



勞工安全衛生研究報告

懸空作業職災情境分析及作業輔助平臺之研發

Scenario Analysis of Fatal Occupational Accidents of Work at Height and Innovative Design of Elevating Aerial Platform



懸空作業職災情境分析及作業輔助平臺之研發 IOSH99-S315

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

懸空作業職災情境分析及作業輔助平台 之研發

Scenario Analysis of Fatal Occupational Accidents of Work at Height and Innovative Design of Elevating Aerial Platform

懸空作業職災情境分析及作業輔助平臺 之研發

Scenario Analysis of Fatal Occupational Accidents of Work at Height and Innovative Design of Elevating Aerial Platform

研究主持人：曹常成、徐正會

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國 99 年 4 月至 99 年 12 月

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 100 年 3 月

摘要

懸空作業是我國職災比例相當高的作業項目之一。由於懸空作業大多為臨時、緊急性的修補、更換，並且需要移動性的工作，雇主與勞工常在倉促間忽略安全防護工作或是機具操作訓練，導致事故發生層出不窮。本研究根據行政院勞工委員會重大職災資料庫，篩選出 91-97 年從事懸空作業職災死亡案例，依罹災勞工個人因素、災害發生時間因素、災害發生單位因素及災害發生相關因素等，利用殘差分析與集群分析歸納出懸空作業職災特性及集群。此外，依低成本、高安全性與簡化機構的準則進行作業輔助平台裝置創新設計。

研究結果發現懸空作業職災具有以下特性：易發生在營造業(173 人，64.3%)、事業單位規模 5 人以下(89 人，37.2%)、一級承攬人(112 人，46.1%)。而勞工進行懸空作業引發的災害類型，可分為三大類型：1.進行電桿、電塔之懸空作業所引起的感電職災(67 件)；2.使用梯子進行牆面懸空作業所引起的墜落職災(122 件)；3.使用高空作業車、起重機、堆高機等所引起的墜落職災(61 件)。此外，設計完成之新型懸空作業輔助平台具有支柱完全無側向彎矩、收納空間大幅減少、多功能且搬運方便及環境適應力強等特點。

本計畫編撰完成「懸空作業安全原則與實務」及「堆高機、梯子及起重機懸空作業工安警訊」，可提供政府部門及事業單位作為安全防護、教育訓練及安全宣導之依據。設計之新型「懸空作業輔助平台」可作為事業單位作為安全防護之參考。

關鍵詞：懸空作業、集群分析、作業輔助平台

Abstract

Work at height is one of the most dangerous operations in Taiwan. Most work at height is to repair and replace things in a temporary or urgent manner. It also requires mobility and needs to rely on auxiliary equipment to finish the work at high places. The fact that employers and labors often overlook the safety protection steps or equipment operation training in the hasty process of work leads to frequent occurrence of accidents. Therefore, based upon the database of the Council of Labor Affairs (CLA), Executive Yuan, fatal accidents that were related to work at height and occurred from 2002 to 2008 were selected and cluster and residual analysis used in this study to discuss the issue. Clusters with different natures of occupational hazards were categorized based on the personal factors of the deceased labors, the occurrence time of the hazards, the units where the hazards occurred, and other relevant factors of the occurrence of hazards. Besides, we also proposed an innovative design of an elevating aerial platform base on the criteria of cost down, high safety and mechanics simplified.

This study revealed that the accidents are lean to occur in the industry of construction (173 cases, 64.3%), business scale under 5 people (89 cases, 37.2%) and contractors of first level (112 cases, 46.1%). The results of this study also showed that hazards caused by work at height by labors can be divided into three categories as follows: 1. Electrocutions from conducting work related to electric poles or electric towers at height, 2. Falls from height when using a ladder to do wall-related work; 3. Falls from height when operating an aerial lift, crane, or forklift. On the other hand, the innovative design of an elevating aerial platform has the features of without bending moment as extending support, very compact, mobility and multiple functions, easy to fit the work sites.

We also compiled a manual of 「The practice and safety principal of work at height」 and a safety alert of operations of forklifts, ladders and mobile cranes. Both of the manual and safety alert can be used as safety campaign and education materials. The innovated elevating aerial platform can be used as auxiliary equipment for works at height.

Keywords: Work at height, Cluster analysis, Elevating aerial platform

目 錄

摘 要.....	i
Abstract.....	ii
目 錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	x
第一章 計畫概述.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 工作項目.....	3
第二章 懸空作業職災特性與災因分析.....	4
第一節 研究背景.....	4
第二節 研究變項定義.....	5
第三節 資料分析方法.....	8
第四節 研究結果.....	9
第五節 討論.....	18
第六節 小結.....	23
第三章 懸空作業職業災害之集群分析.....	26
第一節 研究背景.....	26
第二節 研究方法與步驟.....	28
第三節 研究結果.....	31
第四節 討論.....	36
第五節 小結.....	41
第四章 懸空作業安全原則與實務.....	42
第一節 懸空作業防護原則及優先順序.....	42
第二節 以堆高機為媒介物進行懸空作業之安全防護實務.....	43
第三節 以梯子為媒介物進行懸空作業之安全防護實務.....	46
第四節 以起重機為媒介物進行懸空作業之安全防護實務.....	50
第五章 懸空作業工安警訊.....	55
第一節 以起重機供勞工上下懸空作業工安警訊.....	55
第二節 以梯子供勞工進行懸空作業工安警訊.....	64
第三節 以堆高機供勞工進行懸空作業工安警訊.....	73
第六章 結論與建議.....	79
第一節 結論.....	79
第二節 建議.....	80
誌謝.....	82

參考文獻.....	83
附錄一 懸空作業輔助平臺創新設計.....	86
附錄二 懸空作業輔助平台產品成本分析.....	157
附錄三 懸空作業輔助平台操作手冊.....	158
附錄四 懸空作業輔助平台注意事項.....	160
附錄五 懸空作業輔助平台自主檢查表.....	161

圖目錄

圖 1	91-97 年懸空作業重大職災死亡年份分佈圖	10
圖 2	91-97 年懸空作業重大職災死亡月份分佈圖	10
圖 3	91-97 年懸空作業重大職災死亡星期分佈圖	11
圖 4	91-97 年懸空作業重大職災死亡日期分佈圖	11
圖 5	91-97 年懸空作業重大職災死亡時點分佈圖	11
圖 6	懸空作業致災因素之關聯.....	36
圖 7	歷年(91-97 年)懸空作業職災集群成長趨勢(單位：AR 值)	38
圖 8	標準型.....	44
圖 9	經濟型.....	44
圖 10	個人防墜裝置.....	45
圖 11	警告標語與警示牌.....	45
圖 12	梯子之防滑與防翻轉之裝置.....	47
圖 13	個人防護裝置.....	48
圖 14	梯柱頂端設置延伸扶手.....	48
圖 15	不同型式之梯子/工作臺	49
圖 16	不可站立於梯子頂板上進行作業.....	49
圖 17	合梯與板料組搭乘之工作臺.....	50
圖 18	標準型.....	52
圖 19	經濟型.....	53
圖 20	警告標語.....	53
圖 21	墜落保護設備.....	54
圖 22	從事廣告招牌維修作業因搭乘設備脫落導致墜落死亡.....	56
圖 23	墜落過程示意圖.....	56
圖 24	從事鋼構除銹及油漆作業因吊桿鋼索斷裂導致墜落死亡.....	57
圖 25	從事杉木鋸除作業因無鋼索環結承受負荷導致墜落死亡.....	58
圖 26	從事廣告布幕拆除作業因伸臂連結桿彎曲無法荷重導致墜落死亡.....	59
圖 27	從事安全施工步道作業搭因吊籃與吊桿接合處斷裂導致墜落死亡.....	60
圖 28	從事交通標誌設立/更改作業因油壓桿推昇超過極限導致墜落死亡	60
圖 29	使用合梯從事抽風機風管封管作業時從合梯墜落死亡災害.....	65
圖 30	使用摺合式鋁梯從事清洗外牆作業時墜落死亡災害.....	65
圖 31	從事室內裝潢作業墜落致死災害.....	66
圖 32	從事清潔牆面作業墜落致死災害.....	67
圖 33	從事換裝燈具作業墜落致死災害.....	67
圖 34	從事線路查修作業發生墜落死亡職業災害.....	68
圖 35	從事廣告布幔吊掛作業發生墜落死亡災害.....	69

圖 36	從事鋪設天花板作業發生墜落死亡災害.....	70
圖 37	從事工具室新建工程發生墜落職業災害.....	73
圖 38	從事加濕配管與固定作業發生墜落職業災害.....	74
圖 39	從事消防管線一齊開放閥更換作業發生墜落職業災害.....	75
圖 40	災害現場堆高機照片.....	76
圖 41	固定式高空作業平臺.....	91
圖 42	單柱式高空作業平臺.....	92
圖 43	雙柱對立式高空作業平臺.....	93
圖 44	雙柱對立式高空作業平臺.....	94
圖 45	剪式高空作業平臺.....	94
圖 46	塔式高空作業平臺.....	95
圖 47	懸空作業輔助平臺設計一基座示意圖.....	102
圖 48	懸空作業輔助平臺設計一機構示意圖.....	102
圖 49	懸空作業輔助平臺設計二機構示意圖.....	103
圖 50	懸空作業輔助平臺設計二機構簡圖.....	104
圖 51	懸空作業輔助平臺同動機構示意圖.....	105
圖 52	作業台機構展開圖.....	106
圖 53	作業台機構示意圖.....	106
圖 54	作業台機構收摺圖.....	106
圖 55	車載懸空作業輔助平臺示意圖.....	107
圖 56	車載式懸空作業輔助平臺.....	107
圖 57	車載鎖固裝置.....	108
圖 58	三柱式懸空作業輔助平臺 3D 模型.....	109
圖 59	三柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖.....	109
圖 60	三柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖.....	110
圖 61	三柱式懸空作業輔助平臺作動圖.....	111
圖 62	單柱式懸空作業輔助平臺 3D 模型.....	112
圖 63	單柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖.....	112
圖 64	單柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖.....	113
圖 65	單柱式懸空作業輔助平臺作動圖.....	114
圖 66	設計一長邊方向傾斜擺放圖.....	116
圖 67	設計一短邊方向傾斜擺放圖.....	116
圖 68	設計一 45 度方向傾斜擺放圖.....	116
圖 69	設計二長邊方向傾斜擺放圖.....	117
圖 70	設計二短邊方向傾斜擺放圖.....	117
圖 71	設計二 45 度方向傾斜擺放圖.....	117
圖 72	設計一長邊方向重心位置上視圖.....	118
圖 73	設計一短邊方向重心位置上視圖.....	118

圖 74	設計一 45 度方向重心位置上視圖.....	118
圖 75	設計二長邊方向重心位置上視圖.....	119
圖 76	設計二短邊方向重心位置上視圖.....	119
圖 77	設計二 45 度方向重心位置上視圖.....	119
圖 78	設計一 X 方向負載之設定圖.....	120
圖 79	設計一 X 方向應力分佈圖.....	121
圖 80	設計二 X 方向負載之設定圖.....	121
圖 81	設計二 X 方向應力分佈圖.....	122
圖 82	設計一 Z 方向負載之設定圖.....	123
圖 83	設計一 Z 方向應力分佈圖.....	123
圖 84	設計二 Z 方向負載之設定圖.....	124
圖 85	設計二 Z 方向應力分佈圖.....	124
圖 86	設計一 45°方向負載之設定圖.....	125
圖 87	設計一 45°方向應力分佈圖.....	125
圖 88	設計二 45°方向負載之設定圖.....	126
圖 89	設計二 45°方向應力分佈圖.....	126
圖 90	設計一 X 方向 4 級風力負載之設定圖.....	127
圖 91	設計一 X 方向 4 級風力應力分佈圖.....	128
圖 92	設計二 X 方向 5 級風力負載之設定圖.....	128
圖 93	設計二 X 方向 5 級風力應力分佈圖.....	129
圖 94	設計一 Z 方向 4 級風力負載之設定圖.....	130
圖 95	設計一 Z 方向 4 級風力應力分佈圖.....	130
圖 96	設計二 Z 方向 4 級風力負載之設定圖.....	131
圖 97	設計二 Z 方向 4 級風力應力分佈圖.....	131
圖 98	設計一 45°方向 4 級風力負載之設定圖.....	132
圖 99	設計一 45°方向 4 級風力應力分佈圖.....	132
圖 100	設計二 45°方向 3 級風力負載之設定圖.....	133
圖 101	設計二 45°方向 3 級風力應力分佈圖.....	133
圖 102	設計一長邊方向風力及重力合力圖.....	134
圖 103	設計二長邊方向風力及重力合力圖.....	135
圖 104	設計一短邊方向風力及重力合力圖.....	135
圖 105	設計二短邊方向風力及重力合力圖.....	136
圖 106	設計一 45°方向風力及重力合力圖.....	136
圖 107	設計二 45°方向風力及重力合力圖.....	137
圖 108	設計一 X 方向 4 級地震負載之設定圖.....	138
圖 109	設計一 X 方向 4 級地震應力分佈圖.....	138
圖 110	設計二 X 方向 4 級地震負載之設定圖.....	139
圖 111	設計二 X 方向 4 級地震應力分佈圖.....	139

圖 112	設計一 Z 方向 4 級地震負載之設定圖	140
圖 113	設計一 Z 方向 4 級地震應力分佈圖	140
圖 114	設計二 Z 方向 4 級地震負載之設定圖	141
圖 115	設計二 Z 方向 4 級地震應力分佈圖	141
圖 116	設計一 45°方向 4 級地震負載之設定圖.....	142
圖 117	設計一 45°方向 4 級地震應力分佈圖.....	142
圖 118	設計二 45°方向 4 級地震負載之設定圖	143
圖 119	設計二 45°方向 4 級地震應力分佈圖.....	143
圖 120	作業台.....	144
圖 121	旋轉護欄.....	145
圖 122	作業平臺與旋轉護欄結合.....	145
圖 123	作業平臺與旋轉護欄之卡固.....	146
圖 124	圍柵展開之卡固.....	146
圖 125	短邊護欄收納之卡固.....	147
圖 126	空作業輔助平臺.....	147
圖 127	壓缸.....	148
圖 128	升降速度調整鈕.....	148
圖 129	洩壓閥.....	148
圖 130	支撐腳架.....	149
圖 131	懸空作業輔助平臺原型機.....	149
圖 132	懸空作業輔助平臺安全裝置.....	153
圖 133	懸空作業輔助平臺洩壓閥.....	153
圖 134	升降速度調整鈕.....	154

表目錄

表 1	91-97 年懸空作業重大職災--罹災勞工個人資料剖析.....	12
表 2	91-97 年懸空作業重大職災--罹災勞工職務別剖析.....	13
表 3	91-97 年懸空作業重大職災--災害發生單位剖析.....	14
表 4	91-97 年懸空作業重大職災--安全衛生管理剖析.....	15
表 5	91-97 年懸空作業致災原因--人爲因素.....	16
表 6	91-97 年懸空作業致災原因--環境因素.....	17
表 7	91-97 年懸空作業致災原因--設備因素.....	17
表 8	91-97 年懸空作業致災原因--管理因素.....	18
表 9	安衛管理 Cramer's V 相關檢定	19
表 10	懸空作業致災事業單位設置勞工安全衛生主管情形與職務別交叉分析表	19
表 11	懸空作業致災事業單位之勞工安全衛生教育訓練情形與職務別交叉分析 表.....	20
表 12	懸空作業致災事業單位之勞工自動檢查情形與職務別交叉分析表.....	21
表 13	懸空作業致災事業單位之承攬級別與安全衛生管理交叉分析表.....	22
表 14	懸空作業致災事業單位之規模與實施安全衛生管理交叉分析表.....	23
表 15	懸空作業重大職災之集群特性.....	33
表 16	集群與災害單位規模之交叉分析.....	37
表 17	災害單位規模與承攬級別之交叉分析.....	38
表 18	最大作業高度(m)及額定載荷(kg)之參數	99
表 19	剪式、柱式、塔式比較結果.....	100
表 20	懸空作業輔助平臺基本性質.....	150
表 21	與現有懸空作業輔助平臺優缺點比較.....	151
表 22	與現有懸空作業輔助平臺優缺點比較數據表.....	152

第一章 計畫概述

第一節 研究動機

目前勞委會重大職業災害分類中，沒有懸空高處作業此一分類項目，但實際上懸空作業重大職災比例並不低。依據行政院勞委會重大職業災害資料顯示[1]，懸空作業從 91 年至 97 年重大職業災害死亡人數就有 267 人，其中災害媒介物屬於裝卸運搬機械(如高空作業車、起重機、堆高機)為 35 人(13.1%)，輸配電線路(如電桿、電塔)為 67 人(25.1%)，梯子為 86 人(32.2%)，營建物及施工設備(如施工架、工作臺)為 56 人(21.0%)，其他媒介物為 23 人(8.6%)。

災害案例顯示，懸空高處作業以墜落最為嚴重佔了 69.7%(186 人)，其次為感電或感電後墜落佔 23.2%(62 人)。其案例分散在各個不同之災害媒介物及災害行業類別中，分類複雜且不易，因此更需加以蒐集資料進行情境分析統計，以達到防災之成效。

高空工作車在日益普及的蓬勃發展下，使他們的安全問題無論在建築等各行業都成爲一個重要的課題。根據文獻中顯示[2]，在 1992 年到 1999 年之間，美國職業災害死亡普查(Census of Fatal Occupational, CFOI)中，建築業工人發生的 339 起死亡案例，屬於吊籃為 42%，吊籠 26%，剪力式堆高機為 19%，起重機平臺為 5%，其餘 7%為堆高機平臺等等。

懸空作業必須依靠高空工作車或起重機等大型機具，或是梯子、吊籠等輔助設備來完成作業。以大型機具來說，價格昂貴，一般中小型企業公司難以負擔，就統計資料來看，災害發生事業單位為中小型企業公司就佔了八成以上；而懸空作業通常為臨時性的工作，像是修剪樹枝，例如：民國 93 年 6 月 30 日五名勞工負責公廟旁修剪榕樹枝幹，因為高空工作車升降油壓管忽然破裂，無法使用，此時罹災者認為所剩工作不多，就爬上榕樹再跨越至樹旁雨棚屋頂上，以鏈鋸修剪枝幹，完成工作後，林員準備要下至地面時，攀爬跨越至榕樹上，右手所攀扶枯

枝承受不了重力而瞬間折斷，林員失去重心而跌落下來，不治死亡。由此可見大型機具有申請或是調度上的問題，無法滿足其方便性及機動性之要求，並且需要專業的操作訓練人員才能操作，更增加了使用上的限制，對於中小型企業公司或是臨時性的作業相當不適用。

根據勞委會規定，起重機在使用上應以吊物為限，不得乘載或吊運人員，但在懸空作業災害案例中，因為貪圖方便而不當使用起重機所造成的職災案例卻佔了 5.45%，例如：民國 95 年 5 月 16 日，罹災者坐於改裝移動式起重機吊桿前端，因重量過重導致吊桿接合面斷裂而墜落至地面。由此可見懸空作業對於方便簡易的輔助設備需求相當高。

而較小型的輔助設備，像是梯子，由於構造簡單，使用方便，一般人總認為高度不高相對危險性不大等錯誤觀念，正因為如此，其潛在的危險性也往往容易被忽略。由文獻中數據顯示，因梯子媒介物而發生的職災案例中，發現以墜落、倒塌(67%)及感電(33%)為主要潛在危害[3]；其他媒介物包含吊籠及繩索等，雖然較大型機具方便，卻也都有穩定性不足的缺點，因此研發一簡易平價的作業輔助平臺為目前當務之急。

第二節 研究目的

本研究根據行政院勞工委員會重大職災資料庫，篩選出 91-97 年從事懸空作業職災死亡案例，依罹災勞工個人因素、災害發生時間因素、災害發生單位因素及災害發生相關因素等，利用殘差分析與集群分析歸納出懸空作業職災特性及集群。此外，依低成本、高安全性與簡化機構的準則進行作業輔助平台裝置創新設計。本研究嘗試從創新與實用的角度出發，瞭解勞工在懸空高處作業時可能面臨的風險與作業環境限制，透過腦力激盪與設計分析，開發出一套低成本、高安全性、簡化機構的懸空高處作業防護裝置，且符合攜帶方便、重量輕、穩定性高、架設容易，並且可架設於卡車上等需求，並以申請產品專利為最優先考量，研製

一套懸空作業防護裝置。

第三節 工作項目

主要工作項目如下：

1. 懸空高處作業職災情境分析：蒐集分析國內懸空作業重大職災案例，針對高空作業車、起重機、梯子及電線桿等媒介物，歸納主要致災情境及原因，作為懸空作業安全裝置改善參數。
2. 現場及作業人員訪談、業者意見：從使用端、製造端瞭解現行輔助機具優缺點，並由懸空作業重大職災情境分析得到相關不安全動作分析，作為輔助平臺改善之參數。
3. 國內、外相關資訊蒐集分析：蒐集分析國內、外相關懸空作業防護裝置的設計理念、安全規範與產品規格。
4. 懸空作業工安警訊：歸納分析國內、外懸空作業重大職災案例的致災情境和原因，作為事業單位懸空作業的工安警訊。
5. 懸空作業安全注意事項：歸納分析國內、外懸空作業重大職災案例的致災情境和原因，以及輔助平臺相關資訊，提供事業單位進行懸空作業時，應注意安全事項。
6. 裝置設計：根據國內、外相關資訊蒐集分析之結果，參酌國人使用習性，進行懸空作業防護裝置的設計。
7. 結構力學分析：根據防護裝置的設計結果，透過有限元素法，進行懸空作業防護裝置的力學分析，確認其強度功能。
8. 裝置製作與性能測試：根據細部設計與力學分析的結果，製作與性能測試懸空作業防護裝置，確認其性能，以提供國人一部低成本、高安全性、簡單機構的懸空作業防護裝置。

第二章 懸空作業職災特性與災因分析

根據行政院勞委會重大職災資料庫，91-97 年從事懸空作業罹災死亡人數達 267 人，平均每年有 38 名勞工因從事懸空作業罹災死亡。爲了提升勞工作業防災效能，本文針對 91-97 年從事懸空作業事故死亡案例進行統計分析，歸納其職災特性與災害發生時間因素、災害發生單位因素及罹災勞工個人因素間之關聯，並找出致災之人爲、環境、設備及管理等關鍵因數，以供懸空作業防災之參考。

第一節 研究背景

根據勞委會 97 年度重大職業災害分析，最嚴重之災害類型爲墜落[4]，從高處墜落致災是我國主要災害類型，而懸空作業是造成墜落關鍵項目之一，其中以高空工作車、起重機、梯子及輸配電線路爲主要災害媒介物。例如：民國 95 年 9 月 2 日臺北市一名 50 歲勞工，自懸吊式施工架墜落致死，罹災者未配戴安全帶而藉由施工架以移動式起重機吊昇至高約 31 公尺之鋼構支撐架上，從事臨時護欄立桿柱設置作業，在吊昇過程中，罹災者不慎自施工架上墜落地面致死。

民國 97 年 8 月 14 日南投縣一名 46 歲男性勞工，從事交通標誌設立、更改作業，因控制器之開關功能故障，高空工作車之升降平臺上昇未能緊急停止而超過極限出軌傾倒，罹災者從高 5.3 公尺之升降平臺上墜落地面致死。

民國 96 年 9 月 3 日臺北縣一名 30 歲勞工，從事鋼樑接合處鎖螺絲作業，罹災者使用移動梯欲至鋼樑接合處(鋼樑接合處距地面高度約 7.5 公尺)進行鎖螺絲作業時，走行於移動梯過程中，自移動梯上墜落地面致死。

由於懸空作業大多爲臨時、緊急性的修補、更換，並且需要移動性的工作，必須依靠其他輔助機具來完成的高處作業，如起重機爲各行各業廣泛使用的吊掛、起重機具，但由於使用頻率高，勞工常因一時方便，便宜行事地作爲提供人員上下作業輔具而致災的重大工安事故[5]。梯子在工作場所中提供人員的攀登，以延伸個人的活動範圍，俾利各種作業的進行，是許多工作場所中不可或缺

的輔助工具，但是梯子構造簡單、使用方便，一般人總認為高度不高相對危險性亦不大，其潛在危險性卻是往往被人所輕忽的[6]。目前勞委會雖然在重大職災分類中，並沒有懸空作業此一分類項目，但實際上由勞委會重大職業災害統計資料來看，在懸空作業中產生的重大職災案例所佔比例卻不低，因此相當值得深入探討。

本研究將懸空作業定義為只要是在周邊臨空高度在 2 公尺以上，且無立足點或無牢靠立足點的狀態條件下進行的高處作業，便統稱為懸空作業。一般在懸空作業中需依靠平臺、施工架、高空作業車及梯子等設備來協助完成工作。為瞭解懸空作業重大職業災害特性與致災因素，本文針對 91-97 年懸空作業所發生之重大職災死亡案例，進行統計分析，歸納出職災特性與其災害發生時間因素、災害發生單位因素及罹災勞工個人因素關係，並以人為、環境、設備及管理等四大致災因素進行探討，以提升懸空作業防災之效能。

第二節 研究變項定義

根據勞委會重大職災資料庫，本文針對 91-97 年從事懸空作業發生事故死亡的 267 件個案進行研究。研究變項 1.災害發生單位資料：大行業、事業單位規模、承攬級別、設置勞工安衛主管情形、訂定安衛工作守則情形、舉辦勞工安衛教育訓練情形、實施自動檢查情形；2.罹災勞工個人資料：性別、年齡層、工作年資、職務別、勞工安全衛生教育訓練情形；3.災害發生相關資料：媒介物、災害類型、災害發生處所、致災原因等變項進行編碼。編碼方式如下：

1.災害發生單位因素

- (1)大行業：依行政院主計處 90 年 1 月行業標準分類，第 7 次修訂結果分類為 A.製造業、B.營造業、C.其他(其他大行業因次數較少，歸類為其他)。
- (2)事業單位規模：依行政院主計處(86 年)的分類為 A.5 人以下，B.6-9 人，C.10-29 人，D.30-99 人，E.100-299 人，F.300-499 人，G.500 人以上。

- (3)承攬級別：A.原事業單位，B.一級承攬人，C.二級承攬人，D.三級承攬人，E.四級承攬人以上。
- (4)設置安衛主管情形：A.無，B.有。
- (5)訂定安衛工作守則：A.無，B.有。
- (6)舉辦安衛教育訓練：A.無，B.有。
- (7)實施自動檢查情形：A.無，B.有。

2.罹災勞工個人因素

- (1)性別：A.男，B.女。
- (2)年齡層：依主計處 10 歲年齡組距分類為 A.15-24 歲，B.25-34 歲，C.35-44 歲，D.45-54 歲，E.55 歲以上。
- (3)工作年資：A.未滿 1 個月，B.1-3 個月，C.3-12 個月，D.1 年以上[7]。
- (4)職務別：依行政院主計處職業標準分類為基礎，將性質相似的職務整併如下 A.臨時工，B.監工，C.鋼筋工、鷹架工、鐵工，D.水電工、屋頂工，E.機械操作人員及維修工，F.裝卸工、拆除工，G.電工、電桿工，H.電信及電路維修工、電線拆除工，I.油漆工、裝潢工、泥水工，J.其他(標誌工、模版工、清潔工等)。
- (5)勞工安衛教育訓練：A.無，B.有。

3.災害發生相關因素

- (1)媒介物：依勞委會制定之媒介物分類方法，整理歸納如以下五大類，A.裝卸運搬機械(如高空作業車、起重機、堆高機等)，B.電力設備(如電桿、電塔等)，C.梯子，D.營建物及施工設備(如施工架、工作臺、踏板等)，E.其他。
- (2)災害類型：依勞委會制定災害類型分類為基礎，整理歸納如以下 A.墜落、滾落，B.感電，C.異物碰撞人體(物體崩塌、倒塌、物體飛落、被撞、被捲、被夾)，D.其他(公路交通事故、跌倒、與有害物質接觸等)。
- (3)災害發生處所：依作業場所之功能及類型，將同質性較高的處所整理歸納

如下，A.擴建、整修、改建工地，B.道路、橋墩及樑柱，C.電桿、電塔相關工地，D.隧道及地下管線工地，E.辦公大樓，F.工廠、廠房，G.倉庫、儲存室，H.學校、醫院、遊樂園，I.其他(空地、果園等)。

4.致災相關原因(含人爲、環境、設備、管理等因素)

(1)人爲因素：A.個人防護具使用不當(包含未配戴個人安全防護用具、未確實穿戴防護具、自行將防護具解離)，B.作業行爲協調不當(包含作業時無指揮協調、警示標示不當)，C.作業動作不當(包含不安全姿勢、不當組合結構/材料/元件、未採取安全作業方式、進入危險區域、攀/坐/站於不安全位置、未關電源即進行作業)，D.設施操作不當(包含不合格人員操作、未依安全標準程式操作、安全裝置缺乏或使其失效/移除/中止、使用未合格之工具/設備、使用不當工具/設備、使用超過設備能量負荷)[8]。

(2)環境因素：A.作業場所未設置適當之防護設備(包含未設防墜設施、高度二公尺以上未設施工架或工作臺及安全網、未設置使勞工安全上下之設備、未提供安全帶/母索供勞工使用、未提供個人安全防護具)，B.作業場所未設置適當之防止感電設備(包含未設置防止感電之圍柵或設備、未設置感電防止用漏電斷路器、通路上移動電線未架高或妥爲良好被覆、未提供個人絕緣防護具、雇主未以檢電機具檢查確認確實停電)，C.作業場所空間環境不良(包含地面環境狀況不佳、視線/動線不良、未提供安全合格之工具/設備)[5]。

(3)設備因素：A.使用未檢查合格之機具，B.機械器具故障[5]。

(4)管理因素：A.未設置勞工安全衛生管理人員，B.未訂定安全衛生工作守則，C.未實施安全衛生教育訓練，D.未實施自動檢查，E.未訂定標準作業程式，F.任用未訓練合格之危險性機械、器具操作人員，G.未設置作業安全主管，H.未事先告知承攬人員有關事業之工作環境、危害因素，I.未確實辦理工作場所之巡視、聯繫、調整，J.未訂定災害防止計畫，K.勞工危害認知不足，L.未辦理勞工體格檢查，M.其他[5]。

第三節 資料分析方法

1. Cramer's V 值

欲探討致災變數之間是否存在相關性，需先判斷致災變數的類別；若兩變數皆為類別尺度，或為類別尺度與順序尺度的組合，常使用 Cramer's V 值來判定兩變數之間是否存在顯著相關性，致災變數屬上述組合類別，故以 Cramer's V 值進行相關性分析[9]。

設定虛無假設 H_0 ：兩因素獨立，對立假設 H_1 ：兩因素不獨立，並設定信心水準 $\alpha=0.05$ ，檢定是否拒絕虛無假設，若檢定結果為拒絕虛無假設，表示兩因素間不獨立，亦即因素之間具有相關性。

將兩項因素以 $r \times c$ 列聯表的形式表示，列因素共有 r 個子項目，欄因素共有 c 個子項目，表中 O_{ij} 代表第 i 列第 j 行之觀察次數， E_{ij} 代表第 i 列第 j 行之期望次數，則卡方檢定統計量為：

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \dots\dots\dots(1)$$

然而卡方統計量易受樣本數大小及自由度之影響，故當樣本數很大時，更進一步的方法是將樣本數加入考慮，即 Cramer's V 係數，由卡方檢定統計量 χ^2 適當標準化後演變而來，公式如下：

$$V = \sqrt{\frac{\frac{\chi^2}{n}}{\text{Min}\{(r-1), (c-1)\}}} \dots\dots\dots(2)$$

Cramer's V 係數介於 0 到 1 之間，值越接近 1，相關程度越高。

2. 調整後的標準化殘差

確定因素間具有關聯性之後，深入探討各因素子項目之間的相關性，例如：不同的職務別與不同的災害類型確定具有顯著相關性，然而何種職務與何種災害

類型具有相關性才是極欲瞭解的方向。藉由計算列聯表細格中的調整標準化殘差 (Adjusted Standardized Residual, AR)，在信心水準 $\alpha=0.05$ 下，若 AR 之絕對值大於 1.96，代表此細格的觀察值(實際職災發生件數) 顯著地高(低) 於期望值。AR 值是以各邊際比率調整標準化殘差值，其避免了殘差值隨著邊際期望值的大小不同而產生波動的情況，排除了各邊際次數不相等所造成的比較問題，公式如下：

$$adj\Delta' = \frac{O_{ij} - E_{ij}}{\sqrt{E_{ij}(1 - P_i)(1 - P_j)}} \dots\dots\dots(3)$$

其中 O_{ij} 代表第 i 列第 j 行之觀察次數， E_{ij} 代表第 i 列第 j 行之期望次數， P_i 代表第 i 列的機率(即第 i 列邊際次數除以總樣本數)， P_j 代表第 j 行的機率(即第 j 行邊際次數除以總樣本數)。

從公式可得知，調整後標準化殘差值之正負取決於，觀察值是否高於期望值，若觀察值高於期望值，則調整後標準化殘差值為正，代表此細格實際發生職災次數顯著高於期望次數，是值得加強職災宣導的群組。反之，若期望值高於觀察值，則調整後標準化殘差值為負，代表此細格實際發生職災次數顯著低於期望次數，則非本研究欲討論的群組，故後續僅針對調整後標準化殘差值大於 1.96 之細格進行討論。

第四節 研究結果

1.災害發生時間因素

根據勞委會重大職業災害資料，懸空作業從 91-97 年重大職業災害死亡人數計有 267 人，其中分佈於 91 年及 93 年比例較高，94 年後有下降趨勢，但在 97 年又達到高峰，平均每年從事懸空作業勞工有 38 人因工罹災死亡，如圖 1 所示。以發生職災之月份區分，以 7 月發生職災案例為最多有 41 人(15.2%)，其次為 6 月及 8 月皆有 29 人(10.8%) [10]，如圖 2 所示。以發生職災之星期區分，以

星期一及星期二發生職災案例為最多，分別有 54 人(20.1%)及 49 人(18.2%)，星期三至星期六平均約有 35 人(13.1%)，如圖 3 所示。以發生職災日期區分，整體趨勢而言，平均每日約有 9 人死亡，其中又以 7 日、12 日、14 日及 25 日發生職災案例為多數，皆有 13 件以上，如圖 4 所示。以發生職災時點區分，整體趨勢而言，職災案例發生多集中於早上 10-11 點及下午 14-16 點[10]，如圖 5 所示。

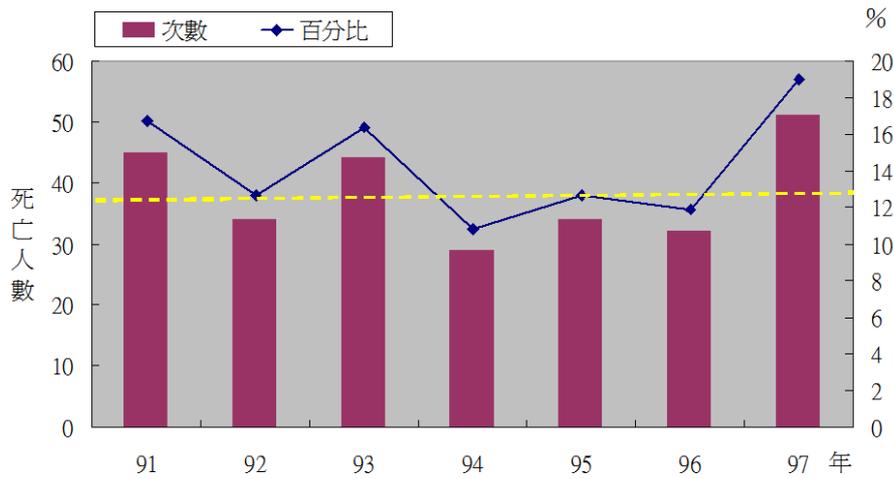


圖 1 91-97 年懸空作業重大職災死亡年份分佈圖

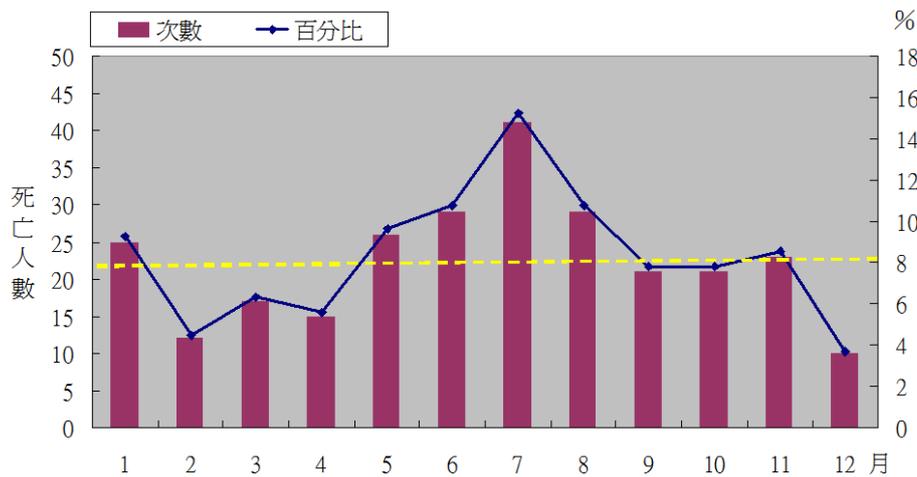


圖 2 91-97 年懸空作業重大職災死亡月份分佈圖

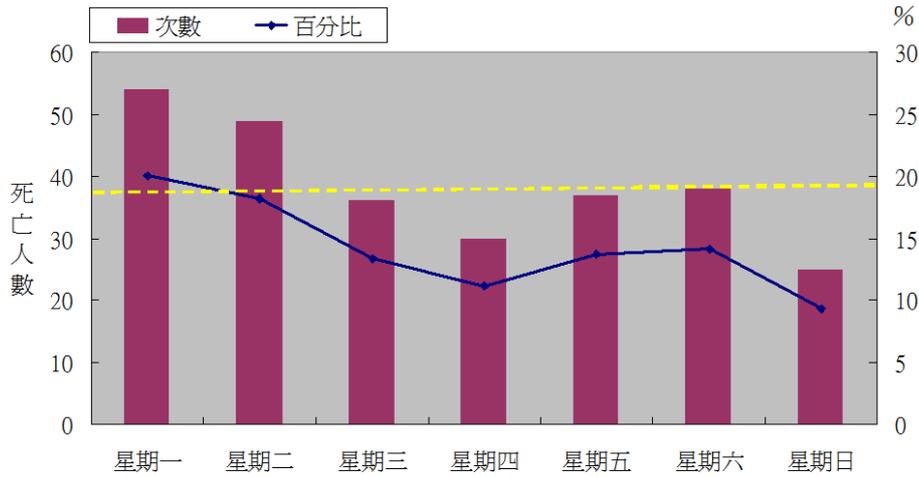


圖 3 91-97 年懸空作業重大職災死亡星期分佈圖

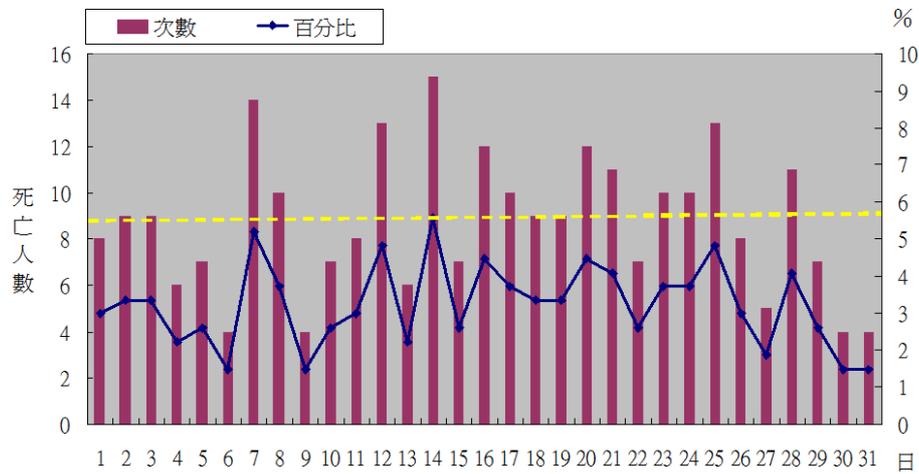


圖 4 91-97 年懸空作業重大職災死亡日期分佈圖

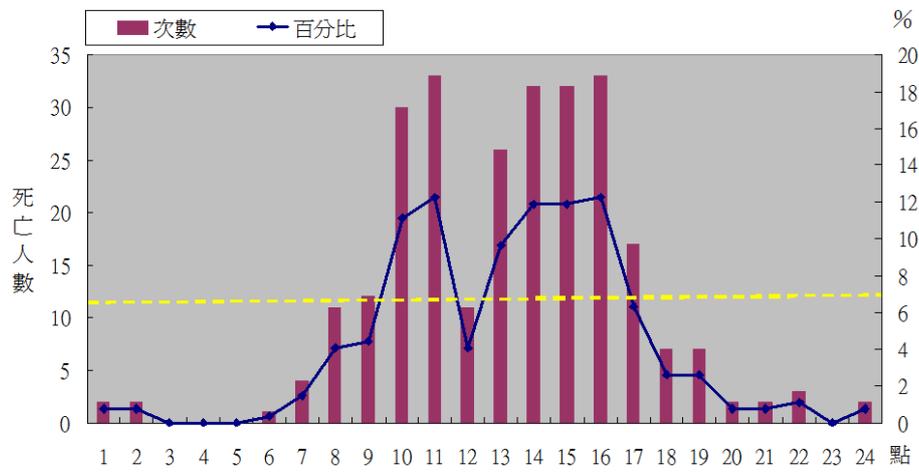


圖 5 91-97 年懸空作業重大職災死亡時點分佈圖

2. 罹災勞工個人因素

罹災勞工個人因素，如表 1 統計，懸空作業重大職業災害死亡以男性 263 人(97.8%)佔絕大多數，女性僅有 6 人死亡。大部分災害類型屬於墜落、滾落，值得注意的是，異物碰撞人體的災害類型中女性勞工比例偏高。

