），並具備技令：

1. 飛行線操作及維護保養手冊 TD-00-006（Flight Line Operation & Maintenance Manual），如附件二。
2. 附件維護保養手冊 TD-03-003（Component Maintenance Manual），如附件三。

該公司可執行空勤總隊所委託之 961228 NA520 調查案救護吊掛檢測相關事宜。

操作測試

1. 開箱後該救護吊掛外觀正常，廠家料號及序號正確無誤，斷裂之鋼纜已拆除，箱內僅有吊掛本體，執行操作及負載測試所須鋼纜均使用亞洲航空公司妥善之測試件。
2. 操作測試執行鋼纜全程（245 呎）收放各兩次，以高速及低速收放鋼纜操作正常，排纜器作用正常，無超溫狀況發生。

負載測試

1. 執行負載 600 磅靜態測試無滑動現象發生，以低速動態收放鋼纜全程（245 呎）各兩次，操作狀況正常，無超溫狀況發生。
2. 執行負載 250 磅靜態測試無滑動現象發生，以高速動態收放鋼纜全程（245 呎）各兩次，操作狀況正常，無超溫狀況發生。
3. 執行負載 1200~1800 磅滑動離合器脫離測試，以千斤頂連接磅秤再連接鋼纜及吊掛絞盤，千斤頂向下持續施力至磅秤指針指示 1420 磅後，吊掛內部滑動離合器脫離，持續施力磅秤指針指示不再增加，吊掛絞盤位置因滑動離合

器脫離致向下移動，符合規範要求，無超溫狀況發生。

細部拆檢

1. 漏放齒輪箱及變速箱滑油。
2. 拆除吊掛輪轂兩側蓋板，檢查內部電氣線路正常。
3. 檢視排纜器鍊條張力正常，傳動齒輪正常。
4. 拆除鋼纜導角裝置，內部炸藥包無法檢視，炸藥包線路未連接，裝置外部鋼纜導引滑輪作用正常。
5. 自固定型架拆下吊掛輪轂，拆除輪轂內部行星齒輪組，拆除輪轂內部滑動離合器，檢查各齒輪齒條及來令片均正常。

初步結論

該救護吊掛（廠家料號：BL-20200-501，序號：66C）經測試及拆檢後，可判定功能正常，內部各零件均無不正常磨耗。

本頁空白

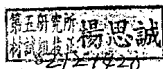
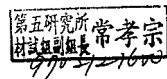
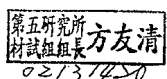
附錄五 中科院檢測報告

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-7-030

Materials Test Report

頁次(page): 1/16

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 鋼纜破壞件、固定環	項數 / 件數 No. of Items/Pieces 2/2		
試驗項目 Test Items 破損原因鑑定 成份、金相分析、抗拉試驗、表面形態觀察	日期 Date Y/M/D 97/01/24	建築 Acceptance 97/01/24	完成 Issue 97/02/12
試驗方法(規範) Test Methods/Specifications ASTM E3-01	試驗儀器 Test Instruments 碳、硫分析儀 EPMA、OM、SEM/EDS、泛能材料試驗機		
1.前言: 申請單位送驗壹組直昇機吊掛作業中斷裂之鋼纜與它的固定環(外觀如照片一),並提供此鋼纜的承載負荷等資料(如申請單附件),委請本組進行此件鋼纜的材質成份分析、金相分析、抗拉試驗及斷裂面形態觀察,並研判鋼纜的斷裂原因。 2.表面形態觀察及元素定性分析結果: 2.1 固定環的巨觀檢查結果: 破斷鋼纜的固定環之圓孔如照片二所示,呈受力變形而造成一方向拉長狀,此同方向的固定環內表面可見由此鋼纜造成的新磨損,如照片三所示。初步推判此固定環的圓孔變形和新磨損應與此次鋼纜的斷裂有關聯。 2.2 鋼纜的破斷面巨觀檢查結果: 送驗鋼纜係 19 × 7 strand wraps,由心部的七股鋼繩(絞成一束)以及外圍的十二股鋼繩(分四束,每束三股先纏繞)絞成一體,每股鋼繩係由七條鋼線組成。此鋼纜的斷裂處外觀如照片四,外圍十二股鋼繩已散開,破斷的鋼線呈參差不齊狀態。以實體顯微鏡觀察結果如照片五、六所示,可知有些鋼線的斷口呈頸縮現象,有些鋼線的斷口呈剪破壞形態。 2.3 鋼纜的破斷面 SEM 觀察及元素定性分析結果: 由此鋼纜剪下數股鋼繩的破斷口部份,利用掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察,其中數支鋼線的破斷面形態如照片七至十五所示,可推判它們係由於剪、拉應力作用造成破壞,大多數鋼線均有受到剪力作用,單純拉伸造成的破壞所佔之比例較小。此外,相當比例的破斷鋼線之斷口附近外表面受到磨損,且部份區域可見受到壓力造成的變形(如照片九、十三)。			
填寫 Prepared by 連絡電話 Contact Tel. (03)4712201 ext: 357264 	審查 Reviewed by 	核定 Approved by 	

※ 注意:

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.

