

防墜落器及安全帶安全性能測試研究

Study on the Performance Testing of Full Body Harness and Wire Rope Self-retracting Lifelines

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

防墜落器及安全帶安全性能測試研究

Study on the Performance Testing of Full Body Harness and Wire Rope Self-retracting Lifelines

研究主持人：沈育霖、林義量

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 97 年 5 月至 97 年 12 月

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 98 年 3 月

摘要

依據勞委會勞動檢查年報資料顯示，近年來墜落及滾落所造成的職業災害比例居高不下，有鑑於此，勞委會於96年2月14日修訂「勞工安全衛生設施規則」第281條，規定8種作業場所應採用捲揚式防墜器及背負式安全帶來改善墜落事故，但目前捲揚式防墜器皆從國外進口售價太高，且國內尚未訂定捲揚式防墜器標準，更無測試捲揚式防墜器性能之相關設備。

為配合本會政策方向，瞭解國內使用防墜器之安全性，並建立捲揚式防墜器相關國家標準，本研究依據ISO 10333規範，建置捲揚式防墜器性能分析平台，選購市售16組捲揚式防墜器執行動態測試、靜態測試及搭配背負式安全帶執行性能測試分析，並依據實驗測試結果完成國內捲揚式防墜器標準草案。另為降低防墜器使用成本，提高事業單位使用意願，本研究也完成捲揚式防墜器雛型製作。

研究結果顯示，實驗中選購之市售捲揚式防墜器皆符合 ISO 國際標準。另日本勞動安全衛生法以 85kg 為墜落測試質量，且其測試方法大致也與 ISO 10333 規範相同，因我國與日本身材相仿，建議未來國內標準訂定墜落測試質量時，以 85kg 為測試質量，此外，本研究開發之捲揚式防墜器雛型，初步測試也符合 ISO 規範要求，相關研究成果也可供主管機關，進行法規修正及規範制定。

關鍵詞：防墜裝置、捲揚式防墜器、背負式安全帶

Abstract

According to the Yearbook of Labor Statistics edited by the Council of Labor Affairs, the amount of occupational injuries due to falling and rolling haven't been effectively reduced for a long time. Therefore, the Council of Labor Affairs has modified article 281 of the Regulations for labor safety and health installations on February 14, 2007, which states that eight kinds of operation area must use self-retracting lifelines and full body harness to improve the falling accidents happening. But the self-retracting lifelines currently are all imported from other countries. Also there is no standard and performance testing equipment for self-retracting lifeline in our country.

In order to meet policy of the Council of Labor Affairs, understand the safety function of self-retracting lifeline and establish standards for self-retracting lifeline, this research based on the ISO 10333 standard to construct a testing platform to analyze the performance of self-retracting lifeline. 16 self-retracting lifelines were bought from market to execute the dynamic testing, static testing and operating with full body harness testing. These test results were used to establish the draft of the standard of self-retracting lifeline. In order to reduce the cost and increase the desire of usage, this research also completed the prototype design.

The research results show that the self-retracting lifelines bought are all conformed to the ISO standard. According to the Labor Safety and Health Law of Japan, an 85 kilograms as the testing mass is used in the falling testing. All other requirements are similar to the ISO 10333 standard. Because we have similar body figure with Japanese, therefore we suggest that an 85 kilograms testing mass used as falling testing mass in our own standard. Also the prototype developed in this research is conformed to the ISO standard based on a preliminary test. All results from this research can be used as reference to establish and modify our own regulation and standard.

Key words : Fall Arrest Device, Self-retracting Lifeline, Full Body Harness

目錄

摘要.....	i
Abstract	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究動機與目的.....	2
第三節 研究方法與步驟.....	4
第二章 文獻回顧.....	6
第一節 捲揚式防墜器及安全帶介紹.....	6
第二節 捲揚式防墜器及安全帶使用現況.....	10
第三節 墜落、滾落職業災害分析探討.....	13
第四節 國內外防墜落裝置標準.....	18
第五節 國內外捲揚式防墜器專利之探討.....	28
第三章 測試平台與實驗設計.....	37
第一節 測試平台設計及強度模擬分析.....	37
第二節 訊號擷取系統.....	40
第三節 實驗設計.....	42
第四節 墜落測試質量.....	44
第四章 捲揚式防墜器性能測試分析.....	47
第一節 動態試驗與設備.....	47
第二節 動態試驗結果.....	50
第三節 系統測試與設備.....	55
第四節 系統測試結果.....	60
第五節 靜態試驗與設備.....	62

第六節 靜態試驗結果	65
第七節 其他	70
第五章 捲揚式防墜器雛型製作	76
第一節 捲揚式防墜器雛型設計與製造	76
第二節 防墜器雛型動態測試	85
第六章 結論與建議	88
第一節 結論	88
第二節 建議	89
誌謝	90
參考文獻	91
附錄 A 捲揚式防墜器 編織帶式及尼龍繩式性能測試	92
附錄 B 捲揚式防墜器 檢查技術資料	93
附錄 C 捲揚式防墜器 標準草案	101
附錄 D 捲揚式防墜器雛型 繪製零件	125

圖目錄

圖 1	常見鋼索捲揚式防墜器	3
圖 2	研究流程圖	5
圖 3	捲揚式防墜器分類圖	9
圖 4	淨空高度	9
圖 5	鐘擺效應	10
圖 6	屋頂踏穿墜落職災	15
圖 7	屋頂職災預防	15
圖 8	施工架墜落職災	17
圖 9	施工架墜落職災預防	17
圖 10	日本捲揚式防墜器測試方法	28
圖 11	組合剖視圖	29
圖 12	組合剖視圖	29
圖 13	專利號 US005165 爆炸圖	30
圖 14	專利號 US005165 棘輪機構組合圖	30
圖 15	專利號 US0215410 立體圖	31
圖 16	專利號 US0215410 剖視圖	32
圖 17	專利號 US0215410 棘輪機構	32
圖 18	專利號 US0215410 棘輪機構作動分解	33
圖 19	專利號 WO007119A1 棘爪作動圖	34
圖 20	專利號 WO007119A1 棘爪作動圖	35
圖 21	專利號 WO007119A1 棘爪作動圖	35
圖 22	專利號 WO007119A1 組合圖	36
圖 23	測試平台模型	37
圖 24	測試平台 Y 軸向之共振頻率	38
圖 25	測試平台 Y 軸施予 20 KN 位置圖	38
圖 26	測試平台 Y 軸向之變形量	39
圖 27	測試平台實體	39
圖 28	荷重感測元件	40
圖 29	訊號擷取系統	40

圖 30 NI CDAQ-9172 與 NI 9237 實體.....	41
圖 31 力量量測擷取圖.....	41
圖 32 實驗架設.....	42
圖 33 ISO 仿製人體三視圖.....	44
圖 34 仿製人體前視圖.....	45
圖 35 仿製人體側視圖.....	45
圖 36 仿製人體實體圖.....	46
圖 37 動態測試圖.....	48
圖 38 100KG 力量距離比較圖.....	51
圖 39 A 廠牌鋼索變形.....	54
圖 40 I 廠牌鋼索脫離外殼.....	54
圖 41 系統測試架設圖.....	57
圖 42 85KG 力量距離比較圖.....	61
圖 43 拉伸試驗圖.....	63
圖 44 B 廠牌吊柄處斷裂.....	66
圖 45 B 廠牌吊柄處斷裂.....	66
圖 46 E 廠牌出口端損壞.....	66
圖 47 E 廠牌鋼索聯結處脫落.....	67
圖 48 L 廠牌吊柄處斷裂.....	67
圖 49 H 廠牌鋼索斷裂.....	68
圖 50 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質破斷力比較圖.....	69
圖 51 鍍鋅鋼與不鏽鋼拉伸試驗.....	69
圖 52 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質拉伸試驗結果.....	70
圖 53 制動塊斷裂.....	71
圖 54 鋼索絞死.....	72
圖 55 10~60KG 墜落制止力量比較圖.....	73
圖 56 背負式安全帶穿著不確實狀態圖.....	74
圖 57 仿製人體落下狀態圖.....	74
圖 58 雛型製作流程圖.....	77
圖 59 防墜器分解圖.....	77
圖 60 煞車機構.....	78

圖 61 捲線機構.....	78
圖 62 雛型組立剖視圖.....	79
圖 63 雛型組立圖.....	80
圖 64 制動塊及彈簧.....	81
圖 65 渦捲彈簧.....	82
圖 66 渦捲彈簧組裝完成圖.....	83
圖 67 防墜器心軸.....	84
圖 68 捲揚式防墜器雛型分解圖.....	84
圖 69 捲揚式防墜器雛型.....	85

表目錄

表 1 92-96 年墜落、滾落職災統計.....	2
表 2 捲揚式防墜器比較.....	8
表 3 捲揚式防墜器使用現況.....	11
表 4 墜落防護標準.....	19
表 5 各國測試標準比較.....	27
表 6 實驗設備.....	43
表 7 動態試驗清單.....	47
表 8 動態試驗.....	49
表 9 100KG 沙包動態試驗數據.....	51
表 10 受力前後比較.....	52
表 11 75KG 沙包動態試驗數據.....	53
表 12 100KG 與 75KG 沙包動態試驗數據比較.....	55
表 13 背負式安全帶清單.....	56
表 14 系統試驗.....	58
表 15 85KG 仿製人體系統試驗數據.....	61
表 16 靜力試驗拉力表.....	62
表 17 靜態試驗.....	64
表 18 靜態試驗數據.....	65
表 19 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質拉力數據.....	68
表 20 連續 3 次動態試驗數據.....	71
表 21 各砝碼動態試驗數據.....	72
表 22 背負式安全帶穿法不同試驗數據比較.....	74
表 23 上鎖測試.....	75
表 24 防墜器內部零組件.....	79
表 25 雛型動態試驗.....	86
表 26 75KG 雛型動態試驗數據比較.....	87

第一章 緒論

第一節 前言

高處作業場所中，作業者常處於危險性作業環境，各種不易讓人注意的危險，將造成墜落或滾落等災害問題發生，近年來政府雖推動降災中程計畫及全國職場 233 減災方案等減災策略，但人員仰賴經驗貪圖方便的不安全的作業行為，常讓高處作業中墜落及滾落的職災比例居高不下，倘若能降低墜落及滾落造成的職災比例，對減少職災有很大幫助，防墜裝置將是改善墜落及滾落職災不可缺少的設置，防墜裝置在設計上，因各種不同工作場所或依其保護方式而有所差異，但皆以保護人員安全，避免墜落事故為主要目的。依勞委會 96 年 2 月 14 日新修訂之「勞工安全衛生設施規則」第 281 條規定，「雇主對於在高度 2 公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。但經雇主採安全網等措施者，不在此限。前項安全帶之使用，應視作業特性，依國家標準規定選用適當型式，對於鋼構懸臂突出物、斜籬、2 公尺以上未設護籠等保護裝置之垂直固定梯、局限空間、屋頂或施工架組拆、工作台組拆、管線維修作業等高處或傾斜面移動，應採用符合國家標準 14253 規定之背負式安全帶及捲揚式防墜器」[1]，在本條文中明確要求背負式安全帶及捲揚式防墜器在搭配使用上的必要性。

背負式安全帶目前已有國家標準規定，但對於捲揚式防墜器標準，目前國內並無任何有關捲揚式防墜器標準，相關之安全性能測試技術資料也尚未建立。為配合上述法規的訂立，確保國內捲揚式防墜器使用上之安全性，本研究將參考國際標準 ISO 10333 個人防墜系統之相關標準，建構捲揚式防墜器分析平台，選購目前市場既有捲揚式防墜器做性能測試分析，瞭解其使用上的安全性，並自行開發捲揚式防墜器雛型進行性能測試及分析。

第二節 研究動機與目的

依據勞委會勞動檢查年報資料顯示[2]，92 年至 96 年墜落、滾落所造成之職業災害比例，因人員的不安全行爲與不安全狀況，長久以來災害比例降低成效有限，平均佔年度職業災害類型比例達 4.4%左右，表 1 爲根據 92 年至 96 年勞工職業災害傷病、殘廢、死亡之類型統計表整理得來，若只針對死亡災害單項而言，墜落、滾落所造成之死亡災害佔總職災死亡比例由 92 年的 13% 上升至 96 年的 15% 逐年升高。相對的，於高空作業場所，若人員還是仰賴經驗貪圖方便的作業方式，而忽略了必要性的安全防護措施，一但出現問題造成死亡的機率還會增高，故適當使用防止墜落、滾落之安全防護裝置是必須的。

表 1 92-96 年墜落、滾落職災統計

年 度	年 度 總 計			墜 落、滾 落		
	傷 病	殘 廢	死 亡	傷 病	殘 廢	死 亡
92	43378	4745	756	4330	234	101
93	47367	4562	780	4613	247	103
94	47005	4346	837	4717	270	127
95	50983	4342	741	4886	273	114
96	51167	4112	679	4757	295	100

國內目前針對墜落、滾落之災害預防已有訂定相關法規來保障勞工作業安全，如營造安全衛生設施標準、勞工安全衛生設施規則、勞工安全衛生法及高架作業勞工保護措施標準等法規中均有要求，多以須採取適當安全防護裝置來防止墜落災害，如使用護欄、護蓋、安全網、安全帶及安全母索等，有關這些安全裝置的國家標準有CNS 14252 Z2115 安全網、CNS 7534 Z2037 高處作業用安全帶、CNS 6701 M2077 安全帶(繫身型)、CNS 14253 Z2116 背負式安全帶及CNS 7535 Z3020 高處作業用安全帶檢驗法等規定。

歐美等國家對於墜落相關之法規及標準則定義相當明確，如美國對於墜落防護法規於OSHA1926.104、1926.501、1926.502、1926.503、1910.66 App C等文中對墜落危險場所、周遭安全設施及個人防護具等，皆有詳盡之解說，對於防墜裝置之標準也有相當明確之定義及要求。

本研究將以國外使用相當廣泛且有效之防墜裝置：鋼索捲揚式防墜器（如圖 1）搭配背負式安全帶，做為測試對象，捲揚式防墜器在國外有明確之標準要求，廣泛地被使用，其能減少墜落時所產生的衝擊力量及增加作業活動空間，但此類產品國內並無製造，使用者需從國外進口，零售價格由美金 100 多元至 3000 多元均有，僅限單人使用，於有大量人力工作之高空作業場所如營造業，業主成本負擔相當可觀，且目前國內並無任何有關捲揚式防墜器標準，更無測試捲揚式防墜器性能之相關設備，故捲揚式防墜器相關標準應儘速訂立，同時也須發展捲揚式防墜器國內自製能力及捲揚式防墜器性能測試設備，減少須仰賴從國外進口防墜器使用，一但國內開發捲揚式防墜器，大量生產即可降低進口成本，如此可提高國內事業單位使用意願，應可有效改善國內墜落職災比例。



圖 1 常見鋼索捲揚式防墜器

第三節 研究方法與步驟

本研究欲達成之目標為設計並製作捲揚式防墜器測試分析平台建構並開發鋼索捲揚式防墜器雛型，另研擬捲揚式防墜器標準供相關單位作為參考依據，同時配合測試平台之建構，選購市售捲揚式防墜器與自行開發之雛型進行性能測試分析，圖 2 為研究步驟流程圖，研究步驟簡述如下：

一、蒐集並分析國內外法規、標準、專利及文獻

國外針對捲揚式防墜器之標準，如ANSI、ISO、EN等，對各零組件功能及要求均有明確定義，同時也詳載測試方法，此資訊的蒐集分析將有助捲揚式防墜器實驗架設及測試平台建構參考，也可供國內相關單位訂立標準及法規之參考依據。

二、蒐集並分析國外捲揚式防墜器產品

目前市售捲揚式防墜器皆為國外進口，國外常見廠牌有 MILLER、TRACTEL、PROTECTA、MSA 等，各產品之性能及強度皆不相同，各有其優缺點，如本體外殼依照材料性質有不同選擇性；救生索（lifeline）材質有鋼索式（Wire rope）、編織帶式（Webbing）及尼龍繩式（Synthetic rope）；出口端分為側拉及中拉兩種型式；鋼索式材質有鍍鋅鋼與不銹鋼兩種材質等。有鑑於此，本研究將選購市售常見捲揚式防墜器進行性能測試分析。