就年齡層方面，以 45-54 歲年齡層佔最多有 82 人(31.8%)，而 15-24 歲年齡層最少僅有 20 人(7.8%)。若以災害類型區分，墜落、滾落仍以 45-54 歲年齡層的人數佔最多 61 人(34.9%)，感電則集中於 25-54 歲間，共有 51 人(87.9%)，而異物碰撞人體則集中於 25-44 歲年齡層，共有 12 人(66.7%)。值得注意的是，墜落、滾落的災害類型中 55 歲以上勞工比例偏高。

就工作年資方面，以未滿 1 個月及 3-12 個月的人數最多，分別為 123 人(48.8%)及 105 人(41.7%)，且不論何種災害類型，仍以未滿 1 個月及 3-12 個月的罹災人數最多[10]。

表 1 91-97 年懸空作業重大職災--罹災勞工個人資料剖析

災害類型	墜落、滾落	感電	異物碰撞人體	其他	總和
性別					
男	178(97.8%)	61(100.0%)	16(88.9%)	8(100.0%)	263(97.8%)
女	4(2.2%)	0(0.0%)	2(11.1%)	0(0.0%)	6(2.2%)
年齡層					
15-24 歲	12(6.9%)	4(6.9%)	1(5.6%)	3(42.9%)	20(7.8%)
25-34 歲	38(21.7%)	18(31.0%)	6(33.3%)	0(0.0%)	62(24.0%)
35-44 歲	34(19.4%)	17(29.3%)	6(33.3%)	2(28.6%)	59(22.9%)
45-54 歲	61(34.9%)	16(27.6%)	3(16.7%)	2(28.6%)	82(31.8%)
55 歲以上	30(17.1%)	3(5.2%)	2(11.1%)	0(0.0%)	35(13.6%)
工作年資					
未滿 1 個月	85(49.7%)	28(49.1%)	8(44.4%)	2(33.3%)	123(48.8%)
1-3 個月	2(1.2%)	2(3.5%)	0(0.0%)	0(0.0%)	4(1.6%)
3-12 個月	69(40.4%)	23(40.4%)	9(50.0%)	4(66.7%)	105(41.7%)
1 年以上	15(8.8%)	4(7.0%)	1(5.6%)	0(0.0%)	20(7.9%)

罹災勞工之職務別如表 2 統計，以油漆工、裝潢工、泥水工進行懸空作業時較易發生墜落、滾落事故；電路維修工、電線拆除工較易發生感電事故；另外，異物碰撞人體的災害類型中監工死亡比例偏高。

就勞工安全衛生教育訓練方面，未受安衛教育訓練有 176 人(69.0%)，且不論何種災害類型，罹災勞工大都未接受安衛教育訓練。

表 2 91-97 年懸空作業重大職災--罹災勞工職務別剖析

災害類型	墜落、滾落	感電	異物碰撞人體	其他	總和
職務別					
臨時工	28(16.0%)	6(10.0%)	2(11.1%)	3(50.0%)	39(15.1%)
監工	8(4.6%)	3(5.0%)	3(16.7%)	0(0.0%)	14(5.4%)
鋼筋工、鷹架工、鐵工	16(9.1%)	2(3.3%)	2(11.1%)	2(33.3%)	22(8.5%)
水電工、屋頂工	17(9.7%)	9(15.0%)	1(5.6%)	1(16.7%)	28(10.8%)
機械操作人員及維修工	29(16.6%)	8(13.3%)	2(11.1%)	0(0.0%)	39(15.1%)
裝卸工、拆除工	12(6.9%)	1(1.7%)	2(11.1%)	0(0.0%)	15(5.8%)
電工、電桿工	9(5.1%)	1(1.7%)	0(0.0%)	0(0.0%)	10(3.9%)
電路維修工、電線拆除工	11(6.3%)	27(45.0%)	3(16.7%)	0(0.0%)	41(15.8%)
油漆工、裝潢工、泥水工	24(13.7%)	1(1.7%)	1(5.6%)	0(0.0%)	26(10.0%)
其他(標誌工、模版工等)	21(12.0%)	2(3.3%)	2(11.1%)	0(0.0%)	25(9.7%)
勞工安全衛生教育訓練					
無	124(71.3%)	34(59.6%)	13(72.2%)	5(83.3%)	176(69.0%)
有	50(28.7%)	23(40.4%)	5(27.8%)	1(16.7%)	79(31.0%)

3.災害發生單位因素

致災之單位因素如表 3 統計，發生懸空作業重大職災之事業單位以營造業為最，計有 173 人(64.3%)，其次為製造業的 31 人(11.5%)。

就事業單位規模而言，以 5 人以下及 10-29 人規模的事業單位罹災人數最多，分別有 89 人(37.2%)及 75 人(31.4%)，其次為 6-9 人及 30-99 人規模的事業單位，分別有 31 人(13.0%)及 26 人(10.9%)，且不論何種災害類型，均以小規模事業單位罹災死亡人數最多。

就承攬級別方面，以一級承攬人罹災死亡最多，有 112 人(46.1%)，其次為二級承攬人，有 66 人(27.2%)。

表 3 91-97 年懸空作業重大職災--災害發生單位剖析

災害類型	墜落、滾落	感電	異物碰撞人體	其他	總和
大行業					
製造業	25(13.7%)	4(6.6%)	1(5.6%)	1(12.5%)	31(11.5%)
營造業	113(62.1%)	45(73.8%)	12(66.7%)	3(37.5%)	173(64.3%)
其他	44(24.2%)	12(19.7%)	5(27.8%)	4(50.0%)	65(24.2%)
事業單位規模					
5 人以下	62(38.0%)	19(35.8%)	3(18.8%)	5(71.4%)	89(37.2%)
6-9 人	22(13.5%)	5(9.4%)	2(12.5%)	2(28.6%)	31(13.0%)
10-29 人	54(33.1%)	15(28.3%)	6(37.5%)	0(0.0%)	75(31.4%)
30-99 人	15(9.2%)	9(17.0%)	2(12.5%)	0(0.0%)	26(10.9%)
100-299 人	4(2.5%)	3(5.7%)	2(12.5%)	0(0.0%)	9(3.8%)
300-499 人	1(0.6%)	2(3.8%)	1(6.3%)	0(0.0%)	4(1.7%)
500 人以上	5(3.1%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	5(2.1%)
承攬級別					
原事業單位	26(16.4%)	12(20.3%)	3(16.7%)	1(14.3%)	42(17.3%)
一級承攬人	79(49.7%)	26(44.1%)	5(27.8%)	2(28.6%)	112(46.1%)
二級承攬人	38(23.9%)	20(33.9%)	6(33.3%)	2(28.6%)	66(27.2%)
三級承攬人	12(7.5%)	1(1.7%)	1(5.6%)	0(0.0%)	14(5.8%)
四級承攬人以上	4(2.5%)	0(0.0%)	3(16.7%)	2(28.6%)	9(3.7%)

致災之事業單位安全衛生管理因素如表 4 統計，就安全衛生管理方面，未設置作業主管、未設置安衛主管、未訂定安衛工作守則、未舉辦安衛教育訓練及未實施自動檢查，皆佔一半以上。

表 4 91-97 年懸空作業重大職災--安全衛生管理剖析

災害類型	墜落、滾落	感電	異物碰撞人體	其他	總和
有無設置作業主管					
無	122(71.8%)	45(80.4%)	14(77.8%)	5(71.4%)	186(74.1%)
有	18(10.6%)	8(14.3%)	3(16.7%)	2(28.6%)	31(12.4%)
依法免設	30(17.6%)	3(5.4%)	1(5.6%)	0(0.0%)	34(13.5%)
有無設置勞工安衛主管					
無	89(51.4%)	35(60.3%)	9(50.0%)	7(100.0%)	140(54.7%)
有	84(48.6%)	23(39.7%)	9(50.0%)	0(0.0%)	116(45.3%)
有無訂定安衛工作守則					
無	124(71.7%)	38(65.5%)	13(72.2%)	7(100.0%)	182(71.1%)
有	49(28.3%)	20(34.5%)	5(27.8%)	0(0.0%)	74(28.9%)
有無舉辦勞工安衛教育訓練					
無	114(67.1%)	35(60.3%)	11(61.1%)	4(57.1%)	164(64.8%)
有	56(32.9%)	23(39.7%)	7(38.9%)	3(42.9%)	89(35.2%)
有無實施自動檢查					
無	127(75.6%)	40(69.0%)	12(66.7%)	7(100.0%)	186(74.1%)
有	41(24.4%)	18(31.0%)	6(33.3%)	0(0.0%)	65(25.9%)

4.致災相關因素

致災之人為因素如表 5，以個人防護具使用不當為最多，有 161 件(51.8%)。其中，以未配戴個人安全防護用具為最多，有 142 件(88.2%)，次為未確實穿戴防護具有 17 件(10.6%)及自行將防護具解離有 2 件(1.2%)。就個人防護具種類而言，與安全帶相關之案例有 88 件(62%)，安全帽有 87 件(61.3%)，絕緣防護具有 34 件(23.9%)，繩/索具有 3 件(2.1%)。

作業動作不當佔第二位，有 90 件(29%)。其中，以未採取安全作業方式最多，有 36 件(40%)，次為攀/坐/站於不安全位置。例如：攀/坐/站於吊掛物上方有 20 件(22.2%)、不安全姿勢有 12 件(13.3%)、未關電源即進行作業有 10 件(11.1%)、進入吊舉物下方等危險區域有 7 件(7.8%)及不當組合結構/材料/元件有 5 件(5.6%)。

設施操作不當佔第三位，有 50 件(16%)。其中，以使用不當(不安全)工具/設備最多有 12 件 (24%)，次為未依安全標準程式操作、安全裝置缺乏或使其失

效/移除/中止、使用不合格之工具/設備皆有 10 件(20%)、使用超過設備能量負荷有 5 件(10%)及不合格人員操作有 3 件(6%)。

作業行為協調不當有 10 件(3.2%)，包含作業時無指揮協調及警示標示不當，皆有 5 件(50%)。

表 5 91-97 年懸空作業致災原因--人爲因素

人爲因素(不安全行爲)	項目
個人防護具使用不當 161(51.8%)	未配戴個人安全防護用具 142(88.2%)
安全帽 87(61.3%) 繩/索具 3(2.1%)	未確實穿戴防護具 17(10.6%)
安全帶 88(62%) 絕緣防護具 34(23.9%)	自行將防護具解離 2(1.2%)
作業行為協調不當 10(3.2%)	作業時無指揮協調 5(50%)
	警示標示不當 5(50%)
作業動作不當 90(29%)	不安全姿勢 12(13.3%)
	不當組合結構/材料/元件 5(5.6%)
	未採取安全作業方式 36(40%)
	進入危險區域 7(7.8%)
	攀/坐/站於不安全位置 20(22.2%)
	未關電源即進行作業 10(11.1%)
設施操作不當 50(16%)	不合格人員操作 3(6%)
	未依安全標準程式操作 10(20%)
	安全裝置缺乏或使其失效/移除/中止 10(20%)
	使用不合格之工具/設備 10(20%)
	使用不當(不安全)工具/設備 12(24%)
	使用超過設備能量負荷 5(10%)

註：各職災案例之致災因素可能不只一項

致災之環境因素如表 6，以作業場所未設置適當之防護設備爲最多，有 115 件(75.2%)；其中，以高度二公尺以上未設施工架或工作臺及安全網最多，有 43 件(37.4%)，次爲未有防墜設施有 32 件(27.8%)、未設置使勞工安全上下之設備有 29 件(25.3%)。

作業場所未設置適當之防止感電設備佔第二位，有 31 件(20.3%)；其中，以未設置防止感電之圍柵或設備最多，有 18 件(58%)，次爲通路上移動電線未架

高或妥為良好被覆有 6 件(19.4%)、未設置感電防止用漏電斷路器有 3 件(9.7%)、未提供個人絕緣防護具有 2 件(6.5%)及雇主未以檢電機具檢查確認確實停電有 2 件(6.5%)。

作業場所空間環境不良佔第三位，有 7 件(4.5%)；其中，地面環境狀況不佳有 3 件(42.8%)、視線/動線不良有 2 件(28.6%)及未提供安全合格之工具/設備有 2 件(28.6%)。

表 6 91-97 年懸空作業致災原因--環境因素

環境因素	項目
作業場所未設置適當之防護設備 115(75.2%)	未有防墜設施 32(27.8%)
	高度二公尺以上未設施工架或工作臺及安全網 43(37.4%)
	未設置使勞工安全上下之設備 29(25.3%)
	未提供安全帶母索供安全帶使用 6(5.2%)
	未提供個人安全防護具(安全帽、安全帶)5(4.3%)
作業場所未設置適當之防止感電設備 31(20.3%)	未設置防止感電之圍柵或設備 18(58%)
	未設置感電防止用漏電斷路器 3(9.7%)
	通路上移動電線未架高或妥為良好被覆 6(19.4%)
	未提供個人絕緣防護具 2(6.5%)
	雇主未以檢電機具檢查確認確實停電 2(6.5%)
作業場所空間環境不良 7(4.5%)	地面環境狀況不佳 3(42.8%)
	視線/動線不良 2(28.6%)
	未提供安全合格之工具/設備 2(28.6%)

註：各職災案例之致災因素可能不只一項

致災之設備因素如表 7 所示，機械器具故障有 7 件(77.8%)，使用未檢查合格之機具有 2 件(22.2%)。

表 7 91-97 年懸空作業致災原因--設備因素

設備因素
使用未檢查合格之機具 2(22.2%)
機械器具故障 7(77.8%)

註：各職災案例之致災因素可能不只一項

致災管理因素如表 8 所示，未實施安全衛生教育訓練有 159 件(23.1%)、未

實施自動檢查有 127 件(18.4%)、未訂定安全衛生工作守則有 106 件(15.4%)、勞工危害認知不足有 65 件(9.4%)、未事先告知承攬人員有關事業之工作環境、危害因素有 53 件(7.7%)、未設置勞工安全衛生管理人員有 51 件(7.4%)、未確實辦理工作場所之巡視、聯繫、調整有 46 件(6.7%)、未設置作業安全主管有 31 件(4.5%)、未訂定標準作業程式有 13 件(1.9%)、未訂定災害防止計畫有 9 件(1.3%)、未辦理勞工體格檢查有 9 件(1.3%)、任用未訓練合格之危險性機械、器具操作人員有 5 件(0.7%)及其他有 15 件(2.2%)。

表 8 91-97 年懸空作業致災原因--管理因素

管理因素
未設置勞工安全衛生管理人員 51(7.4%)
未訂定安全衛生工作守則 106(15.4%)
未實施安全衛生教育訓練 159(23.1%)
未實施自動檢查 127(18.4%)
未訂定標準作業程式 13(1.9%)
任用未訓練合格之危險性機械、器具操作人員 5(0.7%)
未設置作業安全主管 31(4.5%)
未事先告知承攬人員有關事業之工作環境、危害因素 53(7.7%)
未確實辦理工作場所之巡視、聯繫、調整 46(6.7%)
未訂定災害防止計畫 9(1.3%)
勞工危害認知不足 65(9.4%)
未辦理勞工體格檢查 9(1.3%)
其他 15(2.2%)

註：各職災案例之致災因素可能不只一項

第五節 討論

1.安全衛生管理

經由上述統計可知，災害發生單位未設置安衛主管、未訂定安衛工作守則、未舉辦安衛教育訓練及未實施自動檢查，皆佔一半以上。因此，進一步深入探討勞工安全衛生管理與職務別、單位承攬級別及事業單位規模之間的關聯性。根據 Cramer's V 相關檢定，如表 9 所示，可知罹災勞工個人資料中的職務別與勞工安

全衛生管理等情形具有顯著相關；而災害發生單位資料中的承攬級別及事業單位規模與勞工安全衛生管理等情形亦具有顯著相關，以下針對有顯著相關的因素進行 AR 值分析。

表 9 安衛管理 Cramer's V 相關檢定

Cramer's V 值	設置安衛主管	訂定安衛工作守則	舉辦安衛教育訓練	實施自動檢查
職務別	0.277*		0.344**	0.347**
承攬級別		0.218*	0.272**	0.194*
事業單位規模	0.516**	0.545**	0.521**	0.521**

註：* 表示達顯著水準 0.05；** 表示達顯著水準 0.01。

由表 10 可知，「臨時工」進行懸空作業時，因未設置勞工安全衛生主管發生事故死亡的情形異常偏高(AR=2.79)；而「其他職務」(如標誌工、模版工、清潔工等)進行懸空作業時，雖有設置勞工安全衛生主管，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=2.38)，顯示設有安全衛生主管，但並未落實安全衛生管理及協調指揮，因此仍須改善安全衛生主管實務，或增加其他安全衛生管理機制，才能防止事故發生。

表 10 懸空作業致災事業單位設置勞工安全衛生主管情形與職務別交叉分析表

職務別	有無設置勞工安衛主管*		總和
	無	有	
臨時工	28(2.79)	9(-2.79)	37
監工	6(-0.62)	7(0.62)	13
鋼筋工、鷹架工、鐵工	15(1.34)	7(-1.34)	22
水電工、屋頂工	16(0.52)	11(-0.52)	27
機械操作人員及維修工	20(-0.45)	19(0.45)	39
裝卸工、拆除工	7(-0.63)	8(0.63)	15
電工、電桿工	3(-1.59)	7(1.59)	10
電信及電路維修工、電線拆除工	18(-1.14)	21(1.14)	39
油漆工、裝潢工、泥水工	17(1.17)	9(-1.17)	26
其他(標誌工、模版工、清潔工等)	8(-2.38)	17(2.38)	25
總和	138	115	253

註：個數(調整後的標準化殘差, AR)。

由表 11 可知，「臨時工」及「油漆工、裝潢工、泥水工」進行懸空作業時，

因未舉辦勞工安全衛生教育訓練發生事故死亡的情形異常偏高($AR=2.94$ 及 2.20)；而「監工」、「機械操作人員及維修工」及「電信及電路維修工、電線拆除工」進行懸空作業時，雖有舉辦勞工安全衛生教育訓練，但發生事故死亡的情形仍異常偏高($AR=2.08$ 、 2.35 及 2.35)，顯示安全衛生教育訓練內容並未落實。

表 11 懸空作業致災事業單位之勞工安全衛生教育訓練情形與職務別交叉分析表

職務別	有無舉辦勞工安衛教育訓練		總和
	無	有	
臨時工	32(2.94)	5(-2.94)	37
監工	5(-2.08)	8(2.08)	13
水電工、屋頂工	19(0.89)	7(-0.89)	26
機械操作人員及維修工	19(-2.35)	20(2.35)	39
裝卸工、拆除工	7(-1.23)	7(1.23)	14
電工、電桿工	6(-0.35)	4(0.35)	10
電信及電路維修工、電線拆除工	19(-2.35)	20(2.35)	39
油漆工、裝潢工、泥水工	22(2.20)	4(-2.20)	26
其他(標誌工、模版工、清潔工等)	19(1.51)	5(-1.51)	24
總和	163	87	250

註：個數(調整後的標準化殘差 AR)。

由表 12 可知，「水電工、屋頂工」及「油漆工、裝潢工、泥水工」進行懸空作業時，因未實施自動檢查發生事故死亡的情形異常偏高($AR=2.70$ 及 2.23)；而「電信及電路維修工、電線拆除工」進行懸空作業時，雖有實施自動檢查，但發生事故死亡的情形仍異常偏高($AR=3.70$)，顯示自動檢查內容並未落實。

表 12 懸空作業致災事業單位之勞工自動檢查情形與職務別交叉分析表

職務別	有無實施自動檢查		總和
	無	有	
臨時工	31(1.77)	5(-1.77)	36
監工	9(0.07)	3(-0.07)	12
鋼筋工、鷹架工、鐵工	17(0.35)	5(-0.35)	22
水電工、屋頂工	25(2.70)	1(-2.70)	26
機械操作人員及維修工	24(-1.97)	15(1.97)	39
裝卸工、拆除工	10(-0.24)	4(0.24)	14
電工、電桿工	6(-1.05)	4(1.05)	10
電信及電路維修工、電線拆除工	19(-3.70)	19(3.70)	38
油漆工、裝潢工、泥水工	24(2.23)	2(-2.23)	26
其他(標誌工、模版工、清潔工等)	19(0.22)	6(-0.22)	25
總和	184	64	248

註：個數(調整後的標準化殘差 AR)。

由表 13 可知，在安衛工作守則方面，「二級承攬人」進行懸空作業時，因未訂定安全衛生工作守則發生事故死亡的情形異常偏高(AR=2.88)；而「原事業單位」進行懸空作業時，雖有訂定安全衛生工作守則，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=2.29)，顯示原事業單位安衛工作守則內容並未落實。

就安衛教育訓練方面，「一級承攬人」進行懸空作業時，因未舉辦勞工安全衛生教育訓練發生事故死亡的情形異常偏高(AR=3.28)；而「三級承攬人以上」進行懸空作業時，雖有舉辦勞工安全衛生教育訓練，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=3.47)，顯示三級承攬人以上安衛教育訓練內容並未落實。

就自動檢查方面，「原事業單位」進行懸空作業時，雖有實施自動檢查，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=2.36)，顯示原事業單位自動檢查內容並未落實。

表 13 懸空作業致災事業單位之承攬級別與安全衛生管理交叉分析表

承攬級別	原事業單位	一級承攬人	二級承攬人	三級承攬人以上	總和
有無訂定安衛工作守則					
無	21(-2.29)	74(-1.10)	55(2.88)	17(0.35)	167
有	17(2.29)	36(1.10)	10(-2.88)	6(-0.35)	69
有無舉辦安衛教育訓練					
無	22(-0.79)	82(3.28)	39(-0.70)	7(-3.47)	150
有	16(0.79)	28(-3.28)	26(0.70)	16(3.47)	86
有無實施自動檢查					
無	22(-2.36)	84(1.63)	51(1.09)	14(-1.43)	171
有	16(2.36)	23(-1.63)	14(-1.09)	9(1.43)	62

註：個數(調整後的標準化殘差 AR)。

由表 14 可知，在勞工安衛主管方面，5 人以下規模事業單位進行懸空作業時，因未設置勞工安全衛生主管發生事故死亡的情形異常偏高(AR=7.31)；而 10 人以上規模事業單位(10-29 人、30-99 人及 100 人以上)進行懸空作業時，雖有設置勞工安全衛生主管，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=4.73、2.35 及 3.17)，顯示雖設有勞工安衛主管，但並未落實管理。

在安衛工作守則方面，5 人以下規模事業單位進行懸空作業時，因未訂定安全衛生工作守則發生事故死亡的情形異常偏高(AR=6.48)；10 人以上規模事業單位(10-29 人、30-99 人及 100 人以上)進行懸空作業時，雖有訂定安全衛生工作守則，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=2.52、4.52 及 4.51)，顯示安衛工作守則內容並未落實。

就安衛教育訓練方面，5 人以下規模事業單位進行懸空作業時，因未舉辦勞工安全衛生教育訓練發生事故死亡的情形異常偏高(AR=6.30)；而 10 人以上規模事業單位(10-29 人、30-99 人及 100 人以上)進行懸空作業時，雖有舉辦勞工安全衛生教育訓練，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=3.03、3.18 及 4.74)，顯示安衛教育訓練內容並未落實。

就自動檢查方面，小規模事業單位(5 人以下及 6-9 人)進行懸空作業時，因未實施自動檢查發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=5.80 及 2.38)；而 10 人以

上事業單位進行懸空作業時，雖有實施自動檢查，但發生事故死亡的情形仍異常偏高(AR=2.93、3.09 及 4.98)，顯示自動檢查內容並未落實。

表 14 懸空作業致災事業單位之規模與實施安全衛生管理交叉分析表

事業單位規模	5 人以下	6-9 人	10-29 人	30-99 人	100 人以上	總和
有無設置勞工安衛主管						
無	74(7.31)	18(0.66)	22(-4.73)	8(-2.35)	3(-3.17)	125
有	15(-7.31)	13(-0.66)	52(4.73)	18(2.35)	15(3.17)	113
有無訂定安衛工作守則						
無	84(6.48)	26(1.88)	43(-2.52)	8(-4.52)	4(-4.51)	165
有	5(-6.48)	5(-1.88)	31(2.52)	18(4.52)	14(4.51)	73
有無舉辦安衛教育訓練						
無	78(6.30)	24(1.79)	35(-3.03)	9(-3.18)	2(-4.74)	148
有	10(-6.30)	7(-1.79)	37(3.03)	17(3.18)	16(4.74)	87
有無實施自動檢查情況						
無	83(5.80)	28(2.38)	43(-2.93)	11(-3.09)	4(-4.98)	169
有	5(-5.80)	3(-2.38)	29(2.93)	13(3.09)	14(4.98)	64

註：個數(調整後的標準化殘差 AR)。

第六節 小結

1. 懸空作業職災特性

- (1) 災害發生時間因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業勞工平均每年就有 38 人罹災死亡。整體而言，職災死亡月份集中於 7 月，發生星期以星期一及星期二為主，以 7 日、12 日、14 日及 25 日職災死亡人數最為凸出，發生時點尤以中午休息前及下班前 1 小時，11 點及 16 點為最主。
- (2) 罹災勞工個人因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業罹災死亡的勞工以男性為主，年齡層介於 45-54 歲居多(有 82 人，31.8%)，工作年資集中於未滿 1 個月(有 123 人，48.8%)及 3-12 個月(有 105 人，41.7%)。就罹災勞工職務方面，油漆工、裝潢工、泥水工進行懸空作業時

較易發生墜落、滾落，電路維修工、電線拆除工較易發生感電；此外，異物碰撞人體的災害類型中監工事故死亡比例偏高。

- (3)災害發生單位因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業勞工罹災死亡集中於營造業，且事業單位規模為 5 人以下(有 89 人，37.2%)及 10-29 人(有 75 人，31.4%)罹災死亡情形最為嚴重，承攬級別為一級承攬人最多(有 112 人，46.1%)，其次為二級承攬人(有 66 人，27.2%)。就安全衛生管理方面，未設置作業主管、未設置安衛主管、未訂定安衛工作守則、未舉辦安衛教育訓練及未實施自動檢查，皆佔一半以上。

2.四大致災因素

罹災死亡勞工進行懸空作業時，引發災害原因匯整如下，相關懸空作業防災建議，可依四大致災因素進行改善。

- (1)人為因素：以個人防護具使用不當為主(有 161 件，51.8%)，且以未配戴個人安全防護用具為主要原因，其次為作業動作不當(有 90 件，29%)，又以未採取安全作業方式及攀坐站於不安全位置為主要原因。
- (2)環境因素：以作業場所未設置適當之防護設備為主(有 115 件，75.2%)，其中以高度二公尺以上未設施工架或工作臺及安全網為主要原因；其次為作業場所未設置適當之防止感電設備(有 31 件，20.3%)，又以未設置防止感電之圍柵或設備主要原因。
- (3)設備因素：以機械器具故障為主(有 7 件，77.8%)。
- (4)管理因素：以未實施安全衛生教育訓練為主(有 159 件，23.1%)，其次為未實施自動檢查(有 127 件，18.4%)，再次之為未訂定安全衛生工作守則(有 106 件，15.4%)。

3.安全衛生管理方面

依職務別區分勞工安全衛生管理情形。首先，應落實設置「臨時工」作業場所安全衛生主管，針對「臨時工」及「油漆工、裝潢工、泥水工」舉辦安全衛生教育訓練課程，並加強實施「水電工、屋頂工」作業前自動檢查；其次，應改

善「監工」、「機械操作人員及維修工」及「電信及電路維修工、電線拆除工」安全衛生教育訓練內容，及「電信及電路維修工、電線拆除工」作業前自動檢查，或增加其他安全衛生管理機制，才能防止事故發生。

原事業單位雖有訂定安衛工作守則及實施自動檢查，但勞工發生事故死亡仍異常偏高，且三級承攬人以上，雖有舉辦安衛教育訓練勞工發生事故死亡仍異常偏高，因此仍須針對相關的勞工安全衛生管理內容進行改善或增加其他安衛管理制度；此外，應加強一級承攬人訂定勞工安全衛生工作守及二級承攬人舉辦勞工安全衛生教育訓練，才能防止事故發生。

10人以上規模事業單位進行懸空作業時，雖有設置安衛主管、訂定安衛工作守則、舉辦安衛教育訓練及實施自動檢查，但勞工發生事故死亡仍異常偏高，因此必須針對相關的勞工安全衛生管理內容進行改善或增加其他安衛管理制度；此外，應加強5人以下規模事業單位設置安衛主管、訂定安衛工作守則、舉辦安衛教育訓練及實施自動檢查，才能防止事故發生。

第三章 懸空作業職業災害之集群分析

本研究根據行政院勞委會重大職災資料庫，篩選出 91-97 年從事懸空作業職災死亡案例(267 人)，並採用統計集群分析探究此一議題，藉由罹災勞工個人因素、災害發生時間因素、災害發生單位因素及災害發生相關因素等，歸納出不同職災特性之集群。研究發現，勞工進行懸空作業引發的災害類型，可分為三大類型：1.進行電桿、電塔之懸空作業所引起的感電職災；2.使用梯子進行牆面懸空作業所引起的墜落職災；3.使用高空作業車、起重機、堆高機等所引起的墜落職災。

第一節 研究背景

依據我國歷年來重大職業災害死亡資料顯示，最嚴重之災害類型為墜落[4]。自高處墜落致災是我國主要災害類型，懸空作業是造成墜落關鍵項目之一。由於懸空作業大多為臨時、緊急性的修補與更換，且需要移動性的工作，必須依靠其他輔助機具來完成的高處作業，如起重機為各行各業廣泛使用的吊掛、起重機具，但由於使用頻率高，勞工常因一時方便，便宜行事地作為提供人員上下作業輔具而致災的重大工安事故。

高空作業車是載運工作人員至高處作業的起重升降工具。由於高空作業車承載作業人員至高空作業，一旦發生意外，極可能造成人員嚴重的傷亡。雖然高空作業車有起重與升降功能，在型式與作動上較接近移動式起重機，一般而言，移動式起重機以吊掛物體為主，而高空作業車則以舉升人員為主，兩者皆具有高位能及高電能的危險因數特性。根據美國職業安全衛生署對高空作業車的職災調查報告[11]，在 1986-1990 年間共計有 34 件高空作業車引起的死亡案例，造成 35 人死亡；其中墜落、及感電原因佔八成以上，顯示高空作業車具有相當的危險性。

梯子在工作場所中主要提供人員的攀登，延伸個人的活動範圍俾利進行各種作業，由於構造簡單、使用方便，一般人總認為高度不高相對危險性亦不大，其潛在危險性卻是往往被人所輕忽的[5]。根據美國勞工統計局資料顯示，1996年共有 25,383 人在工作中從梯子跌落受傷(因而請假無法工作者)，其中有 95 人死亡，而傷者中又有 30%受傷請假超過 30 日以上[12]。

施工架為營建施工時因無法藉由梯子或其他方式完成施工之高處作業所架設的施工設備，是屬於施工設備上的臨時構造物，因施工架作業期間短暫，但有關作業勞工的安全甚鉅，例如裝修工程及外牆作業等，皆有可能造成墜落、感電、倒塌、崩塌、跌倒等意外事故。其中，以墜落意外事故發生機率最高，歸咎其原因為作業者在施工過程中未依標準程式作業，常忽略施工期間應作的安全防範措施，包括安全防護具未佩戴、工作姿勢錯誤等，同時與勞工未接受相關之安全衛生教育訓練均有關聯[13]。

我國感電重大職災多年來一直高居全產業職業災害之第二位，僅次於墜落、滾落災害；災害最多之工作場所為靠近高壓線之樓旁，次為高壓電桿或鐵塔上。舉凡桿上作業站位過高，與供電中之高壓線未保持接近界限距離，失慎碰觸帶電活線，及在架空高壓電線之接近場所，移動式起重機或外線工程車等從事吊桿吊掛作業時，未與高壓活線保持接近界限距離，導致吊臂碰觸鄰近活線，皆為感電常見的致災情境[14]。

Tuominen 與 Saari 認為找出影響意外事故發生的因素，是避免職業意外災害事故的基礎。這些因素包含勞工個人因素、作業環境、作業機具、從事的作業類型等，這些影響因素的組合就是引發意外事故的主要情境[15]。因此，本研究針對 91-97 年從事懸空作業發生重大職災死亡之案例進行集群分析，歸納出不同職災特性之集群，以罹災勞工個人因素、災害發生時間因素、災害發生單位因素及災害發生相關因素進行探討；並透過致災因素關聯分析，以瞭解勞工進行懸空作業時相關的致災情境，以便於提供懸空作業防災之參考。

第二節 研究方法與步驟

一、懸空作業定義

勞工從事懸空作業時一般皆需依靠平臺、施工架、高空作業車及梯子等設備來協助完成工作。本研究將懸空作業定義為：只要在周邊臨空高度在 2 公尺以上，並且無立足點或無牢靠立足點的狀態條件下進行的高處作業，便統稱為懸空作業。

二、彙整案例報告進行編碼

根據行政院勞委會 91-97 年重大職災報告書內容，篩選出懸空狀態下進行作業職災死亡案例，再透過勞動檢查機構檢查資訊管理系統，重新編碼建置懸空作業重大職災資料庫。主觀篩選結果，91-97 年從事懸空作業罹災死亡案例約有 267 件(2002 年 45 件：2003 年 32 件：2004 年 44 件：2005 年 29 件：2006 年 34 件：2007 年 32 件：2008 年 51 件)。

研究變項包含季節、時間、公司規模、承攬級別、舉辦安衛教育訓練情形、實施勞工自動檢查情形、年齡、職務、勞工接受安衛教育訓練情形、工作場所、媒介物、災害類型及不安全行為、狀態。編碼方式如下：

1.災害發生時間因素

- (1)季節：A.春，B.夏，C.秋，D.冬。
- (2)時間：A.早上，B.下午，C.晚上，D.凌晨。

2.災害發生單位因素

- (1)事業單位規模：A.未滿 30 人，B.30-99 人，C.100 人以上。
- (2)承攬級別：A.原事業單位，B.承攬人，C.再承攬人，D.三級承攬人以上。
- (3)舉辦勞工安全衛生教育訓練情形：A.有，B.無。
- (4)實施勞工自動檢查情形：A.有，B.無。

3. 罹災勞工個人因素

- (1) 年齡：A. 未滿 30 歲，B. 30-44 歲，C. 45-55 歲，D. 56 歲以上。
- (2) 職務：依據行政院主計處職業標準分類為基礎，將性質相似職務整併如下，A. 臨時工、拆除工，B. 鋼筋工、鐵工、屋頂工，C. 電工，D. 機械操作及裝修工，E. 油漆工、裝潢工、泥水工，F. 其他。
- (3) 勞工接受安全衛生教育訓練情形：A. 有，B. 無。

4. 災害發生相關因素

- (1) 災害發生地點：依據作業場所之功能及類型，將性質相似的地點整理如下，A. 道路、橋墩及樑柱，B. 隧道、地下化(管線)工程，C. 電桿、電塔相關工程，D. 工廠，E. 倉庫，F. 住宅區，G. 休閒文教及營業場所，H. 辦公大樓，I. 新建、整修工地，J. 其他(如空地、果園等)。
- (2) 媒介物：依據勞委會制定媒介物分類為基礎，整理歸納如下，A. 裝卸運搬機械(如高空作業車、起重機、堆高機等)，B. 輸配電線路(如電桿、電塔等)，C. 梯子，D. 營建物及施工設備(如施工架、工作臺等)，E. 其他。
- (3) 災害類型：依據勞委會制定災害類型分類為基礎，整理歸納如，A. 墜落、滾落(含跌倒)，B. 感電，C. 異物碰撞人體(如物體崩塌、倒塌、被撞、被捲、被夾、物體飛落)，D. 其他(如公路交通事故、與有害物質接觸等)。

三、資料分析方法

1. 華德最小變異法

本研究利用集群分析方法，依據懸空作業罹災資料的特性加以分群歸類，使群組內的同質性高，而群組間異質性高。依據華德最小變異法(Ward's minimum variance method)分群，其目的是希望合併後集群內的聯合組內變異量(用離均差平方和代表，SS)達到最小[16][17]，公式如下：

$$SS = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \dots\dots\dots(1)$$

其中 i 代表變項, j 代表觀察體。爲了確保分群變數在各群間具有顯著差異, 而利用 Cramer's V 值來判定罹災勞工個人因素、災害發生時間因素、災害發生單位因素以及災害發生相關因素等變項與各集群間的關聯程度[9]。

2.Cramer's V 值

欲探討致災變數之間是否存在相關性, 需先判斷致災變數的類別; 若兩變數皆爲類別尺度, 或爲類別尺度與順序尺度的組合, 常使用 Cramer's V 值來判定兩變數之間是否存在顯著相關性, 致災變數屬上述組合類別, 故以 Cramer's V 值進行相關性分析。

設定虛無假設 H_0 : 兩因素獨立, 對立假設 H_1 : 兩因素不獨立, 並設定信心水準 $\alpha=0.05$, 檢定是否拒絕虛無假設, 若檢定結果爲拒絕虛無假設, 表示兩因素間不獨立, 亦即因素之間具有相關性。

將兩項因素以 $r \times c$ 列聯表的形式表示, 列因素共有 r 個子項目, 欄因素共有 c 個子項目, 表中 O_{ij} 代表第 i 列第 j 行之觀察次數, E_{ij} 代表第 i 列第 j 行之期望次數, 則卡方檢定統計量爲:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \dots\dots\dots(2)$$

然而卡方統計量易受樣本數大小及自由度之影響, 故當樣本數很大時, 更進一步的方法是將樣本數加入考慮, 即 Cramer's V 係數, 由卡方檢定統計量 χ^2 適當標準化後演變而來, 公式如下:

$$V = \sqrt{\frac{\frac{\chi^2}{n}}{\text{Min}\{(r-1), (c-1)\}}} \dots\dots\dots(3)$$

Cramer's V 係數介於 0 到 1 之間, 值越接近 1, 相關程度越高。

3.調整後的標準化殘差

確定因素間具有關聯性之後, 利用調整後的標準化殘差(Adjusted Standardized Residual, AR), 深入探討各因素子項目之間的相關性, 在信心水準