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

材料測試報告

編號(No.): 97 專-7-030

Materials Test Report

頁次(page): 2/16

抗拉試驗後的鋼纜破斷面形態如照片十六至十八，可見由剪力造成的破壞形態（照片十七）、由拉力造成的破斷面形態（照片十八）以及剪力和拉力合成造成的破壞形態（照片十六）。

部份鋼線的破斷面上可見雜質，以 EDS 分析結果如圖一至圖三，主要成份為含 Ca、Al、Si、S、K 和 Cl 等的雜質。

2.4 固定環的表面形態觀察及元素定性結果：

照片十九、二十為固定環受鋼纜磨損的表面形態，可見表面有許多的碎屑，此碎屑以 EDS 分析結果如圖四，主要成份為 Cu、Fe、Ni、Al、Mn 和 Cr，與此固定環的化學組成（圖五）相近。

3. 鋼纜的材質分析結果：

3.1 鋼纜的成份分析結果

此鋼纜的截面鑲埋試件研磨、拋光後以 EPMA（電子探針顯微分析儀）分析，並取少量試樣以碳、硫分析儀分析碳、硫含量，結果如下：

元素	C	Si	S	Cr	Mn	Ni	Mo	Cu	Fe
Wt%含量	0.091	0.42	0.005	18.97	0.78	8.28	0.19	0.16	Rem.

由鋼纜的化學成份分析結果研判材料規格為 AISI 302 不銹鋼。

3.2 金相分析結果：

此鋼纜試樣取一段製作鑲埋金相試件，經研磨、拋光後未腐蝕的金相如照片二十一，材質的清淨度良好；以 Fry's reagent 腐蝕後 200 倍和 1000 倍金相分別如照片二十二、二十三所示，研判為冷加工硬化的組織。

3.3 鋼纜的抗拉試驗：

由送驗鋼纜切取靠近不使用部份（表面有紅漆）的一段作抗拉試驗，使用 MTS 20/G 型泛能材料試驗機，並使用一組讓鋼纜繞過的特製輪形夾具，試驗裝置如照片二十四。試驗時機具夾頭走速為 5mm/min，試驗至此鋼纜斷裂而負荷急降時停止。試驗結果此鋼纜可承受的最大負荷為 1340 kgf，大於此鋼纜的靜態最大負荷規格（1800 lbf 或 816 Kgf，依申請人提供之附件 P.2）。抗拉試驗後的鋼纜破斷面形態如照片二十五所示，外部的鋼繩已鬆弛且部份破斷，而內部的七股鋼繩均已破斷。

4. 討論：

4.1 由鋼纜的材質分析結果，確認此鋼纜破壞件之材質正常，其靜態抗拉負荷能力符合規格要求。

4.2 由本次吊掛作業時斷裂的鋼纜之斷口形態觀察結果，剪斷裂（shear break）所佔比例相當高，並且許多鋼線的斷口附近表面和鋼纜的固定環表面均有嚴重刮痕，以及此鋼纜的斷裂處在其受彎折力的固定環附近，研判此次鋼纜斷裂與斷裂前的 Fleet Angle 過大有關。

4.3 由申請單位提供之鋼纜資料（如申請單附件 P.2），此鋼纜在與地面垂直線呈 30 度的 Fleet Angle 時（非操作狀況）能承載 1800 lbf，但如果承載的吊掛物瞬間移動速率增加，則因加速度提升，其可承載負荷會降低。本案由鋼纜靠吊掛物端呈現扭曲形態（照片二十六），以及申請人告知本次吊掛現場的目擊情況，研判此鋼纜係因吊掛物收上時異常的側向快速移動以致鋼纜的 Fleet Angle 過大，導致鋼纜的瞬間負載過大，因此造成斷裂。

5. 結論：

送驗鋼纜的材質正常，且靜態抗拉負荷能力符合規格要求。由鋼纜的破斷面形態和扭曲形態，研判此鋼纜係因吊掛物收上時異常的側向快速移動以致鋼纜的 Fleet Angle 過大，導致鋼纜的瞬間負載過大，因此造成斷裂。

Form No.: MTES-T-005-2

Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

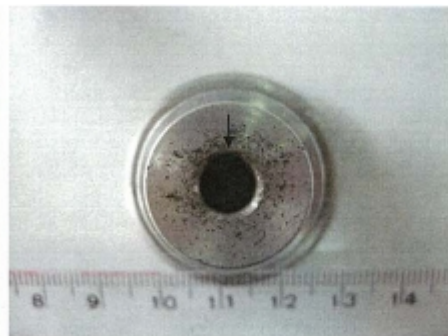
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