三、規劃設計捲揚式防墜器測試平台

為測試捲揚式防墜器及安全帶性能測試分析，本研究將參考國外標準訂定之測試方法及強度要求，建構捲揚式防墜器測試平台，並利用有限元素法進行平台力學分析。

四、製作及測試捲揚式防墜器雛型

蒐集國內、外相關資訊測試分析之結果，開發鋼索捲揚式防墜器雛型，並配合測試平台建構，進行雛型性能測試及分析。

五、製作墜落測試質量

為進行捲揚式防墜器性能測試，瞭解當作業人員於墜落時，捲揚式防墜器之安全性能是否符合國際規範之要求，並藉由測試結果觀察負載過程中捲揚式防墜器及背負式安全帶是否有任何零組件破損或斷裂，故須針對墜落測試質量進行製作，替代墜落人員以利實驗進行，本研究將製作 75kg 沙包及 100kg 沙包，並依照 ISO 10333 規範訂立之仿製人體尺寸，製作 85kg 仿製人體。

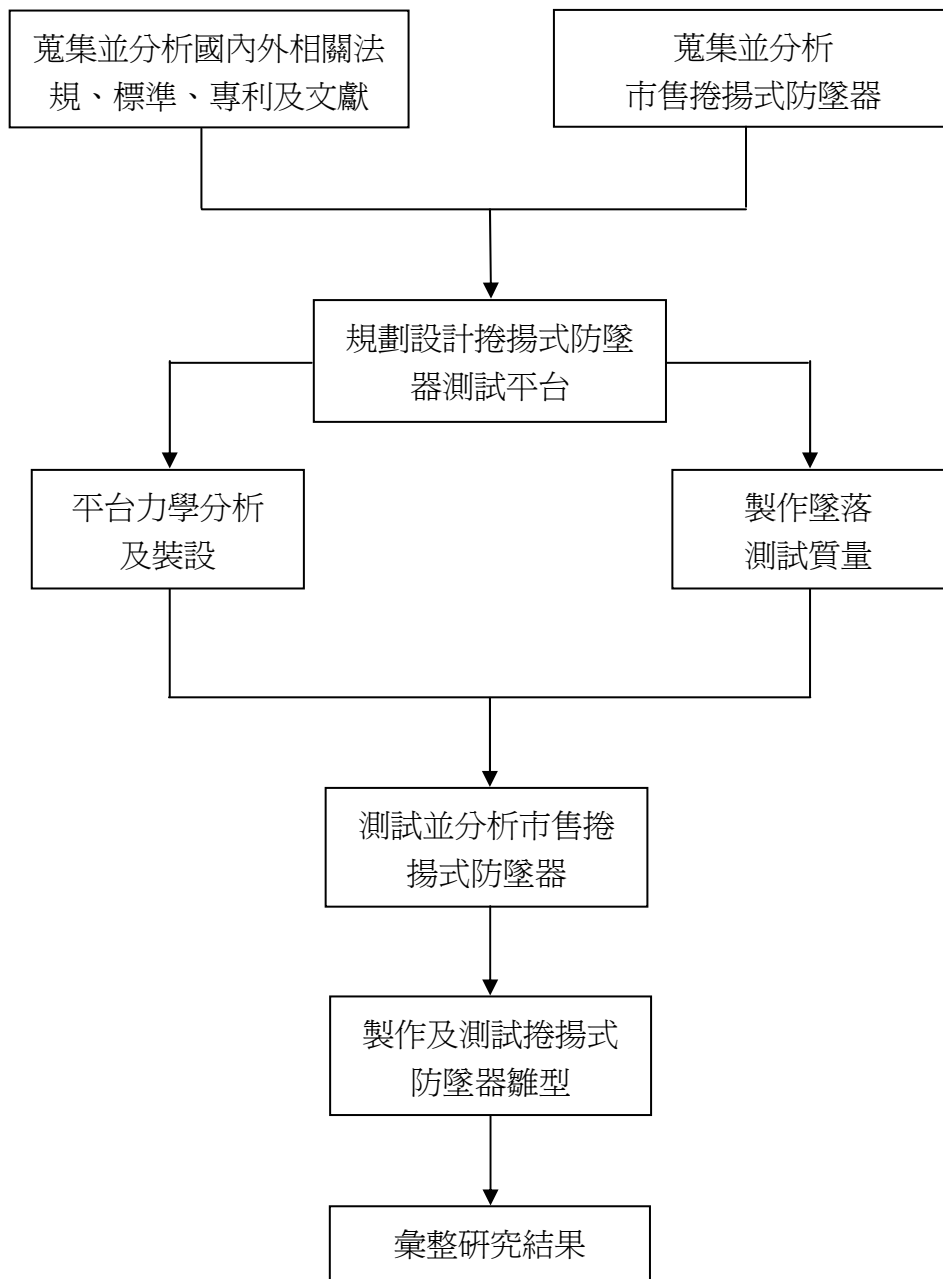


圖 2 研究流程圖

第二章 文獻回顧

第一節 捲揚式防墜器及安全帶介紹

一、高處作業用安全帶

高處作業用安全帶及捲揚式防墜器皆是防止作業人員從高處墜落的個人防護設備（Personal Protective Equipment, PPE），高處作業用安全帶大致分為繫身型安全帶（Body belts）及背負式安全帶（Full Body Harness）兩種。

繫身型安全帶常與掛繩搭配使用，防止墜落災害發生，但美國 OSHA 法規從 1998 年起已禁止繫身型安全帶使用於防墜裝置中，僅限於定位作業使用，因其對人體產生的衝擊力量較大，承受力量集中於腰部，容易使內臟及脊椎受應力集中造成二度傷害，且墜落人員可能會自安全帶中脫離。目前法令雖尚未規定不准使用繫身型安全帶作為防墜裝置，但雇主仍應考量作業之危險性，改用背負式安全帶以確保人員作業之安全。

背負式安全帶常與捲揚式防墜器一起搭配使用，使用於高空作業且具有墜落之虞的作業場合，當作業人員從高處墜落時，能有效分散墜落衝擊力量，減少內臟傷害且能使救援容易，背負式安全帶依工作場所使用的空間不同分為防墜用背負式安全帶、垂降用背負式安全帶、侷限空間進出用背負式安全帶、爬梯攀服用背負式安全帶及定位作業用背負式安全帶。研究中選用的背負式安全帶類型為防墜用背負式安全帶。

二、捲揚式防墜器

捲揚式防墜器常與背負式安全帶一起搭配使用，使用於高空作業且具有墜落之虞的作業場所，當作業人員從高處墜落時，捲揚式防墜器內部的制動器將卡住棘輪裝置，阻止救生索進一步伸出，使作業人員瞬間停住於半空中，等待救援。

圖 3 為依據目前市售捲揚式防墜器調查結果分類，救生索依材質可分為鋼

索式、編織帶式及尼龍繩式等三大類型，長度從 5 公尺到 50 公尺皆有，且依出口端不同分為側拉及中拉兩種型式，如表 2 所示。編織帶式與尼龍繩式，其重量輕為最大優勢；鋼索式依材質不同又可分為鍍鋅鋼與不銹鋼兩種，不銹鋼鋼索主要用在化學工廠、海邊等具腐蝕性場所。

捲揚式防墜器單體重量約 5 到 25 公斤重，本體外殼材質更是多變，從金屬材料到非金屬材料，甚至到複合材料皆有，分為塑膠外殼、電鍍鑄鋁外殼、尼龍外殼及聚丙烯外殼等不同材質外殼。

捲揚式防墜器使用時須特別注意下列事項：

- (一) 懸掛捲揚式防墜器的錨錠點強度須大於 10kN 以上，且須設置於作業人員上方。
- (二) 圖 4 表示當捲揚式防墜器使用中，須特別注意淨空高度是否足夠，以便墜落情況發生時，捲揚式防墜器各項性能皆能正常發生作用，救生索能有足夠伸出距離，制止墜落人員停留在半空中等待救援，不至於造成墜落人員撞擊地面造成二度傷害，一般淨空高度約 3 公尺以上；
- (三) 捲揚式防墜器須盡量置於作業人員上方，作業人員行走範圍與捲揚式防墜器角度不可超過 30 度，因墜落時，墜落者若擺盪幅度過大會產生鐘擺效應使作業人員撞擊結構物，如圖 5 所示，在國外捲揚式防墜器會與水平母索搭配使用，增加人員移動範圍。
- (四) 一旦捲揚式防墜器實際在墜落事故中使用過，基於安全方面考量，須送回購買廠商維修檢測或直接丟棄，重複使用無法保證其安全性。
- (五) 作業人員於每次使用防墜器前，必須拉出鋼索並瞬間用力拉扯，測試捲揚式防墜器上鎖功能，檢查捲揚式防墜器的制動器及棘輪是處於正常的安全狀態。

表 2 捲揚式防墜器比較

鋼索式（側拉）	鋼索式（中拉）
 <p>A red, teardrop-shaped fall arrester with a side-pull mechanism. It features a silver metal hook at the top and a silver metal carabiner at the bottom. The front panel has a label with the brand name 'FALCON' and various safety instructions.</p>	 <p>A blue, oval-shaped fall arrester with a center-pull mechanism. It has a silver metal hook at the top and a silver metal carabiner at the bottom. A blue sleeve and a spring are visible in the middle. A label with safety instructions is on the front. A line points from the text '救生索' to the spring mechanism.</p> <p>救生索</p>
編織帶式（扁平型）	尼龍繩式（圓型）
 <p>A red, circular fall arrester with a flat webbing strap. It has a silver metal hook at the top and a silver metal carabiner at the bottom. The front panel has a label with safety instructions.</p>	 <p>A blue, oval-shaped fall arrester with a round nylon rope. It has a silver metal hook at the top and a silver metal carabiner at the bottom. The front panel has a label with safety instructions.</p>

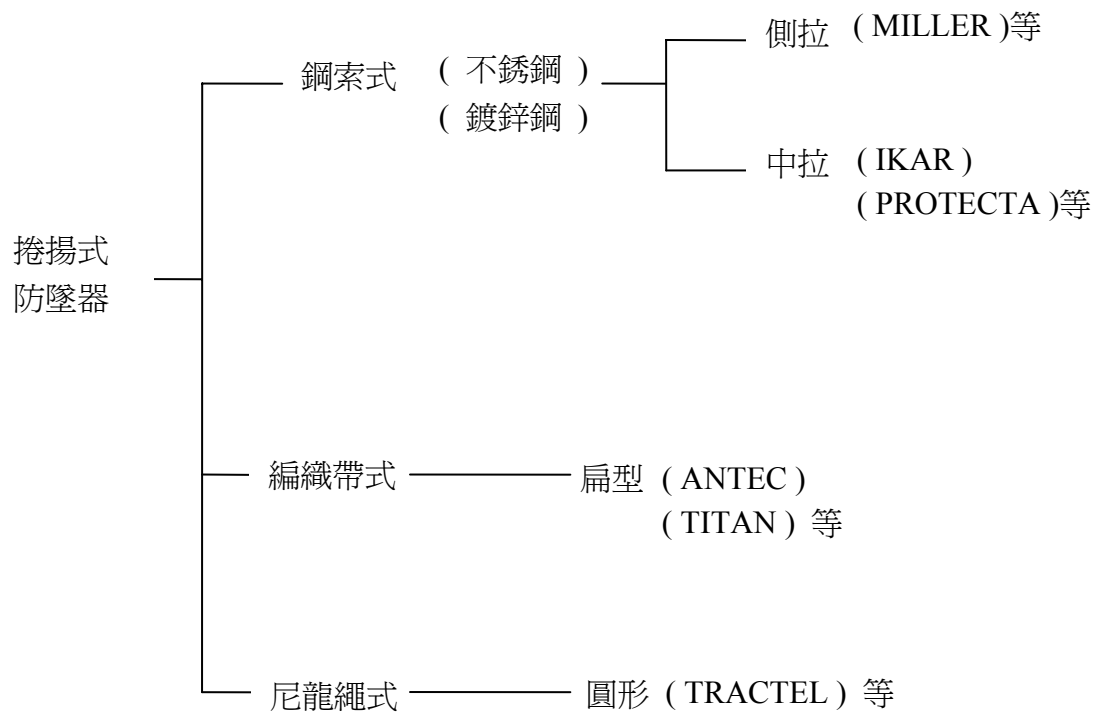


圖 3 捲揚式防墜器分類圖

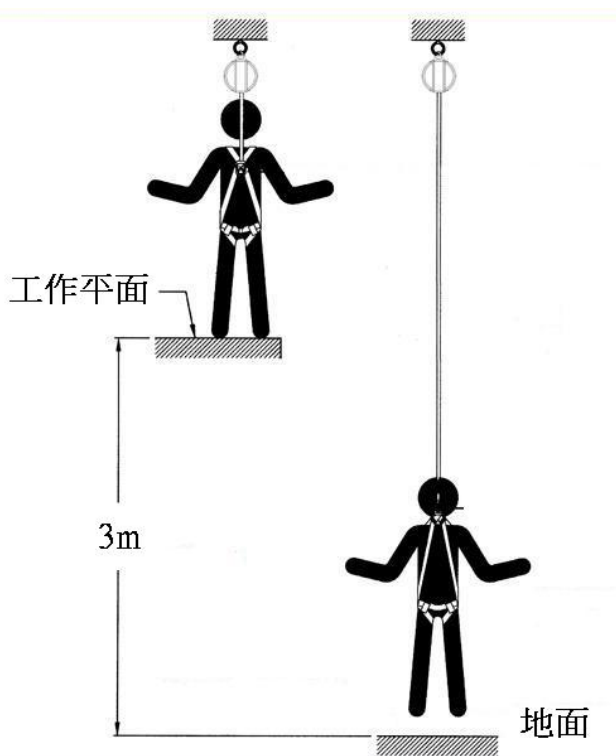


圖 4 淨空高度

(圖片來源：<http://www.capitalsafety.com>)

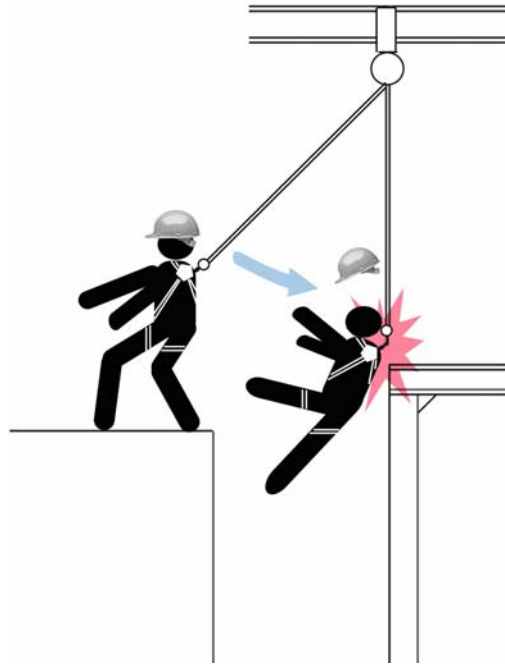


圖 5 鐘擺效應

第二節 捲揚式防墜器及安全帶使用現況

在國外捲揚式防墜器製造與使用方法已相當成熟，廣泛應用於建築、運輸、造船等行業。觀察國外捲揚式防墜器使用情況可發現，捲揚式防墜器常結合背負式安全帶並搭配個人防護設備使用，如搭配水平母索增加移動範圍、搭配三角架做局限空間垂直升降使用等，且國外販售捲揚式防墜器廠商常會以捲揚式防墜器加訓練課程共同售出，推廣使用減少墜落職災發生。

有鑑於此，勞委會於 96 年 2 月 14 日新修訂之「勞工安全衛生設施規則」第 281 條規定中指出，對於以下 8 種狀況：「鋼構懸臂突出物、斜籬、2 公尺以上未設護籠等保護裝置之垂直固定梯、局限空間、屋頂或施工架組拆、工作平台組拆、管線維修作業等高處或傾斜面移動」，應採用背負式安全帶及捲揚式防墜器。但此類產品國內並無製造，須從國外進口購買價格偏高，於有大量人力工作之高空作業場所如營造業，業主成本負擔相當可觀。