$\alpha=0.05$ 下，若 AR 之絕對值大於 1.96，代表此細格的觀察值(實際職災發生件數)顯著地高(低)於期望值。AR 值是以各邊際比率調整標準化殘差值，其避免了殘差值隨著邊際期望值的大小不同而產生波動的情況，排除了各邊際次數不相等所造成的比較問題，公式如下：

$$adj\Delta' = \frac{O_{ij} - E_{ij}}{\sqrt{E_{ij}(1 - P_i)(1 - P_j)}} \dots\dots\dots(4)$$

其中 O_{ij} 代表第 i 列第 j 行之觀察次數， E_{ij} 代表第 i 列第 j 行之期望次數， P_i 代表第 i 列的機率(即第 i 列邊際次數除以總樣本數)， P_j 代表第 j 行的機率(即第 j 行邊際次數除以總樣本數)。

調整後標準化殘差值之正負取決於觀察值是否高於期望值，若觀察值高於期望值，則調整後標準化殘差值為正，代表此細格實際發生職災次數顯著高於期望次數，亦是本文欲討論的群組。

第三節 研究結果

Drury 與 Brill 在情境分析中提到：情境包含演員(傷者)、道具(產品)、場景(環境)及情節(作業)等因素[18]。根據上述的情境分析模式，意外事故影響因素不外乎人員(性別、年齡、工作經驗等)、作業(行業、作業類型等)、設備(媒介物)、環境、災害類型、災害原因等因素。故基於深入瞭解職業意外事故發生的原因，是避免職業意外事故的基礎，意外事故的情境分析能提供預防對策的重要指標，本研究針對懸空作業重大職災死亡案例，透過災害發生時間因素(季節、時間)、罹災勞工個人因素(年齡層、職務、接受安全教育訓練情形)、災害發生相關因素(職災地點、媒介物、災害類型)及災害發生單位因素(舉辦安衛教育訓練、實施勞工自動檢查)等 10 個變項，進行集群及致災因素關聯分析，探討懸空作業重大職災類型及其特性。

一、懸空作業職災集群特性

針對 91-97 年從事懸空作業發生事故死亡之案例(原始個案共 267 件，扣除資料缺失者共 250 件)進行集群分析，歸納出三大災害群組，分別為：Class 1 有 67 人(26.8%)、Class 2 有 122 人(48.8%)及 Class 3 有 61 人(24.4%)，相關職災集群特性，如表 15 所示。

Class 1：進行電桿、電塔懸空作業所引起的感電職災(67 件案例)。

本集群將近有 9 成的職災係由電桿、電塔所引起(相對於全部職災案例為 89.6%比 25.2%)。此外，本集群罹災勞工顯著地集中在 30-44 歲年齡層間(47.8%)、勞工職務主要為電工(65.7%)的特性，且災害類型壓倒性地發生於感電事故(相對於全部職災案例為 86.6%比 23.2%)；在時間因素方面，本集群職災多發生在夏季(50.7%)，且以發生在晚上的情形顯著地偏高(相對於全部職災案例為 16.4%比 7.2%)；工作場所多為電桿、電塔相關工程(相對於全部職災案例為 40.3%比 15.2%)。

Class 2：使用梯子進行牆面懸空作業所引起的墜落職災(122 件案例)。

本集群有一半的職災係由梯子引起(相對於全部職災案例為 52.5%比 32.4%)。本集群罹災勞工年齡層在 56 歲以上顯著偏高(相對於全部職災案例為 15.6%比 10.0%)，勞工職務主要為臨時工、拆除工(24.6%)及油漆工、裝潢工、泥水工(18.9%)，絕大多數罹災勞工未接受過安全教育訓練(98.4%)，且災害類型壓倒性地發生於墜落、滾落(相對於全部職災案例為 92.6%比 69.2%)；多發生於新建、整修工地(35.2%)及住宅區(12.3%)的作業場所。此外，災害發生單位多未舉辦勞工安全衛生教育訓練(97.5%)及未實施勞工自動檢查(94.3%)。

Class 3：使用高空作業車、起重機、堆高機等進行高處懸空作業所引起的墜落職災(61 件案例)。

本集群職災主要由高空作業車等裝卸搬運機械所引起(相對於全部職災案例為 29.5%比 12.8%)。本集群罹災勞工顯著地集中在 45-55 歲年齡層間(45.9%)，

勞工職務主要為機械操作及裝修工(31.1%)，災害類型絕大多數為墜落、滾落(相對於全部職災案例為 86.9%比 69.2%)；職災多發生在秋季(37.7%)，大部分罹災勞工接受過安全教育訓練(82.0%)；工作場所主要集中在工廠(27.9%)、道路、橋墩及樑柱(相對於全部職災案例為 16.4%比 7.2%)及隧道、地下化(管線)工程(相對於全部職災案例為 8.2%比 3.6%)。此外，災害發生單位多有舉辦勞工安全衛生教育訓練(95.1%)，且實施勞工自動檢查顯著地偏高(59.0%)。

表 15 懸空作業重大職災之集群特性

變項	類別	Class 1 (n=67)	Class 2 (n=122)	Class 3 (n=61)	Total (n=250)
年齡*	未滿 30 歲	20.9%	13.9%	21.3%	17.6%
	30-44 歲	47.8%	36.9%	27.9%	37.6%
	45-55 歲	26.9%	33.6%	45.9%	34.8%
	56 歲以上	4.5%	15.6%	4.9%	10.0%
季節**	春	26.9%	20.5%	21.3%	22.4%
	夏	50.7%	35.2%	18.0%	35.2%
	秋	17.9%	22.1%	37.7%	24.8%
	冬	4.5%	22.1%	23.0%	17.6%
時間*	早上	28.4%	34.4%	41.0%	34.4%
	下午	52.2%	61.5%	50.8%	56.4%
	晚上	16.4%	3.3%	4.9%	7.2%
	凌晨	3.0%	0.8%	3.3%	2.0%
職務**	臨時工、拆除工	11.9%	24.6%	14.8%	18.8%
	鋼筋工、鐵工、屋頂工	9.0%	15.6%	14.8%	13.6%
	電工	65.7%	14.8%	16.4%	28.8%
	機械操作及裝修工	4.5%	13.1%	31.1%	15.2%
	油漆工、裝潢工、泥水工	1.5%	18.9%	4.9%	10.8%
	其他	7.5%	13.1%	18.0%	12.8%
作業場所**	道路、橋墩及樑柱	4.5%	4.1%	16.4%	7.2%
	隧道、地下化(管線)工程	3.0%	1.6%	8.2%	3.6%
	電桿、電塔相關工程	40.3%	3.3%	11.5%	15.2%
	工廠	14.9%	16.4%	27.9%	18.8%
	倉庫	1.5%	5.7%	1.6%	3.6%
	住宅區	3.0%	12.3%	0.0%	6.8%
	休閒文教及營業場所	9.0%	8.2%	8.2%	8.4%

變項	類別	Class 1 (n=67)	Class 2 (n=122)	Class 3 (n=61)	Total (n=250)
	辦公大樓	4.5%	10.7%	6.6%	8.0%
	新建、整修工地	19.4%	35.2%	19.7%	27.2%
	其他	0.0%	2.5%	0.0%	1.2%
媒介物**	裝卸運搬機械	0.0%	11.5%	29.5%	12.8%
	輸配電線路	89.6%	1.6%	1.6%	25.2%
	梯子	1.5%	52.5%	26.2%	32.4%
	營建物及施工設備	0.0%	27.9%	29.5%	20.8%
	其他	9.0%	6.6%	13.1%	8.8%
災害類型**	墜落、滾落(含跌倒)	10.4%	92.6%	86.9%	69.2%
	感電	86.6%	0.0%	0.0%	23.2%
	異物碰撞人體	3.0%	7.4%	8.2%	6.4%
	其他	0.0%	0.0%	4.9%	1.2%
勞工接受安衛 教育訓練情形**	有	40.3%	1.6%	82.0%	31.6%
	無	59.7%	98.4%	18.0%	68.4%
單位舉辦安衛 教育訓練情形**	有	41.8%	2.5%	95.1%	35.6%
	無	58.2%	97.5%	4.9%	64.4%
單位實施勞工 自動檢查情形**	有	35.8%	5.7%	59.0%	26.8%
	無	64.2%	94.3%	41.0%	73.2%

註 1：* 表示達顯著水準 0.05；** 表示達顯著水準 0.01。

註 2：粗體為通過 Cramer's V 及殘差檢定具有顯著差異之細項。

二、懸空作業致災因素關聯

深入瞭解懸空職災發生的原因，可將有限的防災資源集中投入於易發生意外事故的情境因素，以獲取預防與控制職災的最大效益。就此，本研究針對罹災者職務、作業場所(即災害發生地點)、災害媒介物及災害類型進行殘差分析，探究災害相關因素之間的關聯性，如圖 6 所示。

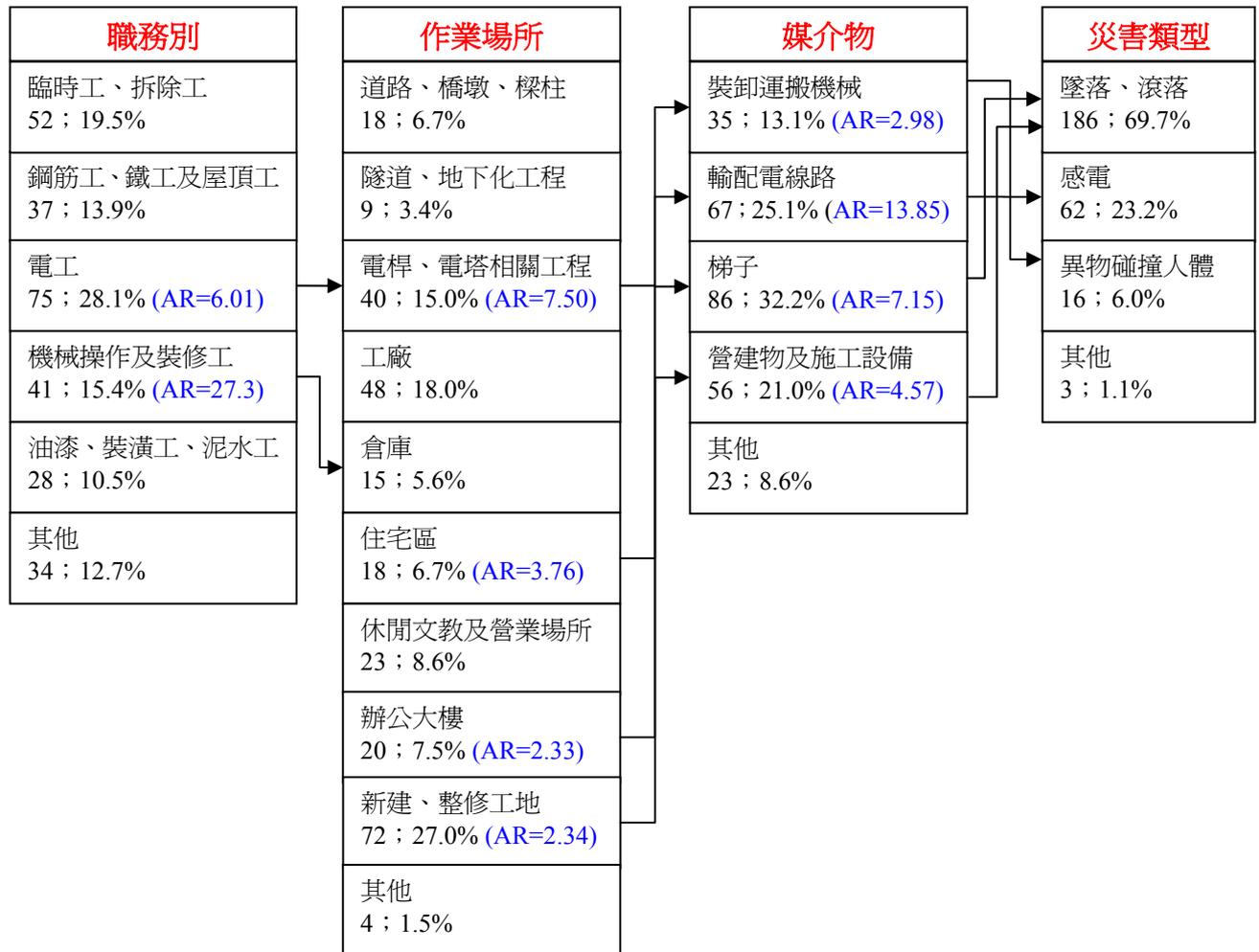
由罹災勞工之職務與作業場所進行殘差分析，發現「電工」在「電桿、電塔相關工程」進行懸空作業時，發生事故死亡的情形顯著偏高($AR=6.01$)；「機械操作及裝修工」在「倉庫」進行懸空作業時，發生事故死亡的情形顯著偏高($AR=2.73$)。

由作業場所與災害媒介物進行殘差分析，發現在「電桿、電塔相關工程」

進行懸空作業時，因「輸配電線路」發生事故死亡的情形顯著偏高(AR=7.50)；在「住宅區」進行懸空作業時，因「梯子」發生事故死亡的情形顯著偏高(AR=3.76)；在「新建、整修工地」進行懸空作業時，因「營建物及施工設備」發生事故死亡的情形顯著偏高(AR=2.34)；在「辦公大樓」進行懸空作業時，因「裝卸運搬機械」發生事故死亡的情形顯著偏高(AR=2.33)。

由媒介物與災害類型進行殘差分析，發現進行懸空作業時因「輸配電線路」所引起的「感電」職災顯著地偏高(AR=13.85)；因「梯子」及「營建物及施工設備」所引起的「墜落、滾落」職災顯著地偏高(AR=7.15 及 AR=4.57)；因「裝卸運搬機械」所引起的「異物碰撞人體」職災顯著地偏高(AR=2.98)。

藉由上述致災因素關聯分析結果，勞工從事懸空作業可能的致災情境如下：(1)電工進行電桿、電塔懸空作業，因輸配電線路引發的感電災害；(2)機械操作及裝修工在倉庫內進行懸空高處作業所造成的意外事故；(3)於住宅區使用梯子進行懸空作業，所引起的墜落職災；(4)於新建、整修工地，因施工架或工作臺等營建物及施工設備，所引起的墜落職災；(5)於辦公大樓使用高空作業車、起重機、堆高機等裝卸運搬機械進行懸空作業，引起的異物碰撞人體災害。



註：射線標示，表示通過殘差檢定(起始端與末端具有關聯性)。

圖 6 懸空作業致災因素之關聯

第四節 討論

一、單位規模及承攬關係

經由上述集群分析結果，可知 Class 2 中災害發生單位有 9 成以上未舉辦安全教育訓練(97.5%)及未實施勞工自動檢查(94.3%)，而 Class 3 中災害發生單位則多有舉辦安全衛生教育訓練(77.5%)及實施勞工自動檢查(59.0%)。為探究其原因，首先將集群與災害發生單位規模進行交叉分析，如表 16 所示，發現 Class 2 災害發生單位規模有 9 成以上為未滿 30 人，屬於小規模單位，小型企業雇主普遍對勞工安全衛生管理認知不足，更談不上會去落實勞工安全衛生相關規定；

Class 3 災害發生單位規模為 100 人以上顯著偏高(相對於全部職災案例為 18.0% 比 7.2%)，一般具規模企業大多有專責的安衛人員，進行規劃執行勞工安全衛生管理事宜。

在實務經驗上，國內大企業對安全衛生訓練之實施問題較少，但一般小型企業，根本沒有安全衛生教育訓練可言。中小企業主對勞工之教育訓練仍以生產操作訓練為主，而忽視安全教育訓練的重要性，因此相關論述發現，勞工未受安全衛生教育訓練導致災害之勞工居高不下[19]。

就單位規模來看，雇用人數較多(100 人以上)的大公司，其勞工進行懸空作業發生職災情形明顯較低(7.2%)。小公司(未滿 30 人)發生職災比例顯著較高(82.3%)，其危險性較高的原因可能是小公司無法提供完善的安全訓練及安全教育人員，也可能是小公司承接危險性較高的工作[20]。因此為了降低職災發生，可先讓小規模事業單位的勞工建立安全觀念，再以宣導方式擴大防災層面，即以宣導的方式代替檢查策略可行性高。

表 16 集群與災害單位規模之交叉分析

變項	類別	Class 1 (n=67)	Class 2 (n=122)	Class 3 (n=61)	Total (n=250)
單位規模**	未滿 30 人	76.1%	93.4%	67.2%	82.3%
	30-99 人	16.4%	5.0%	14.8%	10.4%
	100 人以上	7.5%	1.7%	18.0%	7.2%

註 1：* 表示達顯著水準 0.05；** 表示達顯著水準 0.01。

註 2：粗體為通過 Cramer's V 及殘差檢定具有顯著差異之細項。

其次，分析災害發生單位規模與承攬級別間之關聯，如表 17 所示，發現小型企業(未滿 30 人)屬於再承攬人顯著偏高(相對於全部職災案例為 28.9% 比 25.8%)，實際上一些高危險性工作大企業大多由小包商承攬施作，得以維持安全衛生管理績效[19]。具有一定規模的企業(100 人以上)，多為原事業單位(72.2%)，但大企業仍會為降低成本將部分事業承攬給小公司，亦有可能為了減少人才培訓所耗費的時間與成本，而將較瑣碎的工作承攬給小規模單位進行。

根據實證研究結果，約有 90%的職業災害或傷害是導因於不安全行為，而不安全的環境和其他無法掌握的因素僅佔 10%，綜合歸納易導致職災發生的企業與勞工特質如下：(1)公司規模太小，且企業主為重視安全衛生管理；(2)企業主對安全設備之設置，有錯誤的認知；(3)勞工未受安全衛生教育訓練，安全衛生觀念未建立；(4)勞工工作經驗不足，對工作場所環境狀況不熟悉[19]。

表 17 災害單位規模與承攬級別之交叉分析

變項	類別	未滿 30 人 (n=211)	30-99 人 (n=27)	100 人以上 (n=18)	總和
承攬級別**	原事業單位	15.6%	25.9%	72.2%	20.7%
	承攬人	44.5%	59.3%	16.7%	44.1%
	再承攬人	28.9%	11.1%	11.1%	25.8%
	三級承攬人以上	10.9%	3.7%	0.0%	9.4%

註 1：* 表示達顯著水準 0.05；** 表示達顯著水準 0.01。

註 2：粗體為通過 Cramer's V 及殘差檢定具有顯著差異之細項。

二、職災集群趨勢

91-97 年我國勞工從事懸空作業職災集群成長趨勢，如圖 7 所示。

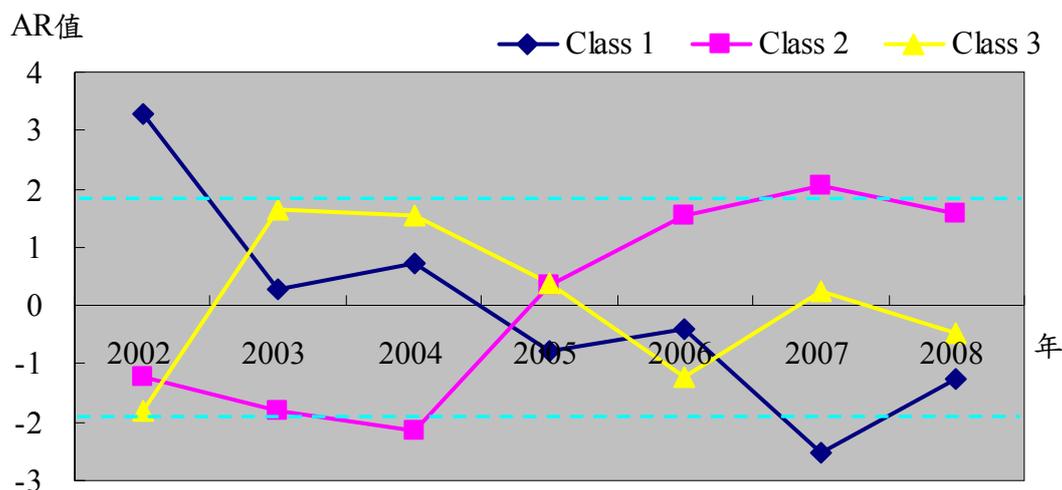


圖 7 歷年(91-97 年)懸空作業職災集群成長趨勢(單位：AR 值)

Class 1 災害集群：

2002-2007 年呈現下降的趨勢，但於 2008 年度進行電桿、電塔之懸空作業所引起的感電職災比例突然上升。在高壓電桿或鐵塔上作業，屬於活線作業或活線近接作業，稍有疏忽身體極易碰撞高壓裸線及高壓設備之帶電部，引起的感電職災[14]。罹災勞工年齡層顯著地集中在 30-44 歲間。多發生在夏季；由於夏季天氣炎熱，易使勞工疲勞、精神渙散及注意力不集中，且容易流汗工作者經常赤膊或所穿衣服較少致使人體之整體電阻降低，又夏季多雨工作場所較潮濕等有關[21]；台灣每年 7-9 月是颱風最多的季節，所帶來強風、豪雨及颱風過後之搶救及災修復建工程極易發生災害，如潮濕之用電設備及線路感電等災害。

感電災害大多為勞工不安全動作加上工作場所之不安全設備所致，因此雇主除了須改善工作場所之安全設備或環境外，更應加強對勞工之安全衛生教育訓練[21]，例如個人防護具及線路設備之防護裝備，依作業規定確實使用，另須嚴格實施停電作業程式或作業管理。此外，對非電氣人員亦須以一般性之電氣安全教育訓練，要求非電氣人員不得從事有關電氣器材之裝涉及保養等[21]。

Class 2 災害集群：

2004-2008 年使用梯子進行牆面作業時所引起的墜落職災呈現上升的趨勢。於住宅使用梯子進行牆面懸空作業所引起的墜落職災，勞工年齡層在 35-55 歲之間處於為高風險群[22]。從梯子墜落大多數因為不安全上下設備、不當個人防護器具[23]，例如油漆工、裝潢工及泥水工，常因作業人員站在梯子上利用搖擺方式移動梯子造成翻覆意外；或將併攏的合梯當直梯來使用，因梯腳無法提供足夠的摩擦力，而造成滑倒的意外[24]。根據 Cohen 與 Lin 三個論點來改善：選擇正確的裝備、使用安全的梯子及定期檢查、維護梯子的安全[25]。為防止從梯子墜落，加拿大的 MLID 建議在樓梯的開放邊緣、斜坡或是其他類似的應設置適當的扶手護欄，不只可以防止墜落還能提供上下樓梯的支撐[26]。

此外，從鷹架或工作臺所引起的墜落職災也是相當值得注意。災害發生主要原因為不當個人防護具、不安全護欄、施工架不符合規定、不安全上下設備、

安全網不安全等[23]。爲了防止勞工從施工架及平作台墜落，根據美國勞工局統計資料研究鷹架意外事故所提出的建議設置護欄[27]。在安裝護欄的期間，工作人員必須將獨立的安全帶繫掛上安全母索以防止暴露於有墜落之虞的開口邊緣。安全網通常都用於無法安裝護欄或是無法設置安全母索的工作環境。另當護欄暫時移除時必須設立警告標示[28]。

災害發生單位多屬於小型企業(未滿 30 人)，由於小型企業雇主普遍對勞工安全衛生管理認知不足，更談不上會去落實勞工安全衛生相關規定[19]；因此，大多數罹災勞工未接受過安全教育訓練，且公司多未舉辦勞工安全衛生教育訓練以及未確實實施勞工自動檢查。爲降低職災發生情形，可以宣導的方式代替檢查策略，即讓小型企業的勞工先建立安全觀念，再以宣導方式擴大防災層面[19]。

Class 3 災害集群：

91-97 年使用高空作業車、起重機、堆高機等裝卸運搬機械進行懸空作業所引起的墜落職災無顯著的趨勢。生產或物流活動中缺少不了重物搬運作業(如棧板物品、箱型物品等)，爲減少人力搬運之傷害及提昇搬運之效率，常運用堆高機、起重機、升降機及高空作業車等。而勞工使用裝卸運搬機械進行懸空作業時，最易發生墜落職災[29]；尤其是 45-55 歲年齡層間之機械操作及裝修工在工廠進行懸空作業常造成此類型災害發生。

沈育霖等人研究發現國內使用移動式起重機加裝人員搭乘設備在高處作業，其安全方面的共同缺失以人爲因素爲主，機械發生故障失誤造成的原因較少，因此預防意外發生的關鍵是建立管理機制，藉由法規在安全上的具體要求，以消除或降低災害[30]。災害發生單位多屬於大型企業(100 人以上)，在實務經驗上，國內大企業對安全衛生訓練之實施問題較少，一般具規模企業大多有專責的勞安衛人員，進行規劃執行勞工安全衛生管理事宜[19]；因此，大部分罹災勞工接受過安全教育訓練，公司大多亦有舉辦勞工安全衛生教育訓練，且有實施勞工自動檢查的情形顯著地偏高。

第五節 小結

我國 91-97 年從事懸空作業事故意外死亡之勞工職災特性如下：

1. 青壯年(30-44 歲間)勞工從事電桿、電塔相關工程時，易引起的感電職災，多發生於夏季且以發生在晚上的情形偏高，可能原因為夏季炎熱，勞工精神渙散不易集中，且夏季多雨工作場所較潮濕，容易造成災害。

(1)感電災害原因：不安全動作加上工作場所之不安全設備所致。

(2)注意事項：應加強電氣人員專業訓練及落實執行標準作業程式。對非電氣人員亦需以一般性之電氣安全教育訓練，並要求非電氣人員不得從事有關電氣器材維修等作業。

2. 高齡勞工(56 歲以上)於住宅區內進行油漆、裝潢或泥水作業時，常因梯子而造成墜落職災，且絕大部分勞工未接受過安全衛生教育訓練。亦發現此集群雇主多未舉辦勞工安衛教育訓練及未實施勞工自動檢查，可能原因為災害單位規模以小型企業居多(未滿 30 人)，中小企業雇主對勞工教育訓練仍以生產操作訓練為主，而忽視安全衛生教育訓練的重要性。

(1)梯子墜落災害原因：不安全上下設備、及不當防護器具使用所致。

(2)注意事項：選擇正確的裝備、使用安全的梯子及定期檢查、及維護梯子的安全。

3. 壯年勞工(45-55 歲間)在工廠、道路周邊(含橋墩及樑柱)，使用高空作業車、起重機、堆高機等進行高處懸空作業易引起的墜落職災，由於多屬於機械操作及維修工，本身即須接受機械安全教育訓練。且此集群災害發生單位為大型企業(100 人以上)比例偏高，因此雇主多有舉辦勞工安衛教育訓練、及實施勞工自動檢查。

(1)災害原因：加裝人員搭乘設備，安全缺失以人為因素為主。

(2)注意事項：建立事業單位管理機制，並藉由法規在安全上具體的要求。

檢查單位應由大企業逐步往中小企業承攬商實施檢查。

第四章 懸空作業安全原則與實務

懸空作業為我國職業災害比例相當高的作業項目之一，根據行政院勞委會重大職業災害統計資料顯示，我國 91-97 間因從事懸空作業而造成的職業災害死亡案例高達 267 件，顯示懸空作業的危險性極高，其中致災媒介物以起重機、堆高機與梯子為最多。所謂懸空作業是指在周邊臨空的狀態下進行作業，亦即在無立足點或無牢固立足點的狀態下來進行作業，加上懸空作業施工時必須不斷移動，作業機具、設備與設施大多為臨時性組構而成，一旦忽略安全防護工作，將非常容易導致職業災害的發生。因此，本章節提出懸空作業安全指引，目的在協助相關人員從事懸空作業的安全防護措施與實務作法。

第一節 懸空作業防護原則及優先順序

就預防懸空作業職業災害的技術層面而言，可以透過許多方式來保護勞工避免發生職業災害，以下就優先順序依序說明：

1.消除危害

完全消除危害亦即避免危害場所的發生是所有方式中最有效且最應先設法實施的方式。因此，在工程設計規劃時就應先思考施工中可能的危害因數，在工程設計規劃的階段之初就應儘量以安全化設計來消除所有危害因數。舉例來說，可以透過一些工程設計及作業方法的變更，使勞工在地面完成作業，減少高處作業來消除危害因數。

2.替代方式

若無法完全消除危害，則應嘗試利用危害性較低的方式來取代危害性較高的方式。例如，臨時性屋頂作業可以利用高空作業車來取代梯子作為爬升之工具。或者利用標準框式施工架來取代一般施工架進行作業以減少墜落的危害。

3.工程控制方式

工程控制方式包括工程設計、作業方法與作業程式的變更。減少勞工從事危險性作業的次數已達到降低危害的目的。例如，可以設計自動上下的送料設備，來減少勞工在高處作業的搬運次數。

4.行政管理控制

藉由行政管理控制方式來達到預防危害發生的目的或減輕危害發生的嚴重性，相關行政管理包括下列方式：

- (1)實施安全叮嚀、安全教育、訓練與告知
- (2)實施安全查核、安全觀察與門禁管制
- (3)現場 5S、照明、工作許可證與告示牌

5.個人防護具

作業員工穿戴個人防護設備是所有方式中防止危害的最後一道防線。此方式並沒有消除與控制危害源，而是當危害發生時，藉由個人防護設備來降低危害發生時對於人員的衝擊程度。

第二節 以堆高機為媒介物進行懸空作業之安全防護實務

(一)法規規定

1. 不得使勞工搭載於堆高機之貨叉所承載貨物之托板、撬板及其他堆高機（乘坐席以外）部分。但停止行駛之堆高機，已採取防止勞工墜落設備或措施者，不在此限。**(勞工安全衛生設施規則第 116 條第 10 項)**

(二)防護實務

1. 設置堆高機專用工作平臺(圖 8 及圖 9)



資料來源: <http://www.lifttech.com/forklift/index.php>

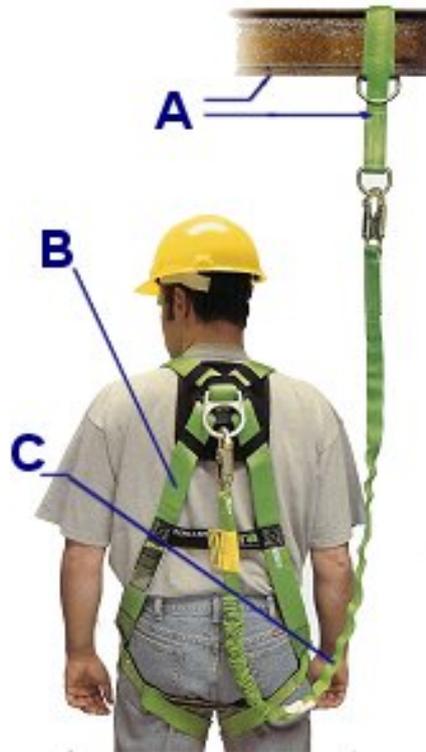
圖 8 標準型



資料來源: <http://www.lifttech.com/forklift/economy.php>

圖 9 經濟型

2.設置個人防墜裝置(圖 10)



資料來源: <http://www.forkliftuniversity.com/fall.htm>

圖 10 個人防墜裝置

3.操作區域內設置警告標語與警示牌(圖 11)



資料來源 1: <http://www.safetysignsandnotices.co.uk/home.php>

資料來源 2: <http://www.proshieldsafetysigns.co.uk/>

圖 11 警告標語與警示牌

第三節 以梯子為媒介物進行懸空作業之安全防護實務

(一)法規規定

雇主設置之固定梯子，應依下列規定：(勞工安全衛生設施規則第 37 條)

- 一、具有堅固之構造。
 - 二、應等間隔設置踏條。
 - 三、踏條與牆壁間應保持十六·五公分以上之淨距。
 - 四、應有防止梯子移位之措施。
 - 五、不得有妨礙工作人員通行之障礙物。
 - 六、平台如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過三十公厘；超過時，應裝置鐵絲網防護。
 - 七、梯子之頂端應突出板面六十公分以上。
 - 八、梯長連續超過六公尺時，應每隔九公尺以下設一平台，並應於距梯底二公尺以上部分，設置護籠或其他保護裝置。但符合下列規定之一者，不在此限。
 - (一)未設置護籠或其它保護裝置，已於每隔六公尺以下設一平台者。
 - (二)塔、槽、煙囪及其他高位建築之固定梯已設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安全裝置，以防止勞工墜落者。
 - 九、前款平台應有足夠長度及寬度，並應圍以適當之欄柵。
- 前項第七款至第八款規定，不適用於沉箱內之梯子。

(二)防護實務

1. 梯腳應有防滑裝置，梯子上部應設置防滑與防翻轉之裝置(圖 12)



Ladder Stopper



Multistopper



Spyder

資料來源: <http://www.euroinnovations.com.au/main/home.htm>

圖 12 梯子之防滑與防翻轉之裝置

2.設置作業人員防護裝置(圖 13)



資料來源: <http://www.millerfallprotection.com/gallery2/main.php>

圖 13 個人防護裝置

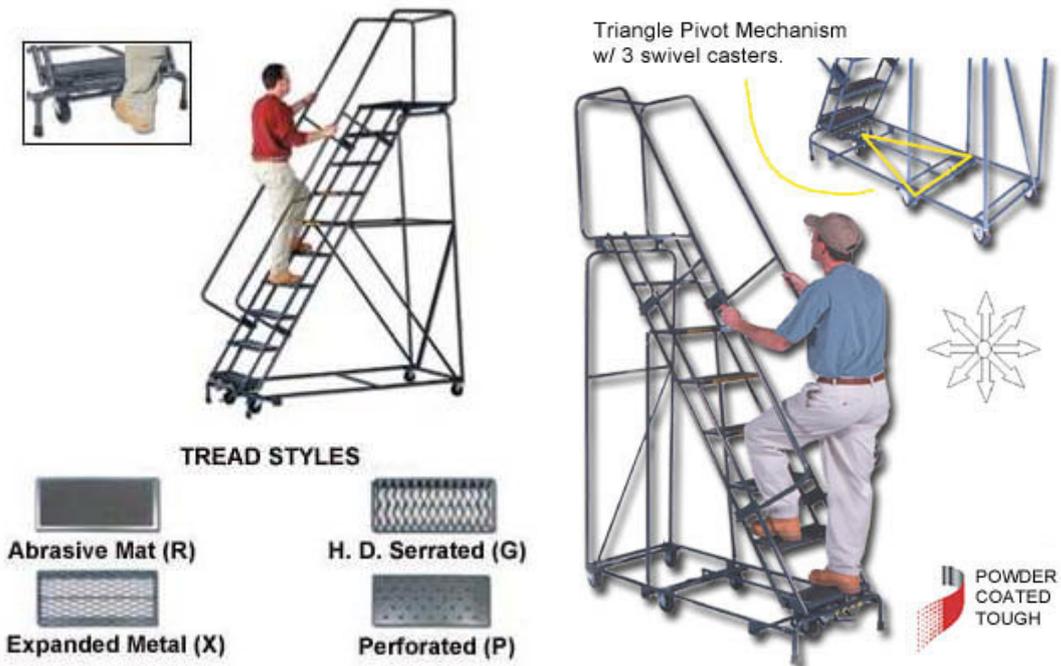
3.梯柱頂端設置延伸扶手可使勞工安全踏上作業面(圖 14)



資料來源: <http://www.diamondtool.net/dt/>

圖 14 梯柱頂端設置延伸扶手

4.2 公尺以下之作業，亦可使用不同型式之梯子/工作臺(圖 15)



資料來源: <http://www.advancedhandling.com/materialhandlingequipment/index.htm>

圖 15 不同型式之梯子/工作臺

5. 不可站立於梯子頂板上進行作業(圖 16)



資料來源: <http://www.flickr.com/photos/30123358@N04/>

圖 16 不可站立於梯子頂板上進行作業

6. 合梯與板料組搭乘的工作臺亦可以 2 公尺以下之作業(圖 17)



資料來源: <http://www.thelittleladderstore.com/index.html>

圖 17 合梯與板料組搭乘之工作臺

第四節 以起重機為媒介物進行懸空作業之安全防護實務

(一)法規規定

1. 雇主對於移動式起重機之使用，以吊物為限，不得乘載或吊升勞工從事作業。但從事貨櫃裝卸、船舶維修、高煙囪施工等尚無其他安全作業替代方法，或臨時性、小規模、短時間、作業性質特殊，經採取防止墜落等措施者，不在此限。雇主對於前項但書所定防止墜落措施，應辦理事項如下：**(起重升降機**

具安全規則第 35 條)

- 一、以搭乘設備乘載或吊升勞工，並防止其翻轉及脫落。
- 二、使勞工佩戴安全帶或安全索。
- 三、搭乘設備自重加上搭乘者、積載物等之最大荷重，不得超過該起重機作業半徑所對應之額定荷重之百分五十。
- 四、搭乘設備下降時，採動力下降之方法。

2. 雇主對於前條第二項所定搭乘設備，應依下列規定辦理：**(起重升降機具安全規則第 36 條)**

- 一、搭乘設備應有足夠強度，其使用之材料不得有影響構造強度之損傷、變形或腐蝕等瑕疵。
- 二、搭乘設備周圍設置高度九十公分以上之扶手，並設中欄杆及腳趾板。
- 三、搭乘設備之懸吊用鋼索或鋼線之安全係數應在十以上；吊鏈、吊帶及其支點之安全係數應在五以上。
- 四、依搭乘設備之構造及材質，計算積載之最大荷重，並於搭乘設備之明顯易見處，標示自重及最大荷重。

3. 移動式起重機從事垂直高度二十公尺以下之高處作業，不適用第三十五條第一項但書規定。但使用道路或鄰接道路作業者，不在此限。**(起重升降機具安全規則第 37 條)**

4. 雇主使用移動式起重機吊掛搭乘設備搭載或吊升人員作業時，應依下列規定辦理：**(起重升降機具安全規則第 38 條)**

- 一、搭乘設備及懸掛裝置（含熔接、鉚接、鉸鏈等部分之施工），應妥予安全設計，並事前將其構造設計圖、強度計算書及施工圖說等，委託中央主管機關認可之專業機構簽認，其簽認效期最長二年；效期屆滿或構造有變更者，應重新簽認之。
- 二、起重機載人作業前，應先以預期最大荷重之荷物，進行試吊測試，將測試荷物置於搭乘設備上，吊升至最大作業高度，保持五分鐘以上，確認其平衡性及安全性無異常。該起重機移動設置位置者，應重新辦理試吊測試。
- 三、確認起重機所有之操作裝置、防脫裝置、安全裝置及制動裝置等，均保持功能正常；搭乘設備之本體、連接處及配件等，均無構成有害結構安全之損傷；吊索等，無變形、損傷及扭結情形。
- 四、起重機作業時，應置於水準堅硬之地盤面；具有外伸撐座者，應全部伸出。

五、起重機載人作業進行期間，不得走行。進行升降動作時，勞工位於搭乘設備內者，身體不得伸出箱外。

六、起重機載人作業時，應採低速及穩定方式運轉，不得有急速、突然等動作。當搭載人員到達工作位置時，該起重機之吊升、起伏、旋轉、走行等裝置，應使用制動裝置確實制動。

七、起重機載人作業時，應指派指揮人員負責指揮。無法派指揮人員者，得採無線電通訊聯絡等方式替代。

雇主對於前項起重機之載人作業，應依據作業風險因素，事前擬訂作業方法、作業程式、安全作業標準及作業安全檢核表，使作業勞工遵行。

雇主應指派適當人員實施作業前檢點、作業中查核及自動檢查等措施，隨時注意作業安全，相關表單紀錄於作業完成前，並應妥存備查。

(二)防護實務

1. 設置起重機專用吊籃(圖 18 及圖 19)



資料來源: <http://www.lifttech.com/crane/index.php>

圖 18 標準型



資料來源: <http://www.lifttech.com/crane/economy.php>

圖 19 經濟型

2 操作區域內設置警告標語(圖 20)



資料來源: <http://www.emedco.com/>

圖 20 警告標語

3 設置個人防墜裝置(圖 21)