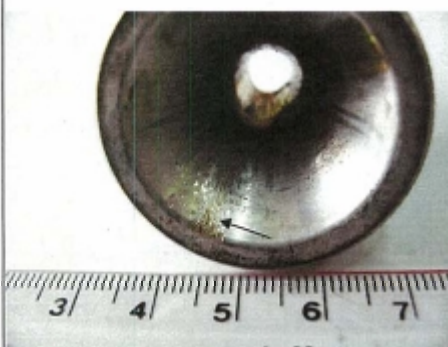
頁次(page): 3/16



照片一、送驗鋼纜和固定環的外觀



照片二、固定環的圓孔有變形（箭頭處）



照片三、固定環表面因鋼纜造成之新磨損（箭頭處）



照片四、鋼纜的斷裂處外觀



照片五、此支鋼線斷口呈頸縮現象



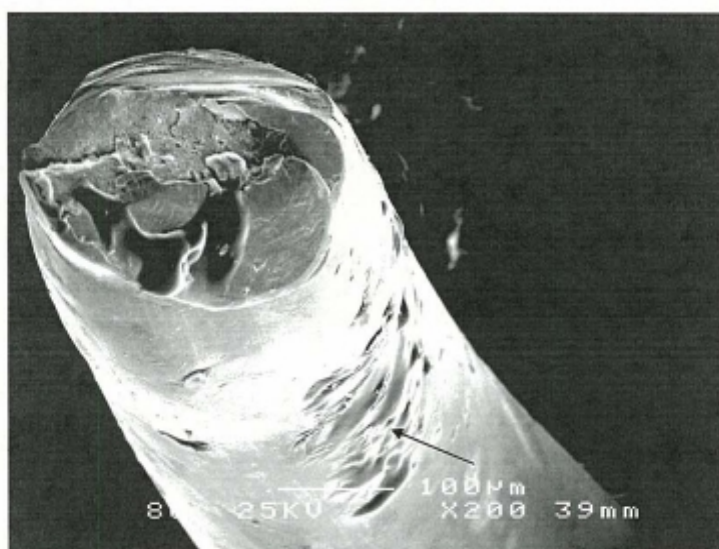
照片六、此支鋼線斷口呈剪破壞形態

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

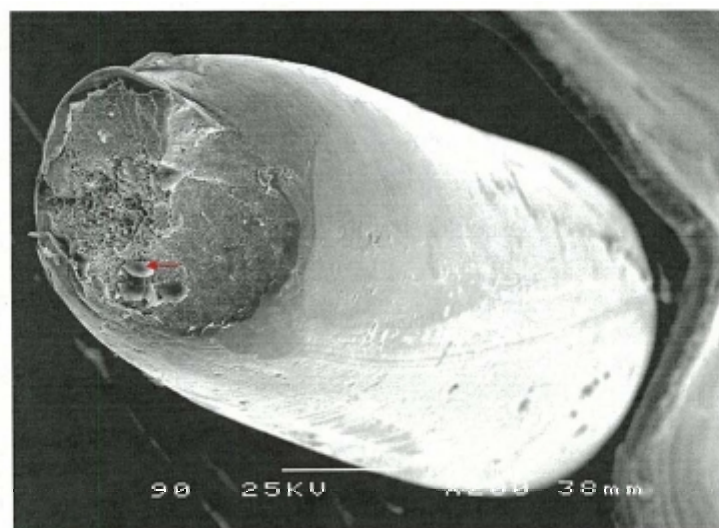
材料測試報告

Material Test Report

編號(No.): 97 專-7-030



照片七、#1 鋼線的斷面形態，四周呈現剪破壞，心部呈過負荷破壞，外表面有刮傷（箭頭處）



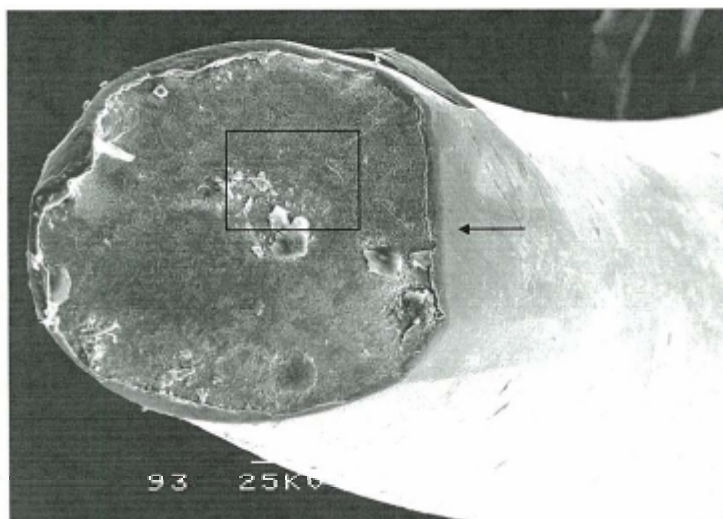
照片八、#2 鋼線的斷面形態，呈現拉力過負荷破壞，斷口有頸縮(Necking)