目前國內並無任何有關捲揚式防墜器標準，更無可供測試捲揚式防墜器分

析用平台，故捲揚式防墜器相關標準應儘速訂立，同時也須發展捲揚式防墜器國內自製能力及測試用平台，減少須仰賴從國外進口捲揚式防墜器使用，一但國內開發捲揚式防墜器，大量生產即可降低進口成本，提高國內事業單位使用意願，應可有效改善國內墜落職災比例。

表 3 捲揚式防墜器使用現況

工作台	垂直固定梯
 <p data-bbox="268 1261 624 1391">(圖片來源： http://www.fallprotectionusa.com/selfretractinglifelines.htm)</p>	 <p data-bbox="837 1261 1294 1440">(圖片來源： http://ohsonline.com/Articles/2007/03/Is-Your-Equipment-A-Silent-Hazard-Part-II-SelfRetracting-Lifelines.aspx)</p>

表 3 捲揚式防墜器使用現況(續)

管線維修	局限空間
 <p>(圖片來源： http://www.csao.org/UploadFiles/Magazine/VOL9NO4/lifeline.html)</p>	 <p>(圖片來源： http://www.rjsafety.com/fp5.html)</p>
鋼構組立施工	屋頂作業
 <p>(圖片來源： http://ohsonline.com/Articles/2007/03/Is-Your-Equipment-A-Silent-Hazard-Part-II-SelfRetracting-Lifelines.aspx)</p>	 <p>(圖片來源： http://www.csao.org/UploadFiles/Magazine/VOL9NO4/lifeline.html)</p>

第三節 墜落、滾落職業災害分析探討

依據勞委會勞動檢查年報資料顯示，92 年至 96 年墜落、滾落所造成之職業災害比例，因人員的不安全行為與不安全狀況，長久以來災害比例降低成效有限，平均佔年度職業災害類型比例達 4.4%左右，造成死亡災害比例由 92 年的 13%上升至 96 年的 15%逐年升高。相對的，於高空作業場所，若人員還是仰賴經驗貪圖方便的作業方式，而忽略了必要性的安全防護措施，一但出現問題造成死亡的機率還會增高，故適當使用防止從高處墜落的個人防護設備之安全防護裝置及預防是必須的，可大幅降低職災問題發生，以下將對職災案例進行分析與探討 [3]-[5]：

一、屋頂維修作業不慎踏穿墜落死亡災害

(一) 行業種類：螺絲、螺帽及鉚釘製造業

(二) 災害類型：墜落

(三) 媒介物：屋頂

(四) 罹災情形：死亡 1 人

(五) 災害發生經過：

○○工業有限公司廠長○○○於 97 年 10 月 02 日上午欲進行廠房屋頂檢修作業，約在 11 時左右，住在廠旁的工人聽到巨響，經查看於製造廠內休息區滿地石棉瓦碎片，且發現廠長○○○躺臥其中，目擊者立即通報黃○○並報警，隨後經急救人員現場實施急救並送至長庚醫院，到院急救 30 分鐘後仍無效，於同日 12 時 40 分宣告死亡。

(六) 災害原因分析：

1、直接原因：踏穿屋頂石棉瓦浪板，高處墜落致死。

間接原因：不安全狀況

(1) 於石棉瓦浪板等材料構築之屋頂從事作業時，未於屋架上設置適當強度，且寬度在 30 公分以上之踏板或裝設安全護網。

(2) 於在高度 2 公尺以上之高處作業，未使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。前項安全帶之使用，應視作業特性，選用國家標準規定適當型式，對於屋頂或傾斜面移動，應採用符合國家標準 14253 規定之背負式安全帶及捲揚式防墜器。

(3) 基本原因：

A、對於屋頂作業之危害風險未實施相關評估及未採用防止墜落災害發生之防護設施。

B、對於屋頂作業之危害認知及教育訓練不足。

C、未訂定屋頂作業安全守則。

(七) 災害防止對策：

1、對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應於屋架上設置適當強度，且寬度在 30 公分以上之踏板或裝設安全護網。（勞工安全衛生設施規則第 227 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）。

2、對於在高度 2 公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具，但經雇主採安全網等措施者，不在此限。前項安全帶之使用，應視作業特性，依國家標準規定選用適當型式，對於鋼構懸臂突出物、斜籬、2 公尺以上未設護籠等保護裝置之垂直固定梯、局限空間、屋頂或施工架組拆、工作台組拆、管線維修作業等高處或傾斜面移動，應採用符合國家標準 14253 規定之背負式安全帶及捲揚式防墜器。（勞工安全衛生設施規則第 281 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）。



圖 6 屋頂踏穿墜落職災

(圖片來源：中華民國工業安全衛生協會)



圖 7 屋頂職災預防

(圖片來源：<http://www.fallprotectionusa.com/selfretractinglifelines.htm>)

二、勞工因施工架斜籬組配作業發生墜落致死

(一) 行業種類：其他營造業

(二) 災害類型：墜落

(三) 媒介物：施工架

(四) 罹災情形：死亡一人

(五) 災害發生經過：

據與罹災者共同作業之勞工稱：97年1月21日蕭○○和罹災者等四人在工地21樓組裝施工架，蕭○○配合罹災者組裝施工架，蕭○○負責搬料給罹災者，斜籬骨架是由罹災者在當日上午裝上的，下午才開始鋪斜籬板料，15時30分左右，罹災者在事發轉角處鋪設斜籬板料，蕭○○負責傳板料給罹災者，當時轉角處除了剩下的三角形角落的2、3塊還未鋪好，其他都已經鋪上板料，當時罹災者站在施工架上跟蕭○○要了2次板料後，每次拿板料之間間隔約數分鐘，當第2次拿完後，蕭○○就回頭整理板料準備下次搬料，當蕭○○整理好回頭時就沒有看見罹災者，後來蕭○○就下樓了，之後10分鐘左右救護車就到現場，蕭○○跟去醫院，當蕭○○離開時，罹災者就已經往生了。

(六) 災害原因分析：

1、直接原因：墜落致死。

2、間接原因：不安全狀況

對於在高度2公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，未使勞工確實使用安全帽、安全帶及其他必要之防護具，並使用背負式安全帶及捲揚式防墜器。施工架組配作業主管未於作業現場指揮勞工作業，並監督勞工個人防護具之使用。

3、基本原因：

(1) 未實施自動檢查。

(2) 未對勞工施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育訓練，罹災者危害認知不足。

(3) 未訂定勞工安全衛生工作守則。

(七) 災害防止對策：

高度2公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帽、安全帶及其他必要之防護具，並使用背負式安全帶及捲揚式防墜器。施工架組配作業主管應於作業現場指揮勞工作業，並監督勞工個人

防護具之使用。

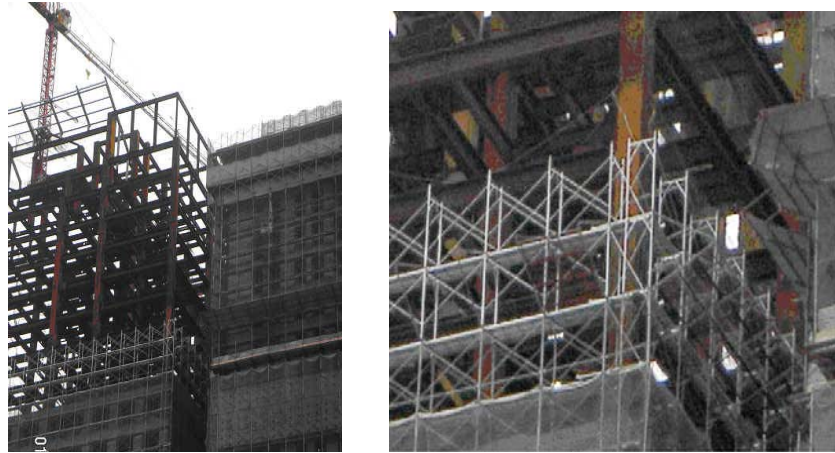


圖 8 施工架墜落職災

(圖片來源：行政院勞工委員會北區勞動檢查所)



圖 9 施工架墜落職災預防

(圖片來源：<http://www.fallprotectionusa.com/selfretractinglifelines.htm>)

檢討以上國內墜落及滾落職災案例，再對照國外職災預防圖片（圖 7 及圖 9），勞工若確實使用安全帽、安全帶及其他必要之防護具，或使用捲揚式防墜器搭配背負式安全帶必可有效預防墜落情況發生，降低傷亡產生。目前國內並無生產捲揚式防墜器，且國外進口價格又偏高之情況下，於成本考量方面，業主購買使用意願自然降低。故本研究也將參考國外規範及專利，開發捲揚式防

墜器雛型做性能測試分析，以提昇國內捲揚式防墜器國內自製能力，降低國內購置捲揚式防墜器進口成本，並加以推廣，提高國內事業單位使用意願，國內墜落職災比例應可獲得改善。

第四節 國內外防墜落裝置標準

一、國內有關防墜裝置要求之法規：

- (一) 營造安全衛生設施標準
- (二) 勞工安全衛生設施規則
- (三) 勞工安全衛生法
- (四) 高架作業勞工保護措施標準

上述法規中均對防墜裝置有要求，多以須採取適當個人防護設備來預防墜落災害發生，如使用護欄、護蓋、安全網、安全帶、安全母索等，有關這些安全防護設備的國家標準有：

- (一) CNS 14252 Z2115 安全網
- (二) CNS 7534 Z2037 高處作業用安全帶
- (三) CNS 7535 Z3020 高處作業用安全帶檢驗法
- (四) CNS 6701 M2077 安全帶(繫身型)
- (五) CNS 14253 Z2116 背負式安全帶

背負式安全帶目前已有國家標準規定，但對於捲揚式防墜器標準，目前尚未訂立，相關之安全性能測試技術資料也尚未建立。為配合本會政策方向，瞭解國內使用捲揚式防墜器之安全性，本研究將參考捲揚式防墜器國外標準，設置捲揚式防墜器測試平台，建立安全性能上的檢測技術能力，並選購目前市場既有捲揚式防墜器執行性能測試分析，以瞭解其安全性。

二、國外現有墜落防護標準：

國外墜落防護標準目前蒐集資料有 97 項，如表 4 所表示。

表 4 墜落防護標準

Document #	Title	Developer
ANSI/ASSE A10	Construction & Demolition Standards Package	ASSE
ANSI/ASSE A10.32-2004	Fall Protection Systems for Construction and Demolitions	ASSE
ANSI/ASSE Z359.0-2007	Definitions and Nomenclature Used for Fall Protection and Fall Arrest	ASSE
ANSI/ASSE Z359.1-2007	Safety Requirements for Personal Fall Arrest Systems, Subsystems and Components	ASSE
ANSI/ASSE Z359.2-2007	Minimum Requirements for a Comprehensive Managed Fall Protection Program	ASSE
ANSI/ASSE Z359.3-2007	Safety Requirements for Positioning and Travel Restraint Systems	ASSE
ANSI/ASSE Z359.4-2007	Safety Requirements for Assisted-Rescue and Self-Rescue Systems, Subsystems and Components	ASSE
AS/NZS 1891.1-1995/Amdt 4-1999	Industrial Fall Arrest Systems and Devices – Safety Belts and Harnesses	AS/NZS
AS 2359.9-2006	Powered industrial trucks - Overhead guards - Specification and testing (ISO 6055:2004, MOD) (FOREIGN STANDARD)	SAI
AS/NZS 4488.1:1997	Industrial rope access systems - Specifications (FOREIGN STANDARD)	SAI
ASTM D1185-98a(2003)	Standard Test Methods for Pallets and Related Structures Employed in Materials Handling and Shipping	ASTM
ASTM D6039/D6039M-02	Standard Specification for Crates, Wood, Open and Covered	ASTM
ASTM E1986-98(2005)	Standard Guide for Information Access Privileges to Health Information	ASTM

ASTM F2337-08	Standard Test Method for Treestand Fall Arrest System	ASTM
ASTM F2698-08	Standard Guide for Fences for Above-Ground and In-ground Skate Park Facilities	ASTM
ASTM F987-04	Standard Specification for Portable Intermediate Flush Deck Stanchion	ASTM
ASTM R0019-	Drum Test for Fiberboard Shipping Containers (This is not an ASTM standard; available as PDF, only)	ASTM
BS EN 360:1993	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights Retractable-Type Fall Arresters	BS
BS EN 360:2002	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights Retractable-Type Fall Arresters	BS
BS EN 362:1993	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights-Connectors	BS
BS EN 363:2002	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights – Fall Arrest Systems	BS
BS EN 364:1993	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights – Test Methods	BS
BS EN 365:1993	Personal Protective Equipment Against Falls from Heights – General Requirements for Instructions for Use and Markings	BS
BSR/ASTM Z9599Z-200x	Test Method for Treestand Fall Protection Devices (DRAFT STANDARD)	ASTM
CE 89/686/EEC	Directive for Personal Protective Equipment	CE
CSA Z259.1-95	Safety Belts and Lanyards	CSA
CSA Z259.2.1-98	Fall Arresters, Vertical Lifelines and Rails	CSA
CSA Z259.2.2-98	Self-Retracting Devices for Personal Fall Arrest Systems	CSA

CSA Z259.2.3-99	Descent Control Devices	CSA
CSA Z259.3-M1978	Linemen's Body Belt and Safety Straps	CSA
CSA Z259.10-M90	Full-Body Harnesses	CSA
CSA Z259.11-M92	Shock Absorber for Personal Fall Arrest Systems	CSA
CSA Z259.12-01	Connecting Components	CSA
CSA Z259.14-01	Wood Pole Climbing	CSA
DIN 14094-1	Firefighting purposes - Escape ladder installations - Part 1: Escape ladder with and without falling protection, holding device, platform	DIN
DIN 14800-17	Fire-fighting equipment for fire-fighting and rescue service vehicles - Part 17: Appliance set for protection against falling from heights	DIN
DIN 14920	Lines for fire-brigades - Requirements, test methods, maintenance	DIN
DIN 34300	Rescue equipment - Rescue hooks with safety eyelet holes	DIN
DIN 52310-2	Headform impact test on safety glazing materials for road vehicles with deceleration measurement	DIN
DIN 83224	Resting pedestals at ladders on ships	DIN
DIN 83225	Retainers at ladders on ships	DIN
DIN EN 12841:2006	Personal fall protection equipment - Rope access systems - Rope adjustment devices; German version EN 12841:2006	DIN
DIN EN 13101:2003	Steps for underground man entry chambers - Requirements, marking, testing and evaluation of conformity	DIN

DIN EN 13374:2004	Temporary edge protection systems - Product specification, test methods	DIN
DIN EN 14052:2006	High performance industrial helmets	DIN
DIN EN 14396:2004	Fixed ladders for manholes	DIN
DIN EN 1496:2007	Personal fall protection equipment - Rescue lifting devices; German version EN 1496:2006	DIN
DIN EN 1497:2007	Personal fall protection equipment - Rescue harnesses; German version EN 1497:2007	DIN
DIN EN 1498:2007	Personal fall protection equipment - Rescue loops; German version EN 1498:2006	DIN
DIN EN 362:2005	Personal protective equipment against falls from a height - Connectors	DIN
DIN EN 364:1993	Personal protective equipment against falls from a height; test methods	DIN
DIN EN 365:2004	Personal protective equipment against falls from a height - General requirements for instructions for use, maintenance, periodic examination, repair, marking and packaging	DIN
DIN EN 397:2000	Industrial safety helmets (includes Amendment A1:2000); English version of DIN EN 397:1995 + A1:2000	DIN
DIN EN 795/A1:2001	Protection against falls from a height - Anchor devices - Requirements and testing; English version of DIN EN 795:1996/A1:2000	DIN
DIN EN 795:1996	Protection against falls from a height – Anchor devices - Requirements and testing	DIN
DIN EN 812:2002	Industrial bump caps (includes Amendment A1:2001); English version of DIN EN 812:1997+A1:2001	DIN
DIN EN ISO 11612	Protective clothing - Clothing to protect against heat and flame; German version prEN ISO 11612:2006	DIN