完整墜落保護設備



安全帶

女性專用安全帶

資料來源 1: <http://www.khojle.in/q/home-gym-rope.html>

資料來源 2: <http://www.usa-ebiz.com/fall-protection-products.shtml>

資料來源 3: <http://www.liftandaccess.com/index.php?id=3816>

圖 21 墜落保護設備

第五章 懸空作業工安警訊

第一節 以起重機供勞工上下懸空作業工安警訊

一、前言

根據行政院勞工委員會重大職災資料統計，民國 91-98 年起重機械所造成的職災死亡人數共 219 人，平均每年約 27 人罹災死亡；其中罹災人數及比例最高之致災媒介物，以移動式起重機為主(80 人，36.5%)。起重機械進行吊昇作業所引發的災害佔 44.8%，尤以起重機搭載人員作業肇災問題最應關注。起重機為各行各業廣泛使用的吊掛、搬運機具，但勞工常因一時方便，便宜行事地作為提供人員上下作業輔具，此時又負載材料或吊升重物，勞工亦疏於注意安全，未繫安全帶，因搭乘設備強度不足、焊接不良、插銷脫落、副桿折彎或鋼索斷裂等導致墜落災害發生，值得檢討並注意防範。

二、職災案例

1. 民國 99 年 8 月 10 日上午 11 時，高雄市一名 38 歲男性廣告工，從事廣告招牌維修作業時，因起重機伸臂下俯時，搭乘設備碰撞牆壁，使移動式起重機加裝之搭乘設備脫落，由於搭乘設備乘載僅以插銷直接置入起重機伸臂端部的配合孔，未另加插銷頭鎖固，且無防止搭乘設備脫落等措施，加上罹災者當時並未配戴安全帽與安全帶，隨即搭乘設備自約 7 層樓高處(約 23 公尺)墜落致死(如圖 22 及圖 23 所示)。

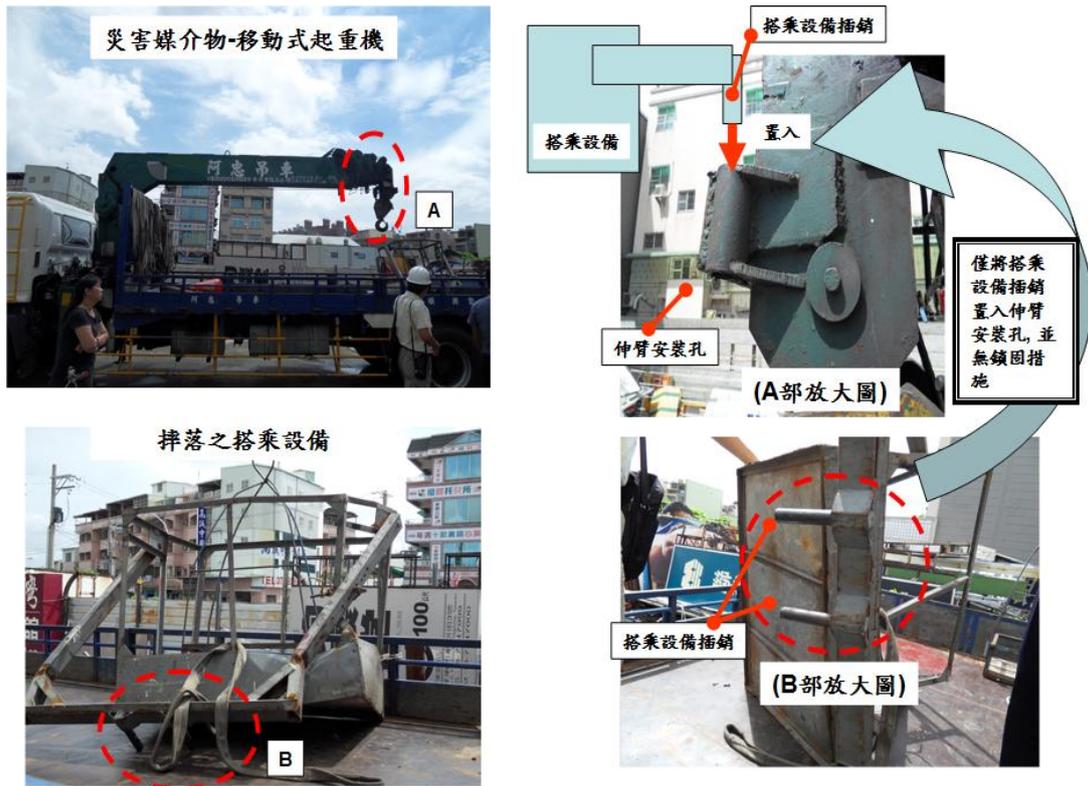


圖 22 從事廣告招牌維修作業因搭乘設備脫落導致墜落死亡

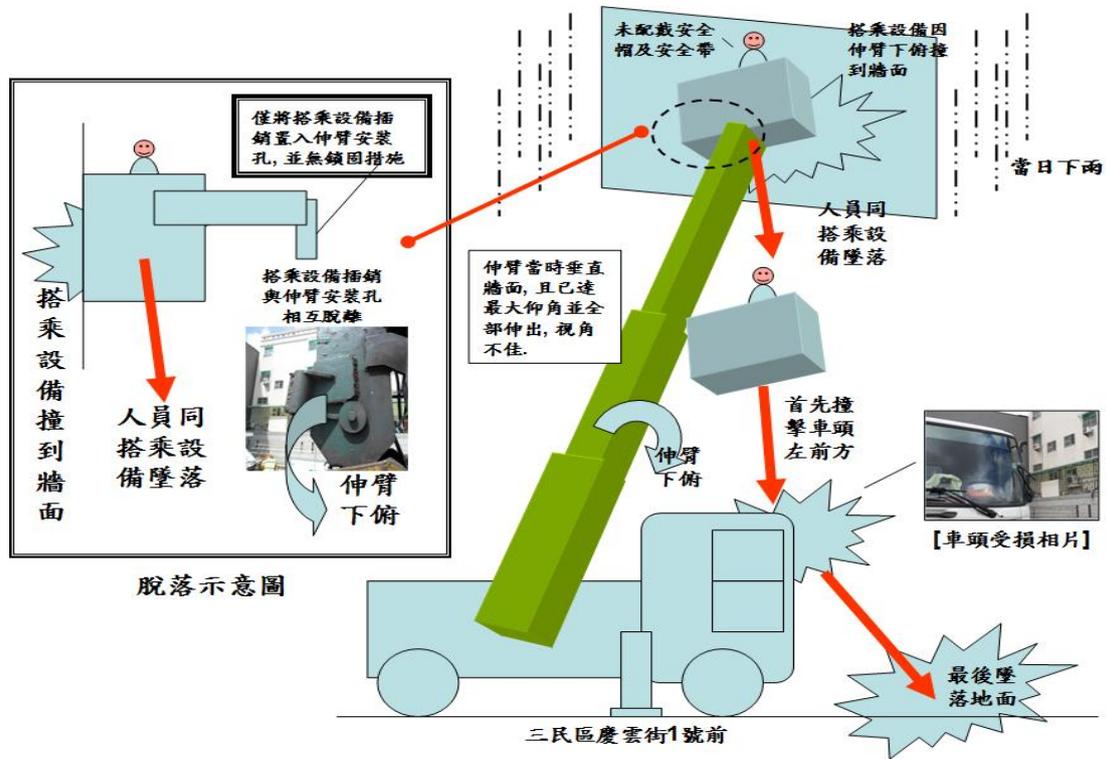


圖 23 墜落過程示意圖

2. 民國 98 年 3 月 8 日上午 10 時，台中縣一名 47 歲男性油漆工，使用移動式起重機附加搭乘設備(吊籃)，從事鋼構除銹及油漆作業，因鋼索過捲揚，而起重機無過捲預防及過捲警報裝置之功能，鋼索瞬間斷裂，罹災者隨著吊籃由 50 公尺高掉落至 35 公尺處工作平臺上之輸送設備上致死(如圖 24 所示)。

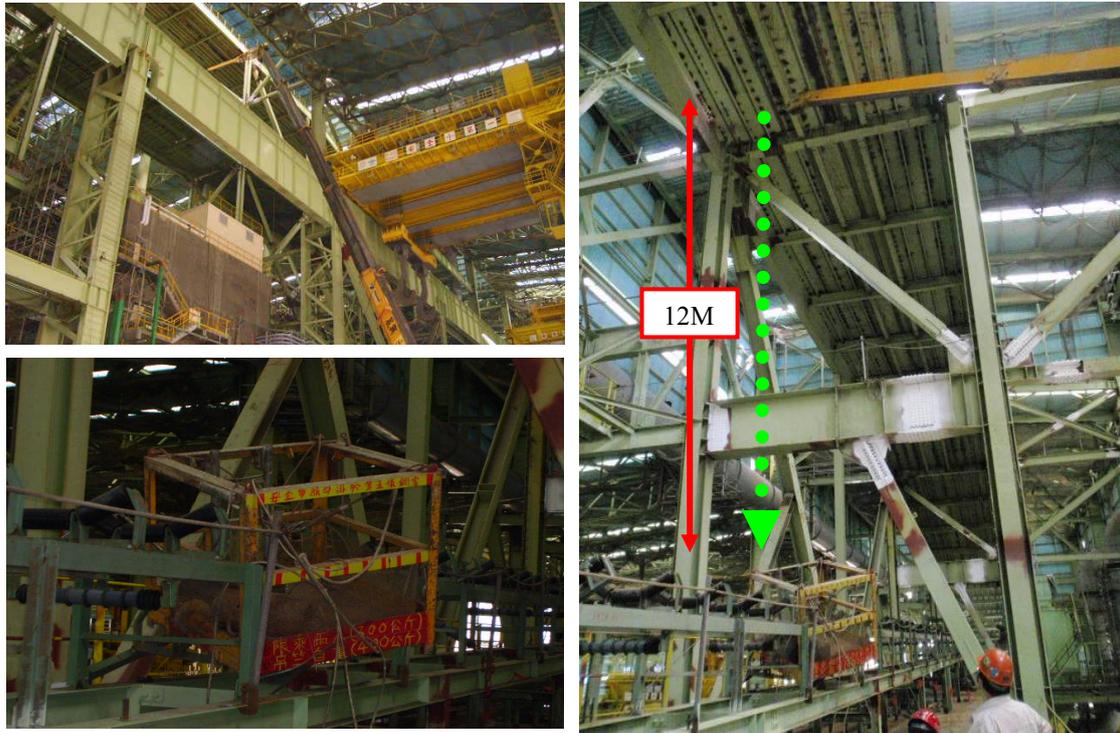


圖 24 從事鋼構除銹及油漆作業因吊桿鋼索斷裂導致墜落死亡

3. 民國 97 年 1 月 28 日下午 1 時，屏東縣一名 48 歲男性園藝工進行南洋杉木鋸除(使用鋼索固定捆綁樹木)時，其站立於鐵製工作平臺上，指示移動式起重機將其連同鐵製工作平臺吊升，因無鋼索環結可承受罹災者及鐵製工作平臺之自重，從高度約 6.5 公尺處墜落致死(如圖 25 所示)。
4. 民國 93 年 2 月 2 日上午 8 時，一名男性勞工與一名同事於國道高速公路從事積載型起重機吊舉植栽樹木至隔音牆外邊坡之卸下吊掛作業，以雙手握著掛在積載型起重機吊鉤上之布繩，欲藉由積載型起重機捲揚吊上高速公路路面；指揮人員未確認作業人員安全，即指揮積載型起重機操作員收吊桿捲揚，罹災者因而隨積載型起重機吊桿捲揚上升至距地面 10 公尺，因雙手無法支撐身體重量墜落致死。



圖 25 從事杉木鋸除作業因無鋼索環結承受負荷導致墜落死亡

5. 民國 96 年 6 月 8 日上午 7 時，臺北市一名 34 歲男性勞工和一名同事乘坐於移動式起重機之工作臺內進行廣告布幕拆除作業，由於伸臂連結桿無法負荷兩人加上潮濕布幕的重量突然彎曲變形，工作臺開口下翻，兩人因未將安全帶鉤掛在工作臺上，罹災者從 40 公尺高處墜落於高度約 4 公尺之鋁包板上方致死(如圖 26 所示)。
6. 民國 97 年 7 月 7 日下午 5 時，臺北市一名 42 歲男性勞工使用屈臂式高空工作車從事外牆油漆作業，在上升途中，工作臺疑似因操作使之動作(上下、旋轉)產生晃(震)動，因屈臂與工作臺間之固定聯結裝置斷裂，工作臺傾倒翻覆，罹災者未使用安全帽、安全帶，且未鉤掛於安全母索上，由約 6.5 公尺高工作臺上墜落地面致死。



圖 26 從事廣告布幕拆除作業因伸臂連結桿彎曲無法荷重導致墜落死亡

7. 民國 95 年 5 月 16 日午夜 0 時，臺北縣一名 24 歲男性點工與一名同事，從事墩柱間鋼樑施工步道設置作業，乘坐改裝於移動式起重機吊桿前端之吊籃內，隨起重機吊桿舉升時，因兩人連同高壓氣體鋼瓶及作業所需其他工具之總重量超過吊籃固定基座所能負荷，導致基座與起重機吊桿接合處沿銲接面斷裂，兩人從距地高度約 10 公尺高處墜落致死(如圖 27 所示)。
8. 民國 91 年 11 月 2 日，新竹縣一名 23 歲男性道路養護工，從事道路標誌更換，因高空作業車吊桿銹蝕無法承受荷重而自吊桿焊接處斷裂，罹災者又未確實使用安全帽，造成罹災者自高處墜落(高度約 6 公尺)頭部觸地送醫於同月 6 日不治死亡。



圖 27 從事安全施工步道作業搭因吊籃與吊桿接合處斷裂導致墜落死亡

9. 民國 97 年 8 月 14 日下午 3 時，南投縣一名 46 歲男性領班與兩名同事於產業道路從事交通標誌設立、更改作業，因升降控制器之開關功能故障，無法讓升降平臺停止上昇，導致上昇超過極限工作平臺傾倒，罹災者從高 5.3 公尺之升降平臺上墜落至地面致死(如圖 28 所示)。



圖 28 從事交通標誌設立/更改作業因油壓桿推昇超過極限導致墜落死亡

三、勞工及雇主注意事項

雇主使勞工使用搭乘設備應依下列規定(節錄自起重機吊掛搭乘設備搭載或吊升人員作業注意事項)：

1. 搭乘設備及懸掛裝置應妥予安全設計，並依規定於事前將其構造圖、強度計算書及施工圖說等，委託中央主管機關認可之專業機構簽認，效期屆滿或構造有變更者，應重新簽認。
2. 對於搭乘設備之載人作業，應依據作業風險因素，事前擬訂作業方法、作業程式、安全作業標準及作業安全檢核表，使作業勞工遵行。
3. 指派適當人員實施作業前檢點、作業中查核及自動檢查等措施，隨時注意作業安全，相關表單紀錄於作業完成前，應妥存備查。
4. 確認起重機所有之操作裝置、過捲預防裝置、過負荷預防裝置、防脫裝置等安全裝置及制動裝置等，均保持功能正常；搭乘設備之本體、連接處及配件等，均無構成有害結構安全之損傷；吊索等，無變形、損傷及扭結情形。
5. 起重機載人作業前，應先以預期最大荷重之荷物，進行試吊測試，將測試荷物置於搭乘設備上，吊升至最大作業高度，保持五分鐘以上，確認其平衡性及安全性無異常。該起重機移動設置位置者，應重新辦理試吊測試。
6. 作業範圍下方應設置圍欄，並標示禁止人員進出。
7. 搭乘設備應下降置於地面或安全處所後，方得進出。
8. 搭乘設備之使用不得超過最大荷重或限載員額，並嚴禁非作業人員搭乘。
9. 搭乘設備僅限於乘載作業所需之人員及工具，且應能保持可靠安全。
10. 起重機進行升降動作時，勞工位於搭乘設備內者，身體不得伸出設備外。
11. 起重機載人作業時，應指派指揮人員負責指揮，無法指派指揮人員者，得採無線電通訊聯絡等方式替代。作業進行中，操作人員不得擅離操作位置，並應隨時注意操作狀態，有危險之虞時，應隨時停止作業。

12. 搭乘設備不可作為人員、材料或廢棄物等之運送，作業人員禁止攀越扶手離開搭乘設備到施工位置。但因作業需要，必須裝載易燃液體、氧及乙炔瓶等物品時，應正確安全地與人員隔開存放，且不得超過工作所需。
13. 裝載易燃液體時，應攜帶合適之滅火器。
14. 使用直結式搭乘設備時，應將安全母索掛置於起重機伸臂頂端等安全處所，並使勞工確實配帶安全帶，鉤掛在安全母索上。使用吊掛式搭乘設備時，應將安全索掛置於吊鉤槽輪上方及搭乘設備之安全位置，使勞工確實配帶安全帶，並鉤掛於搭乘設備上。

三、相關法規

以下有關移動式起重機吊升人員作業相關法規，節錄自起重升降機具安全規則：

第 35 條 雇主對於移動式起重機之使用，以吊物為限，不得乘載或吊升勞工從事作業。但從事貨櫃裝卸、船舶維修、高煙囪施工等尚無其他安全作業替代方法，或臨時性、小規模、短時間、作業性質特殊，經採取防止墜落等措施者，不在此限。

雇主對於前項但書所定防止墜落措施，應辦理如下事項：

- 一、以搭乘設備乘載或吊升勞工，並防止其翻轉及脫落。
- 二、使勞工佩戴安全帶或安全索。
- 三、搭乘設備自重加上搭乘者、積載物等之最大荷重，不得超過該起重機作業半徑所對應之額定荷重之百分五十。
- 四、搭乘設備下降時，採動力下降之方法。

第 37 條 移動式起重機從事垂直高度二十公尺以下之高處作業，不適用第三十五條第一項但書規定，但使用道路或鄰接道路作業者，不在此限。

第 38 條 雇主使用移動式起重機吊掛搭乘設備搭載或吊升人員作業時，應依下列規定辦理：

- 一、搭乘設備及懸掛裝置(含熔接、鉚接、鉸鏈等部分之施工)，應妥予安全設計，並事前將其構造設計圖、強度計算書及施工圖說等，委託中央主管機關認可之專業機構簽認，其簽認效期最長二年；效期屆滿或構造有變更者，應重新簽認之。
 - 二、起重機載人作業前，應先以預期最大荷重之荷物，進行試吊測試，將測試荷物置於搭乘設備上，吊升至最大作業高度，保持五分鐘以上，確認其平衡性及安全性無異常。該起重機移動設置位置者，應重新辦理試吊測試。
 - 三、確認起重機所有之操作裝置、防脫裝置、安全裝置及制動裝置等，均保持功能正常；搭乘設備之本體、連接處及配件等，均無構成有害結構安全之損傷；吊索等，無變形、損傷及扭結情形。
 - 四、起重機作業時，應置於水準堅硬之地盤面；具有外伸撐座者，應全部伸出。
 - 五、起重機載人作業進行期間，不得走行。進行升降動作時，勞工位於搭乘設備內者，身體不得伸出箱外。
 - 六、起重機載人作業時，應採低速及穩定方式運轉，不得有急速、突然等動作。當搭載人員到達工作位置時，該起重機之吊升、起伏、旋轉、走行等裝置，應使用制動裝置確實制動。
 - 七、起重機載人作業時，應指派指揮人員負責指揮。無法派指揮人員者，得採無線電通訊聯絡等方式替代。
- 雇主對於前項起重機之載人作業，應依據作業風險因素，事前擬訂作業方法、作業程式、安全作業標準及作業安全檢核表，使作業勞工遵行。
- 雇主應指派適當人員實施作業前檢點、作業中查核及自動檢查等措施，隨時注意作業安全，相關表單紀錄於作業完成前，並應妥存備查。

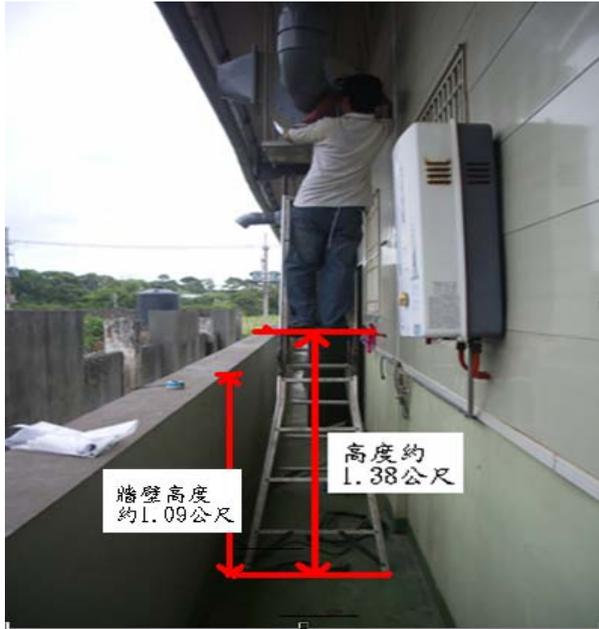
第二節 以梯子供勞工進行懸空作業工安警訊

一、前言

梯子可以快速提供人員進行攀登，以利從事各種作業，而且由於梯子操作簡單、架設容易且容易搬運，所以梯子幾乎成爲各種作業場所中臨時性上下設備的第一選擇。此外，由於梯子作業高度不高因素，往往使勞工忽略梯子潛在危險性與風險，而疏於安全防護工作，導致因梯子作業的墜落職業災害層出不窮。根據行政院勞委會重大職業災害統計資料顯示，我國 91-98 間以梯子爲媒介物所造成的職業災害死亡人數高達 89 人，平均每年有 11 人的墜落死亡是起因於梯子作業。因此，現階段對於降低勞工因使用梯子而造成墜落職業災害的發生而言是相當重要的。

二、職災案例

1. 民國 99 年 09 月 14 日 16 時，罹災者林員在一品鑽石工業股份有限公司大園鄉工廠側門外側走道，使用熱風槍站在離地約 1.38 公尺合梯上，從事抽風機風管封管作業，因罹災者雙手分別拿塑膠焊條及熱風槍，重心不穩，且雙腳未踏好，不慎從合梯上墜落，當時罹災者未配戴安全帽，頭部右側撞擊地面致死(如圖 29 所示)。



(a) 模擬罹災者工作情形，當時站在合梯高度約為 1.38 公尺處墜落至地面



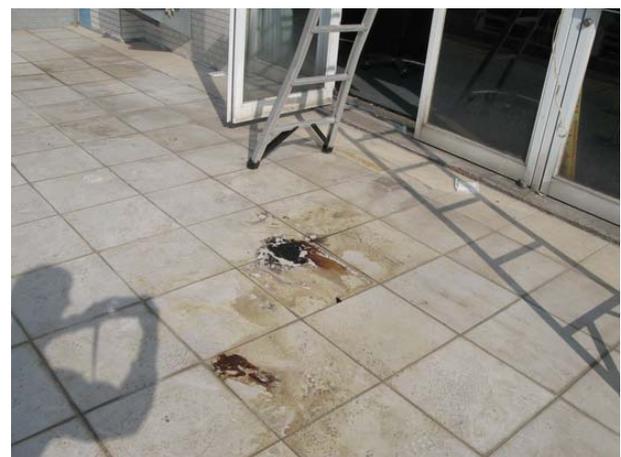
(b) 走道寬度約為 0.95 公尺

圖 29 使用合梯從事抽風機風管封管作業時從合梯墜落死亡災害

2. 民國 98 年 12 月 11 日 17 時，罹災者林員與蔡員二人至國家通訊傳播委員會所屬東照山電波監測站從事環境衛生、清洗外牆等工作，林員與蔡員至該監測站二樓陽台外從事外牆清洗時，因罹災者林員在高度 2.25 公尺之摺合式鋁梯上從事清洗外牆工作時，未使用安全帽及安全帶等防護具，作業時不慎從鋁梯上墜落致死(如圖 30 所示)。



(a) 模擬罹災者林員所站立之位置(離地 2.25 公尺)



(b) 罹災者林員倒臥之位置

圖 30 使用摺合式鋁梯從事清洗外牆作業時墜落死亡災害

3. 民國 97 年 5 月 24 日 11 時，力慶冷凍空調工程有限公司僱用勞工蘇員於天花板輕鋼架內進行空調配管保溫工程，蘇員站在 6 尺鋁合梯(第二格踏板，高度約 145 公分)之單側上進行空調配管保溫作業時，因轉動冰水管與彎頭接合，重心不穩，合梯傾倒，安全帽未正確戴用下導致脫落，頭部撞到牆壁而墜落致死。
4. 民國 94 年 7 月 13 日 14 時，三水工程行負責人何員及勞工 2 人共 3 人至台中市西屯區青海路 1 段 47 號一樓鐵皮屋從事室內裝潢作業。勞工吳員為修補高 3.2 公尺處之木壁板瑕疵，爬上張開高 3.6 公尺之木質合梯第 6 階高 2.2 公尺處時，因吳員爬高且合梯梯腳與地面之夾角高達 81° ，而使「合梯-勞工」系統重心不穩，勞工吳員與合梯一起傾倒，吳員雖頭戴安全帽，但帽帶未扣而安全帽脫落，致頭部直接撞擊地面致死(如圖 31 所示)。



(a)罹災者站在木質合梯高約 2.2 公尺之第 6 階處，修補高約 3.2 公尺之木壁板。(模擬災害發生時狀況)



(b)罹災者所修補之高約 3.2 公尺之木壁板瑕疵處

圖 31 從事室內裝潢作業墜落致死災害

5. 民國 99 年 6 月 23 日 16 時，罹災者林員到 4 樓露臺，站在合梯上清潔牆面汗漬時，因兩梯腳間未有硬質堅固之繫材扣牢，使得合梯之梯腳滑動而傾倒靠在牆面，林員從梯上墜落，頭部撞擊 4 樓露臺地面致死(如圖 32 所示)。



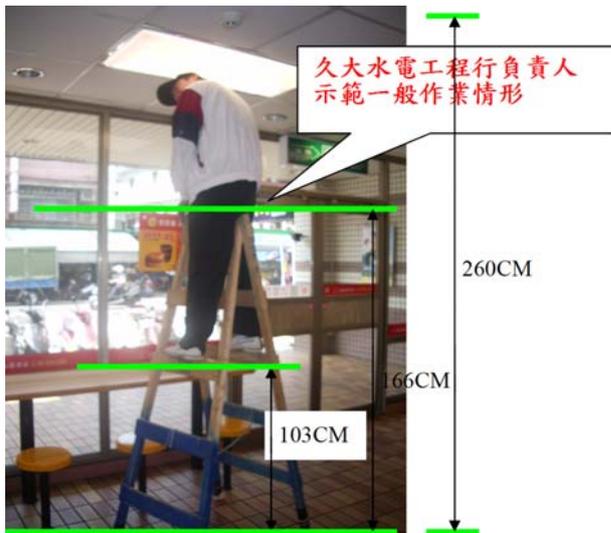
(a)災害現場為 4 樓鋼筋混凝土建築，黃色箭頭所指處為林員所在的 4 樓露臺



(b)牆面汗漬分佈於高度 1.8 公尺處至高度 2.8 公尺處(紅色圈圈處)

圖 32 從事清潔牆面作業墜落致死災害

6. 民國 99 年 3 月 12 日 9 時，罹災者呂員站立於木梯(合梯)第三踏階更換燈具時墜落，因未戴安全帽，頭部撞擊地面致死(如圖 33 所示)。



(a)示範一般作業情形及肇災之合梯



(b)現場示意圖

圖 33 從事換裝燈具作業墜落致死災害

7. 民國 97 年 10 月 13 日 11 時，中華電信股份有限公司南區分公司台中營運處勞工傅員進行障礙查修作業時，因騎樓水泥柱前因設置有台電公司配電箱，無法正面跨梯，因此傅員將爬梯跨在水泥柱柱角，未戴安全帽即爬上爬梯，欲檢修保安器時摔落地面，撞及頭部致死(如圖 34 所示)。



- (a)事故地點於台中市陝西東五街 84 號前，84 號與 86 號騎樓水泥柱上高度 240 公分設有保安器，水泥柱前方有台電公司配電箱
- (b)爬梯長度 260 公分，保安器高度約 240 公分(爬梯放置為模擬)。

圖 34 從事線路查修作業發生墜落死亡職業災害

8. 民國 96 年 7 月 7 日 17 時，勞工陸員從事廣告布幔吊掛作業時，欲將帆布之一端固定於離地高度 500 公分之牆壁面上，當罹災者爬上拉梯途中，因拉梯斷裂而失去平衡墜落，陸員墜落時頭部撞擊地面致死(如圖 35 所示)。



(a)勞工墜落地面之災害現場



(b)勞工墜落地面時斷裂之鋁梯(長節約 420 公分,短節約 380 公分)

圖 35 從事廣告布幔吊掛作業發生墜落死亡災害

9. 民國 99 年 8 月 24 日 8 時，罹災勞工黃員未配戴安全帽跨在合梯上從事鋪設天花板作業，為方便於工作中踩著合梯行走，故將螺絲釘卡住合梯之繫條致造成合梯未在穩固狀態（兩梯腳間未能以繫材確實扣牢，梯腳與地面之角度未在 75 度以內），又因該合梯未具堅固構造，致黃員踩著合梯行走從事天花板鋪設作業時不慎墜落撞擊頭部傷重致死(如圖 36 所示)。



(a)使用合梯示意圖及墜落後相關位置



(b)現場合梯尺寸、梯角與地面角度、天花板高度

圖 36 從事鋪設天花板作業發生墜落死亡災害

三、注意事項

1. 梯子的構造必須堅固，外觀不能有明顯損傷或腐蝕
2. 梯腳與地面之夾角應在 75 度以內，兩梯腳間應設有固定器以保持梯子開合之角度
3. 梯腳應有防滑裝置，梯子上部應設置防滑與防翻轉之裝置
4. 作業範圍內應設置成警戒區域並設有警告標語
5. 梯子不可架設於施工架上使用

6. 梯子應架設於平整地面使用，如梯子架欲架設於斜面上，應設有防止梯子傾倒與滑動之裝置
7. 不可站立於梯子上利用梯子來作移動
8. 不可站立於合梯之頂板進行作業
9. 金屬材質之梯子，應避免靠近電氣設備
10. 梯腳應避免壓踩到電氣線路

四、相關法規

勞工安全衛生設施規則

第三十七條 雇主設置之固定梯子，應依下列規定：

- 一、具有堅固之構造。
- 二、應等間隔設置踏條。
- 三、踏條與牆壁間應保持十六·五公分以上之淨距。
- 四、應有防止梯子移位之措施。
- 五、不得有妨礙工作人員通行之障礙物。
- 六、平臺如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過三十公釐；超過時，應裝置鐵絲網防護。
- 七、梯子之頂端應突出板面六十公分以上。
- 八、梯長連續超過六公尺時，應每隔九公尺以下設一平臺，並應於距梯底二公尺以上部分，設置護籠或其他保護裝置。但符合下列規定之一者，不在此限。
 - (一)未設置護籠或其他保護裝置，已於每隔六公尺以下設一平臺者。
 - (二)塔、槽、煙囪及其他高位建築之固定梯已設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安全裝置，以防止勞工墜落者。
- 九、前款平臺應有足夠長度及寬度，並應圍以適當之欄柵。

前項第七款至第八款規定，不適用於沉箱內之梯子。

第三節 以堆高機供勞工進行懸空作業工安警訊

一、前言

堆高機具有機動性高、不佔空間與活動範圍大等特點，因此堆高機為各種產業廣泛使用作為搬運與裝卸貨物的機械之一。但也由於使用頻率高，因為堆高機本身的維修保養、人為操作不當與工作環境不良等因素所造成工安意外也不斷地發生。根據行政院勞委會重大職業災害統計資料顯示，我國 91-98 年間以堆高機為媒介物所造成的職業災害死亡人數高達 72 人，平均每年有 9 人因為從事堆高機作業而導致罹災死亡。因此，現階段對於如何預防與防範堆高機的職業災害是極為重要的。

二、職災案例

1. 民國 98 年 7 月 2 日 8 時，罹災者賴員站立於高度約 3 公尺高之堆高機貨叉上作業時，由未接受堆高機操作人員教育訓練之勞工於操作下降堆高機貨叉時，因後扶架產生前後搖晃(罹災者賴員體重加上置於貨叉前之托板重量，使搖晃情形加劇)，致罹災者賴員身體碰及鋼樑後，由兩貨叉間墜落地面致死(如圖 37 所示)。

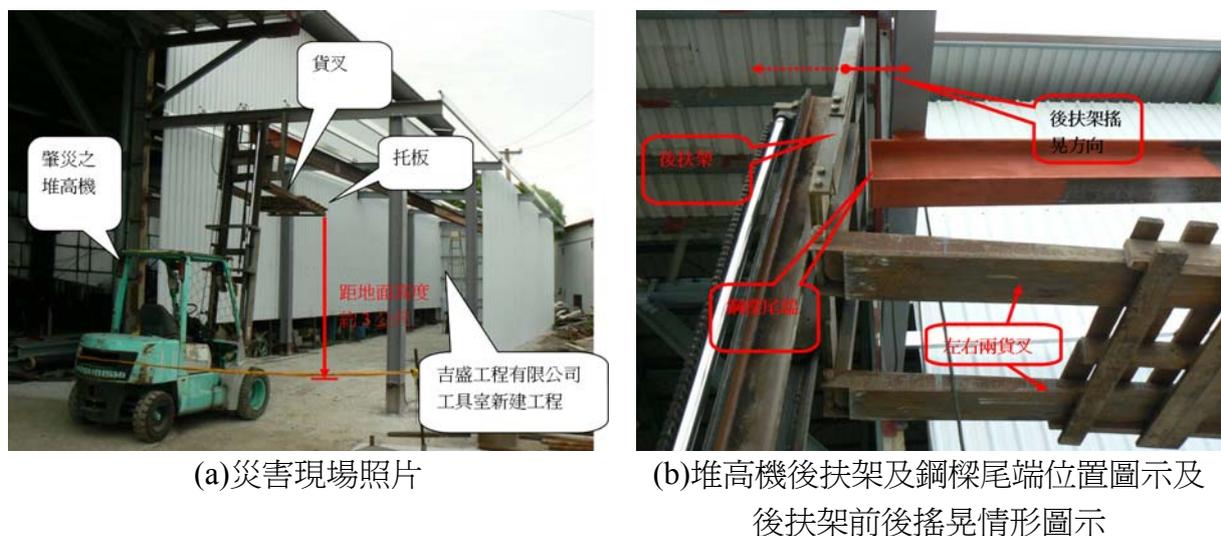
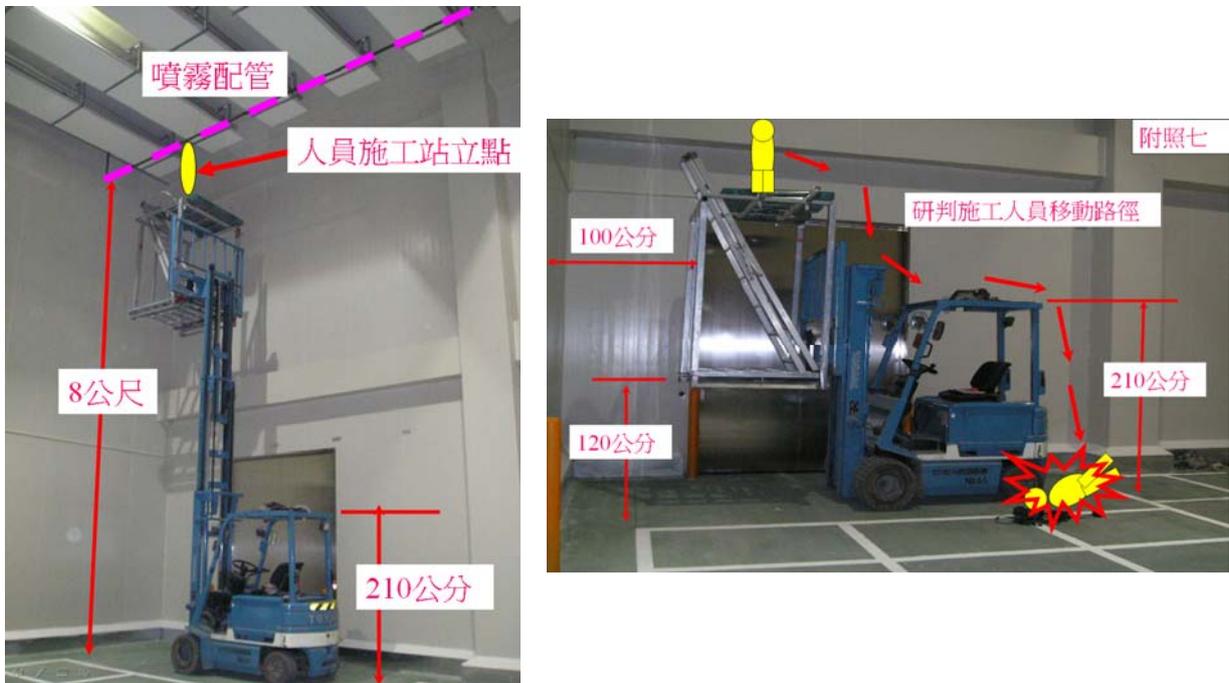


圖 37 從事工具室新建工程發生墜落職業災害

2. 民國 95 年 6 月 21 日 14 時，宏元米廠的 2 名勞工（吳員及罹災者），正進行稻穀太空包的吊掛、搬運作業。吳員駕駛大義碾米工廠倉庫內之堆高機，罹災者坐在堆高機的 1 支貨叉上，手扶堆高機之桅桿，惟並未佩戴安全帶、安全帽。吳員將貨叉上升至距地面約 5 公尺之高度後，頭向外伸，確定是否已達第 3 層太空包之頂部。當吳員欲將堆高機前進至定位之際，突然間，罹災者從貨叉上墜落至地面致死。
3. 民國 98 年 3 月 23 日 8 時，罹災者站立於由堆高機貨叉堆舉之鐵框架與塑膠棧板組立之塑膠棧板上從事加濕配管與固定作業，於配管工作完成時，林員將堆高機貨叉下降準備讓罹災者下來，當堆高機貨叉下降一半時，林員手機響起，因庫房內影響手機收訊，林員即到庫房外接電話，罹災者於塑膠棧板上整理及收拾工具後，可能拿著工具自棧板上經由堆高機桅桿頂端及堆高機頂蓬至地面，自堆高機頂蓬跌落地面致死(如圖 38 所示)。



(a)模擬施工情況，堆高機頂蓬距地約 210 公分 (b)模擬災害發生時之位置，鐵框架底部距地面約 120 公分

圖 38 從事加濕配管與固定作業發生墜落職業災害

4. 民國 93 年 7 月 29 日 8 時，桃安公司兩名勞工管員和潘員從事消防管線一齊開放閥更換作業，兩人連同新閥件、作業工具等搭載於堆高機貨叉所承載之棧板之上，在閥件下方距地高度約 4.5 公尺之半空中進行作業。在管員和潘員二人拆卸第二隻一齊開放閥兩側法蘭之螺絲時，突有大量高壓含泡沫之消防水自管線沖出，管員遭沖擊後從棧板上跌落至地面致死(如圖 39 所示)。



(a) 災害發生時罹災者正與同事從事上膠區 O₂ 機線卸捲段上方消防管線一齊開放閥之更換作業，照片中左上方之閥肇災前已更換完成，照片中右上方之閥為肇災當時正在更換之閥

(b) 肇災作業棧板離地面高度約 4.5 公尺

圖 39 從事消防管線一齊開放閥更換作業發生墜落職業災害

5. 民國 96 年 6 月 7 日 11 時，罹災者陳員從事帆布滑輪修理作業，因罹災者未戴安全帽站上堆高機之貨叉上修理帆布滑輪，當罹災者用力將帆布往後拉時，因雨天濕滑致手滑開，人失去重心墜落於地面致死(如圖 40 所示)。



圖 40 災害現場堆高機照片

三、注意事項

1. 堆高機之托板或撬板必須具有足夠強度，外觀不能有明顯之腐蝕、損傷或變形。
2. 操作荷重在一公噸以上之堆高機人員，應受過特殊安全衛生教育訓練。
3. 勞工搭載於堆高機之托板或撬板上進行懸空作業時，堆高機必須停止行駛，並且應採取相關防止勞工墜落之措施及個人防護具。
4. 堆高機不得超過本身所能承受之最大荷重，以防止堆高機翻倒。
5. 堆高機操作區域內應設置警告標語與警示牌，禁止無關人員進入。
6. 在萬不得已的情況下才可以使用堆高作為懸空作業的替代工具。