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-7-030

頁次(page): 5/16



照片九、#3 鋼線的斷面形態，箭頭處受壓縮變形



照片十、為照片九之鋼線斷面方框區域放大的形態，呈現混合拉、剪應力造成的凹窩形態

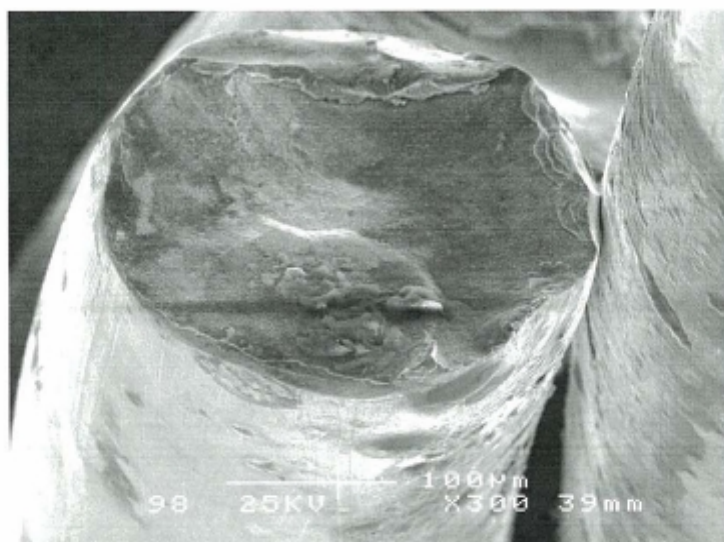
Form No.: MTES-T-005-2

Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

材料測試報告 Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 6/16



照片十一、#4 鋼線的斷面形態，四周呈現剪破壞



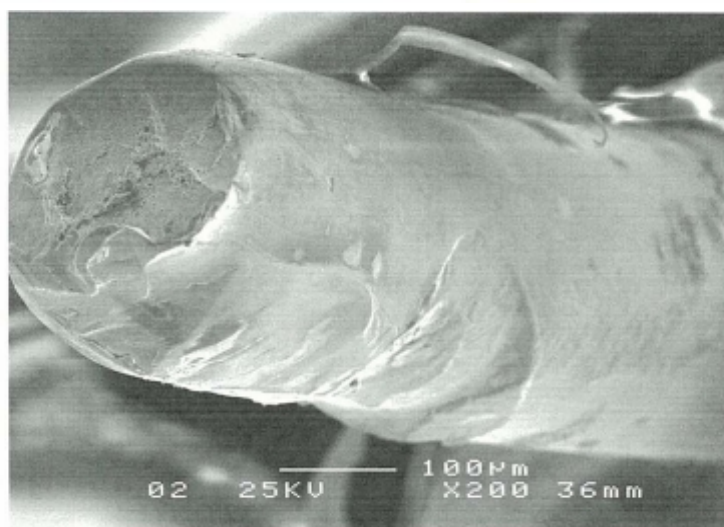
照片十二、#4 鋼線局部斷面的形態，呈現混合拉、剪應力造成的凹窩形態，箭頭處為孔洞

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

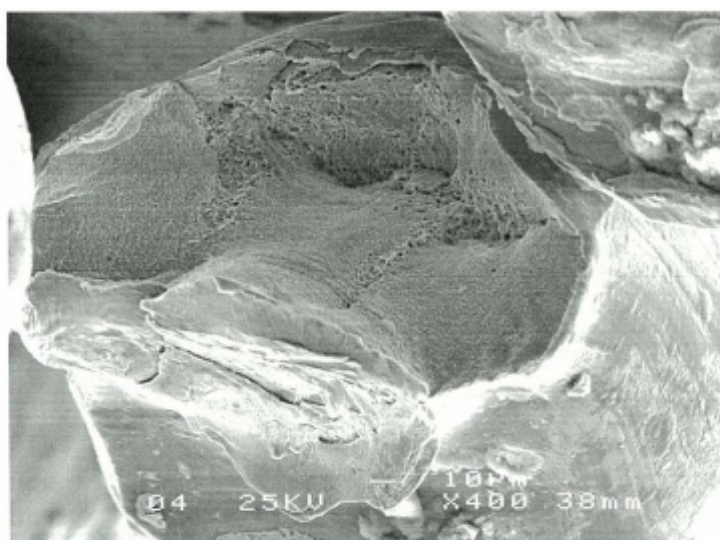
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 7/16