EN 12841	Personal fall protection equipment - Rope access systems - Rope adjustment devices	CEN
EN 1496	Personal fall protection equipment - Rescue lifting devices	CEN
EN 1498	Personal fall protection equipment - Rescue loops	CEN
EN 353-1	Personal protective equipment against falls from a height - Part 1: Guided type fall arresters including a rigid anchor line Equipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur - Partie 1: Antichutes mobiles incluant un support d-assurance	CEN
EN 363	Personal fall protection equipment G Personal fall protection systems	CEN
EN 795	Protection Against Falls from a Height - Anchor Devices - Requirements and Testing	CEN
GB/T 19271.1-2003	Protection against lightning electromagnetic impulse--Part 1: General principles (TEXT OF DOCUMENT IS IN CHINESE)	SPC
IEEE Std 1307-2004	IEEE Standard for Fall Protection for Utility Workers	IEEE
ISO 10333-1/Amd1:2002	Personal fall-arrest systems -- Part 1: Full-body harnesses AMENDMENT1	ISO
ISO 10333-1:2000	Personal fall-arrest systems -- Part 1: Full-body harnesses	ISO
ISO 10333-2:2000	Personal fall-arrest systems -- Part 2: Lanyards and energy absorbers	ISO
ISO 10333-3:2000	Personal fall-arrest systems -- Part 3: Self-retracting lifelines	ISO
ISO 10333-4:2002	Personal fall-arrest systems -- Part 4: Vertical rails and vertical lifelines incorporating a sliding-type fall arrester	ISO
ISO 10333-5:2001	Personal fall-arrest systems -- Part 5: Connectors with self-closing and self-locking gates	ISO

ISO 10333-6:2004	Personal fall-arrest systems -- Part 6: System performance tests	ISO
ISO 11660-1:2008	Cranes - Access, guards and restraints - Part 1: General	ISO
ISO 14567:1999	Personal protective equipment for protection against falls from a height -- Single-point anchor devices	ISO
ISO 16024:2005	Personal protective equipment for protection against falls from a height -- Flexible horizontal lifeline systems	ISO
ISO 22159:2007	Personal equipment for protection against falls - Descending devices	ISO
ISO 22846-1:2003	Personal equipment for protection against falls -- Rope access systems -- Part 1: Fundamental principles for a system of work	ISO
ISO 6055:2004	Industrial trucks -- Overhead guards -- Specification and testing	ISO
NFPA 664-2007 Edition	NFPA 664: Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities, 2007 Edition	NFPA
ONORM EN 12841:2006	Personal fall protection equipment - Rope access systems - Rope adjustment devices	ON
ONORM EN 1496:2007	Personal fall protection equipment - Rescue lifting devices	ON
ONORM EN 1498:2007	Personal fall protection equipment - Rescue loops	ON
ONORM EN 795:1996	Protection against falls from a height – Anchor devices - Requirements and testing	ON
RP 47	Protection Against Shifting or Falling Cargo	TTMA
SAE J 1001	Industrial Flail Mowers and Power Rakes	SAE
SAE J 1042	Operator Protection for General-Purpose Industrial Machines	SAE

SAE J 1356	Performance Criteria for Falling Object Guards for Excavators	SAE
SAE J 167	Overhead Protection for Agricultural Tractors Test Procedures and Performance Requirements	SAE
SAE J 2267	Minimum Performance Criteria for Operator Front Protective Structure (OFPS) for Certain Equipment	SAE
SPEC 114	Fall Protection Guidelines for Airline Personnel During the Servicing and Maintenance of Aircraft	ATA
SS-EN 795	Protection against falls from a height – Anchor devices - Requirements and testing	SIS-EN
T 800 cm-06	Drum test for fiberboard shipping containers (revolving hexagonal drum)	TAPPI
UL 1046 (Ed. 3)	Standard for Grease Filters for Exhaust Ducts	UL
UL 61010A-1 (Ed. 1)	Electrical Equipment For Laboratory Use; Part 1: General Requirements	UL
UL 61010B-1 (Ed. 1)	Electrical Measuring and Test Equipment; Part 1: General Requirements	UL
UL 61010C-1 (Ed. 1)	Standard for Process Control Equipment	UL
UL 72 (Ed. 15)	Standard for Tests for Fire Resistance of Record Protection Equipment	UL

三、各國捲揚式防墜器標準簡介

ISO、EN、ANSI、日本等國所描述的捲揚式防墜器性能測試分析部分，簡介如下：

(一) ISO 國際標準

ISO 10333-3 捲揚式防墜器 (Personal fall arrest systems – Part3 : Self-retracting lifelines) [6] 與 ISO 10333-6 系統性能測試 (Personal fall arrest

systems—Part6：System performance tests）[7] 中完整詳述捲揚式防墜器的性能測試：捲揚式防墜器限制在單人使用，總測試質量不超過 100kg 個人防護設備為主。

捲揚式防墜器執行單體測試，在動態測試方面，當人員墜落時，墜落制止力量最大值不可超過 6 kN、墜落制止距離限制在 2 m 內停止，在靜態測試方面，要求持續 5 分鐘的 12 kN 拉力，不能造成捲揚式防墜器零組件破損或斷裂；當捲揚式防墜器搭配背負式安全帶執行系統測試時，墜落制止力量最大值不可超過 6 kN、墜落制止距離限制在 1.5 m 內停止及墜落後前傾角度不可超過 45 度。

(二) 歐洲標準

BS EN 360 (Personal Protective Equipment Against Falls from Heights Retractable-Type Fall Arresters) [8] 與 BS EN 364 (Personal protective equipment against falls from a height—test methods) [9] 中測試方法與要求，大致和 ISO 規範相同，限制在單人並搭配背負式安全帶使用，總測試質量以不超過 100kg 個人防護設備為主。動態測試方面，當個人墜落時，墜落制止力量最大值不可超過 6 kN、墜落制止距離應在 2 m 內停止及墜落後前傾角度不可超過 45 度；靜態測試方面，要求持續 5 分鐘的 12 kN 拉力，不能造成捲揚式防墜器零組件破損或斷裂。

(三) 美國標準

ANSI Z359.1 [10] (Safety Requirement for Personal Fall Arrest System, Subsystems, and Components) 測試質量以 100kg 為主，當捲揚式防墜器執行單體測試時，限制墜落制止力量最大值不可超過 1800 pounds (8.0kN) 及墜落制止距離不可超過 54 inches (1372mm)，在靜態測試方面，要求持續 5 分鐘的 3000 pounds (13.3 kN) 拉力，對零組件不能造成斷裂；當捲揚式防墜器搭配背負式安全帶執行系統測試時，墜落制止力量最大值不可超過 1800 pounds (8.0kN)、墜落制止距離不可超過 54 inches (1372mm) 及墜落後前傾角度不

可超過 30 度。

(四) 日本

日本目前並無捲揚式防墜器標準，但日本獨立行政法人產業安全研究所在「安全帶構造指針」出版品中[11]詳細指出捲揚式防墜器測試方法，對於墜落測試質量採用 85kg，並限制防止墜落制止力量最大值不超過 8kN、墜落制止距離不超過 2m 及落下後前傾角度要求為 30 度內，測試方法大致與 ISO 規範相同，圖 10 為日本的捲揚式防墜器製造商，測試捲揚式防墜器的方式。

日本勞動安全衛生法中「安全帶の規格」（平成 14 年 2 月 25 日 厚生勞動省告示第 38 號）[12]也指出墜落測試質量採用 85kg，我國與日本身材相仿，未來國內規範訂定墜落測試質量，也可以 85kg 列為墜落測試質量之參考依據。

表 5 各國測試標準比較

	動態測試 (力量 kN、距離 m)	靜態測試 (力量 kN)	系統測試 (力量 kN、距離 m、角度)	墜落測試 質量 (kg)
ISO	6、2	12	6、1.5、45	100
BS EN	6、2	12	6、2、45	100
ANSI	8.0、1.3	13.3	8.0、1.3、30	100
日本 ^(註)	8.0、2	11.5	8.0、2、30	85

(註)：測試方法為日本獨立行政法人產業安全研究所出版品「安全帶構造指針」所列方法

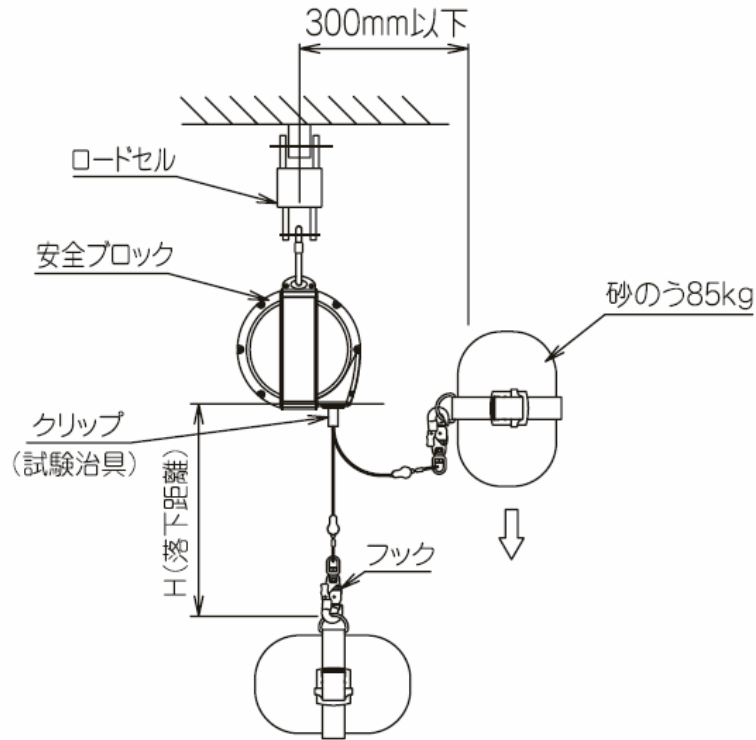


圖 10 日本捲揚式防墜器測試方法

(圖片來源：<http://www.e-fukuyoshi.com/anzenhoan/anzentai/BB60SN/>)

第五節 國內外捲揚式防墜器專利之探討

為開發捲揚式防墜器雛型，本研究將參考國內外現有之專利，作為雛型設計之參考依據。以下分別挑選台灣、美國及歐洲部分專利文獻做介紹。

一、台灣防墜器之專利品

本專利公告編號 116760，由許博吉於 1986 年 12 月 16 日提出申請，如圖 11-12 所示。

本專利申請概述如下：

一種防墜器之緩降機構，包括缸體、阻力環、葉片輪、捲索盤等。其中，在缸體內設有一阻力環及葉片輪，阻力環之內壁設有兩只阻擋塊，葉片輪設有四支突臂，突臂內設有一可伸縮之葉片，葉片之前端為一可與阻環之阻擋塊契合之楔形凹口；捲索盤係固定在轉軸之後段，轉軸之端部則套有一彈簧條，彈

簧條之兩端分別固定在轉軸及固定座上，使轉軸能自動回捲，由以上所構成之緩降機構為其特徵者。

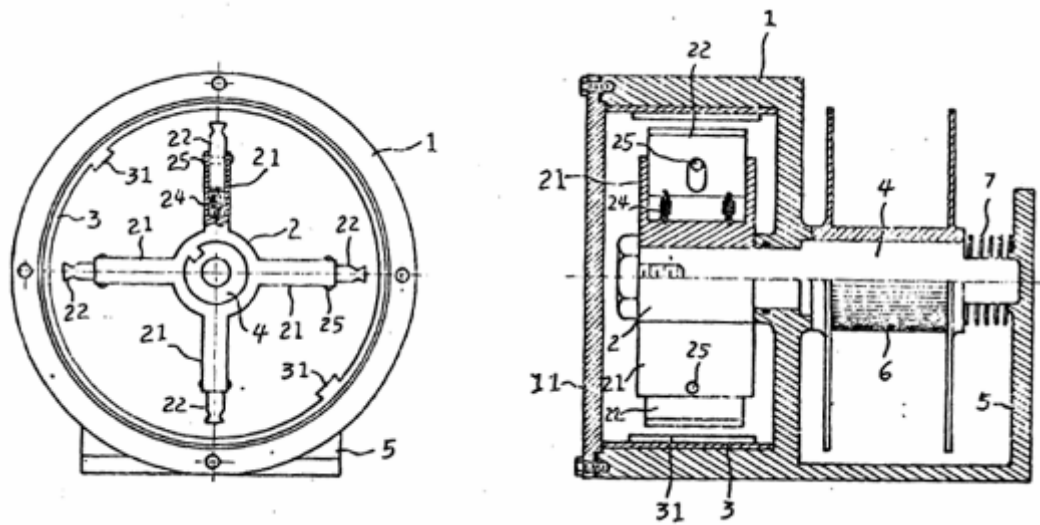


圖 11 組合剖視圖（圖片來源：中華民國專利資訊網）

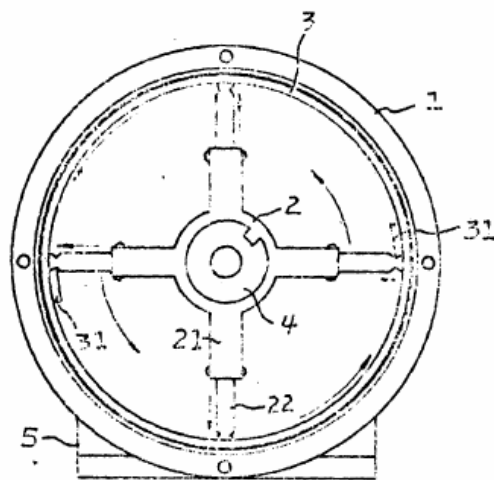


圖 12 組合剖視圖（圖片來源：中華民國專利資訊網）

二、美國防墜器之專利品

本專利公告編號 US0051659，由 J.Thomas Wolner 於 2004 年 8 月 9 日提出申請，如圖 13-14 所示。

本專利申請概述如下：

本防墜器的離心裝置有裝配一個棘爪（128）和一個彈簧（131）。該棘爪和彈簧，不須任何元件來固定，而是由樞軸內的棘板（143）來保持。該棘板旋轉時帶動棘爪。當離心力作用時，壓縮彈簧推出棘爪，進而煞車抓住救生索。