四、相關法規

勞工安全衛生設施規則

第四十一條 雇主對於下列機械器具，應有安全防護設備，其設置應依機械器具防護標準規定辦理：

- 一、動力衝剪機械。
- 二、手推刨床。

- 三、木材加工用圓盤鋸。
- 四、動力堆高機。
- 五、研磨機、研磨輪。
- 六、其他經中央主管機關指定之機械或器具。

第一百十六條 雇主對於就業場所作業之車輛機械，應使駕駛者或有關人員負責執行下列事項：

- 一、除非所有人員已遠離該機械（駕駛者等依規定就位者除外），否則不得起動。
- 二、車輛系營建機械，除乘坐席位外，於作業時不得搭載勞工。
- 三、車輛系營建機械作業時，禁止人員（駕駛者等依規定就位者除外）進入操作半徑內或附近有危險之虞之場所。但另採安全措施者，不在此限。
- 四、應注意遠離帶電導體，以免感電。
- 五、應依製造廠商規定之安全度及最大使用荷重等操作。
- 六、禁止停放於有滑落危險之虞之斜坡。但已採用其他設備或措施者，不在此限。
- 七、禁止夜間停放於交通要道。
- 八、不得使動力系挖掘機械於鏟、鏟、吊鬥等，在負載情況下行駛。
- 九、不得使車輛系營建機械供為主要用途以外之用途。但使用適合該用途之裝置無危害勞工之虞者，不在此限。
- 十、不得使勞工搭載於堆高機之貨叉所承載貨物之托板、撬板及其他堆高機（乘坐席以外）部分。但停止行駛之堆高機，已採取防止勞工墜落設備或措施者，不在此限。
- 十一、駕駛者離開其位置時，應將吊鬥等作業裝置置於地面，並將原動機熄火、制動，並安置煞車等，防止該機械逸走。
- 十二、堆高機於駕駛者離開其位置時，應採將貨叉等放置於地面，並將原動機熄火、制動。

第一百二十四條 僱主對於堆高機非置備有後扶架者，不得使用。但將桅桿後傾之際，雖有貨物之掉落亦不致危害勞工者，不在此限。

第一百二十五條 僱主使用堆高機之托板或撬板時，應依下列規定：

- 一、具有充分能承受積載之貨物重量之強度。
- 二、無顯著之損傷、變形或腐蝕者。

第一百二十六條 僱主對於荷重在一公噸以上之堆高機，應指派經特殊安全衛生教育、訓練人員操作。

第一百二十七條 僱主對於堆高機之操作，不得超過該機械所能承受之最大荷重，且其載運之貨物應保持穩固狀態，防止翻倒。

第一百二十八條 僱主於危險物存在場所使用堆高機時，應有必要之安全衛生設備、措施。

第六章 結論與建議

第一節 結論

一、懸空作業職災特性

- 1.災害發生時間因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業勞工平均每年就有 38 人罹災死亡。整體而言，職災死亡月份集中於 7 月，發生星期以星期一及星期二為主，以 7 日、12 日、14 日及 25 日職災死亡人數最為凸出，發生時點尤以中午休息前及下班前 1 小時，11 點及 16 點為最主。
- 2.罹災勞工個人因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業罹災死亡的勞工以男性為主，年齡層介於 45-54 歲居多(有 82 人，31.8%)，工作年資集中於未滿 1 個月(有 123 人，48.8%)及 3-12 個月(有 105 人，41.7%)。就罹災勞工職務方面，油漆工、裝潢工、泥水工進行懸空作業時較易發生墜落、滾落，電路維修工、電線拆除工較易發生感電；此外，異物碰撞人體的災害類型中監工事故死亡比例偏高。
- 3.災害發生單位因素：根據 91-97 年重大職災資料庫中，從事懸空作業勞工罹災死亡集中於營造業，且事業單位規模為 5 人以下(有 89 人，37.2%)及 10-29 人(有 75 人，31.4%)罹災死亡情形最為嚴重，承攬級別為一級承攬人最多(有 112 人，46.1%)，其次為二級承攬人(有 66 人，27.2%)。就安全衛生管理方面，未設置作業主管、未設置安衛主管、未訂定安衛工作守則、未舉辦安衛教育訓練及未實施自動檢查，皆佔一半以上。
- 4.致災相關因素：
 - (1)人為因素：以個人防護具使用不當為主(有 161 件，51.8%)，且以未配戴個人安全防護用具為主要原因，其次為作業動作不當(有 90 件，29%)，又以未採取安全作業方式及攀\坐\站於不安全位置為主要原因。
 - (2)環境因素：以作業場所未設置適當之防護設備為主(有 115 件，75.2%)，其中

以高度二公尺以上未設施工架或工作臺及安全網為主要原因；其次為作業場所未設置適當之防止感電設備(有 31 件，20.3%)，又以未設置防止感電之圍柵或設備主要原因。

(3)設備因素：以機械器具故障為主(有 7 件，77.8%)。

(4)管理因素：以未實施安全衛生教育訓練為主(有 159 件，23.1%)，其次為未實施自動檢查(有 127 件，18.4%)，再次之為未訂定安全衛生工作守則(有 106 件，15.4%)。

二、懸空作業職災集群特性

- 1.青壯年(30-44 歲間)勞工從事電桿、電塔相關工程時，易引起的感電職災，多發生於夏季且以發生在晚上的情形偏高。
- 2.高齡勞工(56 歲以上)於住宅區內進行油漆、裝潢或泥水作業時，常因梯子而造成墜落職災，且絕大部分勞工未接受過安全衛生教育訓練。
- 3.壯年勞工(45-55 歲間)在工廠、道路周邊(含橋墩及樑柱)，使用高空作業車、起重機、堆高機等進行高處懸空作業易引起的墜落職災。

三、本研究經過文獻之分類、分析及廠商意見，設計完成一新型懸空作業輔助平台，具有下列特點：(1)支柱完全無側向彎矩；(2)收納空間大幅減少；(3)多功能且搬運方便；(4)環境適應力強

四、本計畫根據職災統計分析結果，編撰完成「懸空作業安全原則與實務」及「堆高機、梯子及起重機懸空作業工安警訊」。

第二節 建議

一、懸空作業職災預防方面

- 1.建議政府機關與原事業單位對於懸空作業之「臨時工」、「油漆工、裝潢工、泥水工」、「監工」、「機械操作人員及維修工」、「電信及電路維修工、電線拆除工」及承攬人實施安全衛生教育訓練。

2.建議原事業單位與雇主加強落實「水電工、屋頂工」及「電信及電路維修工、電線拆除工」進行懸空作業前之自動檢查

3.建議事業單位加強高齡勞工(56 歲以上)的安全防護，例如落實安全衛生教育訓練、作業時應提供正確的裝備、使用安全的梯子，並定期實施檢查及維護梯子。

二、建議事業單位可依據本研究研發之新型懸空作業輔助平台，作為高處作業安全防護之參考

三、建議政府部門及事業單位依據本計畫研擬之「懸空作業安全原則與實務」及「堆高機、梯子及起重機懸空作業工安警訊」，作為安全防護教育與宣導之參考。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所曹研究員常成、卓副研究員育賢與林效荷小姐之外，研究報告並承蒙台北科技大學徐副教授正會之協助，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1]勞動檢查機構檢查資訊管理系統，<https://insp.cla.gov.tw/labchk/index.aspx>.
- [2]McCann M. Deaths in construction related to personnel lifts, 1992–1999. *Journal of Safety Research* 2003, 34:507–14.
- [3]高崇洋：伸縮梯及折梯安全作業技術與改良研發。勞工安全衛生研究所研究報告；2006。
- [4]行政院勞工委員會：勞動檢查年報。臺北市：行政院勞工委員會；2009。
- [5]劉國青：以梯子為媒介物之重大職災案例回顧。勞工安全衛生簡訊；2003。
- [6]曹常成、劉軒彪、李孟潔：移動式起重機事故特性及原因分析。勞工安全衛生研究所研究報告；2007。
- [7]林楨中、余家均：營造業職災災情分析知識平臺建制。勞工安全衛生研究所研究報告；2008。
- [8]曹常成、謝賢書：營造業勞工職災不安全行為研究。勞工安全衛生研究所研究報告；2009。
- [9]蕭文龍：多變量分析最佳入門實用書 SPSS+LISREL(SEM)，初版。臺北市：基峰資訊；2007。
- [10]鄭慶武、林楨中、呂守陞：營造業勞工傷害模式之研究。工業安全衛生月刊；2007。
- [11]U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. Selected Occupational Fatalities Related to Vehicle-Mounted Elevating and Rotating Work Platforms as Found in Reports of OSHA Fatality/Catastrophe Investigations. Washington; 1991.
- [12]Kabaker T. Step up to ladder safety. *Safety and Health* 1999; 60-4.
- [13]Wu SP, Wu HM, Chang SC. Establishing human factor of fall in construction industry. *Monthly of Industrial Safety and Health Association* 2006; 210: 17-38.
- [14]Ger HY, Lai JN, Cheng CW. Exploring the example of occupational and operational safety for high-voltage power system. *Monthly of Industrial Safety and Health Association* 2007; 218: 36-47.
- [15]Tuominen E, Saari J. A model for analysis of accidents and its application. *Journal of Occupational Accidents* 1982; 4: 263-73.
- [16]Wu WY, Lin CH. *Business Research Methods*. 1st ed. Hwatai. Taipei; 2000.

- [17]Chen SY. Multivariate analysis. 2nd. Hwatai. Taipei; 2005.
- [18]Drury CG, Brill M. Human factors in consumer product accident investigation. *Human Factors* 1983; 25: 329-42.
- [19]Hung PY. By unsafe behavior on the occupational hazards to prevent. *Monthly of Industrial Safety and Health Association* 2006; 210: 54-62.
- [20]Buskin SE, Paulozzi LJ. Fatal injures in the construction industry in Washington State. *American Journal of Industrial Medicine* 1987; 11: 453-60.
- [21]Sue WY, Duh WM. Analysis and preventive strategy for electrical shock accidents at construction workplace. *Journal of Occupational Safety and Health* 1995; 3: 105-16.
- [22]D'Souza AL, Smith GA, Trifiletti LB. Ladder-Related Injuries Treated in Emergency Departments in the United States, 1990–2005. *American Journal of Industrial Medicine* 2007, 32: 413-18.
- [23]Chi CF, Yang HS, Chen WS, Liu KC, Chang TC, Ting HI. In-depth analysis and prevention of fatal falls in construction industry. *Journal of Occupational Safety and Health* 2008; 16: 383-400.
- [24]Wang HL. Ladder safety. *Newsletters of Occupational Safety and Health* 2000; 42: 11-2.
- [25]Cohen HH, Lin L.A scenario analysis of ladder fall accidents. *Journal of Safety Research* 1999; 22: 31-9.
- [26]Manitoba Labour and Immigration Division. *Fall Protection Guidelines*. Winnipeg; 2003
- [27]Helander M. A review of research on human factors and safety in building/construction. *Proceeding of the 1984 International Conference on Occupational Ergonomics* 1984; 95-104.
- [28]Janicak JA. Fall-related deaths in the construction industry. *Journal of Safety Research* 1998; 29: 35-42.
- [29]Robbins M. Reducing human errors: loading docks. *Canada's Occupational Health and Safety Magazine* 1997; April/May: 44-6.
- [30]Shen YL, Kang Y, Shen JN. The study of working safety for mobile crane suspended personal platform. *Institute of Occupational Safety and Health*; 2006.
- [31]Lenz LL. Apparatus for aligning a mobile lift work platform. *United States Patent, US04015685*

- [32]Bixby LB. Platform lift apparatus United States Patent, US5143181
- [33]Citron SD. Personnel lift with adjustable shim wear blocks. United States Patent, US6095286
- [34]White DD. Personnel lift with clamshell cage assembly. United States Patent, US5803204
- [35]Neubauer W. Tilt mechanism for portable hoist. United States Patent, US5105913
- [36]Wehmeyer DT. Personnel lift Devices. United States Patent, US5203425
- [37]美國國家標準 ANSI 92.3 手推空中升降平臺
- [38]Sikli BJ. Personnel lift with adjustable shim wear blocks. European Patent Office, US4175644
- [39]張國清：工作臺升降構造。T.W.Patent, M136794
- [40]中華民國國家標準 CNS14965 高空作業車
- [41]中華人民共和國國家標準 GB/T 9465-2008
- [42]國際標準 ISO12100 機械安全基本概念與設計通則

附錄一 懸空作業輔助平臺創新設計

本研究係關於懸空作業輔助平臺創新設計，其主要適用為建築物內及建築物週邊，若須需多次長距離移動之施工場合則使用車載式，但需另加電源如電池或發電機等，使施工者得以降低在高處作業發生意外的可能及便利性。

壹、簡介

一、序論

近年來由於都市之蓬勃發展，增加了許多高樓層的作業，而許多作業若只是高樓層局部的修繕，往往礙於地形需要動用昂貴之高空作業車，且一般室內場所較適合使用非車載式之高空作業車，而室外較適合使用車載式之高空作業車，而施工場合為臨時之局部修繕，又不太適合動用昂貴之高空作業車，故高空作業平臺有其使用上之區別，而本研究擬設計之高空作業平臺其特點為安全、穩定、低成本，且其使用範圍可適用於一般之室內場所，又可安裝在車輛後方形成車載式之高空作業平臺可適用於需長距離移動之高空作業廠所，且也可運用在臨時性之工程，另外由於其具有兩種動力源，可防止斷電後無法操作的情況產生，又因為本構想之高空作業平臺其塔式與柱式結合之構造能增加其作業之穩定性，在配合低成本之優勢下，使高空作業產業增加一項新的選擇。

二、研究目的

關於本研究訂定之研究目的條列如下：

1. 蒐集分析懸空作業輔助平臺國內外相關資訊：為了瞭解世界各國目前對懸空作業輔助平臺之發展的程度，故蒐集分析國內外相關懸空作業輔助平臺的設計理念、安全規範與產品規格等等，盡量做到無所遺漏，對懸空作業輔助平臺的範疇有完整的涵蓋。

2. 文獻的分析及探討：對各國目前懸空作業輔助平臺各種文獻進行分析和探討，藉以對其力學、設計構造，有深入的認識與比較，做為後續研究的重要參考依據，根據國內、外相關資訊蒐集分析之結果，得以持續的加強此領域的背景知識，並參酌國人使用習性，以當作後續的開發與改良之理論基礎。
3. 懸空作業輔助平臺創新設計：根據國內、外相關資訊蒐集分析之結果，參酌國人使用習性，進行懸空作業輔助平臺的設計。依照研究收集的資料的結果，歸納出懸空作業輔助平臺的設計條件，以進行懸空作業輔助平臺的設計。懸空作業輔助平臺之設計原則是希望以安全、穩定、低成本目的，且能進入電梯，讓使用者能增加使用範圍及安全性。
4. 懸空作業輔助平臺 3D 模型建模：為了更方便對其整體架構進行細部設計，兼顧其做動之合理性，配合電腦輔助繪圖軟體 SolidWork 2008，建立機構之 3D 草圖。
5. 懸空作業輔助平臺結構力學分析：根據懸空作業輔助平臺裝置的設計結果，進行整體的力學分析，確認其強度功能。為了瞭解懸空作業輔助平臺受到側向風吹及地震時可能產生之變形，遂對使用電腦輔助分析軟體 ANSYS12.1，針對新設計之懸空作業輔助平臺，進行應力及應變分析，以確認其結構之強度是否符合需求。
6. 懸空作業輔助平臺傾斜分析：為了瞭解懸空作業輔助平臺傾斜 6° 及受到側向風吹時，重心位置是否會跑出底面積外，造成傾倒。
7. 懸空作業輔助平臺製作：為了瞭解實際的機構是否真的符合理想之動態模擬與應力分析之結果，懸空作業輔助平臺進行原型之製作。
8. 懸空作業輔助平臺學術論文撰寫：本研究對懸空作業輔助平臺的設計構造與作動方式，有深入的討論，故對其撰寫學術論文，除可做為後續設計研究之基礎，也可提供完整之文獻，給予國內外相關的學者、廠商及研究單位參考。

三、研究方法

關於本研究之研究方法條列如下：

1. 確立工作目的：欲設計一實用之懸空作業輔助平臺，首先必須瞭解欲開發之產品其最終目的、次要目的、使用條件與時機、所需之安全要求等，才得以依此為依據，來進行後續步驟。
2. 蒐集分析懸空作業輔助平臺國內外相關資訊：通常在市面上的產品，其背後都具有專利或智慧財產權之保護。藉由蒐集懸空作業輔助平臺之相關文獻，包括論文、學術期刊、專利公報、網站資料及產品型錄等，從中可對各專利之設計能有進一步的認識與瞭解，亦可作為分析比較之設計參考，並利用多方蒐集之文獻，在不侵犯他人智慧財產權下，設計出功能更好之懸空作業輔助平臺。
3. 懸空作業輔助平臺現有設計之優缺點探討：就市面上現有懸空作業輔助平臺，藉由觀察目前之產品優劣，可使設計人員瞭解此設計的特色，而決定是否加以引用或改進，甚至提供設計新靈感。
4. 訂定懸空作業輔助平臺之機構概念設計之設計條件：依照目前機構的使用需求，將機構之作動方式、製作成本確定之後，依此為考量並訂定出新機構之特性與設計限制，再構想出此新機構之基礎構造，以便讓此機構達到應有之強度，與能達穩定與安全之目的。
5. 懸空作業輔助平臺創新設計：參考市面上現有的產品將其分類，瞭解其優缺點，依使用者的需求完成機構類型之選定，並進行設計，以機構之安全性、穩定性與低成本為目標及製造上備料的方便，在設計上考慮零件之共用性與對稱性，以便進行 3D 電腦模型製作與模擬。
6. 懸空作業輔助平臺結構力學分析及 3D 模型繪製：根據懸空作業輔助平臺的設計結果，透過有限元素法，進行懸空作業輔助平臺的力學分析，確認其強度功能。參照所蒐集之專利與文獻中對於懸空作業輔助平臺之相關設計，當設計條件確立之後，並將其還原成機械裝置，進行機構之尺寸合成，本計畫藉

由 Solid Work 2008 電腦輔助設計軟體，建立其 3D Model，並在建立 3D Model 材料及尺寸中參照業界常用之材料與尺寸來設計，而懸空作業輔助平臺之設計原則是希望以安全性、穩定性與低成本為目標，以兼具使用者的便利性與安全性為機構進行設計。

7. 懸空作業輔助平臺傾斜分析：藉由 Solid Work 2008 電腦輔助設計軟體，建立其 3D Model，並在建立 3D Model 材料及尺寸中參照業界常用之材料與尺寸，依造軟體內建模組求出重心，來了瞭解懸空作業輔助平臺傾斜 6° 及受到側向風吹時，重心位置是否會跑出底面積外，造成傾倒。
8. 懸空作業輔助平臺製作：爲了確認新設計之懸空作業輔助平臺實體模型符合其動作是否符合動態模擬，其機構之受力是否符合力學分析的結果，遂對機構之模型進行實際的原型製作。
9. 懸空作業輔助平臺學術論文撰寫：對懸空作業輔助平臺撰寫學術論文，並提供結案報告讓貴單位充分瞭解本研究之研發成果。

四、研究步驟

關於本研究之進行步驟初步規劃如下：

1. 蒐集分析懸空作業輔助平臺國內外相關資訊：首先廣泛收集各國專利，參考各國專利以瞭解各國懸空作業輔助平臺之設計與概念，因而設計出更符合實際需求的產品，也能藉此防止侵犯他人之專利，確保未來不會有侵權之事項發生，本研究收集的專利包含美國、歐洲、日本及台灣之專利。
2. 懸空作業輔助平臺創新設計：在訂定懸空作業輔助平臺尺寸需求後，本研究再依前述設計需求深入研究，確認合理且可行之方案，完成機構類型選定，並依據相關規定限制的幾何尺寸，完成機構解析合成，並進行各部之尺寸合成，以製作出電腦 3D 模型。懸空作業輔助平臺的細部零件之模型繪製完成後，再藉由 SolidWorks 電腦輔助設計軟體建立其 3D 模型及，以進行後續之力學分析工作。

3. 懸空作業輔助平臺力學分析：懸空作業輔助平臺之力學分析，主要是測試整體結構之安全性，該裝置所能承受之最大應力，以確定該裝置不會因受力過大而產生破壞，使作業人員產生墜落而造成傷害，本計畫係利用 ANSYS 電腦分析軟體進行一般力學分析，瞭解各部分零件之強度是否足夠，以做修改之參考。
4. 懸空作業輔助平臺傾斜分析：藉由 SolidWorks 電腦輔助設計軟體建立其 3D 模型來瞭解懸空作業輔助平臺傾斜 6° 及受到側向風吹時，重心位置是否會跑出底面積外，造成傾倒。
5. 懸空作業輔助平臺製作：本設計之懸空作業輔助平臺將進行打樣與製作，打樣完成之後，測試本研究之設計對預期的各項功能進行評估是否達到應有之效能。
6. 懸空作業輔助平臺學術論文撰寫：本研究對懸空作業輔助平臺的設計構造，有深入的討論，故對其撰寫學術論文，除可做為後續設計研究之基礎，也可提供完整之文獻，給予國內外相關的學者、廠商及研究單位參考，並進一步促進國內廠商之合作。

貳、國內外懸空作業輔助平臺專利文獻分析

本研究為瞭解各國的懸空作業輔助平臺之使用情況，故蒐集了各國懸空作業輔助平臺之專利文獻與法規；所謂垂直升降高空作業平臺是指，此裝置直接在預施工處的下方架設，上升到工作高度使作業人員可進行相關之工程，而作業平臺要有足夠的穩定性，使作業人員之工程得以順利進行。現有之高空作業平臺依照作動機構來分類，可分為固定式與伸縮式，伸縮式依照其結構又分為剪式、柱式與塔式，而柱式可依其伸縮柱分為單柱式與雙柱式，雙柱式可依其兩柱安排的方向分為對立式與並立式，以下將詳述之：

一、固定式

此類型之機構為，設計一具有一定高度之垂直軌道，並配合一可承載人員之平臺，使平臺可經由軌道導引上升，故軌道總高長即為平臺可上升之高度，形成一垂直升降之作業平臺。專利文獻[31][32]，即以此方式設計。在此將加以討論。

如圖 41 [31]為一固定式之高空作業平臺，其具有一垂直之不可調整之軌道，而作業平臺安裝在軌道之側邊順著軌道上下移動，而此類型之高空作業平臺優點為其高度固定，平臺穩定性高，但其缺點為作業高度即為軌道總長有其限制，且不方便平臺運送與穿越較低高度之通道。

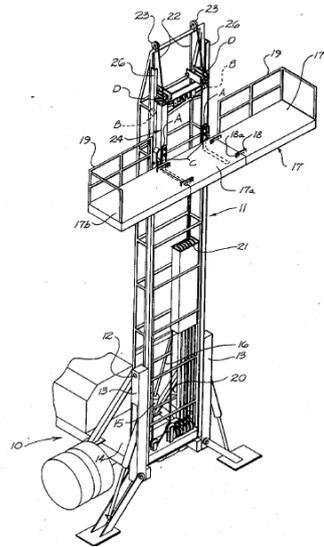


圖 41 固定式高空作業平臺

二、升縮式

此類型的機構為，設計一可組合之單元機構，將其結合後形成多個滑動對的機構，再配合皮帶、鍊條或鋼索來帶動機構，而可搭載人員之平臺設在機構末端的側邊或頂面，而單元之數目多寡決定平臺可以上升高度，而此類型又可因結構型式分成柱式、剪式與塔式。以下將加以討論。

(一)柱式

此類型的機構為可伸縮之型式，靠單元型成可伸縮之柱子帶動平臺上升，而依照柱子的數量可以再分為單柱式與雙柱式。專利文獻即以此種方式設計：

1.單柱式

此類型的機構，靠由單元組成的單一支柱子來帶動平臺專利文獻 [33][34][35][36]即以此種方式設計，如圖 42[33]此專利其平臺安裝在軌道側邊，除了柱子為前後相疊，可上下升降，其優點為由於軌道可伸縮，故收摺後之高度較固定式低，方便運送與進出高度較低之出入口，但缺點為其柱子由多個單元前後所組成，在各單元之間存在的間隙，。使的此類型專利其穩定性受影響。

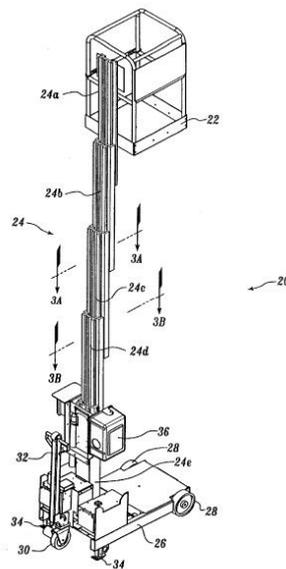


圖 42 單柱式高空作業平臺

2.雙柱式

此類型的機構，靠由單元組成的兩支柱子來帶動平臺，又依其伸縮柱排列方式，可分為對立式與並立式兩中高空作業平臺。

(1)對立式：

此類型的專利伸縮柱為由單元前後組成的形式，而兩支柱子以對立的方式排列如圖 43 [37]，而平臺安裝在柱子的正上方，本專利之優點為其柱子對立的形式使其穩定性優於單柱式的高空作業平臺，且可收摺的形式使其方便搬運且可通過較低之通道，其缺點為其柱子由多個單元前後所組成，在各單元之間存在的間隙，使的此類型專利其穩定性受影響。

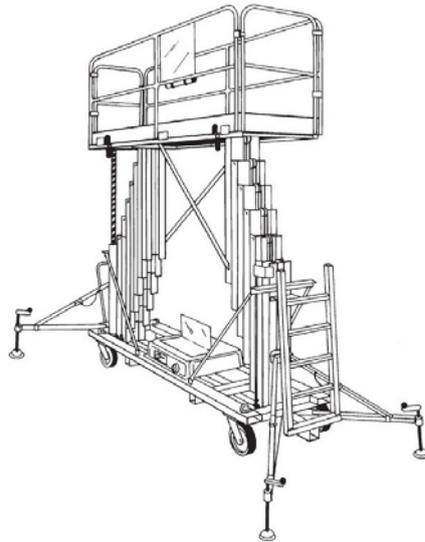


圖 43 雙柱對立式高空作業平臺

(2)並立式：

此類型的專利伸縮柱為由單元前後組成的形式，而兩支柱子以並立的方式排列如圖 44 [37]，而平臺安裝在柱子的側邊，本專利之優點為其柱子並立的形式使其穩定性優於單柱式的高空作業平臺，且可收摺的形式使其方便搬運且可通過較低之通道，其缺點為其柱子由多個單元前後所組成，在各單元之間存在的間隙，使的此類型專利其穩定性受影響。

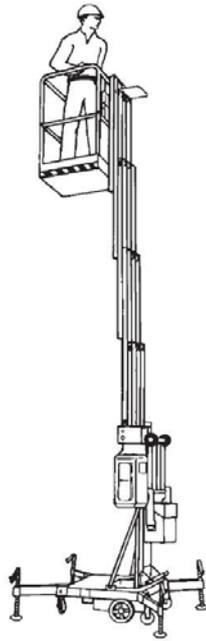


圖 44 雙柱對立式高空作業平臺

(二)剪式

此類型的機構升降臺，未升起時是摺疊至於車體，升起時機構呈現剪刀型，優點為其作業台穩定不搖晃的特性，可同時搭載多人及工具作業，且可收摺的形式使其方便搬運且可通過較低之通道，其缺點自重較大，適合安裝於動力自走載台，以便利於作業場地內移動，專利文獻[38]即以此方式設計如圖 45。

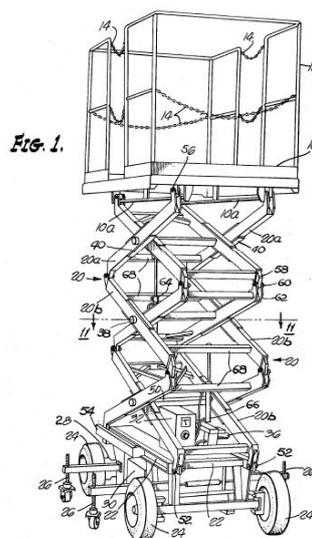


圖 45 剪式高空作業平臺

(三)塔式

此類型的機構為可伸縮的型式，但每個單元會形成封閉的形狀，其穩定性會優於柱式的作業平臺，如圖 46 [39]此專利之作業平臺直接使用第一層之單元底部當作平臺，每一單元皆為方形封閉之形狀上下相疊，可上下升降，本專利之優點為封閉的單元與不用外加之平臺使得此類型作業平臺其具有較高之穩定性，可收摺之特性可方便搬運與進出較低之通道，其缺點為由於上層單元大於下層單元，故其高度越高基座所佔之面積越大。

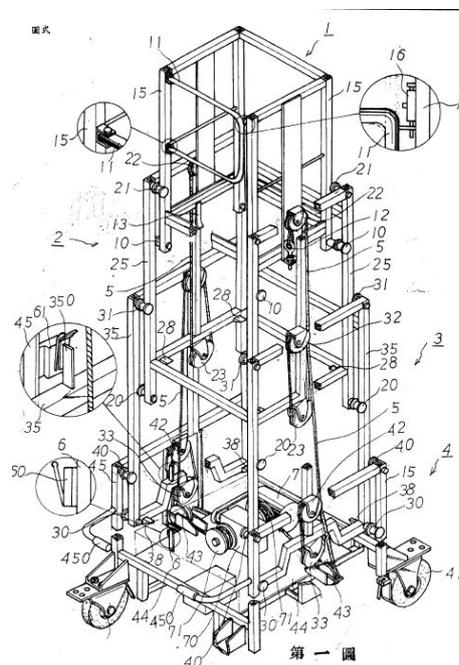


圖 46 塔式高空作業平臺

參、國內外懸空作業輔助平臺安全規範

本研究已找到中華民國、美國、中華人民共和國...等等國家之工業安全法規規定之高空作業平臺標準，大部分規範是名稱是高空工作車，只有美國規範才有細分不同類型之高空工作車，本研究適用美國 ANSI 92.3 之規範，其中將中華民國[40]、美國[37]與中華人民共和國[41]之安全規範整理如下。

一、中華民國法規高空工作車之規範

1.適用範圍

本標準適用於作業台高度在 2 公尺以上之高空工作車。但下列列舉者，則不適用。特殊構造之高空工作車及其構造部分。

2.強度

高空工作車之原動機、動力傳達裝置、走行裝置、操縱裝置、制動裝置及作業裝置應符合下列之規定。

- (1)應具有適應使用目的之必要強度。
- (2) 無顯著之損傷、磨耗、變形或腐蝕者。

3.安定度

- (1)垂直升降型高空工作車在下列狀態下應具有傾斜至 5° 時亦不致翻倒之前後及左右之安定度；安定度得以計算決定。
 - ◆ 對高空工作車之安定最爲不利之狀態時。
 - ◆ 承受相當於積載載重之載重時。
 - ◆ 在水準且堅固之水平面之狀態。
 - ◆ 置有撐座之高空工作車於使用撐座時。
- (2)垂直升降型高空工作車以外之高空工作車應具有該高空工作車以翻倒支點爲基準以安定力矩值除以翻倒力矩值而該除得之值應在 1.3 以上，前後及左右之安定度值之計算，應依第 4.1 節所規定之狀態予以計算決定。
- (3)高空工作車於下列狀態下，在水準且堅固之面上應具有傾斜至 30° 時亦不致翻倒，其前後及左右之安定度值之大小得以計算決定。
 - ◆ 無負載重狀態時。
 - ◆ 垂直升降型高空工作車應置其作業台在最下降位置。
 - ◆ 垂直升降型高空工作車以外之高空工作車應置其伸臂於收縮時。

4.平衡裝置

垂直升降型以外之高空工作車，應設可使作業台保持平衡狀態所必要之平衡裝置。

5.操作裝置

高空工作車應將操作裝置安裝在作業臺上。

6.作業台

高空工作車之作業台應符合下列之規定。

- (1)台底材料應使用多孔金屬網製或無間隙，且確實固定在台框者。
- (2)周圍應裝設符合下列三項規定之圍柵或扶手。
 - ◆ 堅固之構造。
 - ◆ 材料應無顯著損傷、腐蝕者。
 - ◆ 高度應在 90 cm 以上。

二、美國法規手推升降空中平臺之規範

1.設備範圍

本標準適用於手動推進，完整的空中平臺有平臺且不能在基地以外的地方定位，人員和工具須在平臺內，在工作地點可手動或電動調節上升，工作時不可水平移動。

2.穩定性測試

(1)水準荷載試驗

空中平臺應能承受最低的水準試驗力 50 磅(222N)，每額定乘員數或 15 %的額定工作量，任何一種。該試驗力應適用於空中平臺一個點上上部邊緣(上柵欄)的方向最有可能導致不穩定。一個測試負載等於額定工作量應放在使得它的重心是在垂直平面的相交的平臺地板：

- ◆ 護欄內側的 12inches(0.30m)
- ◆ 在平臺中心線以較少者為準。

(2)垂直荷載試驗

空中平臺應維持，在水平面上，靜態測試負載等於 1.5 倍額定工作負荷。

(3) 斜坡穩定性

除非是由製造商設計，沒有空中平臺是使用在斜坡。任何空中平臺設計製造商在斜坡上進行操作，還應當能夠通過穩定水準荷載試驗及垂直荷載試驗。

3. 平臺

- (1) 平臺寬度和長度至少應為 18inches(0.46m)。平臺的地面須有防滑表面。
- (2) 平臺應包括護欄圍繞其周邊。如果是可移動或可以降低的護欄，須確保它在正常操作位置須隨時便於檢查和維護。
- (3) 護欄高度應為 42inches±3inches(1.07m±0.08m)。等價結構可以用來代替頂軌。
- (4) 結構的完整性。護欄應能承受一集中荷載 300 磅(1334N)，在任何時候在任何方向無法達到的極限強度。
- (5) 腳趾板。平臺應腳趾板。趾板的最低高度為 4inches(102mm)。

三、中華人民共和國法規高空作業車之規範

1. 範圍

- (1) 本標準規定了高空作業車的術語與定義、分類、技術要求、試驗方法、檢驗規則、標置、包裝、運輸和貯存等。
- (2) 本標準適用最大作業高度不大於 100 m 的高空作業車(以下簡稱作業車)。
- (3) 本標準不適用於高空消防車、高空救援車。

2.基本參數

如表 18 所示。

表 18 最大作業高度(m)及額定載荷(kg)之參數

項目	參數
最大作業高度/m	6、8、10、12、14、16、18、20、25、32、35、40、45、 50、55、60、65、70、80、90、100
額定載荷/kg	125、136、160、200、250、320、400、500、630、800、 1000、2000、3000、4000、5000

3.工作條件

- (1)地面應堅實平整，作業過程中地面不應下陷；
- (2)環境溫度為 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- (3)風速不超過 12.5 m/s;
- (4)海拔高度不超過 1000 m；
- (5)環境相對溼度不大於 90%(25°C)。

4.穩定性

- (1)在堅固水平面上，外伸之腿固定作業車，平臺乘載 1.5 倍的額定載荷，升降機構伸展到整車處於穩定性最不利的狀態，作業車應穩定。
- (2)作業車在特定的形式下使用時，平臺乘載 1.25 倍的額定載荷，整車置於易傾翻方向坡度為 5°的斜面上，允許外伸之腿調整，作業車應穩定。

5. 安全係數

- (1)平臺及伸展機構承載部件所用的塑性材料，按材料最低屈服極限計算，結構安全係數應不小於 2。
- (2)平臺及伸展機構承載部件所用的非塑性材料，按材料的最小強度極限計算，結構安全係數應不小於 5。

6.工作平臺

- (1)工作平臺四周應有護欄或其他防護結構，高度應不小於 1100 mm 並應沒有中間橫桿。

- (2)腳踏板高度應不小於 150 mm，人員進出口處應不小於 100 mm。
- (3)工作平臺寬度應不小於 450 mm，單人工作平臺最小面積應不小於 0.36 m²。
- (4)工作平臺的任何水準截面的外形尺寸應為：承載 1 人的不超過 0.6 m²，且任一邊不大於 0.85 m；承載 2 人的不超過 1.0 m²，且任一邊不大於 1.4 m。超過此規定應加裝載荷傳感器，當達到許可傾翻力矩時，應發出視覺警告，並阻止除減少傾翻力矩外的其他進一步運動。

7.作業性能

平臺的起升，下降速度應不大於 0.4 m/s。

肆、懸空作業輔助平臺之裝置設計及技術文件製作

經由第二節之專利分類與分析後，歸納出伸縮式中不同類型的懸空作業輔助平臺的差異，柱式重量輕便利性佳及成本低，缺點為穩定性不好；剪式穩定性好荷重較高，但缺點自重較重須搭配動力自走載台；而塔式穩定性好，但是缺點為作業高度越高其底層面積越大，作業範圍容易受限，將這些專利分析之結果列表比較如表 19，依照以上的比較本研究歸納出了懸空作業輔助平臺的設計要點，訂出兩種設計，最後參照本國的法規，訂定懸空作業輔助平臺之條件，以下將詳述之。

表 19 剪式、柱式、塔式比較結果

機型	功能						
	穩定性	重量	成本	安全性	便利性	荷重能力	
剪式	●	X	X	●	○	●	
柱式	X	●	●	X	●	○	
塔式	○	○	○	○	X	○	

●：優良 ○：普通 X：不好

一、懸空作業輔助平臺條件訂定

本研究經過了專利與法規的分析，發現懸空作業輔助平臺大多為臨時修繕，荷重較輕，便於移動，故本研究保留柱式的優點，並使懸空作業輔助平臺上伸後更為穩定，安全性更好，因此訂出懸空作業輔助平臺之設計條件：

- (1)機構上升後要有較高之穩定性及安全性。
- (2)機構展開及收納之切換迅速，使機構可同步上升及下降。
- (3)須能在不平之地形使用。
- (4)注重機構整體之穩定性、安全性及輕便性。
- (5)為了製造上備料的方便，在設計上使其零件可以共用。
- (6)構造擁有足夠的機械強度以確保使用時安全無虞。
- (7)機構整體能進出電梯。

二、懸空作業輔助平臺之設計

本研究依照前一節之設計要點來進行懸空作業輔助平臺之新設計，分為設計一與設計二，首先需符合法規之規定，而法規所規定的垂直升降型高空工作車應具有傾斜至 5°時亦不致翻倒之前後及左右之安定度，作業台周圍之圍柵高度應在九十公分以上。

設計一：

圖 47 為懸空作業輔助平臺之設計一，針對現有之懸空作業輔助平臺廣泛蒐集專利文獻與產品，並進行分類與分析，依照作動機構來分類，可分為固定式、伸縮式，伸縮式依照其結構又可分為剪式、柱式與塔式，整合上述各類型的優缺點，以機構之安全性、穩定性與低成本為目標，設計出三柱式懸空作業輔助平臺，為求穩定本研究參考柱式及塔式的特色，將第一層柱子焊接連成一剛體如圖 47，形成相似塔式的基座，及第二層也依造第一層方式焊接成一剛體如圖 48，因其底層為一剛體較為穩固於基座上，且每層因為同一形狀圍成，故形成較高之穩定

性。

而在底座上之設計，爲了避免懸空作業輔助平臺，使用於不平整之地面，導致懸空作業輔助平臺升高後，基座不穩而搖晃，本研究在底座上裝設四支支撐腳，四支支撐腳能向外伸展增加基座底面積如圖 48，使其輕微搖晃時，懸空作業輔助平臺整體重心不會跑出底面積外，而導致傾倒，在地面高度不平的地方時，四支支撐腳可作高度調整裝置，使其底座平臺維持水準後，方可上升作動。