照片十三、#5 鋼線的斷面形態，下方表面受力而有塑變



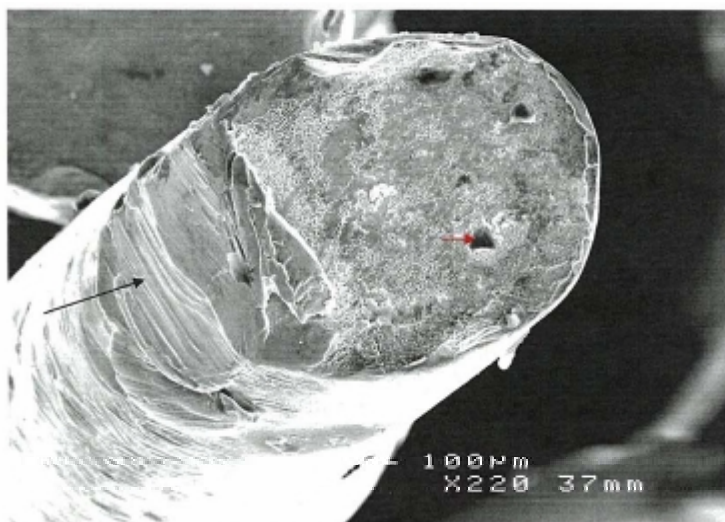
照片十四、#6 鋼線受過大拉力負荷的斷裂面形態，左下部份受外力而有塑變

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

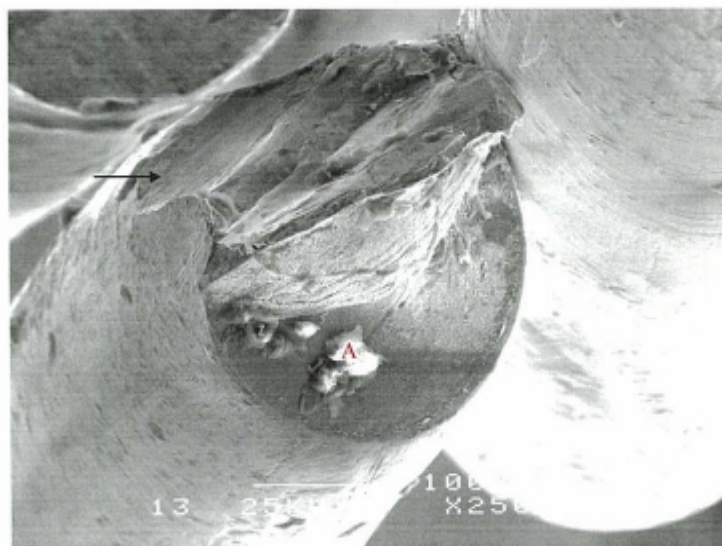
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 8/16



照片十五、#7 鋼線受剪負荷的斷裂面形態，箭頭指示部份顯示受剪力作用



照片十六、拉伸試驗後的#1 鋼線的斷裂面形態，箭頭指示部份顯示受雙軸向應力造成之剪力作用

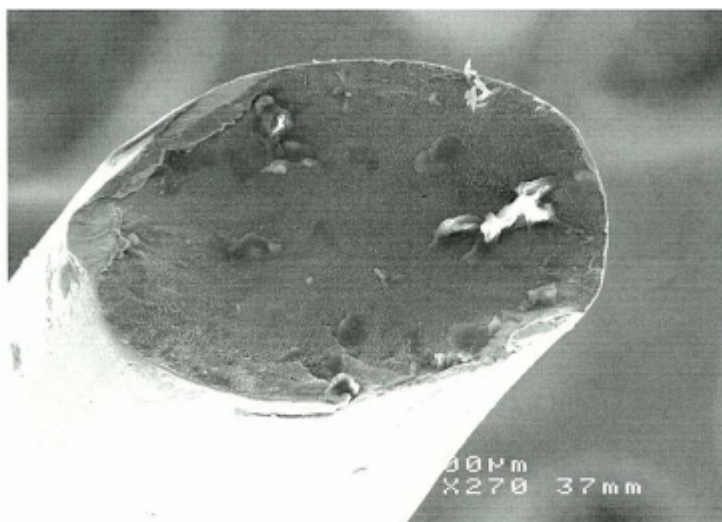
Form No.: MTES-T-005-2

Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

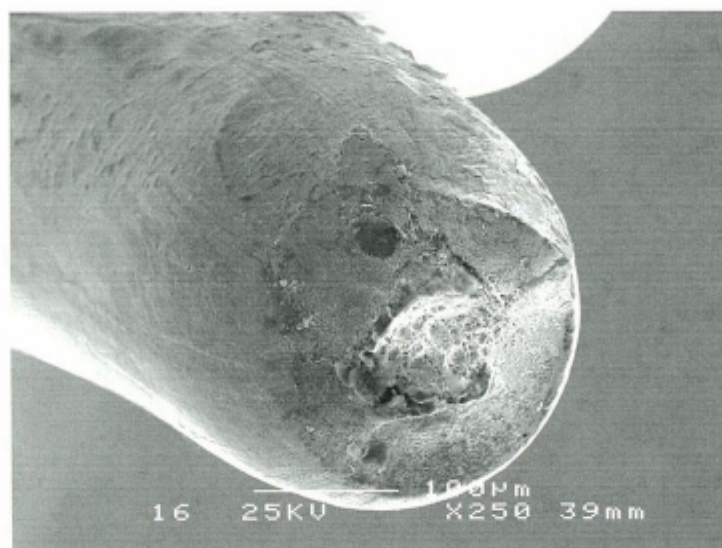
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 9/16