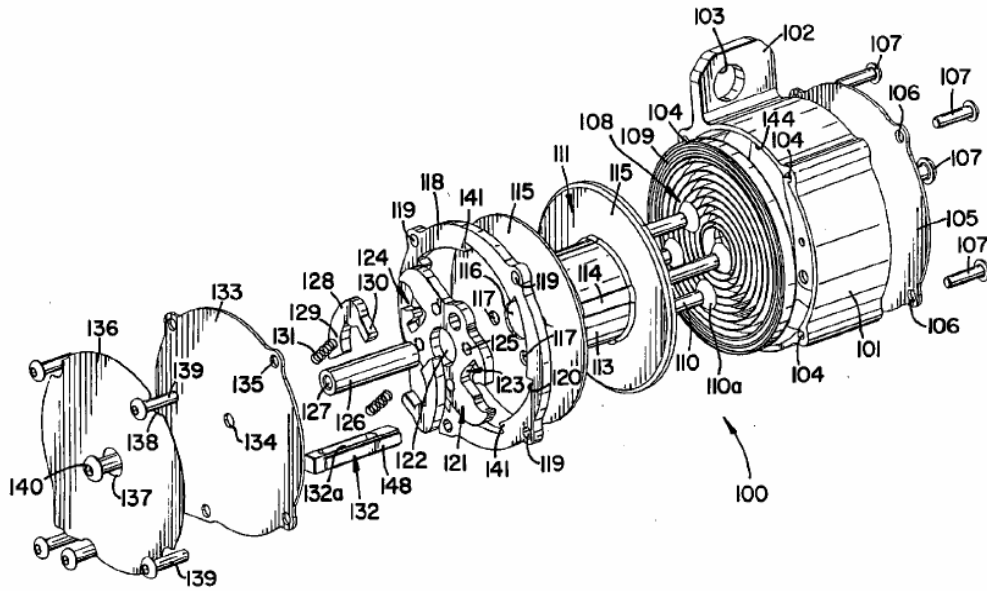


圖 13 專利號 US0051659 爆炸圖（圖片來源：<http://patft.uspto.gov>）

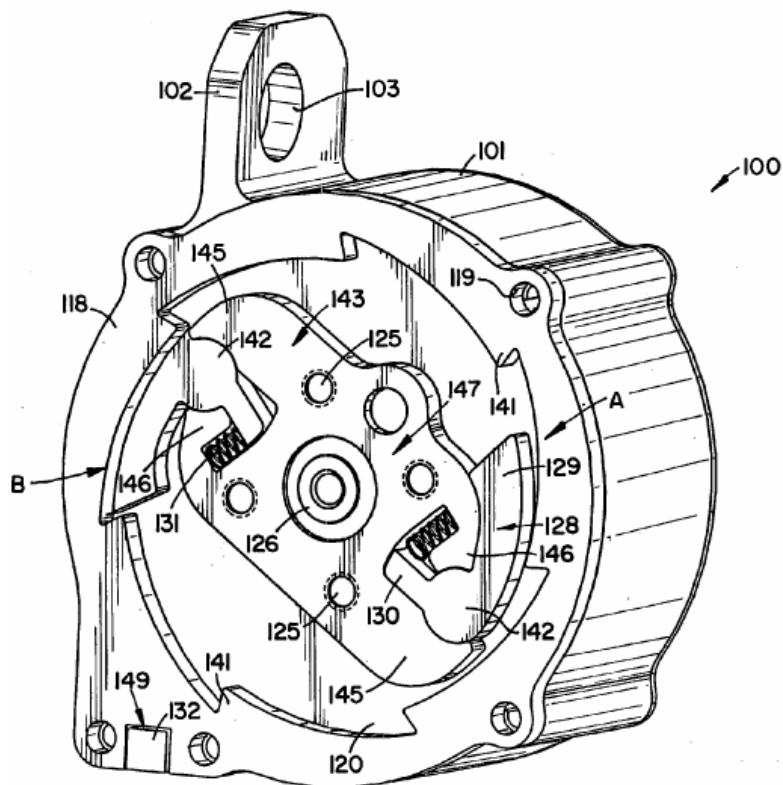


圖 14 專利號 US0051659 棘輪機構組合圖（圖片來源：<http://patft.uspto.gov>）

三、美國防墜器之專利品

本專利公告編號 US0215410，由 Timothy W. Ecker 於 2006 年 7 月 12 日提出申請，如圖 15-18 所示。

本專利申請概述如下：

本防墜器救生索由可旋轉之捲線機構捲繞，並由外殼保護，防止救生索脫落而影響煞車作動；煞車機構，採多個的棘爪與固定棘盤，使掛繩保持至少有一個棘爪在鎖定位置，防止捲線機構逆轉影響煞車作動。

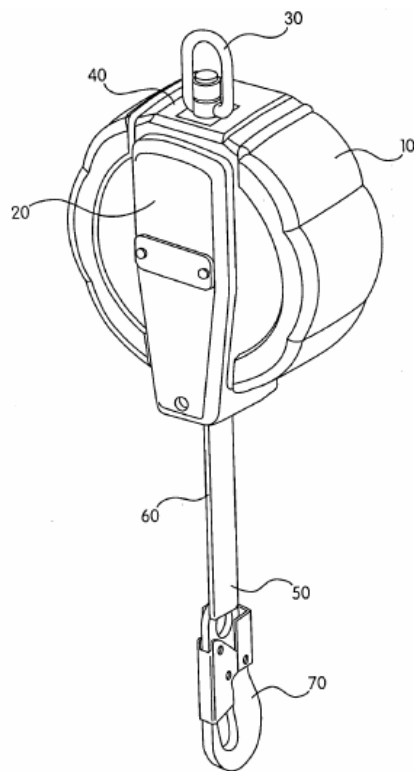


Figure 1A

圖 15 專利號 US0215410 立體圖

(圖片來源：<http://patft.uspto.gov>)

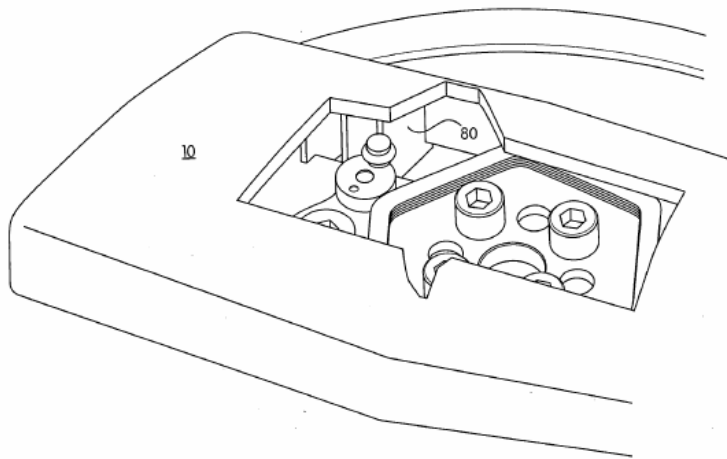


Figure 1B

圖 16 專利號 US0215410 剖視圖

(圖片來源：<http://patft.uspto.gov>)

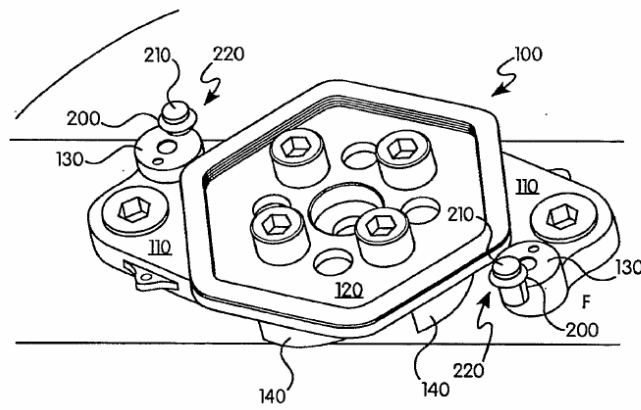


Figure 2

圖 17 專利號 US0215410 棘輪機構

(圖片來源：<http://patft.uspto.gov>)

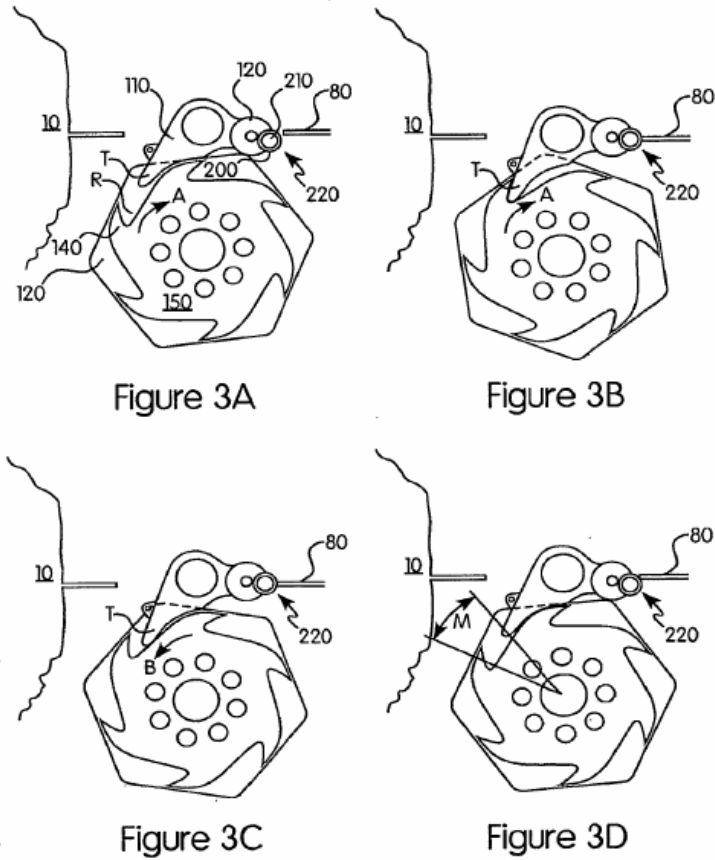


圖 18 專利號 US0215410 棘輪機構作動分解

(圖片來源：<http://patft.uspto.gov>)

四、歐洲防墜器之專利品

本專利公告編號 WO007119A1，由 JONES Karl 於 2006 年 7 月 14 日提出申請，如圖 19-22 所示。

本專利申請概述如下：

當旋轉輪轉動時，其中第一個棘牙會接觸到棘輪，此時旋轉輪將產生振盪運動。當轉速達到預定值時振盪運動使棘牙到達預定位置，防止旋轉輪繼續旋轉，進而煞車。

Fig 2A

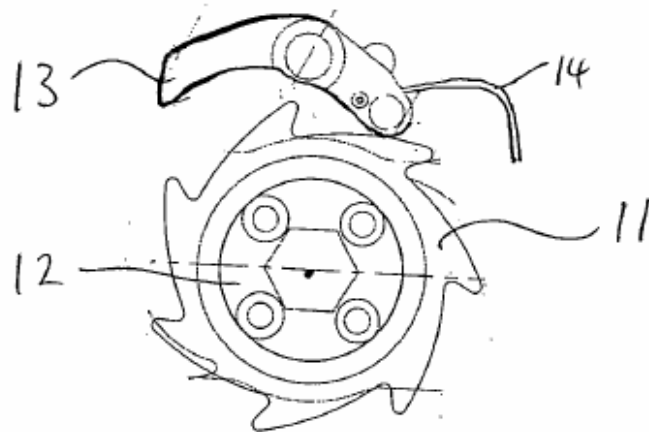


Fig 2B

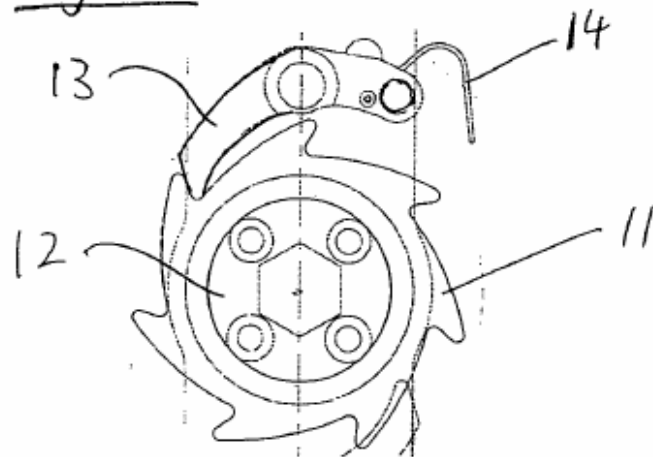


圖 19 專利號 WO007119A1 棘爪作動圖

(圖片來源：<http://www.wipo.int/about-wipo/en/what/>)

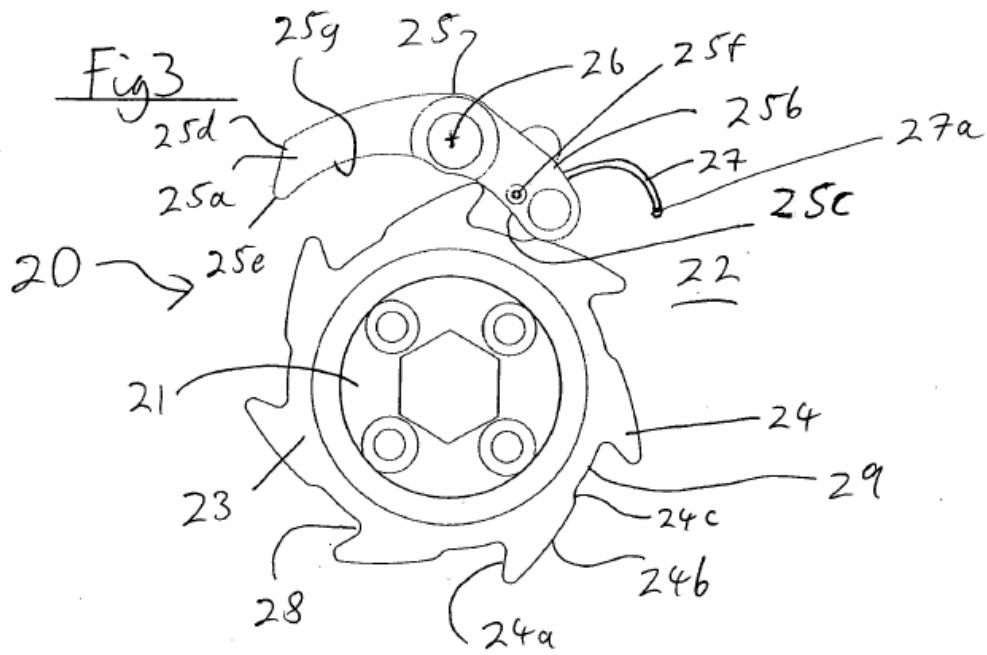


圖 20 專利號 WO007119A1 棘爪作動圖

(圖片來源：<http://www.wipo.int/about-wipo/en/what/>)

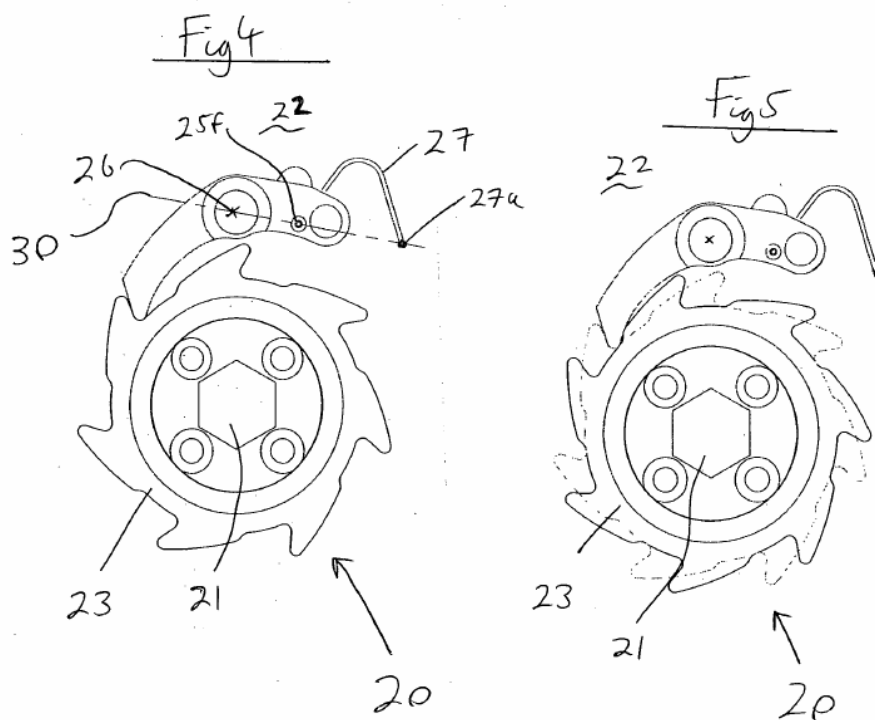


圖 21 專利號 WO007119A1 棘爪作動圖

(圖片來源：<http://www.wipo.int/about-wipo/en/what/>)