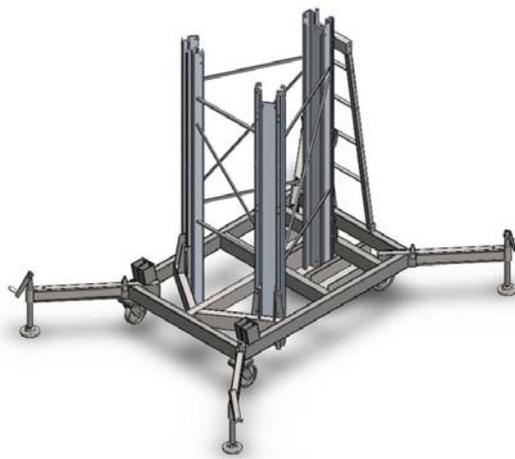


圖 47 懸空作業輔助平臺設計一基座示意圖



圖 48 懸空作業輔助平臺設計一機構示意圖

設計二：

圖 49 為懸空作業輔助平臺之設計二，經過與廠商詳細討論後，得知顧客購買懸空作業輔助平臺的主要條件為價格、重量、穩定性及體積等為主，因此本計畫將增加單柱式之改良設計，新設計將支柱傾斜若干度後，讓重心通過第一層支柱，消除彎矩，使第一層根部只受到一正向力 W 之作用如圖 50。

因此，設計二支柱內之應力較小，穩定性及安全性較高，可承受較大的外力負荷(如：風力、地震力及高空作業員施力之反作用力)。而在底座上之設計，為了避免懸空作業輔助平臺，使用於不平整之地面，導致懸空作業輔助平臺升高後，基座不穩而搖晃，因此本研究使用設計一之相同設計，四支支撐腳能向外伸展增加基座底面積，使其輕微搖晃時，懸空作業輔助平臺整體重心不會跑出底面積外，而導致傾倒，在地面高度不平的地方時，四支支撐腳可作高度調整裝置，使其底座平臺維持水準後，方可上升作動。

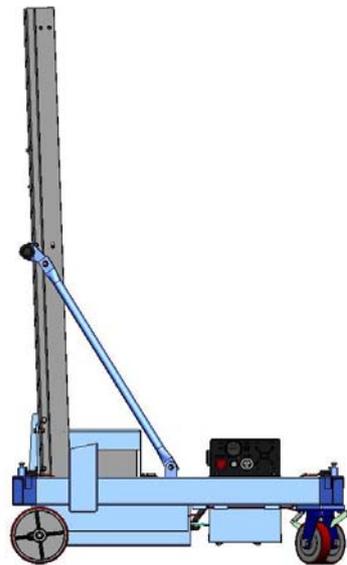


圖 49 懸空作業輔助平臺設計二機構示意圖

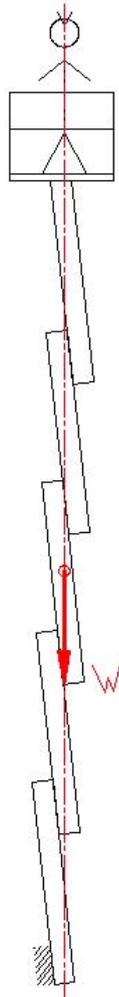


圖 50 懸空作業輔助平臺設計二機構簡圖

三、機構之同動設計

本研究所設計之懸空作業輔助平臺，爲了使平臺上升能夠運作順暢及同步，將壓缸設於第一層支柱與第二層支柱相接，直接推動第二層作上下移動如圖 51，爲了使其平臺能與第二層同步上升及下降等動作，在第二層之後每層上方裝設鏈輪，使其鏈輪形成一動滑輪，將鏈條一端固定於鏈輪之前一層下方之固定點，另一端固定於下一層下方之固定點，當第二層受壓缸推動上升時，第二層上方之鏈輪跟著向上移動，因鏈條一端固定於第一層，而鏈條長度不變，所以鏈輪逐漸向上，使得第一層固定端與第二層鏈輪距離逐漸增加，導致下一層固定端與第二層鏈輪間之距離逐漸減少，使其第三層同步向上作動如圖 51(c)，第二層以後如上述原理相同，最後當壓缸走到末端時，平臺也已到頂端。

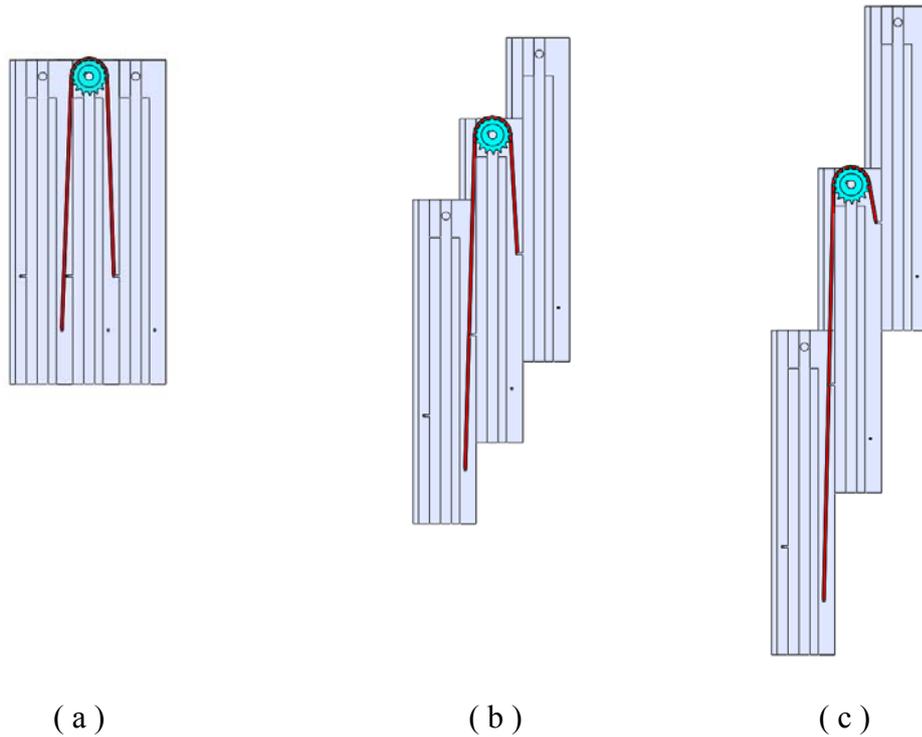


圖 51 懸空作業輔助平臺同動機構示意圖

四、作業台收納設計

爲了要使懸空作業輔助平臺整體收納高度低於 2100 mm，所以懸空作業輔助平臺降下後，需要將作業台之圍柵作收納之動作，而圍柵的設計有相關的法規規定，其高度應在九十公分以上，並應包括上欄杆、中欄杆、腳趾板及杆柱等構材，且杆柱之直徑均不得小於三·八公分如圖 52，作業平臺與圍柵使用轉軸銜接，拉起護欄上插銷後將短邊護欄向內旋轉 90°後卡固於長邊護欄Ω型簧片上，一邊腳趾板用角鏈安裝於長邊護欄上，自動栓向上拉起將腳趾板向內旋轉卡固於圍柵基座上如圖 53，將圍柵上插銷拉起後讓圍柵繞作業平臺作 180°旋轉作收納動作如圖 54，當圍柵旋轉至定位後插銷會自動卡固於作業平臺上，使用手動釋放自動卡固原理，來達到安全及快速收納之功用，展開時則爲反向操作之。

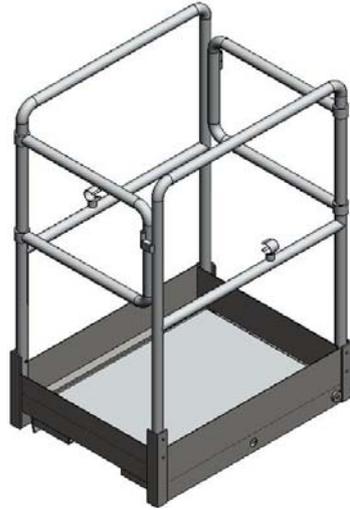


圖 52 作業台機構展開圖

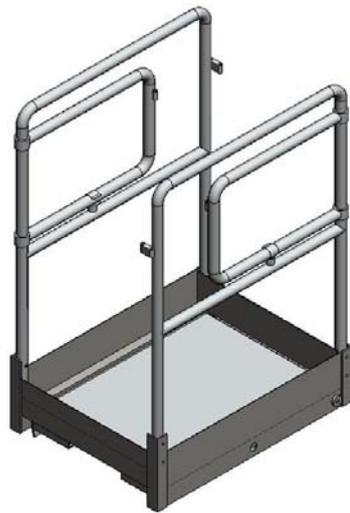


圖 53 作業台機構示意圖

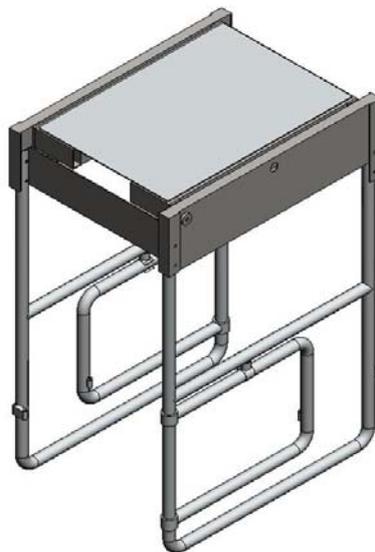


圖 54 作業台機構收摺圖

五、車載式設計

爲了要使懸空作業輔助平臺長距離修繕之用，須將懸空作業輔助平臺架設於貨車上如圖 55，將原設計支撐腳架與車輪移除，裝上新固定座如圖 56，使用 U 型螺栓將懸空作業輔助平臺與貨車工型骨架鎖固如圖 57，貨車需求限制爲需安裝腳架，當懸空作業輔助平臺要使用時，須將腳架降至地面微撐車體，使懸空作業輔助平臺作業時穩定性較佳。

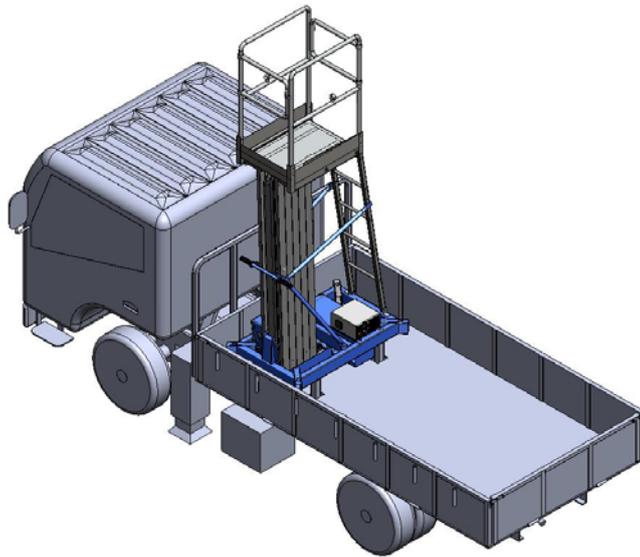


圖 55 車載懸空作業輔助平臺示意圖

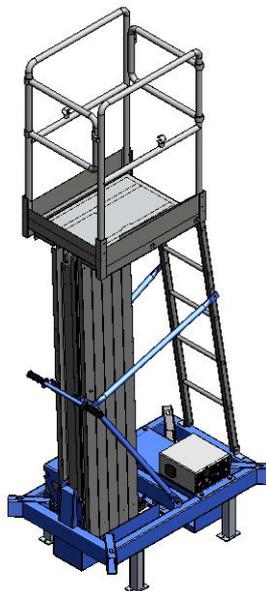


圖 56 車載式懸空作業輔助平臺

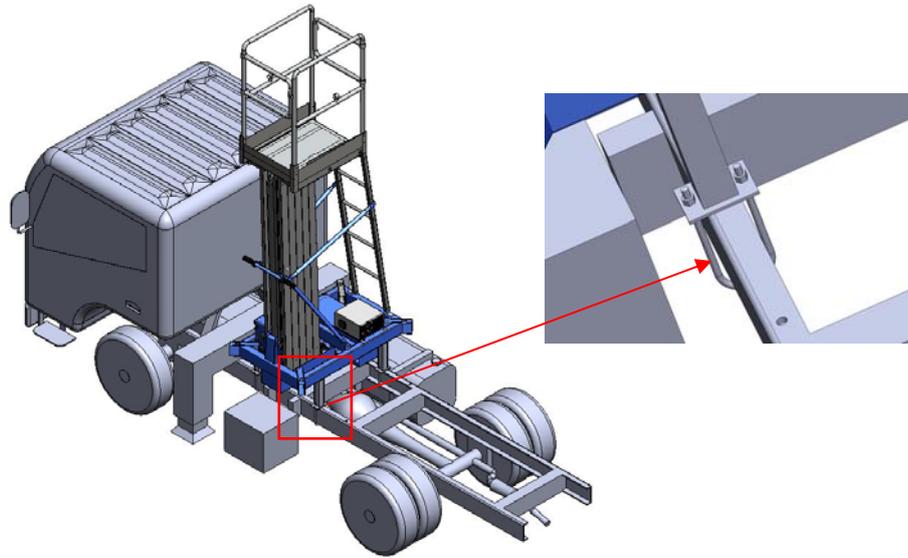


圖 57 車載鎖固裝置

六、懸空作業輔助平臺尺寸合成及 3D 模型建立

經由前一節概念設計之設計條件後，接續訂定出各機構間正確的相對位置。本研究依照設計條件及參考美國規範 ANSI 92.3 定出懸空作業輔助平臺之設計規格及現有產品以及廠商允許下，本研究訂定出下列幾項懸空作業輔助平臺設計規格尺寸如下：

- (1)護欄高度應在 90 公分以上。
- (2)護欄應包括上欄杆、中欄杆、腳趾板及杆柱等構材。
- (3)懸空作業輔助平臺整體收納高度應在 2100 公分以下。

經過上述設計條件與概念設計及尺寸合成後，開始針對懸空作業輔助平臺進行細部零件設計，利用 3D 繪圖軟體 SolidWorks Office Premium2008 建立 3D 模型之零件圖及組合圖，以完成懸空作業輔助平臺之機構與固定桿件 3D 模型建立，圖 58 為設計一三柱式懸空作業輔助平臺，圖 59 為三柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖，三柱式懸空作業輔助平臺收納時平臺總高度為 2039 mm，其總長 1540 mm、總寬 1060 mm，圖 60 為三柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖，三柱式懸空作業輔助平臺展開時平臺總高度為 8039 mm，圖 61 為三柱式懸空作業輔助平臺作動圖。

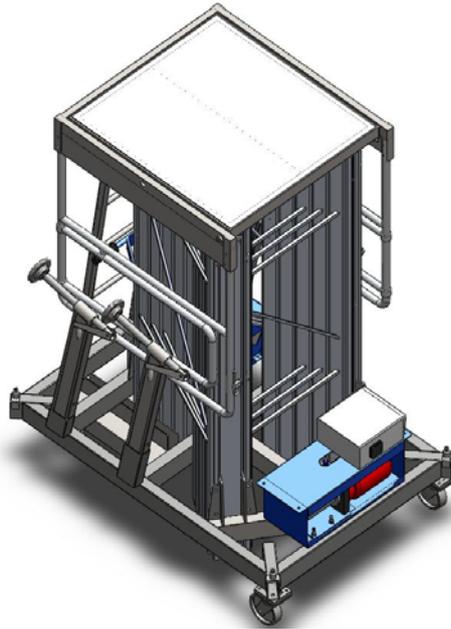


圖 58 三柱式懸空作業輔助平臺 3D 模型

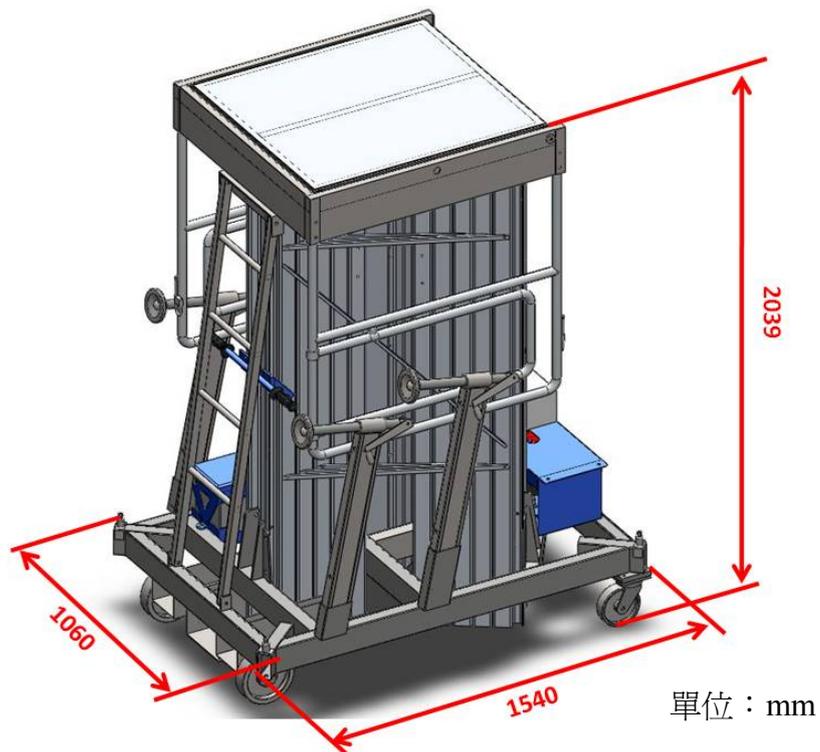


圖 59 三柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖



單位：mm

圖 60 三柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖

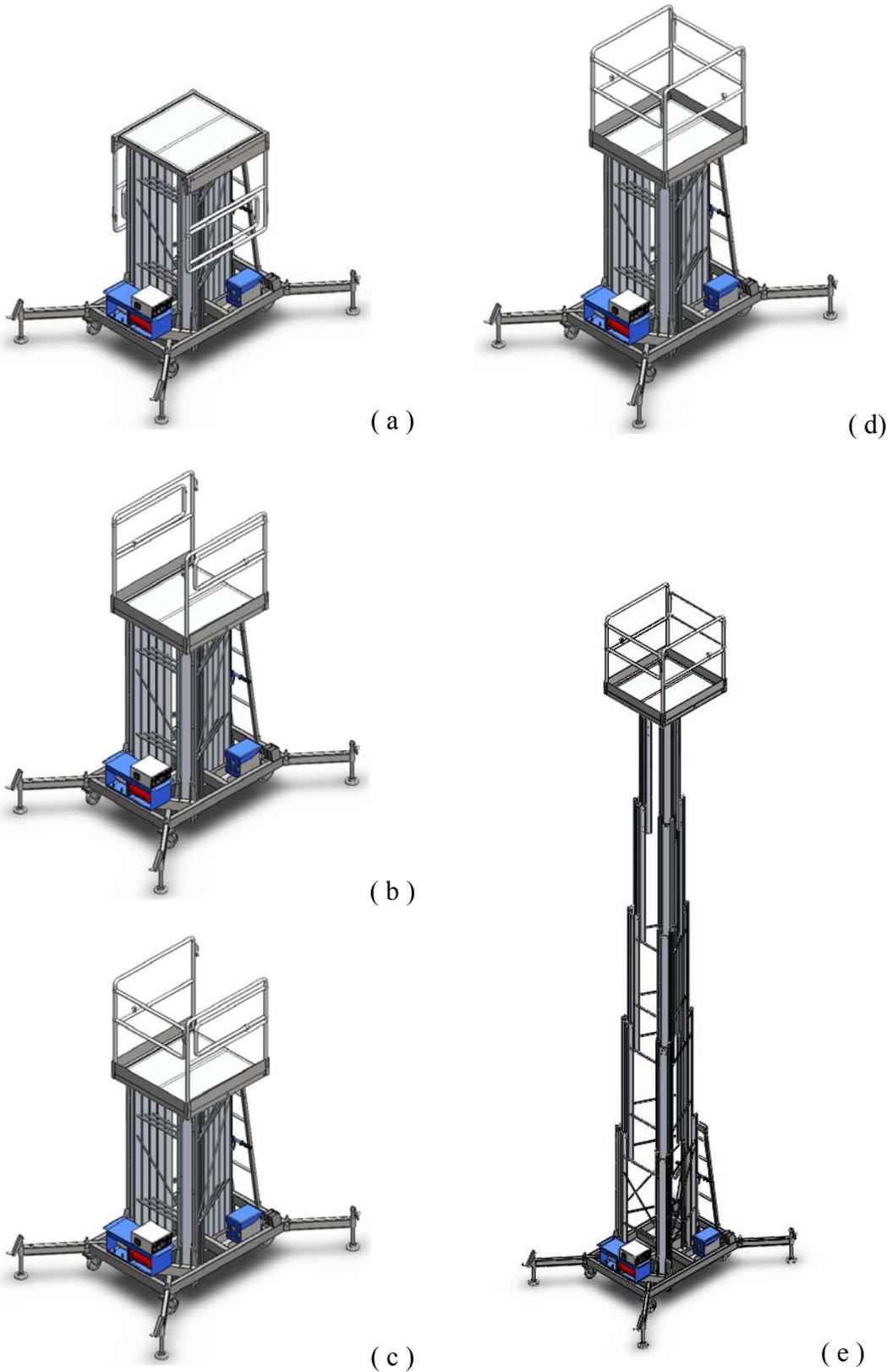


圖 61 三柱式懸空作業輔助平臺作動圖

圖 62 為設計二單柱式懸空作業輔助平臺，圖 63 為單柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖，單柱式懸空作業輔助平臺收納時平臺總高度為 2020 mm，其總

長 1208 mm、總寬 782 mm，此型為可進入十一人座之電梯，圖 64 為單柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖，單柱式懸空作業輔助平臺展開時平臺總高度為 8012 mm，圖 65 為單柱式懸空作業輔助平臺作動圖。



圖 62 單柱式懸空作業輔助平臺 3D 模型

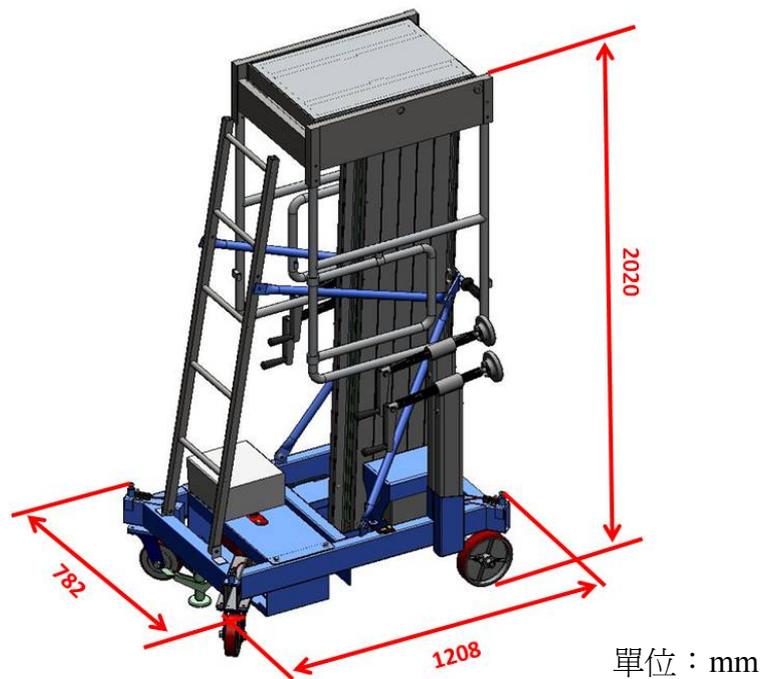
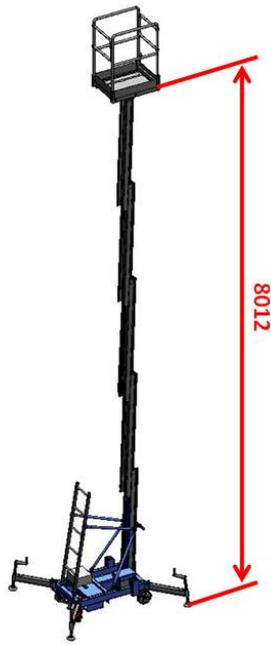


圖 63 單柱式懸空作業輔助平臺收疊尺寸圖



單位：mm

圖 64 單柱式懸空作業輔助平臺展開尺寸圖

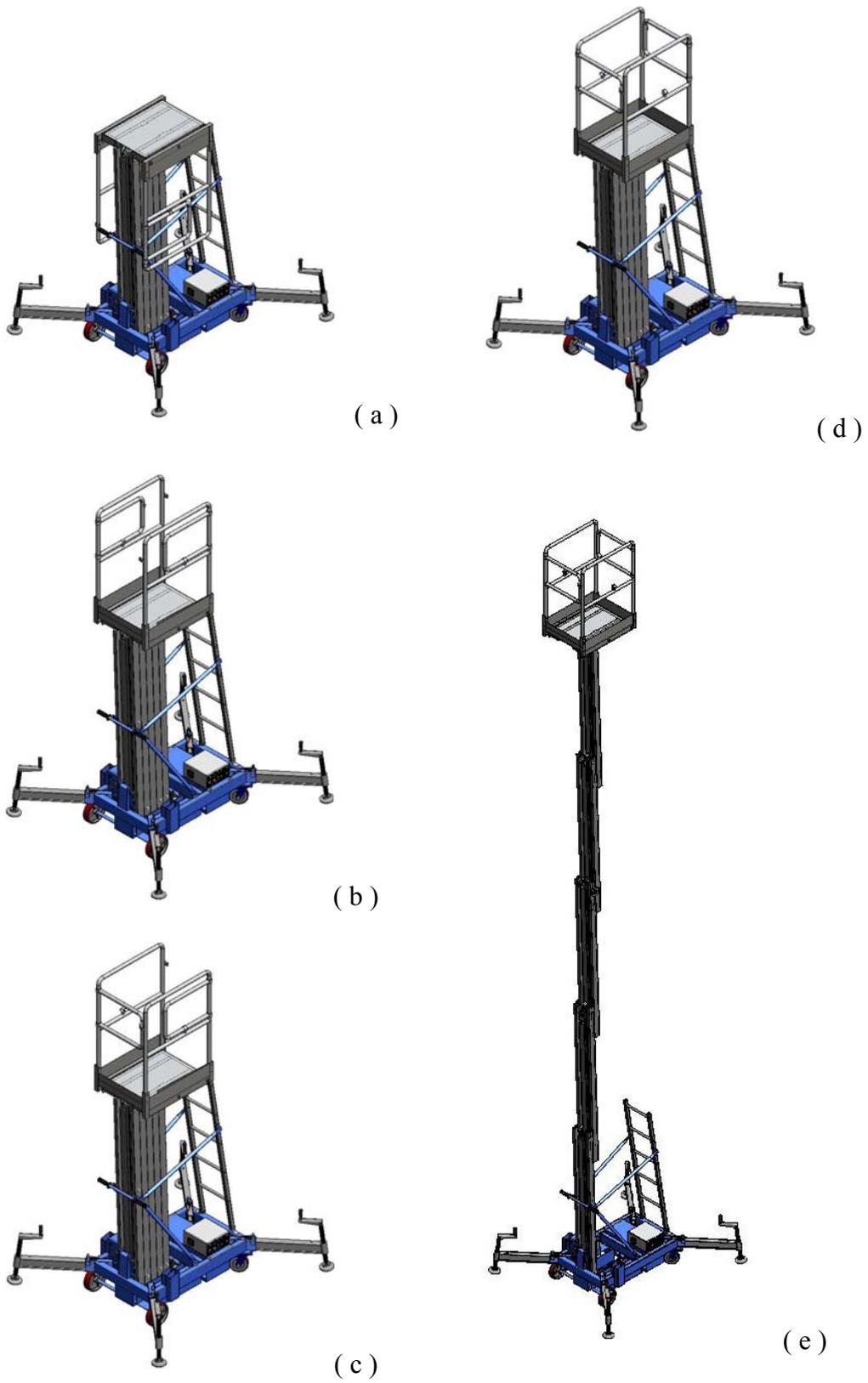


圖 65 單柱式懸空作業輔助平臺作動圖

伍、懸空作業輔助平臺之結構力學分析

本研究欲瞭解懸空作業輔助平臺在實際應用下的情況，需對新設計的懸空作業輔助平臺做測試分析，模擬懸空作業輔助平臺升至最高點在傾斜 6° 的坡道上時，是否會傾倒之可能行，及懸空作業輔助平臺升至最高點後，參考美國規範在水準方向施加 220N 在垂直方向施加 2470N 進行力學分析，加上風力及地震力進行複合分析，使其在使用上安全無虞，並作往後規範訂定之依據。

一、傾斜分析

本研究利用 3D 繪圖軟體 SolidWorks Office Premium2008 設三個方向的傾斜 6° 的坡面，將懸空作業輔助平臺設計一及設計二模型擺放於三個不同傾斜方向的坡面上，如圖 66、圖 67、圖 68 作業輔助平臺設計一不同方向的傾斜擺放圖，如圖 69、圖 70、圖 71 空作業輔助平臺設計二不同方向的傾斜擺放圖，將模型之材質設定完成，使用軟體 SolidWorks Office Premium2008 內建指令，求出模型重心如圖 72 為圖 66 之重心位置上視圖，圖 73 為圖 67 之重心位置上視圖，圖 74 為圖 68 之重心位置上視圖，圖 75 為圖 69 之重心位置上視圖，圖 76 為圖 70 之重心位置上視圖，圖 77 為圖 71 之重心位置上視圖，可看出懸空作業輔助平臺設計一及設計二重心皆在四支支撐腳圍成之底面積內，所以傾斜 6° 時，懸空作業輔助平臺不會翻倒。



圖 66 設計一長邊方向傾斜擺放圖



圖 67 設計一短邊方向傾斜擺放圖



圖 68 設計一 45 度方向傾斜擺放圖



圖 69 設計二長邊方向傾斜擺放圖



圖 70 設計二短邊方向傾斜擺放圖



圖 71 設計二 45 度方向傾斜擺放圖

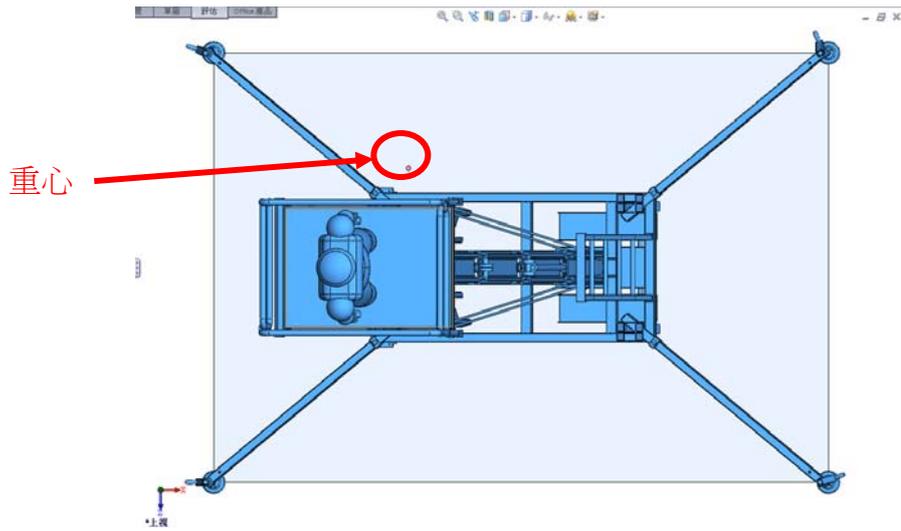


圖 72 設計一長邊方向重心位置上視圖

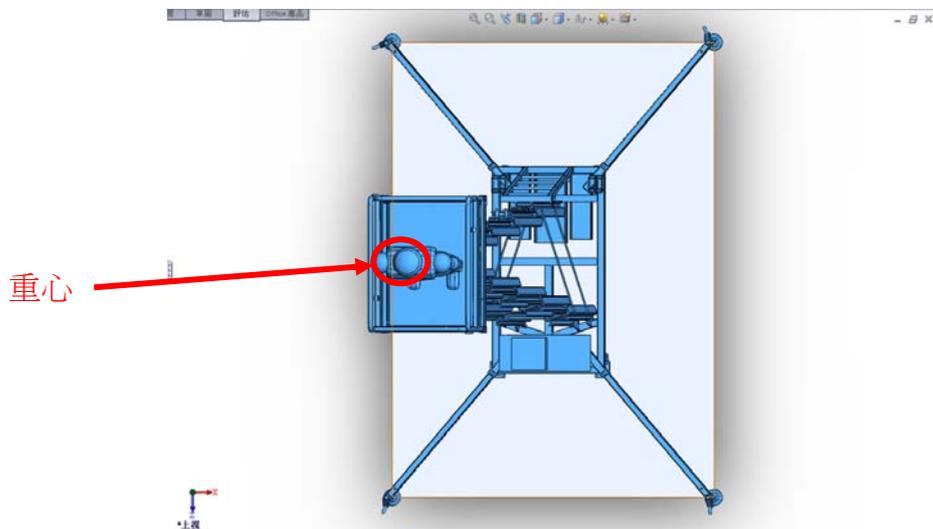


圖 73 設計一短邊方向重心位置上視圖

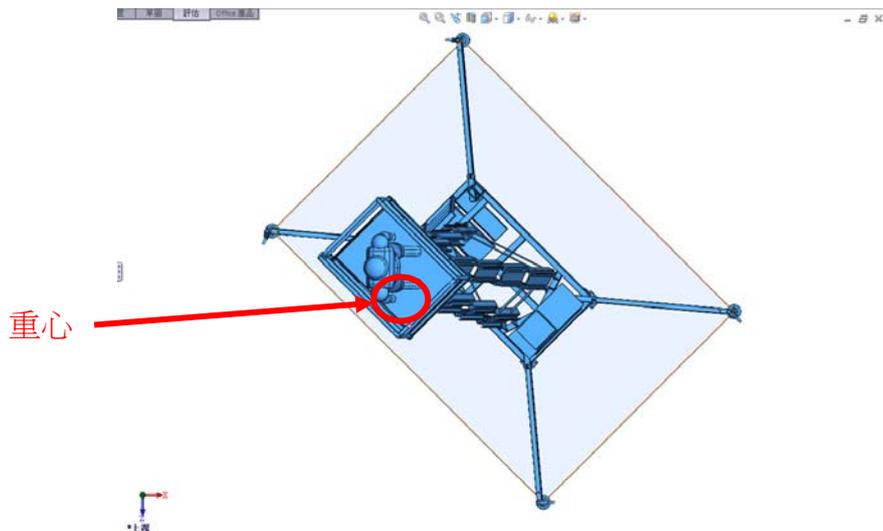


圖 74 設計一 45 度方向重心位置上視圖

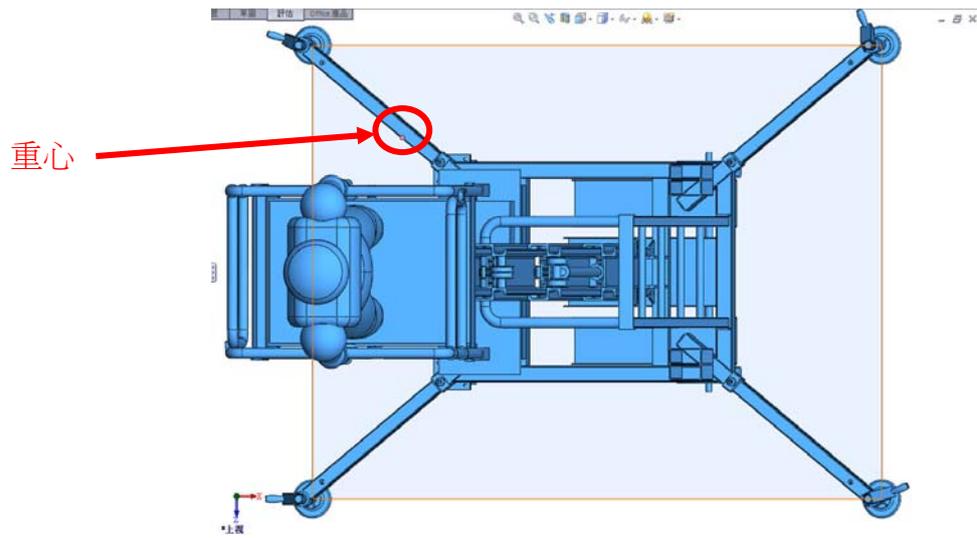


圖 75 設計二長邊方向重心位置上視圖

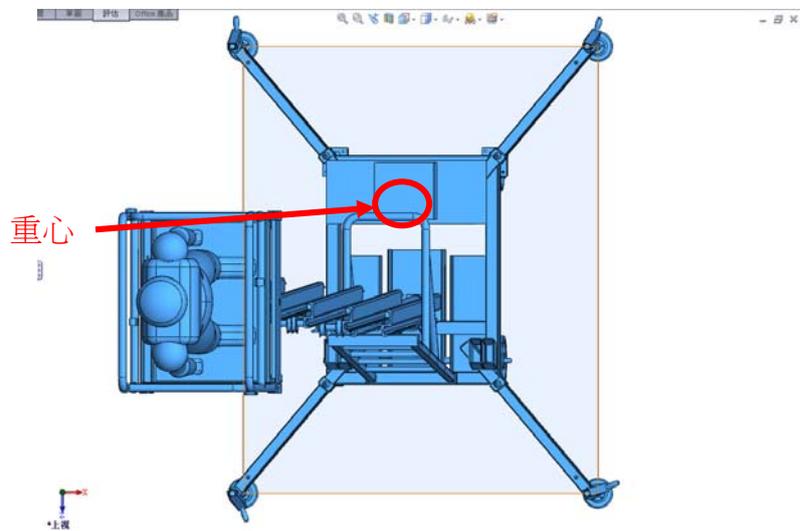


圖 76 設計二短邊方向重心位置上視圖

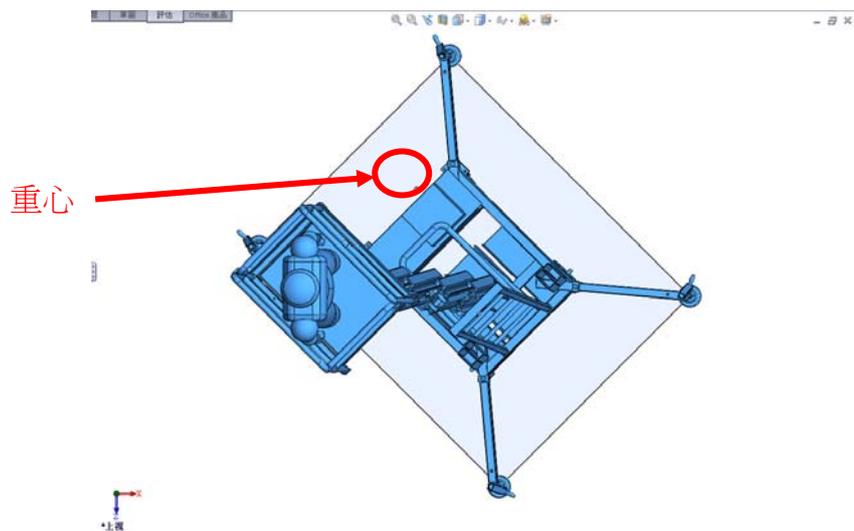


圖 77 設計二 45 度方向重心位置上視圖

二、垂直力與水準力複合分析

依照美國 ANSI 92.3 規範，懸空作業輔助平臺應能承受垂直負荷 2100 N(載重 1.5 倍)和水準負荷(222 N)，其應力之大小與分佈情況，以瞭解各部份零件之強度是否足夠，以做為往後實體製作之依據。

X 方向之分析結果：

圖 78、圖 80 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在平臺與第五層支柱銜接處，設置一 1.5 倍載重及作業台重量之垂直力和施加 X 方向 222 N 的水準力，而設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 79 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 177.27 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.41，而設計二最大應力發生在支撐腳上如圖 81 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 180.32 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.39，故本研究所設計之懸空作業輔助平臺其材料與零件的強度皆在安全範圍內。