照片十七、拉伸試驗後的#2 鋼線的斷裂面形態，顯示受剪力破壞



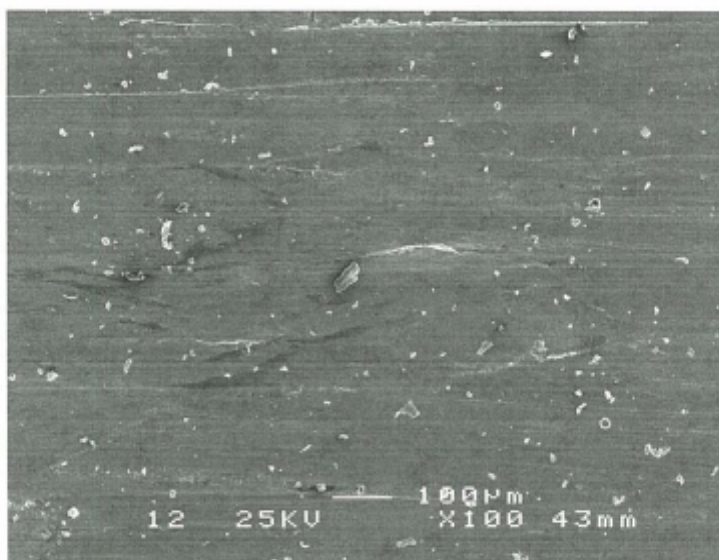
照片十八、拉伸試驗後的#3 鋼線的斷裂面形態，顯示受拉力破壞

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

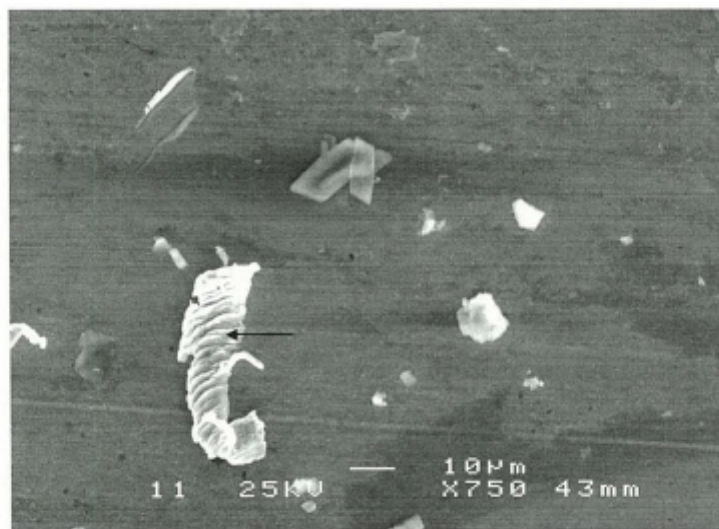
材料測試報告 Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 10/16



照片十九、固定環受鋼纜磨損的表面形態，表面有許多的碎屑



照片二十、固定環受磨損的表面之碎屑形態

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

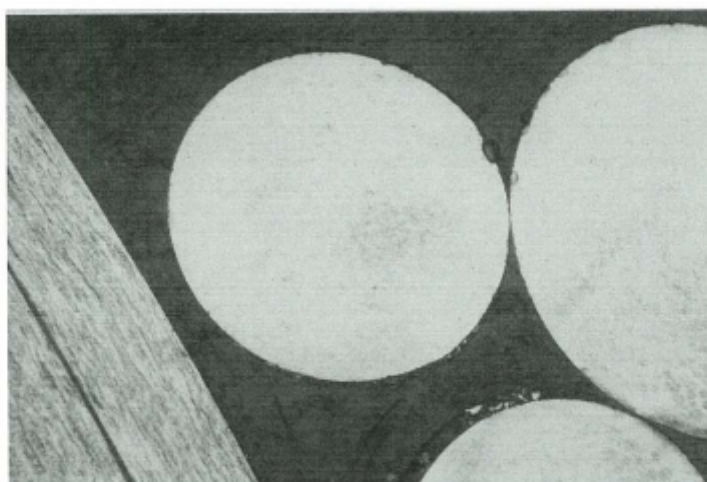
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 11/16



照片二十一、鋼纜試樣之鋼線的橫截面未腐蝕的金相 (OM, x200)



照片二十二、鋼線的橫截面金相 (Fry's reagent, x 200)

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

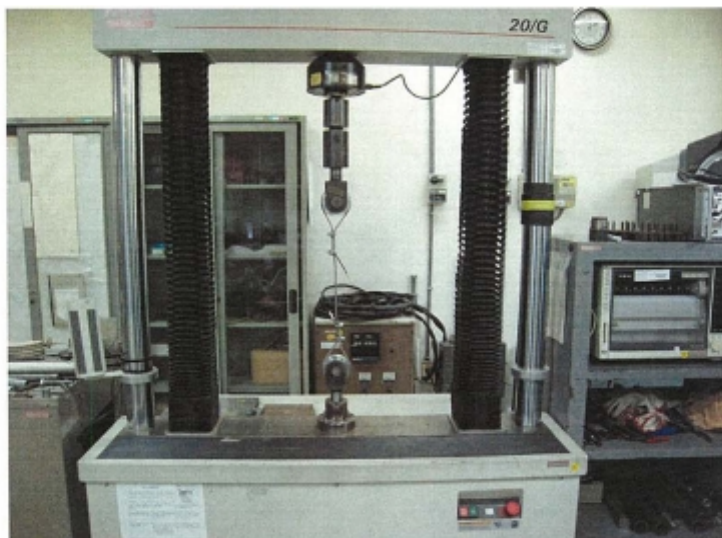
材料測試報告
Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 12/16