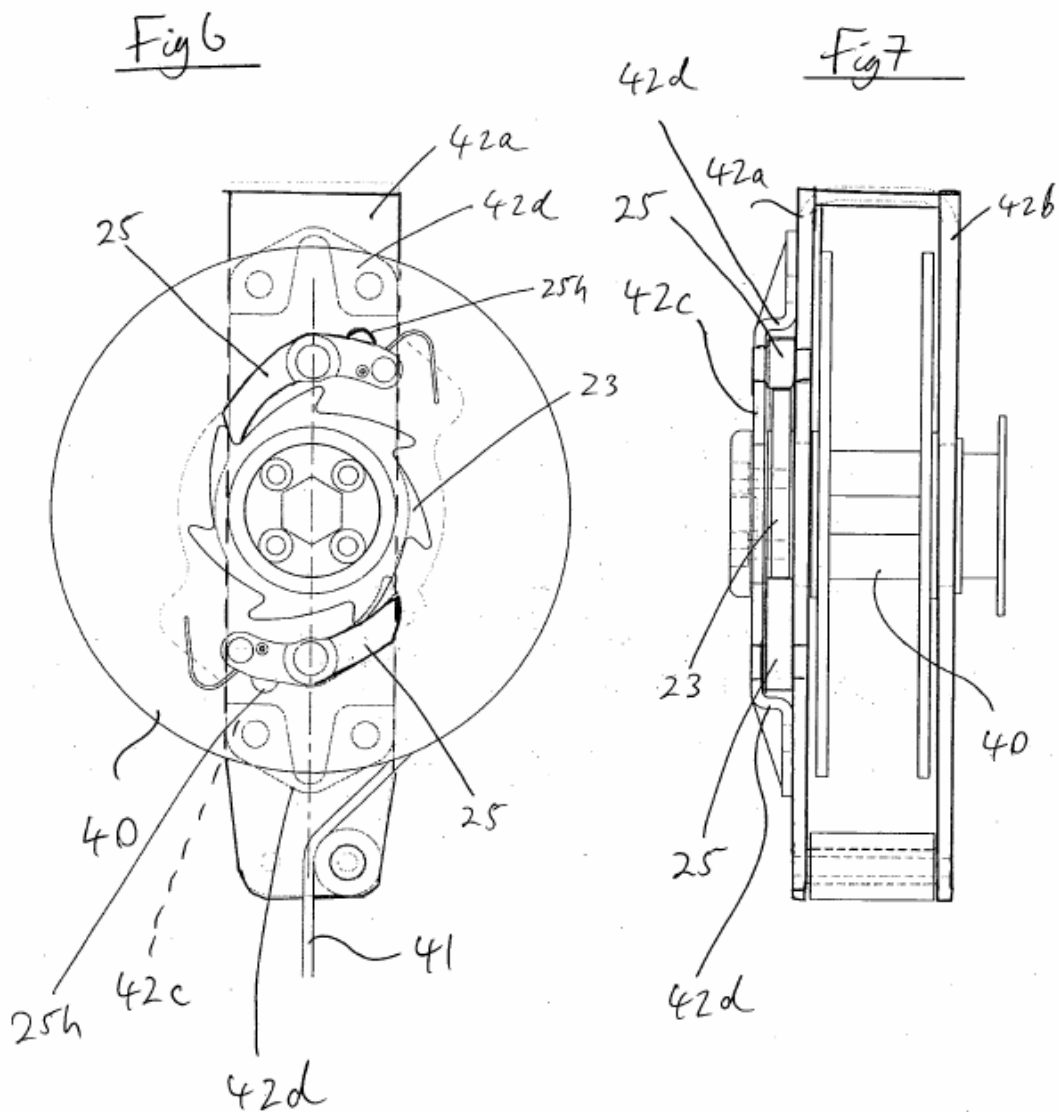


圖 22 專利號 WO007119A1 組合圖

(圖片來源：<http://www.wipo.int/about-wipo/en/what/>)

經由上述資料中可知，國內外有關捲揚式防墜器專利，主要集中在棘輪棘爪煞車部份：如棘輪煞車作動方式、棘輪造型不同等差異性，評估分析各國專利後，可發現開發捲揚式防墜器雛型，棘輪棘爪部份將是設計之重點，此部份之設計對捲揚式防墜器性能影響甚大。

第三章 測試平台與實驗設計

第一節 測試平台設計及強度模擬分析

本研究根據 ISO 10333 及 ANSI Z359.1 訂定之標準來設計測試平台，對於測試平台結構需求，描述如下：

- 一、應為剛性結構。
- 二、測試結構應能提供堅固的錨錠點（anchor），錨錠點為外徑（ 20 ± 1 ）mm 及內徑（ 15 ± 1 ）mm 橫截面的掛環，或相同直徑截面的圓桿所組成。
- 三、在錨錠點固定之處，其垂直軸的自然震動頻率應高於 200 Hz，於該點施力 20 kN 不會造成 1mm 以上偏移。
- 四、此錨錠點的高度應保證測試期間，系統的各零組件均不能撞擊地面，如墜落測試質量不能撞擊地面。

圖 23 為根據上述規範所繪製之測試平台模型，利用有限元素法進行力學分析，有限元素模型分析時所採之單位尺寸為公尺（m），施力單位為 kN，材料性質為 structural steel，楊氏係數為 $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ ，浦松比為 0.3，參數設定完成後，即可進行力學模擬，分析之結果如圖 24-26 所示。

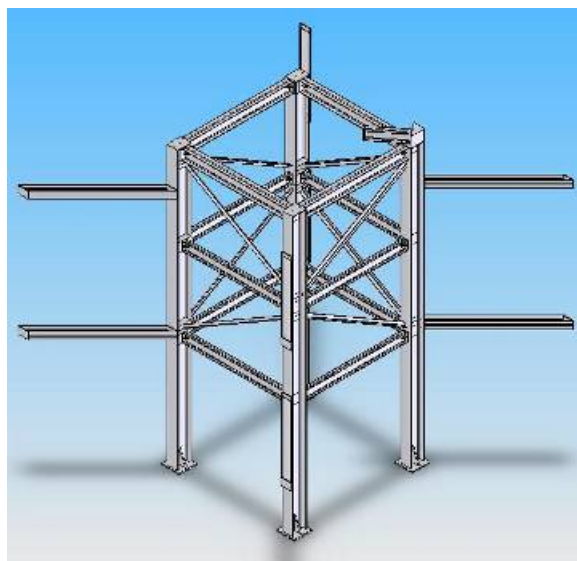


圖 23 測試平台模型

有限元素模態分析結果，懸臂樑影響 Y 軸方向之共振頻率為 219.31 Hz

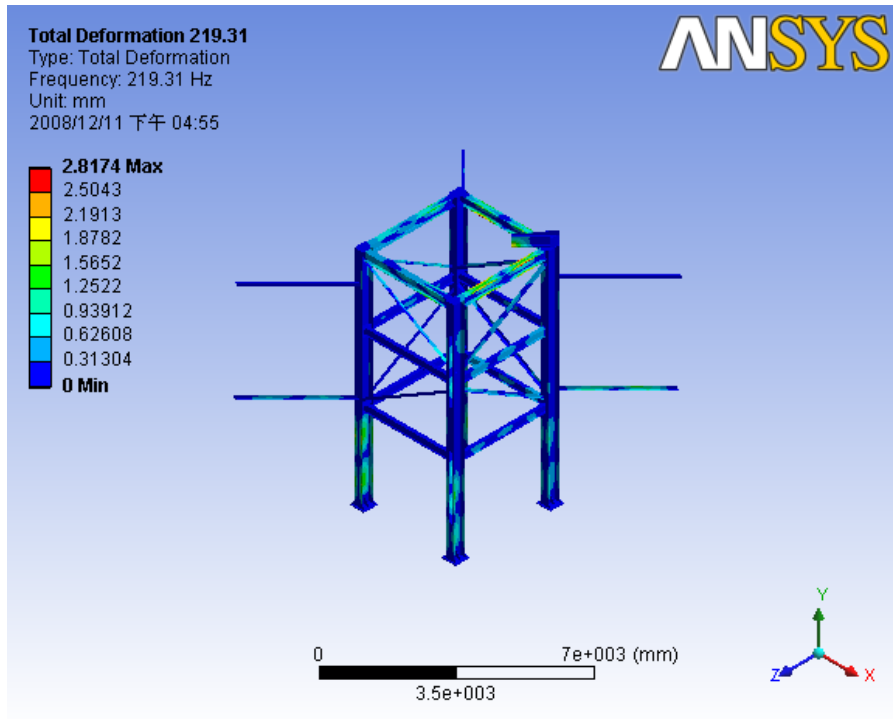


圖 24 測試平台 Y 軸向之共振頻率

施力端 (往 Y 軸下方施予 20kN 之位置)

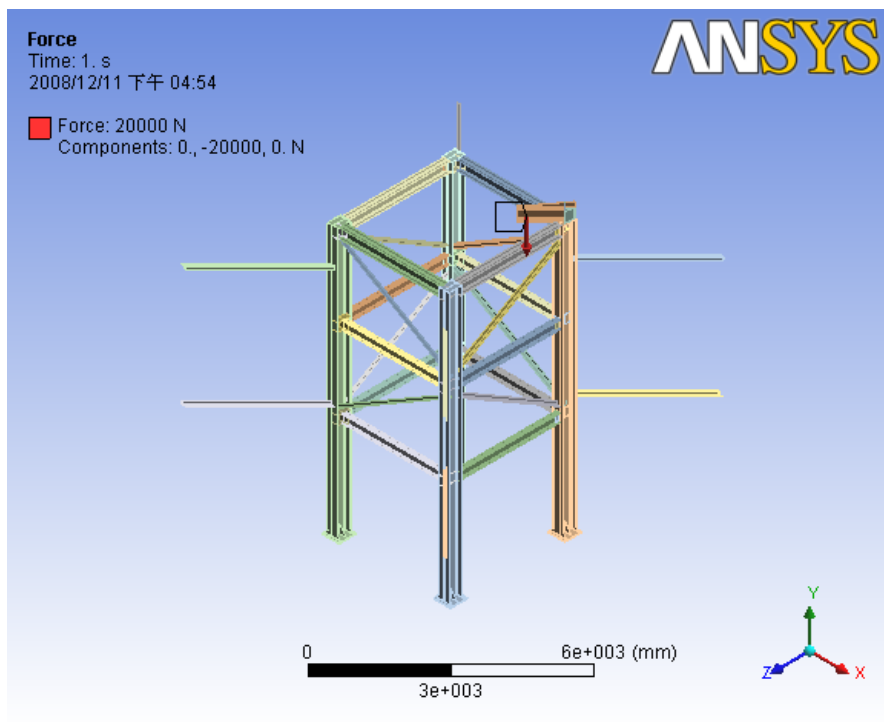


圖 25 測試平台 Y 軸施予 20 kN 位置圖

有限元素變形量分析結果，在懸臂樑處之 Y 軸方向變形量 0.75671 mm，符合 ISO 10333 規範所要求，施力 20 kN 不會造成 1mm 以上偏移。

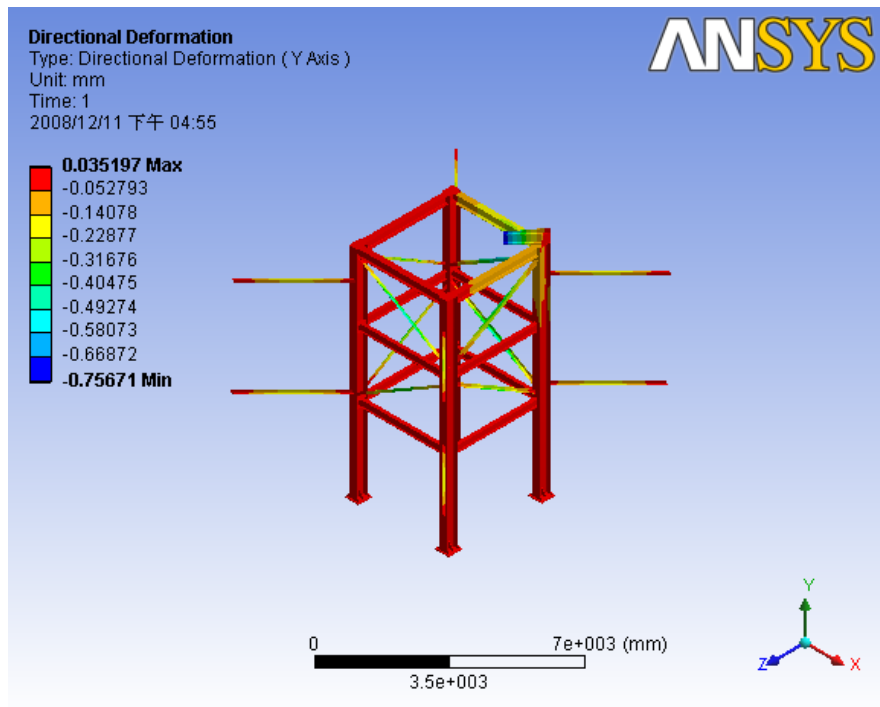


圖 26 測試平台 Y 軸向之變形量



圖 27 測試平台實體圖

第二節 訊號擷取系統

依據 ISO 10333 所訂定之規範，對於訊號之擷取設備，應能量測 1.2kN 至 20kN 之力量，且其精確度誤差可至 $\pm 2\%$ ，最大抗拉強度應達 50 kN，量測時最低採樣率為 1000Hz。依照上述之規範要求，本研究選用荷重感測元件做為擷取設備，如圖 28 所示。

為配合擷取落下後的衝擊訊號，實驗中將設置訊號擷取系統，如圖 29 所示，當荷重感測元件作動時，訊號會輸出至 NI cDAQ-9172 機箱做接收動作，再經由 NI 9237 訊號擷取卡擷取，量測訊號速度範圍由 10Hz 至 50kHz，最後將量測訊號輸出至電腦，使用 Labview 軟體紀錄並保存資料。圖 30 為 NI 設備實體圖，圖 31 為 Labview 紀錄資料畫面，本實驗取樣速度為 1024 Hz。