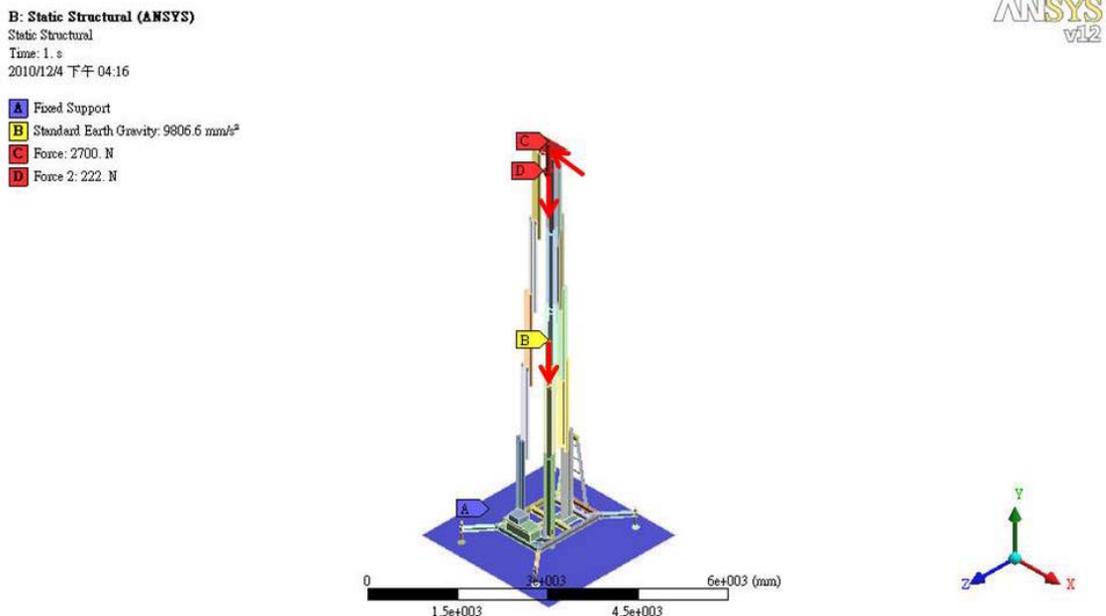


圖 78 設計一 X 方向負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/4 下午 04:19

ANSYS
v12

177.27 Max
 157.57
 137.88
 118.18
 98.484
 78.787
 59.09
 39.393
 19.697
 9.9274e-14 Min

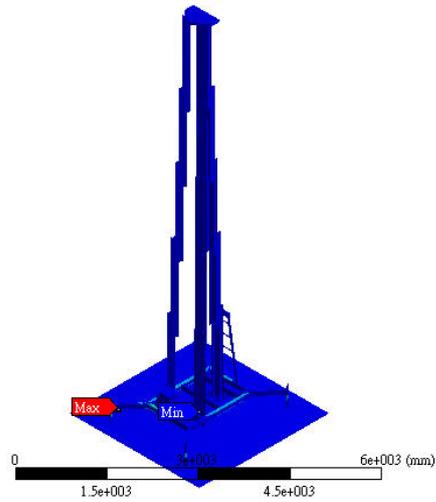


圖 79 設計一 X 方向應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/1 下午 11:10

- A** Fixed Support
- B** Force: 2470. N
- C** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D** Force 2: 222. N

ANSYS
v12.1

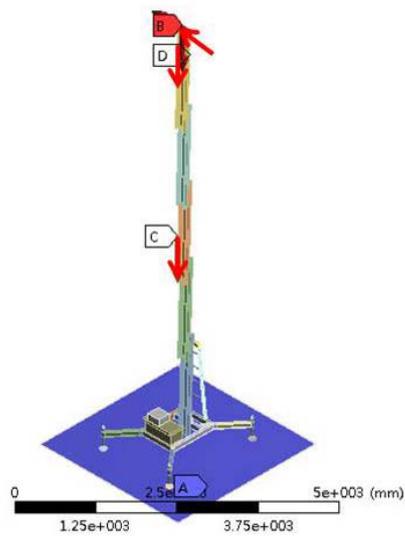


圖 80 設計二 X 方向負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2010/12/1 下午 11:10

ANSYS
v12.1

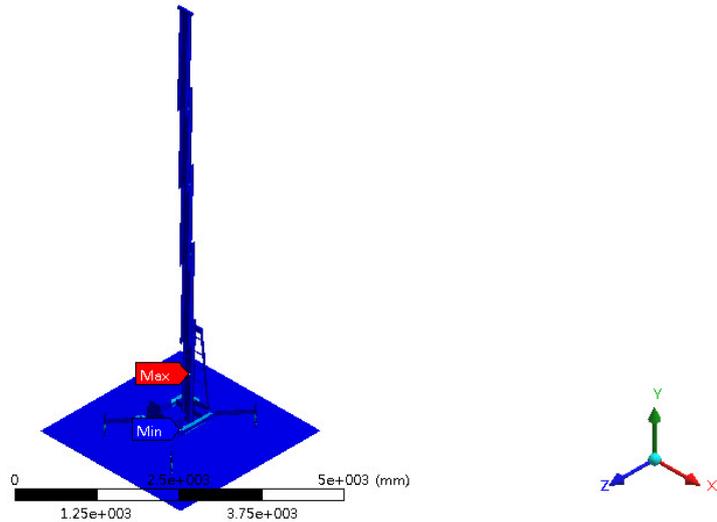
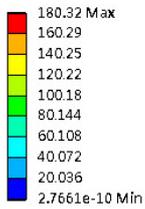


圖 81 設計二 X 方向應力分佈圖

Z 方向之分析結果：

圖 82、圖 84 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在平臺與第五層支柱銜接處，設置一 1.5 倍載重及作業台重量之垂直力和施加 Z 方向 222 N 的水準力，而設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 83 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 164.38 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.52，而設計二最大應力發生在支撐腳上如圖 85 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 167.41 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.49，故本研究所設計之懸空作業輔助平臺其材料與零件的強度皆在安全範圍內。

B: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/4 下午 04:31

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 222. N

ANSYS
v12

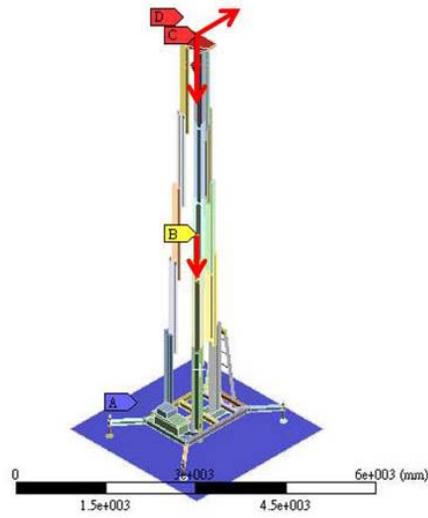


圖 82 設計一 Z 方向負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/4 下午 04:32

ANSYS
v12

164.38 Max
 146.11
 127.85
 109.59
 91.322
 73.057
 54.793
 36.529
 18.264
 9.9274e-14 Min

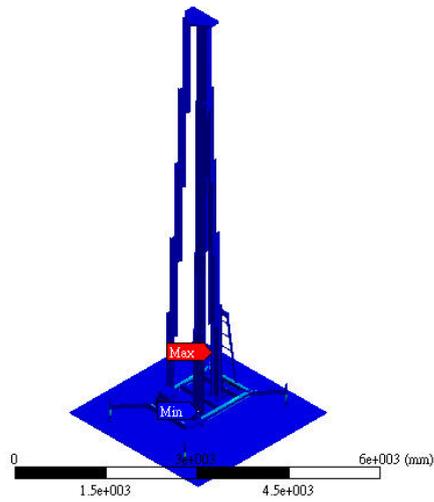


圖 83 設計一 Z 方向應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/2 上午 12:03

A Fixed Support
 B Force: 2470. N
 C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
 D Force 2: 222. N

ANSYS
v12.1

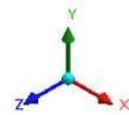
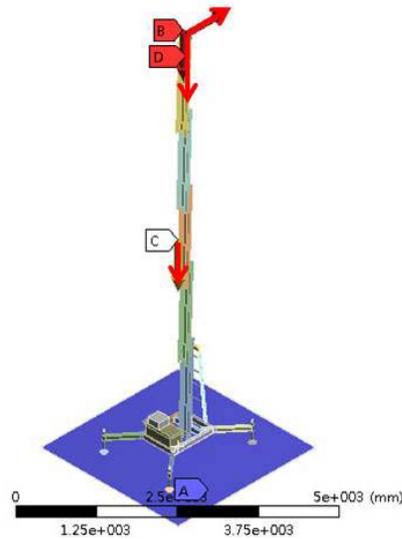


圖 84 設計二 Z 方向負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/2 上午 12:03

ANSYS
v12.1

167.41 Max
 148.81
 130.21
 111.61
 93.004
 74.403
 55.803
 37.202
 18.601
 2.7661e-10 Min

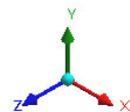
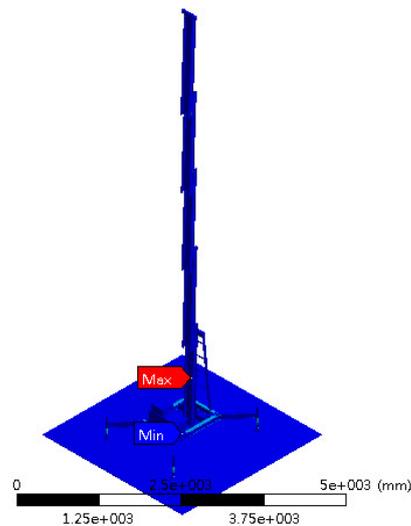


圖 85 設計二 Z 方向應力分佈圖

45° 方向之分析結果：

圖 86、圖 88 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在平臺與第五層支柱銜接處，設置一 1.5 倍載重及作業台重量之垂直力和施加 45° 方向 222 N 的水準力，而設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 87 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 171.25 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.46，而設計二最大應力發生在支撐腳上如圖 89 所示，

而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 180 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.39，故本研究所設計之懸空作業輔助平臺其材料與零件的強度皆在安全範圍內。

B: Static Structural (ANSYS)

Static Structural
Time: 1. s
2010/12/4 下午 05:10

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 222.03 N

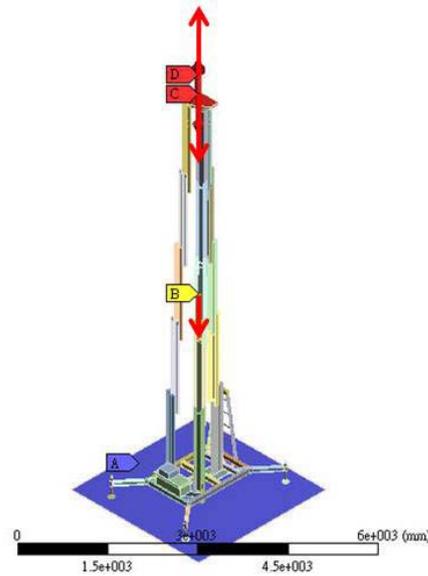


圖 86 設計一 45° 方向負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2010/12/4 下午 05:11

- 171.25 Max**
- 152.23
- 133.2
- 114.17
- 95.141
- 76.113
- 57.085
- 38.057
- 19.028
- 9.9274e-14 Min**

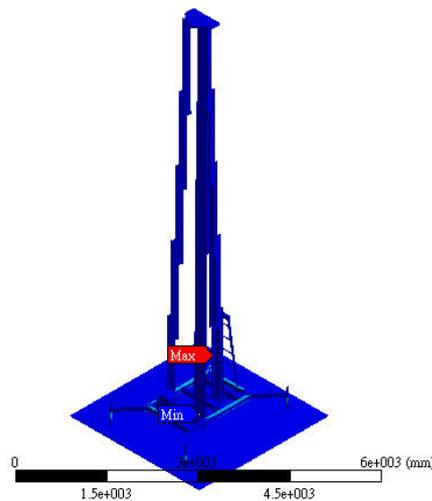


圖 87 設計一 45° 方向應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/2 上午 12:33

- A** Fixed Support
- B** Force: 2470. N
- C** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D** Force 2: 222.03 N

ANSYS
v12.1

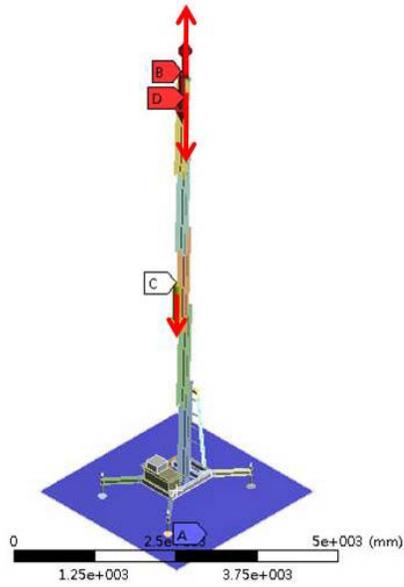


圖 88 設計二 45° 方向負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/2 上午 12:34

ANSYS
v12.1

180 Max
 160
 140
 120
 99.999
 79.999
 59.999
 40
 20
 2.7661e-10 Min

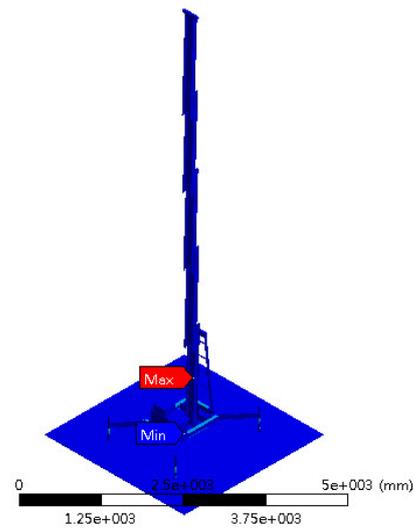


圖 89 設計二 45° 方向應力分佈圖

經由上述三種方向的垂直與水準力之複合分析，可知懸空作業輔助平臺符合 ANSI 92.3 之荷載試驗，故強度符合設計之需求。

三、風力複合分析

依照美國 ANSI 92.3 規範設定後，分析懸空作業輔助平臺強度上能在幾級風的環境下作業之複合分析，其應力之大小與分佈情況，以瞭解懸空作業輔助平臺之使用範圍，作為往後規範訂定之依據。

X 方向之分析結果：

圖 90、圖 92 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 X 方向的面上施加風壓，結果為設計一能承受 4 級風力而最大應力發生在支撐腳上如圖 91 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 232.67 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.07，而設計二能承受 5 級風力而最大應力發生在平臺與第五層支柱銜接處上如圖 93 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 221.82 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.13。

B: Static Structural (ANSYS)
Static Structural
Time: 1. s
2010/12/4 下午 03:32

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 289. N
- E** Pressure: 7.7e-005 MPa

ANSYS
v12

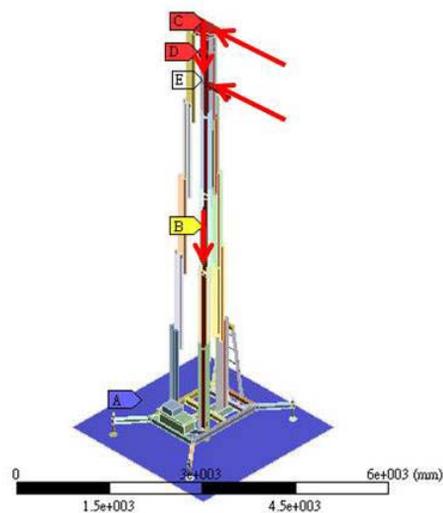


圖 90 設計一 X 方向 4 級風力負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/4 下午 03:34



232.67 Max
 206.82
 180.96
 155.11
 129.26
 103.41
 77.556
 51.704
 25.852
 9.9274e-14 Min

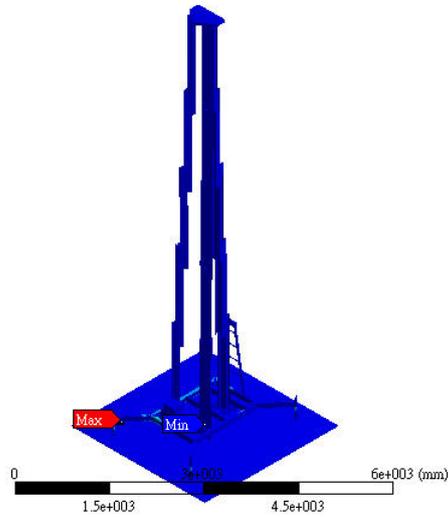


圖 91 設計一 X 方向 4 級風力應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/1 下午 10:59

A Fixed Support
B Force: 2470. N
C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
D Force 2: 339. N
E Pressure: 1.4e-004 MPa

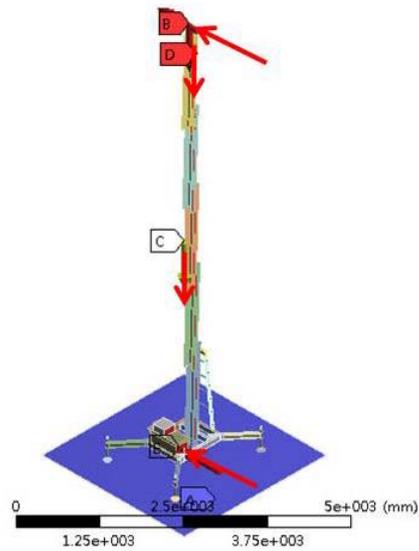


圖 92 設計二 X 方向 5 級風力負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2010/12/1 下午 11:00

ANSYS
v12.1

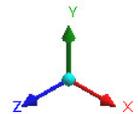
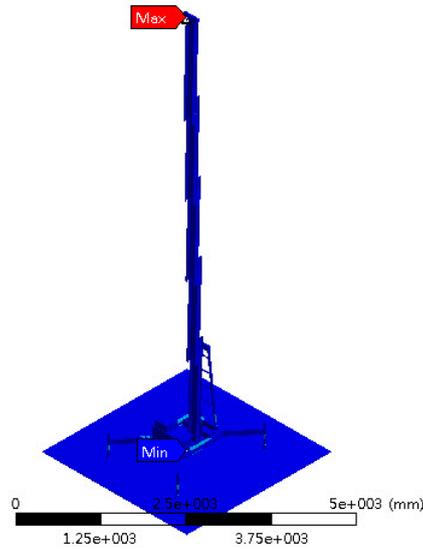
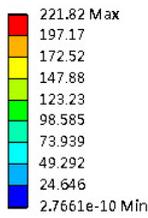


圖 93 設計二 X 方向 5 級風力應力分佈圖

Z 方向之分析結果：

圖 94、圖 96 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 Z 方向的面上施加風壓，結果為設計一能承受 4 級風力而最大應力發生在支撐腳上如圖 95 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 209.81 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.19，而設計二能承受 4 級風力而最大應力發生在平臺與第五層支柱銜接處上如圖 97 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 199.38 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.25。

B: Static Structural (ANSYS)

Static Structural
Time: 1. s
2010/12/4 下午 04:40

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 288. N
- E** Pressure: 7.7e-005 MPa

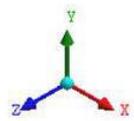
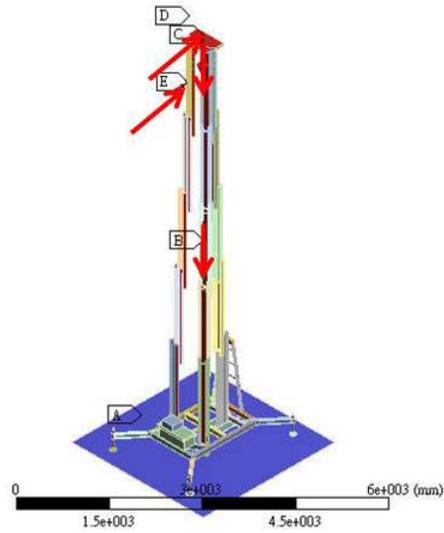


圖 94 設計一 Z 方向 4 級風力負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2010/12/4 下午 04:41

- 209.81 Max**
- 186.5
- 163.19
- 139.87
- 116.56
- 93.249
- 69.937
- 46.624
- 23.312
- 9.9274e-14 Min**

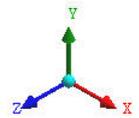
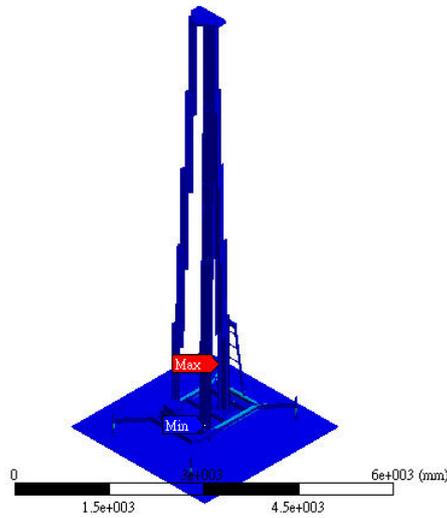


圖 95 設計一 Z 方向 4 級風力應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/1 下午 11:47

- A Fixed Support
- B Force: 2470. N
- C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D Force 2: 283. N
- E Pressure: 7.7e-005 MPa

ANSYS
v12.1

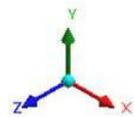
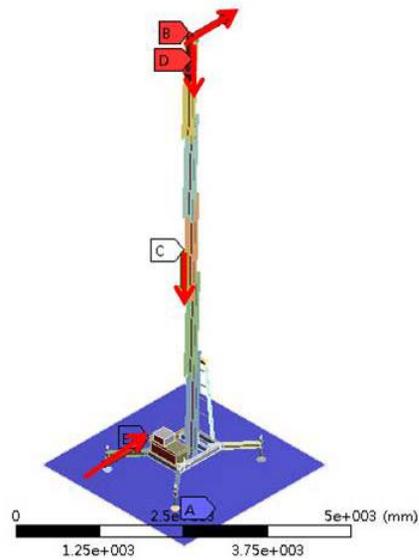


圖 96 設計二 Z 方向 4 級風力負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/1 下午 11:49

ANSYS
v12.1

- 199.38 Max
- 177.23
- 155.08
- 132.92
- 110.77
- 88.615
- 66.461
- 44.307
- 22.154
- 2.7661e-10 Min

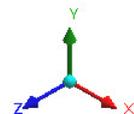
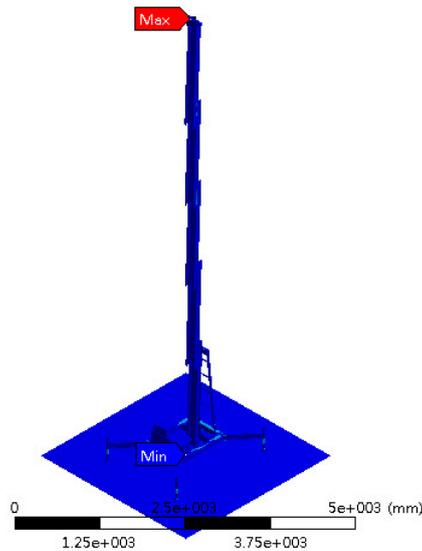


圖 97 設計二 Z 方向 4 級風力應力分佈圖

45° 方向之分析結果：

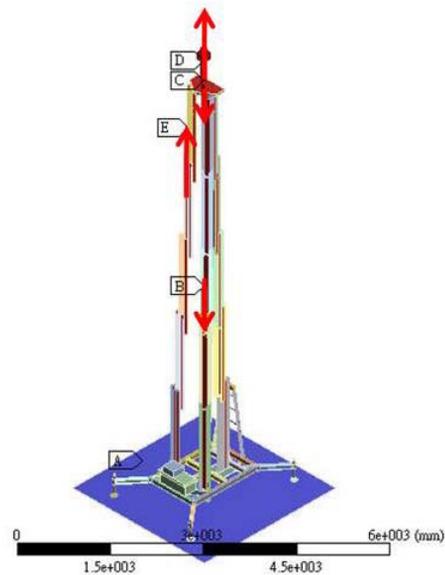
圖 98、圖 100 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 45° 方向的面上施加風壓，結果為設計一能承受 4 級風力而最大應力發生在支撐腳上如圖 99 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 227.12 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.10，而設計二能承受 3 級

風力而最大應力發生在平臺與第五層支柱銜接處上如圖 101 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 206.02 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.21。

B: Static Structural (ANSYS)

Static Structural
Time: 1 s
2010/12/4 下午 05:27

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 298.4 N
- E** Pressure: 7.6368e-005 MPa



ANSYS
v12

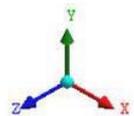
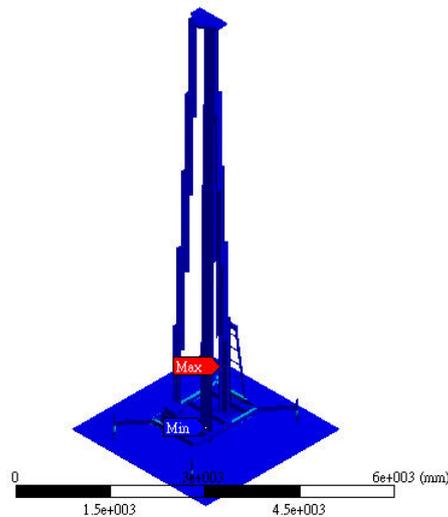


圖 98 設計一 45° 方向 4 級風力負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2010/12/4 下午 05:28

- 227.12 Max**
- 201.88
- 176.65
- 151.41
- 126.18
- 100.94
- 75.705
- 50.47
- 25.235
- 9.9274e-14 Min**



ANSYS
v12

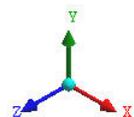


圖 99 設計一 45° 方向 4 級風力應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/2 上午 12:10

- A** Fixed Support
- B** Force: 2470. N
- C** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D** Force 2: 268.7 N
- E** Pressure: 3.5355e-005 MPa

ANSYS
v12.1

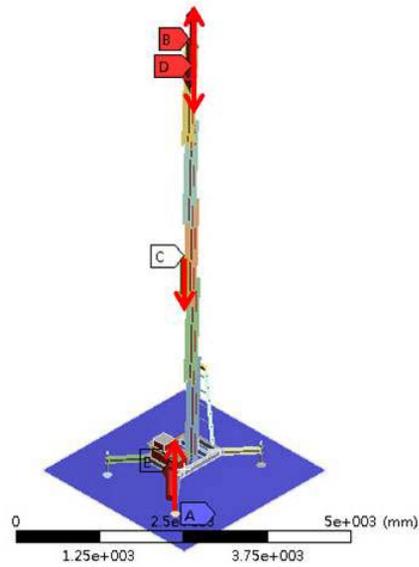


圖 100 設計二 45° 方向 3 級風力負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/2 上午 12:11

ANSYS
v12.1

206.02 Max
 183.13
 160.24
 137.35
 114.46
 91.565
 68.674
 45.782
 22.891
 2.7661e-10 Min

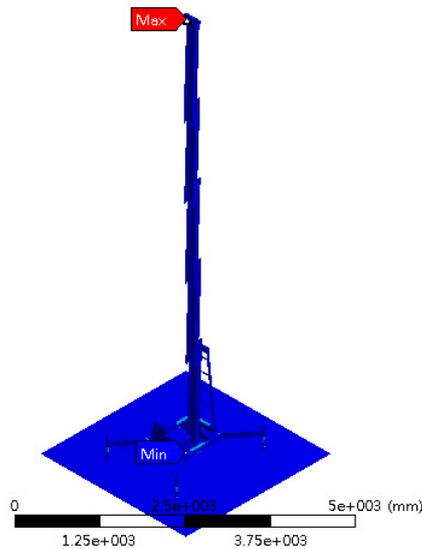


圖 101 設計二 45° 方向 3 級風力應力分佈圖

經由上述 3 個方向的分析本研究可知道設計一承受 4 級風力時，強度皆在安全範圍內，而設計二在 45° 方向的面上，只能承受 3 級風力，由此可知設計一能在 4 級風力下作業，而設計二能在 3 級風力下作業。

為瞭解懸空作業輔助平臺設計一、設計二在三個方向受風吹時，是否會導致懸空作業輔助平臺之翻倒，本研究在三個不同方向設定承受 6 級風力之分析。圖 102、圖 103 為設計一、設計二長邊方向受風，圖 104、圖 105 為設計一、設計二短邊方向受風，圖 106、圖 107 為設計一、設計二 45° 方向受風，紅色線為風力及重力之合力，由圖中可看出紅色線皆位於支撐腳內，且穿過四支支撐腳圍成之底面積內，由此可知三個不同方向受 6 級風吹襲時，不會導致懸空作業輔助平臺之翻倒。

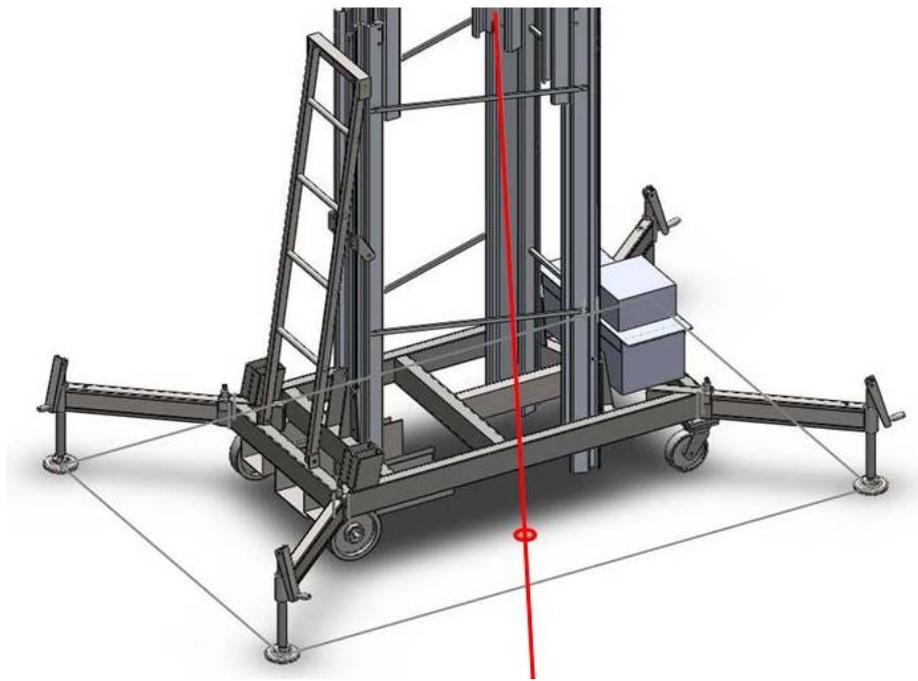


圖 102 設計一長邊方向風力及重力合力圖

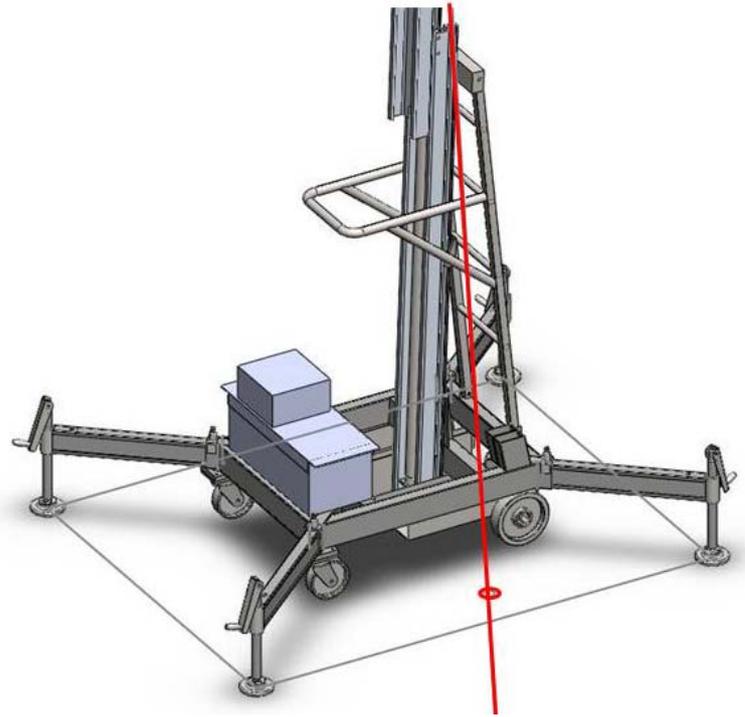


圖 103 設計二長邊方向風力及重力合力圖

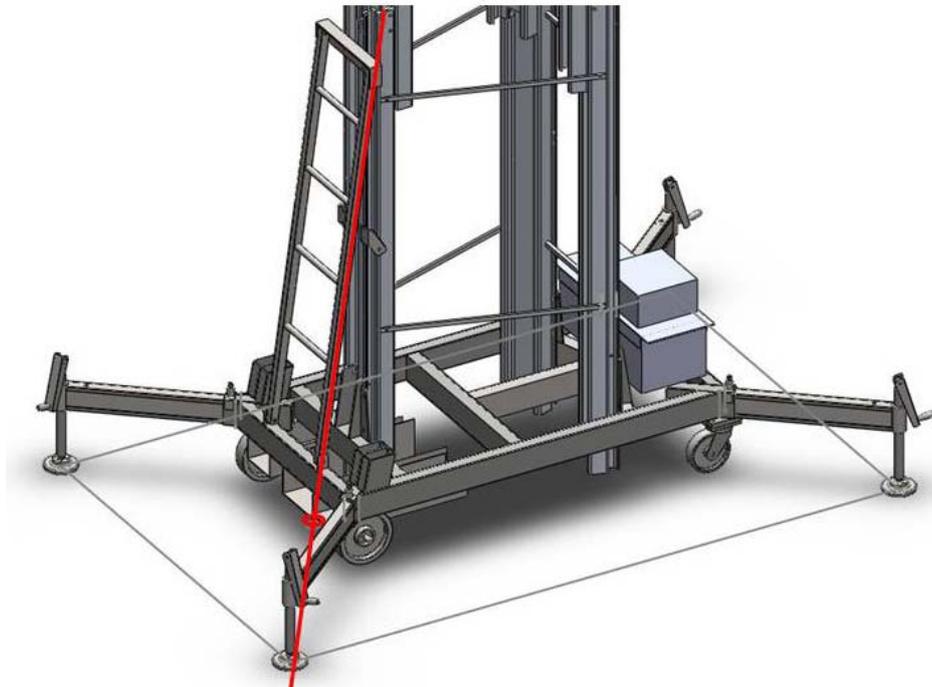


圖 104 設計一短邊方向風力及重力合力圖

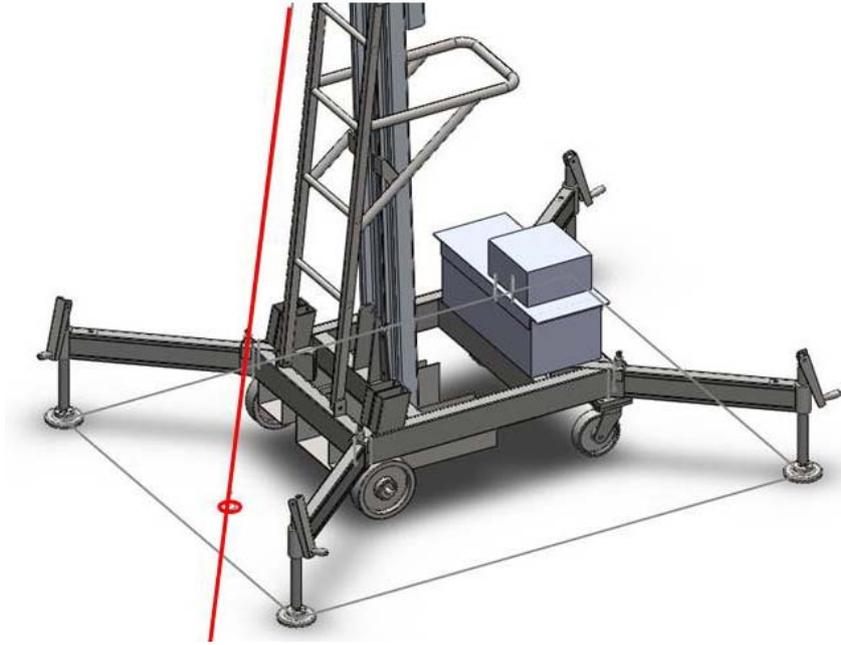


圖 105 設計二短邊方向風力及重力合力圖

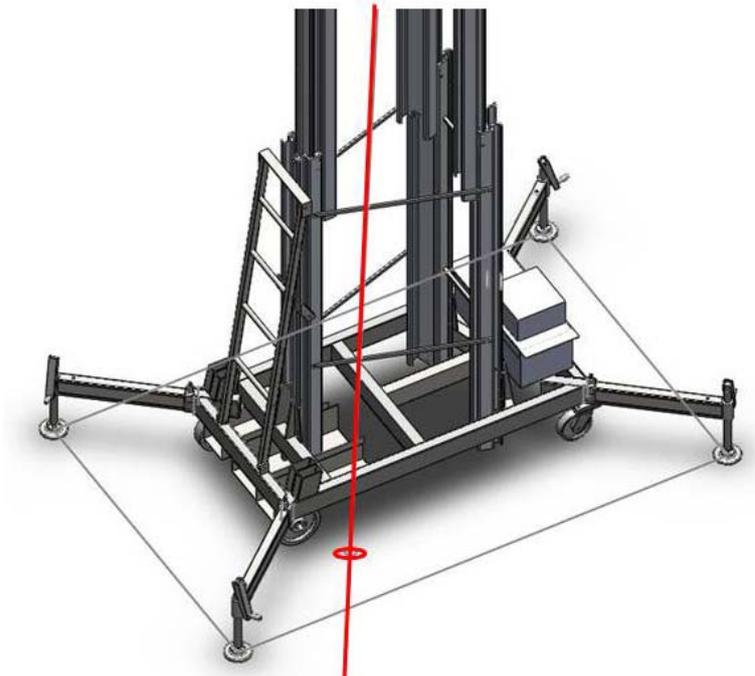


圖 106 設計一 45° 方向風力及重力合力圖

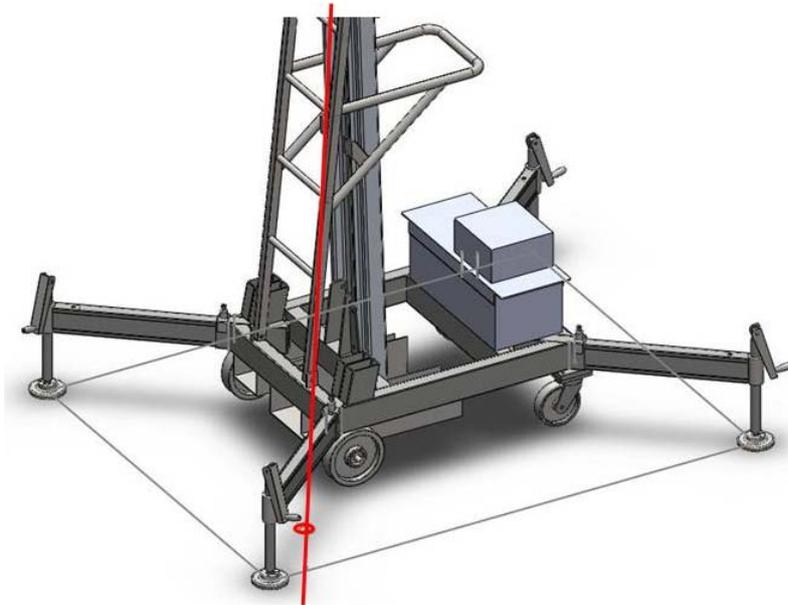


圖 107 設計二 45° 方向風力及重力合力圖

四、地震力複合分析

依照上述 ANSI 92.3 規範與風力設定後，再施加 4 級地震力(800 mm/sec^2)時，其應力之大小與分佈情況，以瞭解各部份零件之強度是否足夠，作為往後規範訂定之依據。

X 方向之分析結果：

圖 108、圖 110 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 X 方向施加 4 級地震力，結果為設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 109 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 192.21 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.30，而設計二最大應力發生在平臺與第五層支柱銜接處上如圖 111 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 206.73 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.21。

B: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/4 下午 03:47



- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 289. N
- E** Pressure: 7.7e-005 MPa
- F** Acceleration: 800. mm/s²

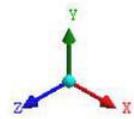
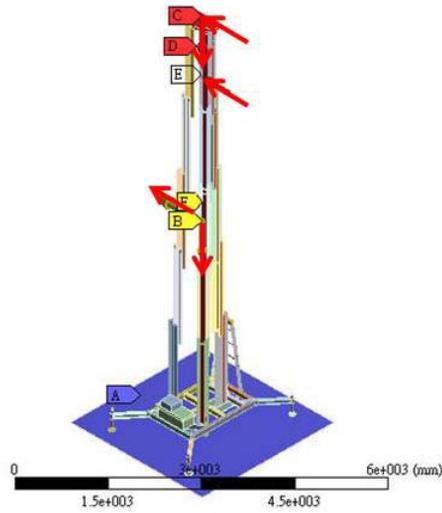