照片二十三、鋼線的橫截面金相，其中多個黑點為金相腐蝕時造成的孔蝕(pitting)現象
(Fry's reagent, x 1000)



照片二十四、鋼纜試樣的拉伸試驗裝置，機台為 MTS 20/G 型

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-7-030

頁次(page): 13/16



照片二十五、鋼纜拉伸試驗時於最大負荷斷裂後的破壞形態，心部七股鋼纜全斷



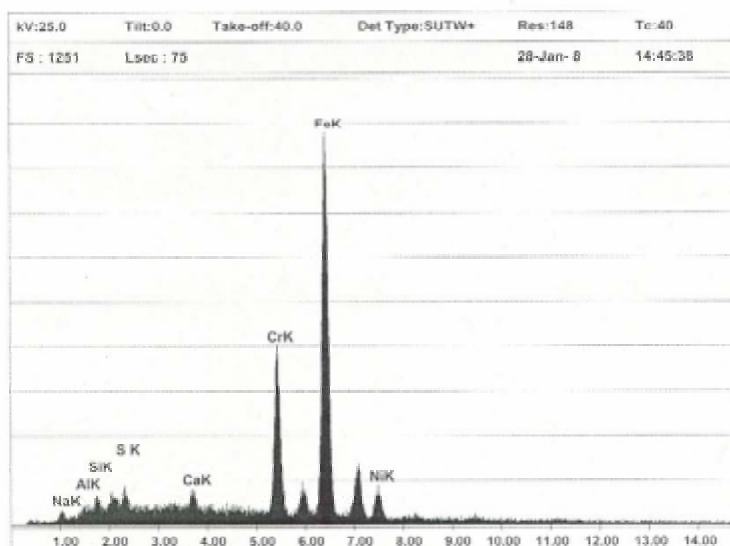
照片二十六、靠吊掛物端的鋼纜呈現扭曲形態，鋼纜的外部呈扭緊狀而心部擠出

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

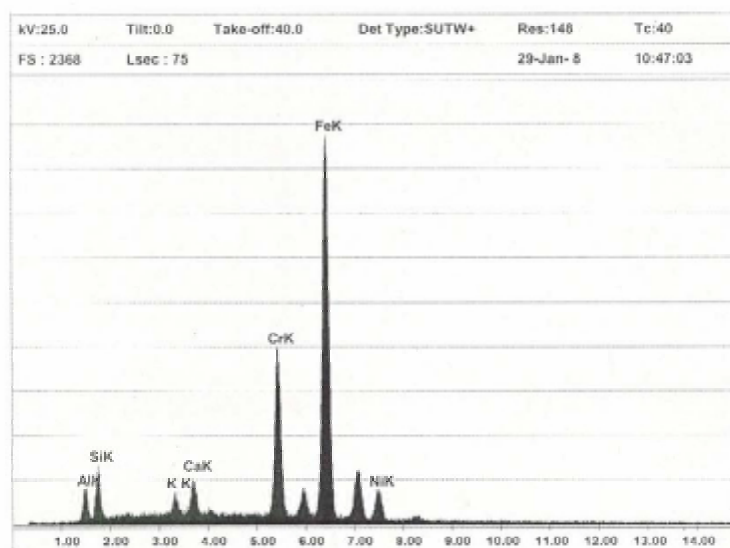
材料測試報告 Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 14/16