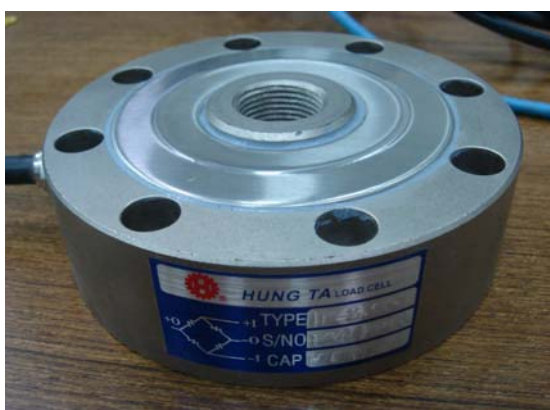


圖 28 荷重感測元件

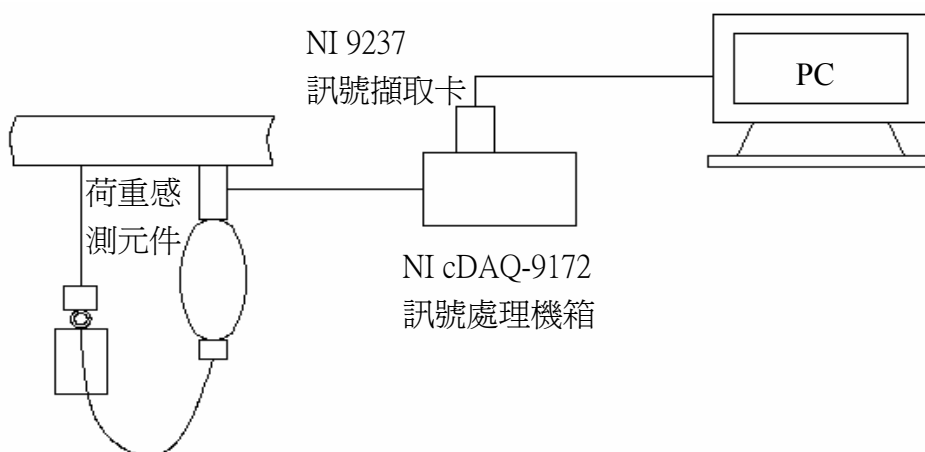


圖 29 訊號擷取系統

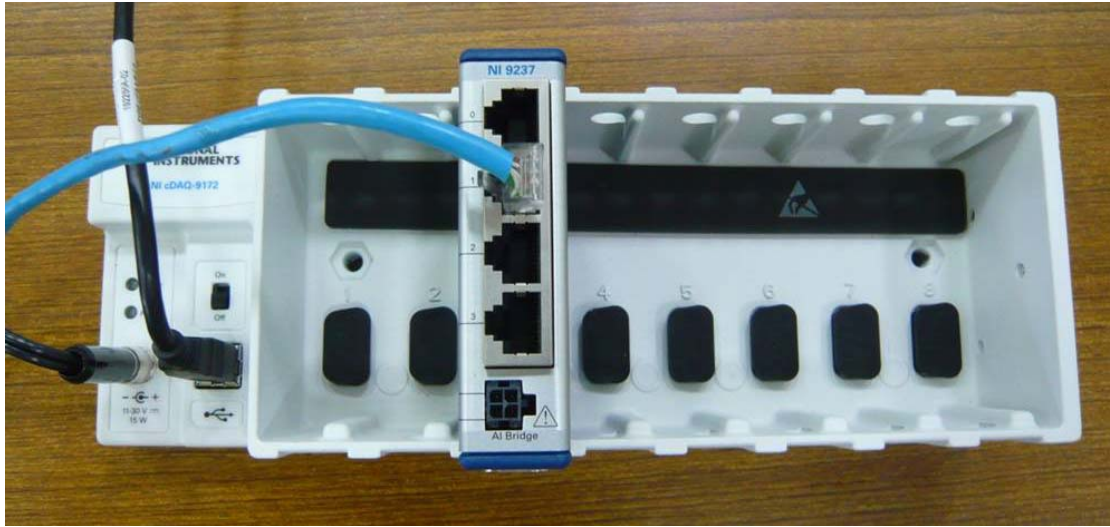


圖 30 NI cDAQ-9172 與 NI 9237 實體

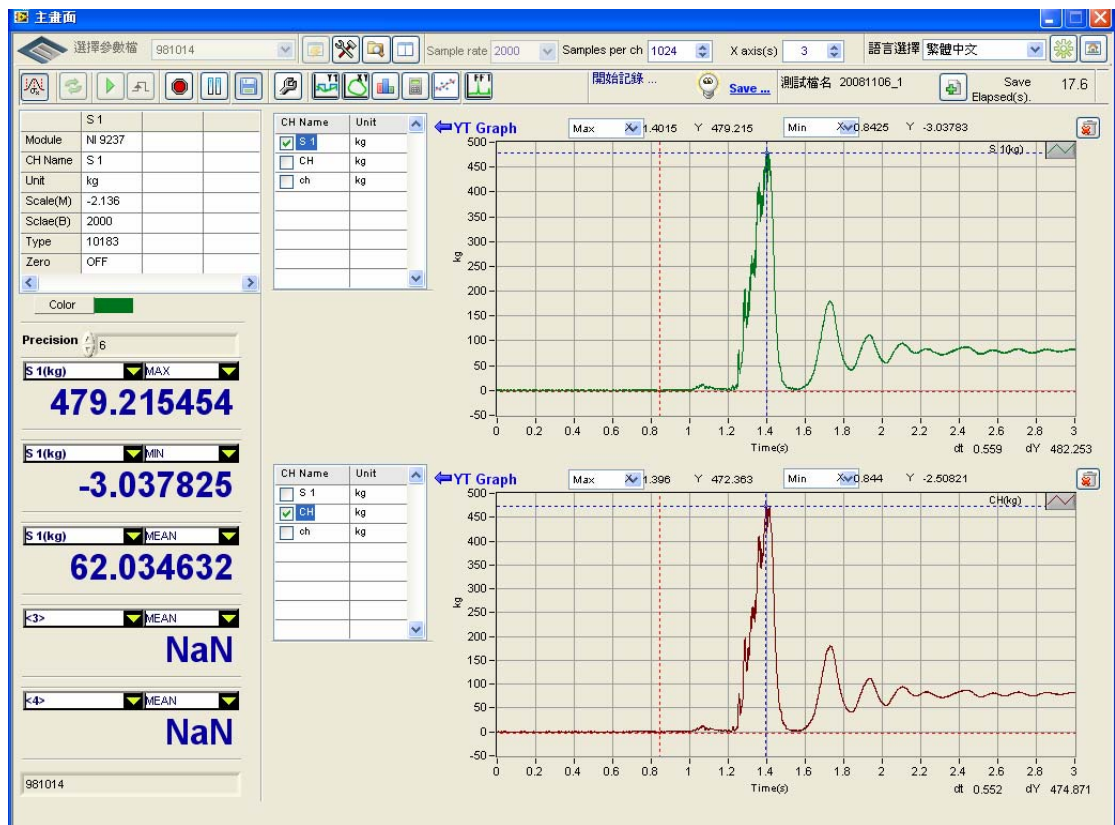


圖 31 力量量測擷取圖

第三節 實驗設計

本研究實驗架設方式如圖 32 所示，實驗步驟描述如下：

- 一、將荷重感測元件固定在測試平台上的錨錠處，並使荷重感測元件與電腦連結，進而擷取捲揚式防墜器落下後的衝擊訊號。
- 二、將捲揚式防墜器與荷重感測元件互相聯結，捲揚式防墜器出口端則與測試質量聯結。
- 三、將救生索伸出 600mm 距離，使用鋼索夾固定出口端避免救生索回捲。
- 四、將測試質量與快速釋放裝置互相聯結，並與錨錠處垂直軸有 300 mm 水平距離，並注意落下後測試質量是否會撞擊地面，即完成架設。
- 五、當測試質量落下後，使用測距布幔計算墜落後制止距離，並觀察衝擊值，紀錄力與時間關係。
- 六、使用架空式起重機（天車），將測試質量吊回原始位置或置於地面。

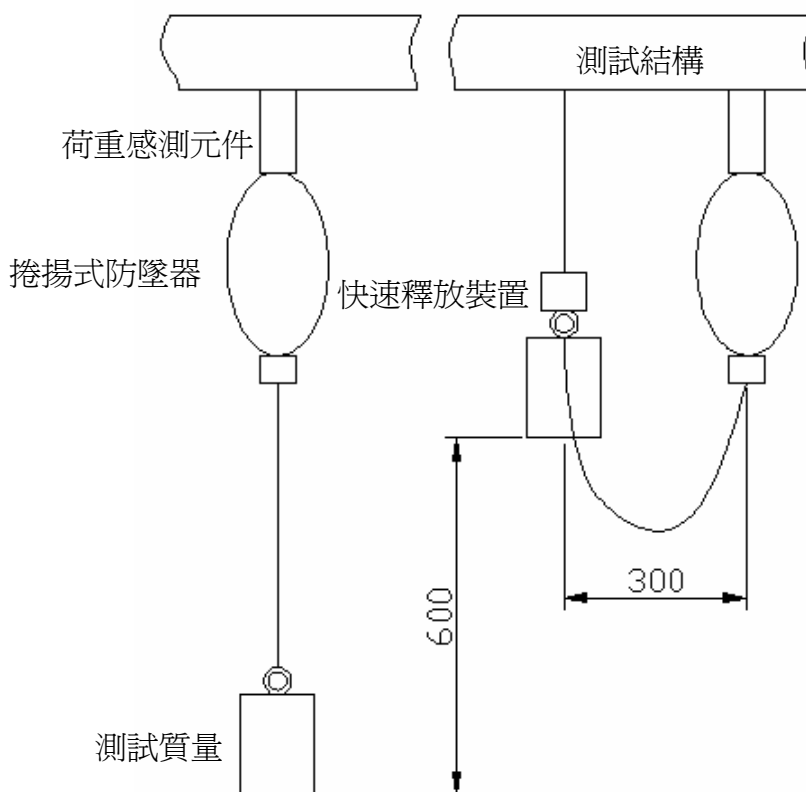



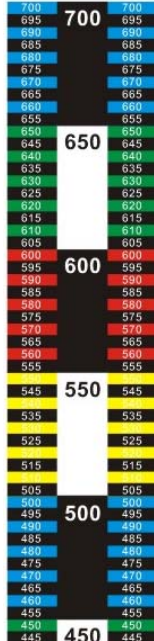


圖 32 實驗架設

表 6 實驗設備

<p>測試平台懸臂樑架設</p> 	<p>快速釋放裝置 (電磁鐵)</p> 
<p>測試質量 (沙包)</p> 	<p>測距布幔</p> 

第四節 墜落測試質量

實驗中使用之墜落測試質量包含 75kg 沙包、100kg 沙包及 85kg 仿製人體，其中 85kg 仿製人體製作，將參考 ISO 10333 規範所訂之仿製人體尺寸，如圖 33，利用電腦輔助繪圖軟體繪製，繪製結果如圖 34 ~ 35 所示，當仿製人體繪製完成，利用 CNC 加工（拆件加工後再用人工黏合）製作仿製人體，其材質為 ABS 塑膠材質，完成品如圖 36 所示。

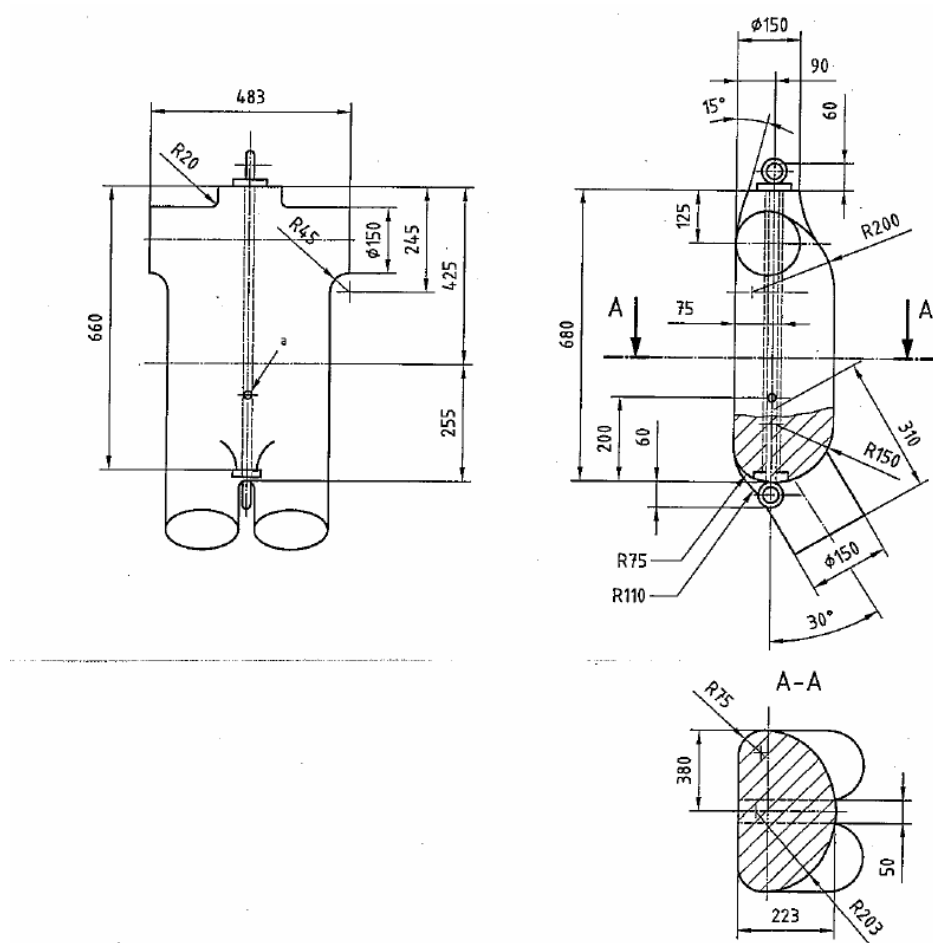


圖 33 ISO 仿製人體三視圖



圖 34 仿製人體前視圖



圖 35 仿製人體側視圖



圖 36 仿製人體實體圖

第四章 捲揚式防墜器性能測試分析

第一節 動態試驗與設備

一、測試目的：

本節測試之目的為，執行捲揚式防墜器單體動態測試，確認捲揚式防墜器制止測試重物之後，瞭解其落下制止力量與落下制止距離是否符合國際規範，並觀察負載過程中是否有任何零組件破損或斷裂。

二、器材：

沙包： 75kg、100 kg。

鋼索捲揚式防墜器：清單如表 7 所示。

表 7 動態試驗清單

廠牌	生產國	長度(M)	鋼索形式
A	法國	10	鍍鋅鋼
B	德國	6	鍍鋅鋼
C	德國	9	鍍鋅鋼
D	法國	10	鍍鋅鋼
E	法國	20	鍍鋅鋼
F	法國	10	不銹鋼
G	法國	25	鍍鋅鋼
H	美國	12	鍍鋅鋼
I	法國	10	不銹鋼
J	法國	10	鍍鋅鋼
K	亞洲國家	20	鍍鋅鋼
L	亞洲國家	15	鍍鋅鋼

三、動態測試流程步驟，描述如下：

- (一) 在救生索完全回捲的狀態下，將荷重感測元件固定在測試平台上的錨錠處，並使荷重感測元件與電腦連結，進而擷取捲揚式防墜器落下後的衝擊訊號。
- (二) 將捲揚式防墜器與荷重感測元件互相聯結，捲揚式防墜器出口端則與測試質量聯結。
- (三) 將救生索伸出 600mm 距離，使用鋼索夾固定出口端，避免救生索從出口端縮回。再將 100 公斤測試質量與捲揚式防墜器互相聯結。
- (四) 依圖 37 (a) 所示，使測試質量與錨錠處垂直軸有 300 mm 水平距離，將測試質量固定在快速釋放裝置，並注意落下後測試質量是否會撞擊地面，即完成架設。
- (五) 釋放測試重物，依圖 37 (b)，測量並紀錄力與時間的關係，使用測距布幔計算墜落後制止距離”H”，並確認捲揚式防墜器制止測試質量後，除能量消散裝置外，確保負載過程中無任何零組件破損或斷裂。
- (六) 使用架空式起重機（天車），將測試質量吊回原始位置或置於地面。