圖 108 設計一 X 方向 4 級地震負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/4 下午 03:47



- 192.21 Max**
- 170.85
- 149.49
- 128.14
- 106.78
- 85.425
- 64.069
- 42.713
- 21.356
- 1.0144e-13 Min**

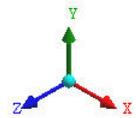
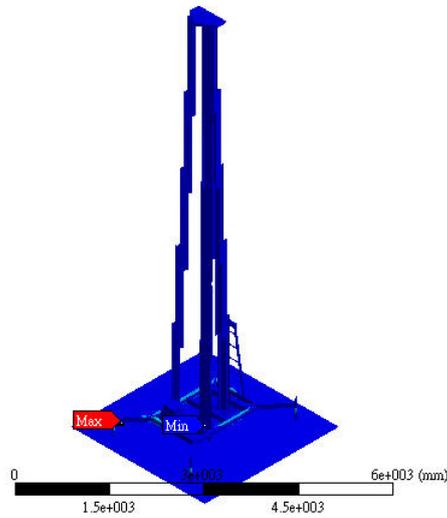


圖 109 設計一 X 方向 4 級地震應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/1 下午 11:05

ANSYS
 v12.1

- A Fixed Support
- B Force: 2470. N
- C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D Force 2: 339. N
- E Pressure: 1.4e-004 MPa
- F Acceleration: 800. mm/s²

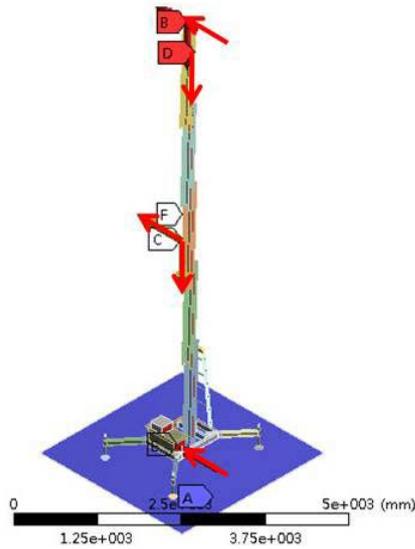


圖 110 設計二 X 方向 4 級地震負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/1 下午 11:05

ANSYS
 v12.1

- 206.73 Max
- 183.76
- 160.79
- 137.82
- 114.85
- 91.881
- 68.911
- 45.941
- 22.97
- 2.7686e-10 Min

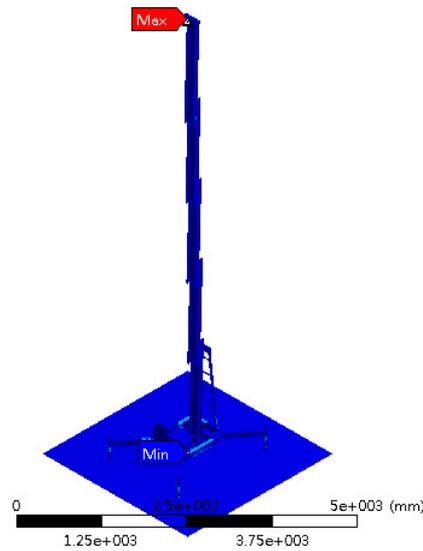


圖 111 設計二 X 方向 4 級地震應力分佈圖

Z 方向之分析結果：

圖 112、圖 114 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 Z 方向施加 4 級地震力，結果為設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 113 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 189.37 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.32，而設計二最大應力發生在平臺與第五層支

柱銜接處上如圖 115 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 185.51 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.35。

B: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1 s
 2010/12/4 下午 05:00

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 288. N
- E** Pressure: 7.7e-005 MPa
- F** Acceleration: 800. mm/s²

ANSYS
v12

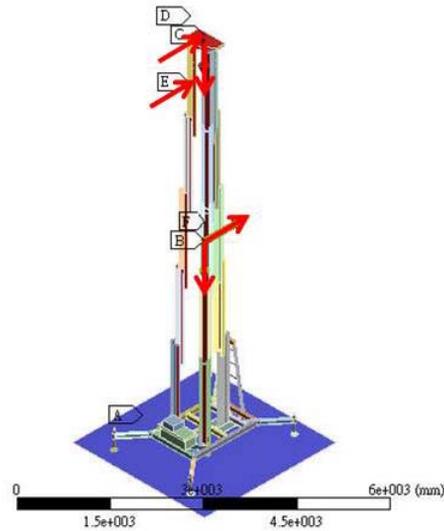


圖 112 設計一 Z 方向 4 級地震負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/4 下午 05:02

ANSYS
v12

189.37 Max
 168.33
 147.29
 126.24
 105.2
 84.163
 63.122
 42.081
 21.041
1.0144e-13 Min

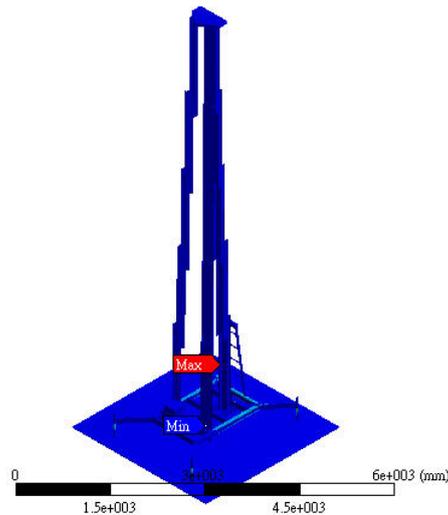


圖 113 設計一 Z 方向 4 級地震應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/1 下午 11:58

- A Fixed Support
- B Force: 2470. N
- C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D Force 2: 283. N
- E Pressure: 7.7e-005 MPa
- F Acceleration: 800. mm/s²

ANSYS
v12.1

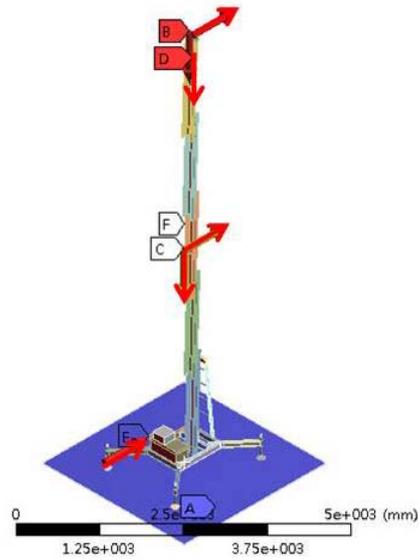


圖 114 設計二 Z 方向 4 級地震負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/1 下午 11:58

ANSYS
v12.1

185.51 Max
 164.9
 144.29
 123.68
 103.06
 82.451
 61.838
 41.225
 20.613
 2.7686e-10 Min

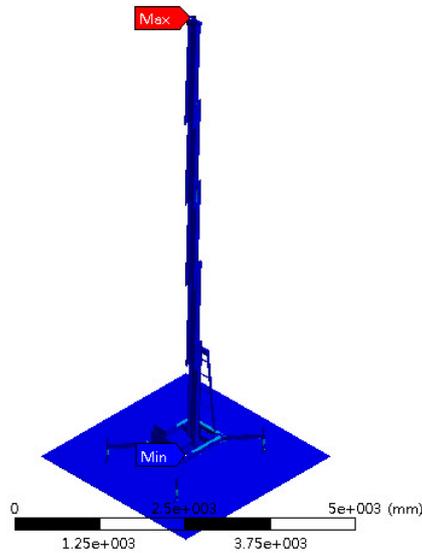


圖 115 設計二 Z 方向 4 級地震應力分佈圖

45° 方向之分析結果：

圖 116、圖 118 為懸空作業輔助平臺設計一、設計二在 45° 方向施加 4 級地震力，結果為設計一最大應力發生在支撐腳上如圖 117 所示，而支撐腳材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 189.37 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.32，而設計二最大應力發生在平臺與第五層支

柱銜接處上如圖 119 所示，而銜接處材質選用 ASTM A36 之結構鋼，其降伏強度約為 250 Mpa，其最大應力為 185.51 Mpa 尚未達到降伏強度，安全因數最小為 1.35。

B: Static Structural (ANSYS)

Static Structural

Time: 1 s

2010/12/4 下午 05:35

- A** Fixed Support
- B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- C** Force: 2700. N
- D** Force 2: 298.4 N
- E** Pressure: 7.6368e-005 MPa
- F** Acceleration: 800.44 mm/s²

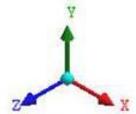
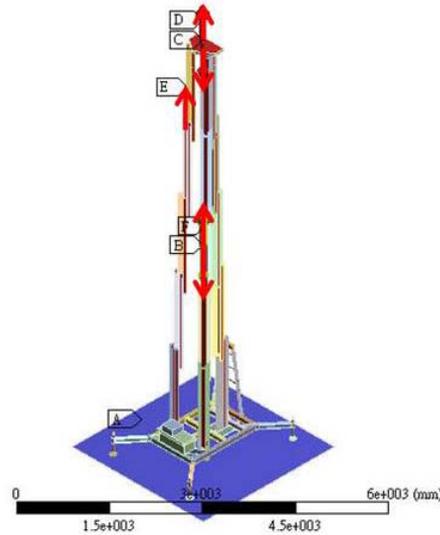


圖 116 設計一 45° 方向 4 級地震負載之設定圖

B: Static Structural (ANSYS)

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

2010/12/4 下午 05:37

- 201.92 Max**
- 179.48
- 157.05
- 134.61
- 112.18
- 89.74
- 67.305
- 44.87
- 22.435
- 1.0144e-13 Min**

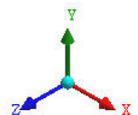
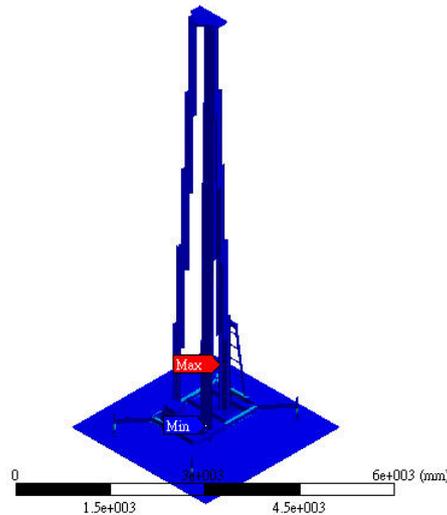


圖 117 設計一 45° 方向 4 級地震應力分佈圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Static Structural
 Time: 1. s
 2010/12/2 上午 12:16

- A Fixed Support
- B Force: 2470. N
- C Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- D Force 2: 268.7 N
- E Pressure: 3.5355e-005 MPa
- F Acceleration: 800.44 mm/s²

ANSYS
v12.1

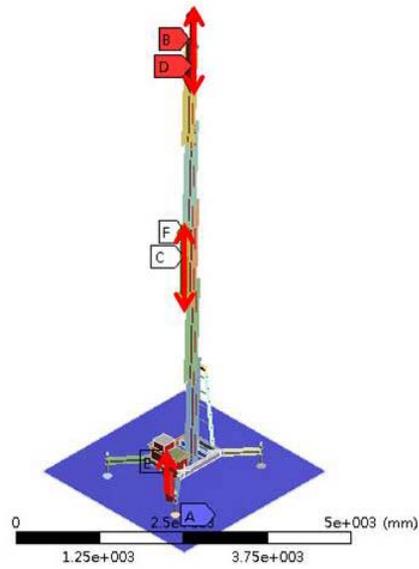


圖 118 設計二 45° 方向 4 級地震負載之設定圖

A: Static Structural (ANSYS)
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 2010/12/2 上午 12:17

ANSYS
v12.1

189.25 Max
 168.22
 147.19
 126.16
 105.14
 84.109
 63.082
 42.055
 21.027
 2.7687e-10 Min

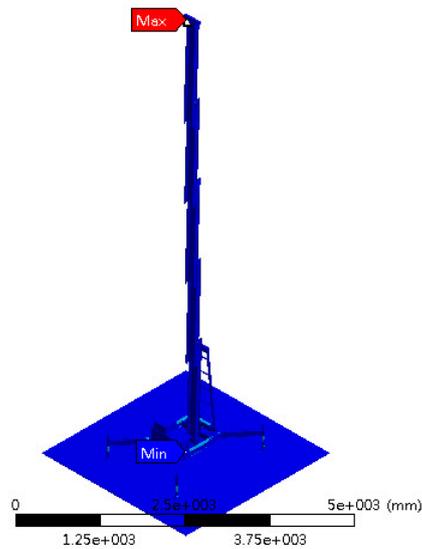


圖 119 設計二 45° 方向 4 級地震應力分佈圖

經由上述 3 個方向的分析本研究可知道設計一、設計二承受 4 級地震時，強度皆在安全範圍內，其在使用上安全無虞。但地震發生時震動方向是無法預測，所以當地震發生時，須將作業平臺下降至低點。

陸、懸空作業輔助平臺雛型製作

本研究欲瞭解懸空作業輔助平臺裝置在實際上的可行性，故本研究進行打樣，經過詳細詢問打樣所需要之價格，三柱式懸空作業輔助平臺打樣費用約為 40 萬新台幣，而單柱式懸空作業輔助平臺打樣費用約為 25 萬新台幣，經過詳細考量本研究計畫所需之目的及費用，三柱式具有較佳的穩定性，但是在整體的重量、體積與成本上都無法跟單柱式相比較，而單柱式雖然在穩定性方面遜於三柱式，但是經過本計畫詳細設計與改良後，可大幅改善單柱式的穩定性，因此，本研究在結案所需要之實體打樣選擇上，採用單柱式懸空作業輔助平臺設計，希望達到以最低成本、最小體積及最輕重量，大幅改善現有單柱式懸空作業輔助平臺之穩定性，讓本研究能夠呈現出一個最完美的結果。

一、懸空作業輔助平臺製作

1.作業台

圖 120 為作業臺本體由方管與板金件焊接而成，平臺上方裝上壓花板，提供防滑效果，作業臺面積長 652 mm 寬 468 mm。

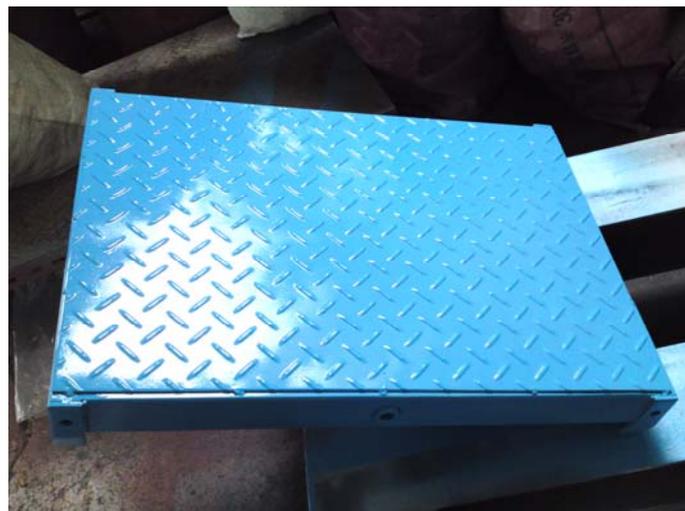


圖 120 作業台

2.旋轉護欄

旋轉護欄主要由方管與板金件所組成如圖 121，完成後將作業平臺與旋轉護欄裝上如圖 122，作業平臺與旋轉護欄中間設有一轉軸，使旋轉護欄可繞作業平臺旋轉



圖 121 旋轉護欄



圖 122 作業平臺與旋轉護欄結合

3.卡固機構

旋轉護欄與作業台卡固主要由自動插銷插入作業台前後兩邊之固定孔內如

圖 123。



圖 123 作業平臺與旋轉護欄之卡固

短邊護欄與長邊護欄卡固主要由一插銷固定於長邊護欄上，當短邊護欄關上時，插銷會同時插入長邊護欄與短邊護欄之孔內如圖 124。



圖 124 圍柵展開之卡固

短邊護欄收至長邊護欄內時，長邊護欄之中欄杆上有 2 個 Ω 型簧片，將短邊護欄夾住，使其定位不晃動如圖 125。



圖 125 短邊護欄收納之卡固

4.懸空作業輔助平臺基座

圖 126 為懸空作業輔助平臺下方之主體，平臺上升下降由第一層與第二層內之壓缸推動上下如圖 127，圖 128 為調整升降速度之閥鈕，圖 129 為當平臺在上方故障，下方人員可將洩壓閥轉開之閥鈕，使平臺緩慢下降，圖 130 為支撐腳架，使機台水準，圖 131 為懸空作業輔助平臺原型機。



圖 126 空作業輔助平臺

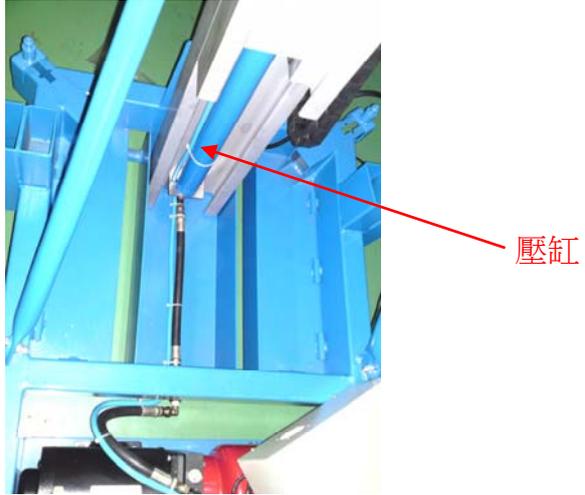


圖 127 壓缸

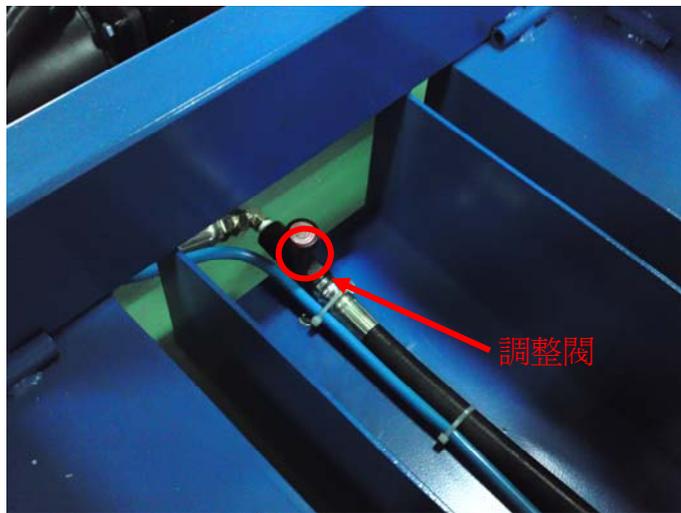


圖 128 升降速度調整鈕

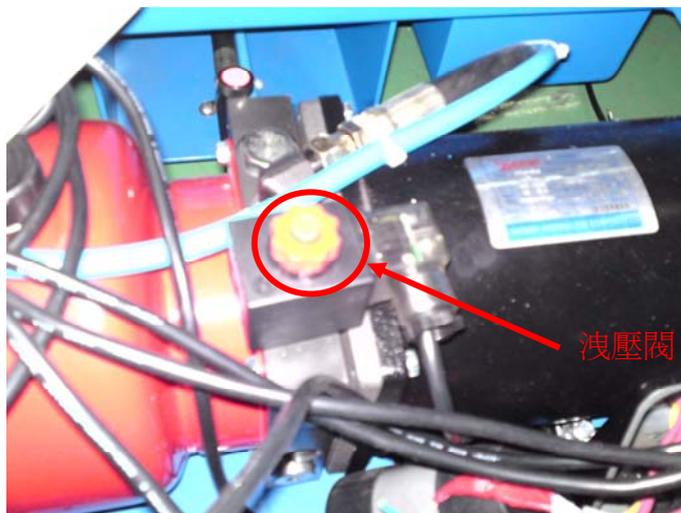


圖 129 洩壓閥



圖 130 支撐腳架



圖 131 懸空作業輔助平臺原型機

二、懸空作業輔助平臺創新設計與現有產品之比較

目前市面上常看到高空作業平臺，大多為剪式及單柱式，剪式整體機台重量較重須搭配動力源移動，不適合在室內使用，而市面上之單柱式移動方便，人工推動即可，但支柱上升至高點後，重心偏向一邊，當水準力或側向風施加於重心偏的那一方時，此時第一層支柱會承受極大之彎矩，本研究單柱式設計將第一層支柱傾斜後，使重心與平臺中心及第一層支柱銜接處中心連成一直線垂直地面，消除灣矩，使新設計支柱內之應力較小，穩定性及安全性較高，可承受較大的外力負荷(如：風力、地震力及高空作業員施力之反作用力)。

因支柱傾斜後，機台整體要能進入電梯，所以在護欄部分設計成可旋轉，降低整體高度，而兩側短邊護欄及腳趾版，則可旋轉收進長邊護欄內固定，不幹擾整體護欄旋轉收摺。懸空作業輔助平臺裝置為 1 人操作的形式，其基本性質如表 20，優缺點比較如表 21，優缺點量化表如表 22。

表 20 懸空作業輔助平臺基本性質

名稱	收納尺寸	工作高度	載重	總重	打樣成本
設計一(三柱)	寬 * 高 * 深 1060 mm * 2039 mm * 1540 mm	8039 mm	140 Kg	750 Kg	40 萬
設計二(單柱)	寬 * 高 * 深 782 mm * 2020 mm * 1208 mm	8012 mm	140 Kg	335 Kg	25 萬

表 21 與現有懸空作業輔助平臺優缺點比較

	優點	缺點
設計一	<ul style="list-style-type: none"> 1.穩定性佳。 2.安全性佳。 3.可人工移動。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.重量重。 2.成本高。
設計二	<ul style="list-style-type: none"> 1.安全性佳。 2.穩定性比現有單柱式佳。 3.重量輕。 4.體積小。 5.成本低。 6.維修容易。 7.人工移動容易。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.作業台空間受限。
固定式	<ul style="list-style-type: none"> 1.安全性好。 2.穩定性好。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.作業高度受限軌道長度。 2.移動困難，低高度通道無法通行。
單柱式	<ul style="list-style-type: none"> 1.重量輕。 2.體積小。 3.成本低。 4.維修容易。 5.人工移動容易。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.重心偏一邊，穩定性與安全性不佳。
雙柱式	<ul style="list-style-type: none"> 1.穩定性比單柱式佳 2.可人工移動。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.改良單柱式左右搖晃，但造成前後搖晃。 2.成本高。
剪式	<ul style="list-style-type: none"> 1.穩定性佳。 2.載重大。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.重量重，須搭配動力源移動。 2.維修困難。 3.成本高。
塔式	<ul style="list-style-type: none"> 1.穩定性佳。 2.安全性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.使用時組裝麻煩。 2.使用高度受限底面積。

表 22 與現有懸空作業輔助平臺優缺點比較數據表

機型	功能											合計
	穩定性	重量	收納程度	成本	安全性	功能性	便利性	使用範圍	靈活性	舒適性	荷重能力	
剪式	5	2	3	1	5	4	4	3	3	5	5	40
柱式	2	5	5	5	2	4	5	5	5	4	2	44
塔式	5	3	3	3	4	4	3	3	4	5	3	40
新式	3	5	5	5	4	5	5	5	5	4	2	48

評分：由最低 1 分至最高 5 分。

穩定性：升高後平臺水準搖晃程度

重量：機台本身的重量

收納程度：機台最小的體積

成本：機台建造及維護費用

安全性：結構強度

功能性：適應不同環境的作業(室內室外、風、雨)

便利性：機台移動容易度(進出大門及升降梯)

使用範圍：作業高度範圍

靈活性：升降操作之反應速度(相同的輸入功率)

舒適性：平臺不會有上下晃動的感覺

荷重能力：平臺可承受的重量

柒、懸空作業輔助平臺安全與警告裝置之功能與限制

懸空作業輔助平臺為在高空作業之設備，所以在機台的架設及作業人員操作上，安全上要特別注意及警告。

一、懸空作業輔助平臺安全與警告之功能

1.支撐腳安全裝置

懸空作業輔助平臺在操作上，需要水準擺放才能操作，因傾斜時機台穩定性不佳，所以在底座裝設四支支撐腳處，安裝感測器，當四支支撐腳安裝後，機台成呈現水準，控制箱上四個燈亮起，控制箱才會啓動電源如圖 132。

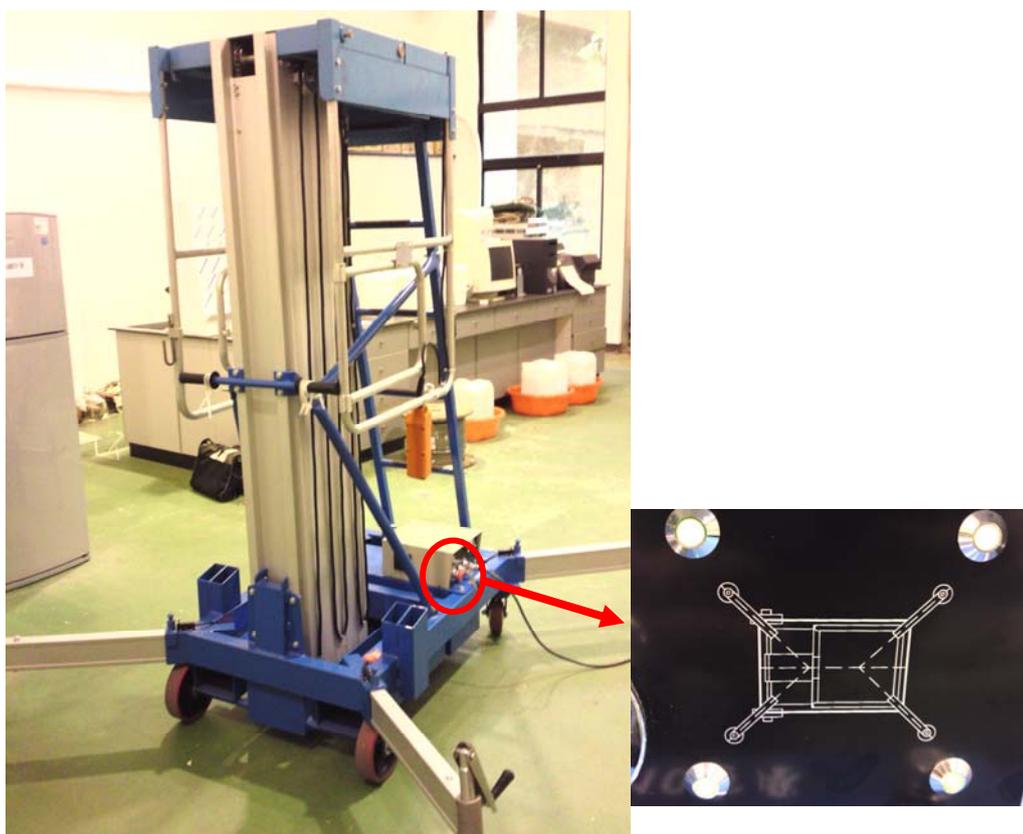


圖 132 懸空作業輔助平臺安全裝置

2.故障保護裝置

此設備為靠電源控制，當作業人員上方作業時，忽然斷電控制器無法操作時，可藉由幫浦前方洩油閥，使平臺緩慢下降，而下降至最低點後須將洩油閥關緊如圖 133，圖 134 為控制壓缸上下之速度，來符合規範之設定，以策安全。

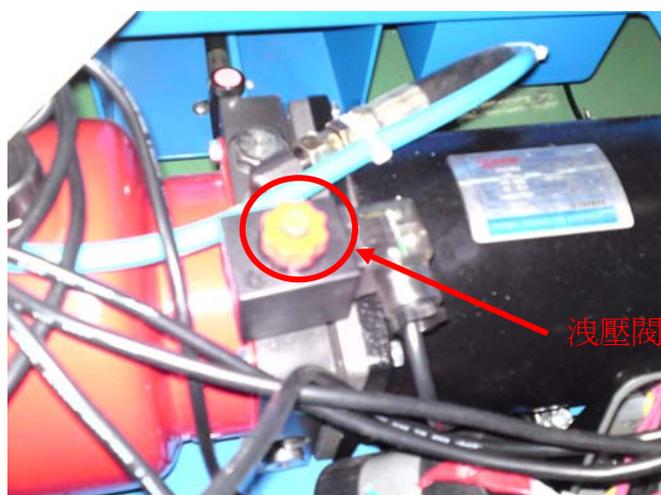


圖 133 懸空作業輔助平臺洩壓閥

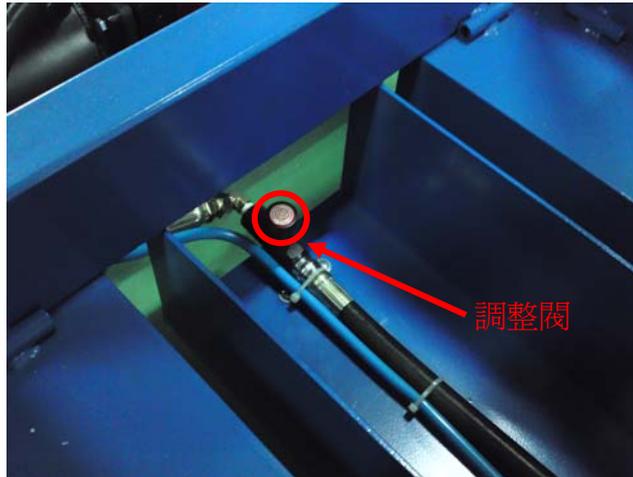


圖 134 升降速度調整鈕

3.緊急暫停裝置

機台在操作時，上升下降鈕故障，導致機台一直上升，須馬上使設備停止，所以在作業台及下方都設有一緊急開關，以保護作業人員。

二、懸空作業輔助平臺安全與警告之限制

懸空作業輔助平臺在機臺上裝有安全裝置，但高空作業發生危險時，大多為人為疏失，所以作業人員要詳記注意事項，其限制規定不可抵觸，以免發生意外，其注意事項如下：

- 1.當作業平臺升起時，請不要站立或允許任何人員站在作業平臺下方
- 2.請勿在作業平臺上或機器的其他部位放置或堆靠梯子。
- 3.當作業平臺升起時，請勿移動機器。
- 4.當作業平臺上升時，注意是否有障礙物或高壓電線
- 5.若四支延伸腳架沒有全部正確安裝、未調整水準之狀態下，請勿升起作業平臺。
- 6.切勿使用任何器具、木塊或墊片調整水準。
- 7.在靠近陡坡或不穩定地面上，請勿操作機器。
- 8.請勿超過限定載重量 140 Kg，最多容納人員乙員。
- 9.請勿在移動中車輛上使用機器。
- 10.請勿在作業平臺的護欄上坐臥、站立或攀緣。
- 11.請勿在強風或陣風中操作機器(設計一超過 4 級風力不可操作，設計二超過 3

級風力不可超過)。

12.若發生 4 級以上地震，機台須先檢查後，方可操作。

捌、結論與建議

一、結論

本研究經過文獻之分類與分析，和聽取廠商之意見，歸納出了懸空作業輔助平臺之設計條件，並完成 3D 草圖之建模，並檢查其干涉，做應力分析瞭解其強度，並經由實體打樣得到新設計之懸空作業輔助平臺。本研究歸納出以下幾點結論：

- (1)經過了文獻與專利的分類與分析，方便往後之設計者可快速的投入新設計之研發。
- (2)本研究藉由 SolidWorks 建構出懸空作業輔助平臺之 3D model，並配合 ANSYS 完成機構之靜態分析，由結果可知符合設計之需求。
- (3)本研究符合中華民國規範之高空工作車應具有適應目的之必要強度，且傾斜至 5°時亦不致翻倒及作業台應裝設圍柵，高度在 90 cm 以上
- (4)本研究符合美國規範穩定性測試之垂直荷載試驗及水準荷載試驗。
- (5)本設計符合 ISO 12100-2 之相關章節[42]，4.2、4.3、4.6 ~ 4.11、4.13、5.2、5.3、5.5、6.4。
- (6)懸空作業輔助平臺使用範圍，設計一與設計二能在傾斜 6°的坡面上使用，設計一能在 4 級風力以下作業，而設計二能在 3 級風力以下作業。
- (7)參考美國規範 ANSI 92.3，將水準力與側向風壓放入分析中，都符合規範，底面積與高度關係受限於傾斜時與受風時的影響。
- (8)油壓缸維修只需將作業平臺移開，將第一層支柱分離就可維修更換，所以整體維修容易。鋼索只用來限制最後一層支柱，防止煞車衝出。設計一、二因幫浦與控制箱大小擺放位置有限，所以無法進入八人座電梯。

- (9)輔助固定設計，因懸空作業輔助平臺使用時，須有一定之底面積使懸空作業輔助平臺擺放，而大多用於修繕建築物上方，無法輔助懸空作業輔助平臺固定，且一般牆面無設計固定裝置，所以在使用懸空作業輔助平臺時，不宜破壞牆面另外裝設固定裝置。
- (10)三柱式設計為避免底下支柱產生挫曲，所以在第一層至第三層加裝衍架，增加安全性。
- (11)地震力分析在只探討加速度下，其機構整體應力是在安全範圍內，但地震發生時震動方向是無法預測，所以當地震發生時，須將作業平臺下降至低點。

二、建議

本研究經過了長時間懸空作業輔助平臺設計的研究，對懸空作業輔助平臺之後續發展提出一點建議，因機台本身要水準後方可操作，所以在後續改良上，可以再機台裝設 4 支支撐腳處裝設水銀開關，使機台水準後方可操作，及裝設感壓器，當機台作業時受風或外力導致機台傾斜 5° 時，感壓器能發出警告聲響，警告作業人員。使懸空作業輔助平臺更為安全。

附錄二 懸空作業輔助平台產品成本分析

1.懸空作業輔助平台打樣成本分析表

品名	數量	打樣價格		
		材料	加工	管銷
設計二(單柱式懸空作業輔助平台)	1	95,000	53,000	102,000
合計		250,000		

2.懸空作業輔助平台材料成本分析表

品名	數量	價格
護欄	1	4,650
作業台	1	2,730
支柱	5	45,000
底座	1	7,620
油壓幫浦及控制箱	1	25,000
油壓缸	1	10,000
合計		95,000

3.現有高空作業平台租借費用表

機型	數量	總費用	
		日租金	運費
單柱式	1	1,500	另議
剪式	1	1,200	另議

附錄三 懸空作業輔助平台操作手冊

(一)使用規範

參照操作事項操作，才能在正確及安全的況狀下操作及維護機器。

- 1.請勿超過限定載重量 140 Kg，最多容納人員乙員。
- 2.請勿在強風或陣風中操作機器(設計一超過 4 級風力不可操作，設計二超過 3 級風力不可超過)。
- 3.若發生 4 級以上地震，機台須先檢查後，方可操作。
- 4.在靠近陡坡或不穩定地面上，請勿操作機器。

(二)操作事項：

- 1.檢查機器是否有零件遺失、螺絲鬆脫、鏈條產生裂縫及焊接處裂痕等，無上述情形，安全無慮方可往下操作。
- 2.確認本機器之使用電源，插電後，將控制箱上之開關，以本機所附之鑰匙轉到 ON 的位置，此時電源燈會亮起。
- 3.確認平台下方之洩壓閥是否順時鐘方向旋緊。
注意：若是洩壓閥未旋緊，則機器有可能無法正常升降，或是升降速度會很緩慢。
- 4.確認機器之水平指示燈在水平狀態下，才可作動。
- 5.操作步驟

(1)將四肢伸縮架安裝好後，控制箱上之四個 LED 腳架指示燈會完全亮起，機器才可使用。

注意：務必先確認控制箱上之四個 LED 指示燈完全亮起，機器才可以使用。

(2)將旋轉護欄，兩端之自動插銷拔起，旋轉護欄轉至上方後自動卡固。

(3)作業人員爬至樓梯上時，先將腳趾板闔上，在上至作業平台。

(4)作業人員上至作業平台後，將前方短邊護欄順時針旋轉 90°關上後，插上

插銷，再將樓梯邊之短邊護欄旋上，插上插銷，方可操作。

(5)檢查工作台上及控制箱上之緊急停止開關，是否可以動作。若緊急停止開關是在按下之情況下，則以順時鐘方向旋轉緊急停止開關 45 度，將緊急停止開關復歸。

6.操作上升、下降、緊急停止

(1)平台上方有三個按鈕，上升、下降、緊急停止。欲操作機器上升時，按下“上升按鈕”，欲操作機器下降時，按下“下降按鈕”，遇有緊急狀況欲停止上升或下降時，按下“緊急停止按鈕”，機器即會立即停止上升或下降。

7.若是機器在上升中，電源突然停止，只要將平台下方之洩壓閥以逆時鐘方向打開，即可順利將機器緩慢降下。

(三)嚴禁事項：

- 1.請勿碰觸油壓下降緩衝缸調節閥。
- 2.請勿碰觸維修孔。
- 3.請勿碰觸油壓調節閥。
- 4.請勿擅自更換零件。

(四)使用範圍：

建築物內及周邊，若車載式則須加裝電源或發電機。

(五)適用場所：

工廠、校園、機場、倉儲、大樓等，凡高空作業之場所。

(六)作業內容：

物品之保養、更換、整理等(如屋頂電燈修繕等)。

附錄四 懸空作業輔助平台注意事項

- 1.當作業平台升起時，請不要站立或允許任何人員站在作業平台下方
- 2.請勿在作業平台上或機器的其他部位放置或堆靠梯子。
- 3.當作業平台升起時，請勿移動機器。
- 4.當作業平台上升時，注意是否有障礙物或高壓電線
- 5.若四支延伸腳架沒有全部正確安裝、未調整水平之狀態下，請勿升起作業平台。
- 6.切勿使用任何器具、木塊或墊片調整水平。
- 7.在靠近陡坡或不穩定地面上，請勿操作機器。
- 8.請勿超過限定載重量 140 Kg，最多容納人員乙員。
- 9.請勿在移動中車輛上使用機器。
- 10.請勿在作業平台的護欄上坐臥、站立或攀緣。
- 11.請勿在強風或陣風中操作機器(設計一超過 4 級風力不可操作，設計二超過 3 級風力不可超過)。
- 12.若發生 4 級以上地震，機台須先檢查後，方可操作。

附錄五 懸空作業輔助平台自主檢查表

區分	檢查分類	項目
鏈條	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	1.是否斷裂、磨損、扭結、變形等
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	2.有無脫離導滑輪
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	3.有無接觸機體、構造物、在捲上、捲下途中剛所有沒有相互摩擦
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	4.有無缺油
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	5.端末固定有無異常
金屬連結	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	1.夾鉗、銷、螺絲、螺帽、鉤環等金屬件是否鬆脫
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	2.上述之金屬件有無顯著損傷及腐蝕
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	3.升降裝置與鏈條之安裝是否確實
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	4.滑輪有無異聲
作業台	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	1.床材是否腐蝕、損傷、裂開、有沒有跌倒或滑倒等危險
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	2.是否確實固定
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	3.螺絲、螺帽、小螺絲等是否脫落或鬆弛
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	4.扶手是否取下、及是否有脫落之虞
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	5.對講機、信號裝置是否正常動作
煞車裝置	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	1.各煞車之機能是否確實
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	2.有無異常聲音
控制裝置	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	1.漏電開關是否正確動作
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	2.各操作開關是否會照標示正確動作
	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	3.供電、操作用之電線是否確實固定，有無損傷或腐蝕，長度是否適當

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

懸空作業職災情境分析及作業輔助平臺之研發 / 曹常成, 徐正會研究主持. -- 1版. -- 新北市 : 勞委會勞安所, 民100.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-02-7417-2(平裝)

1. 職業災害 2. 勞工安全

555.56

100004970

懸空作業職災情境分析及作業輔助平臺之研發

著(編、譯)者：曹常成、徐正會

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 100 年 3 月

版(刷)次：1 版 1 刷

定價：250 元

展售處：

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話：02-25180207

本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為

http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx

- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

ISBN: 9789860274172

GPN: 1010000621