圖一、為照片八中箭頭指示的雜質之 EDS 定性分析能譜



圖二、為照片十五中箭頭指示的雜質之 EDS 定性分析能譜

Form No.: MTES-T-005-2

Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

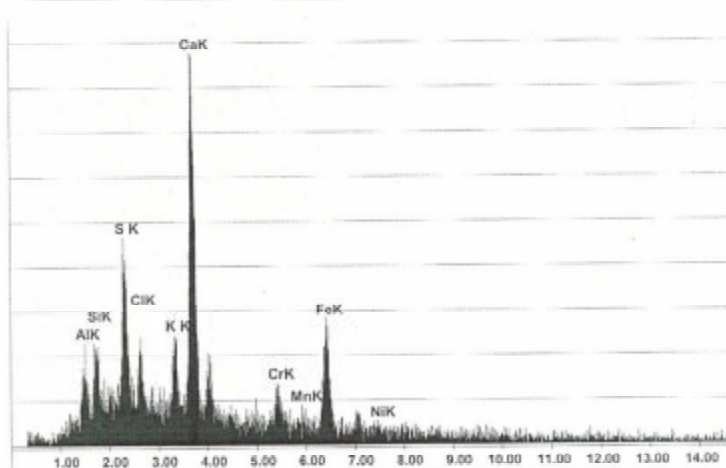
材料測試報告

Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

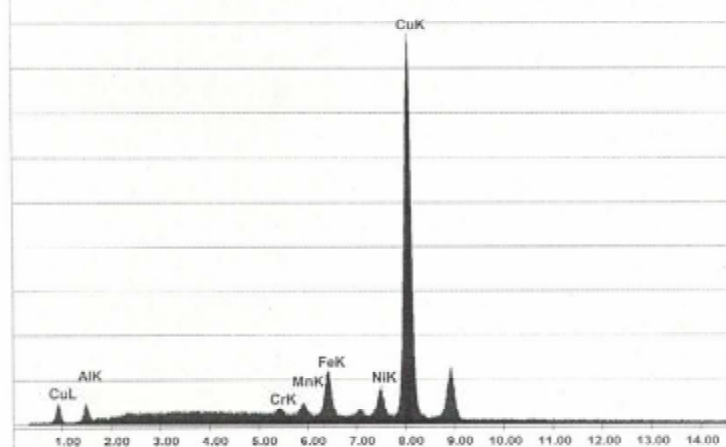
頁次(page): 15/16

kV:25.0	Tilt:0.0	Take-off:40.0	Det Type:SUTW+	Res:148	Tc:40
FS : 248	Lsec : 75			29-Jan-8	16:03:04



圖三、照片十六中標示 A 的雜質之 EDS 定性分析能譜

kV:25.0	Tilt:0.0	Take-off:40.0	Det Type:SUTW+	Res:148	Tc:40
FS : 5320	Lsec : 75			29-Jan-8	14:54:54



圖四、為照片二十中固定環表面碎屑（箭頭指示）之 EDS 定性分析能譜

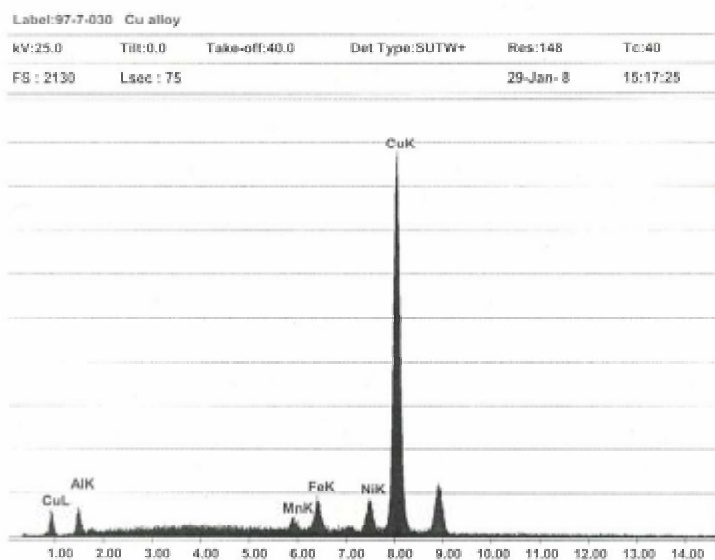
Form No.: MTES-T-005-2

Issued: 81/10/15, Revised: 93/09/01

材料測試報告 Materials Test Report

編號(No.): 97 專-7-030

頁次(page): 16/16



--以下空白--

附件

附件一 GPS 飛航軌跡

附件二 UH-1H 型直升機操作手冊性能資料

附件三 內政部消防署暨空中勤務總隊籌備處相互支援協定書

附件四 救生吊掛作業

附件五 高山救難

附件六 航務管理手冊

附件七 飛行員訓練手冊

附件八 UH-1H 操作標準手冊

附件九 飛航人員個人資料

附件十 直升機山區飛行與救護

附件十一內政部消防署勤（業）務標準作業程序

本頁空白

國家圖書館出版品預行編目資料

飛航事故調查報告：中華民國 96 年 12 月 28 日，內政部
空中勤務總隊機型 UH-1H，編號 NA-520，於烏來中嶺
山區執行吊掛救援時人員墜落受傷/ 行政院飛航安全
委員會編著.-- 初版.-- 臺北縣新店市：飛安委員會，
民 97. 12

面； 公分

ISBN 978-986-01-7077-1 (平裝)

1. 航空事故 2. 飛行安全

557.909

97024705

飛航事故調查報告

飛航事故調查報告：中華民國 96 年 12 月 28 日，內政部空中勤
務總隊機型 UH-1H，編號 NA-520，於烏來中嶺山區執行吊掛救援
時人員墜落受傷

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 臺北縣新店市北新路 3 段 200 號 11 樓

網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 97 年 12 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：1009704055

ISBN：978-986-01-7077-1

定價：新台幣 1530 元

出版品內容可至上開網址「出版品與著作」中全文下載