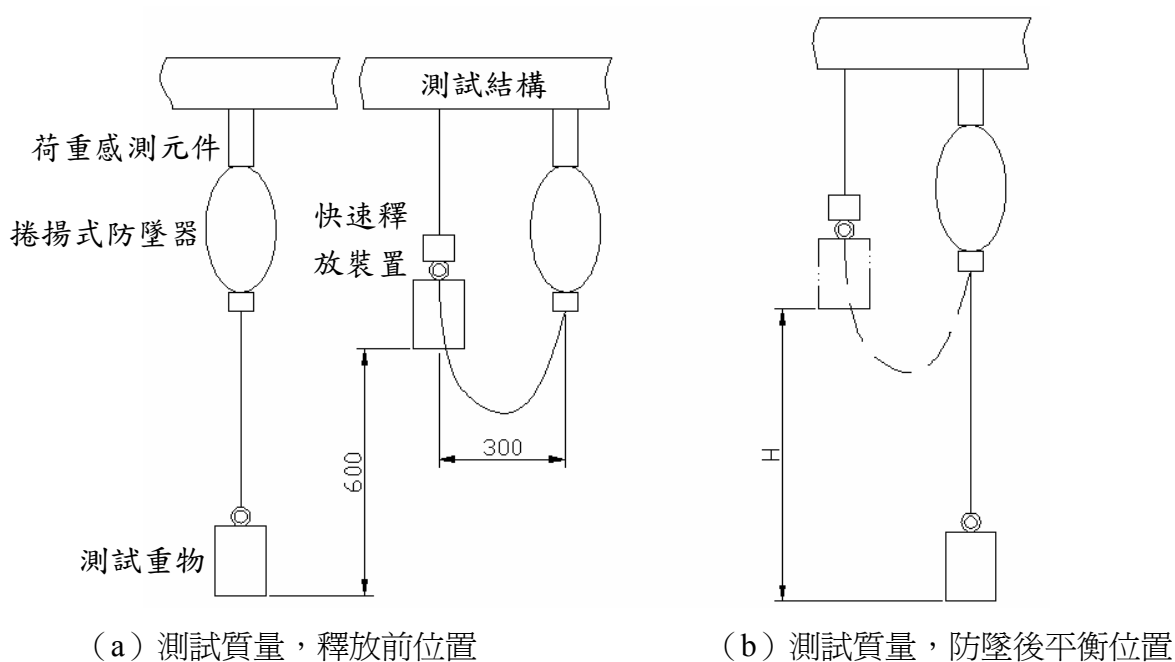


圖 37 動態測試圖

表 8 動態試驗

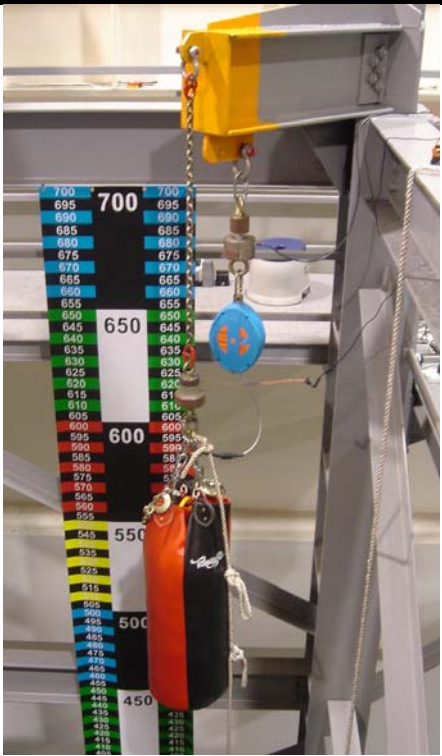

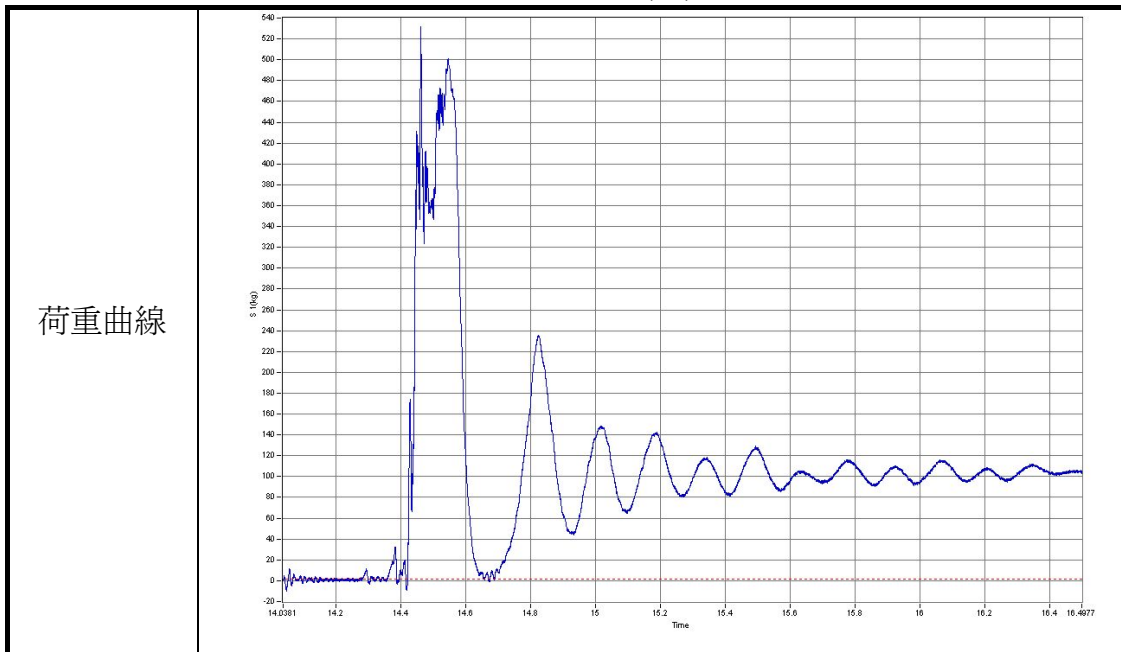
<p>落下前</p>	
<p>落下後</p>	

表 8 動態試驗(續)



第二節 動態試驗結果

一、100kg 沙包動態測試結果

100 kg 沙包依據 ISO 10333-3 規範經多次試驗，試驗數據如表 9 所呈現，而制止力量與距離比較，如圖 38 所示。試驗結果發現落下制止力量及距離均符合規範要求 6kN 與 2m 之範圍內，但經檢視捲揚式防墜器外觀卻發現，D、E 及 F 廠牌防墜器有貓眼破裂、出口環出現剝落物質及出口端鋼索位置分離等狀況，如表 10 所示，原因可能為 D、E 及 F 廠牌防墜器其貓眼及出口環使用塑膠材質的情況下，造成落下後貓眼破裂、出口環出現剝落物質；而出口端鋼索位置分離可能原因為 E 廠牌鋼索輸出形式為側拉，落下時偏心距離較大所造成之現象。

日本在測試捲揚式防墜器性能也使用相同試驗，其測試質量為 85kg 沙包，試驗結果為：落下制止力量平均達 4.5kN、落下制止距離平均為 1.46m。將本次實驗數據平均計算：落下制止力量平均為 4.04kN、落下制止距離平均為 1.495m，與日本測試之數據相互比較可發現，雖使用兩種不同重量沙包 85kg 及 100kg，理論上物體越重其落下衝擊力量數值越高，100kg 的落下制止力量應會

比 85kg 多，但結果卻呈現 85kg 落下制止力量比 100kg 高，落下制止距離低於 100kg 沙包，往後試驗將使用 75kg 沙包與上述質量比較分析。

表 9 100kg 沙包動態試驗數據

廠牌	生產國	長度 (M)	鋼索形式	力量 (kN)	距離 (m)	目視外觀
A	法國	10	鍍鋅鋼	5.21	1	無異狀
B	德國	6	鍍鋅鋼	2.12	1.85	無異狀
C	德國	9	鍍鋅鋼	3.6	1.2	無異狀
D	法國	10	鍍鋅鋼	2.93	1.65	貓眼破裂、有剝落物質
E	法國	20	鍍鋅鋼	4.6	1.95	貓眼破裂、有剝落物質、 出口端鋼索位置分離
F	法國	10	不銹鋼	2.77	1.75	貓眼破裂、有剝落物質
G	法國	25	鍍鋅鋼	5.69	1.55	無異狀
H	美國	12	鍍鋅鋼	4.03	1.45	無異狀
I	法國	10	不銹鋼	4.12	1.1	無異狀
J	法國	10	鍍鋅鋼	3.38	1.5	無異狀
K	亞洲國家	20	鍍鋅鋼	4.93	1.85	無異狀
L	亞洲國家	15	鍍鋅鋼	5.08	1.1	無異狀
平均				4.04	1.495	

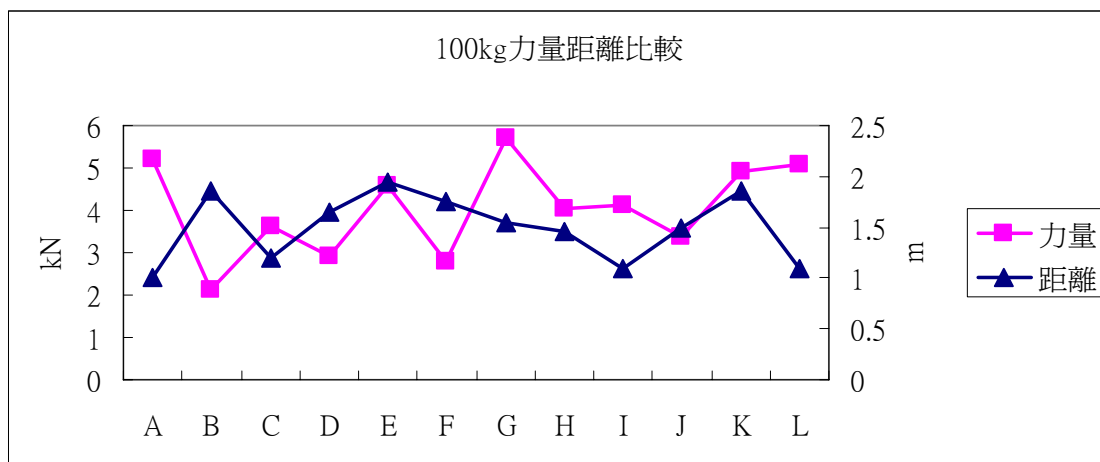

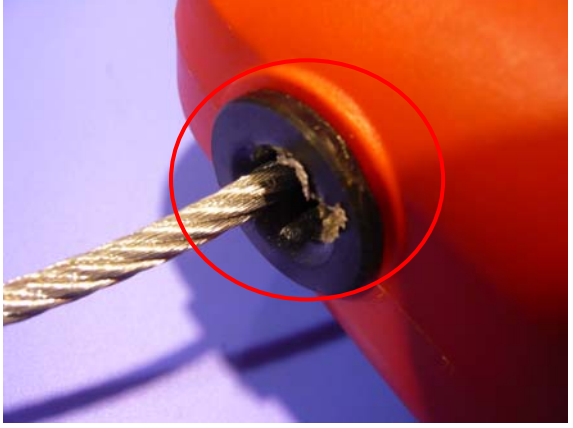
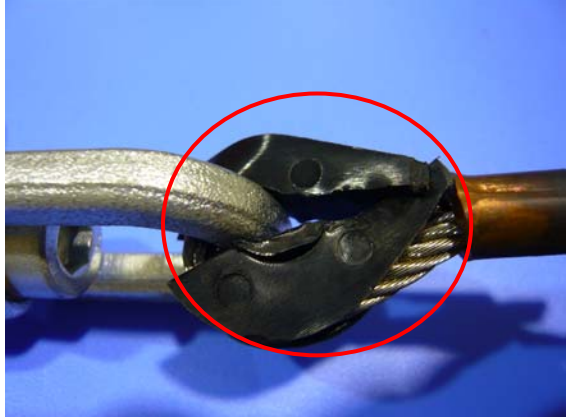

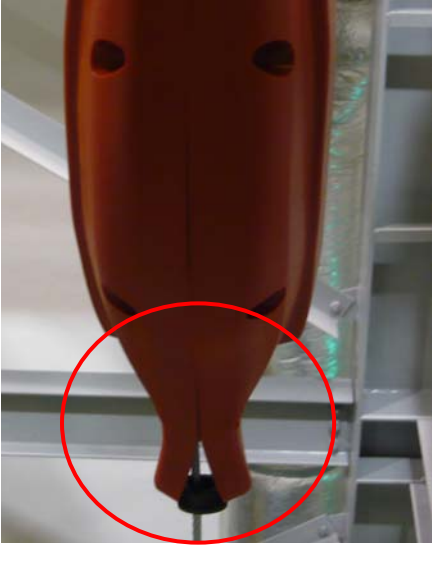


圖 38 100kg 力量距離比較圖

表 10 受力前後比較

D、E、 F 廠牌	受力前	受力後
出口環		
貓眼		
外殼		

二、75kg 沙包動態測試結果

本次將墜落質量減少重量調整為 75kg 進行試驗，並使用已被用於制止重物的捲揚式防墜器，執行動態測試，將觀察試驗數值結果及進行外觀判別有否損壞情形，試驗數據如表 11 所呈現。試驗後觀察外觀可發現，F 廠牌損壞更嚴重；A 廠牌鋼索扭曲變形，如圖 39 所示；I 廠牌鋼索已整個脫離本體外殼，如圖 40 所示。落下制止力量方面，F 及 K 兩廠牌的力量皆已超出規範訂定的 6kN 範圍內。

表 11 75kg 沙包動態試驗數據^(註)

廠牌	生產國	長度	鋼索形式	力量 (kN)	距離 (m)	目視外觀
A	法國	10M	鍍鋅鋼	4.94	1.1	鋼索扭曲變形
B	德國	6M	鍍鋅鋼	2.93	1.25	無異狀
C	德國	9M	鍍鋅鋼	5.74	1.35	無異狀
D	法國	10M	鍍鋅鋼	3.12	1.25	貓眼破裂、有剝落物質
E	法國	20M	鍍鋅鋼	3.66	1.4	貓眼破裂、有剝落物質、出口端鋼索位置分離
F	法國	10M	不銹鋼	6.26	1.0	貓眼破裂、有剝落物質、力量超出範圍
G	法國	25M	鍍鋅鋼	5.87	1.3	無異狀
H	美國	12M	鍍鋅鋼	4.84	1.0	無異狀
I	法國	10M	不銹鋼	3.43	1.1	出口端鋼索位置分離
J	法國	10M	鍍鋅鋼	2.85	1.3	無異狀
K	亞洲國家	20M	鍍鋅鋼	7.6	1.7	力量超出範圍
L	亞洲國家	15M	鍍鋅鋼	4.56	1.0	無異狀
平均				4.65	1.23	

(註)：本次使用的防墜器為第二次於試驗中使用，並非全新品。

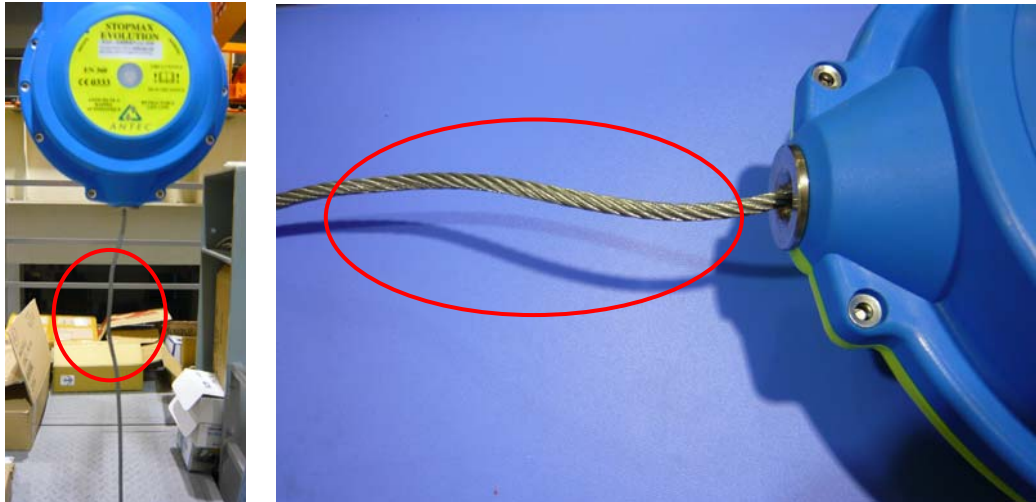


圖 39 A 廠牌鋼索變形

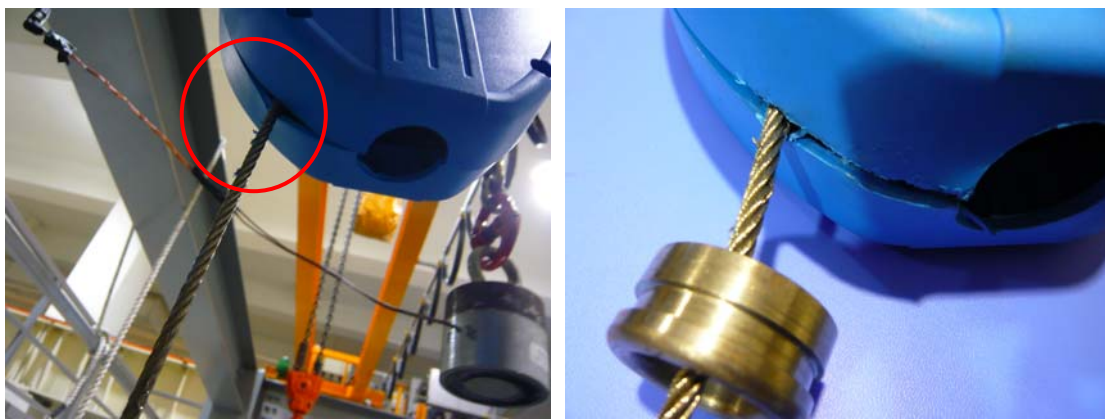


圖 40 I 廠牌鋼索脫離外殼

表 12 為 100kg 與 75kg 沙包動態試驗數據比較，藉以深入瞭解兩者不同質量實驗數值的差異性，100kg 沙包落下制止力量平均為 4.04kN、落下制止距離為 1.495m；75kg 沙包落下制止力量平均為 4.65kN、落下制止距離為 1.23m，觀察結果可發現，75kg 雖質量變小但落下制止力量反而增加。再逐一對照 100kg 與 75kg 落下制止力量，各廠牌落下制止力量並非是 100kg 數值全高於 75kg，相對也有 75kg 數值高於 100kg 之結果產生。往後試驗將測試不同墜落質量對捲揚式防墜器性能之影響。

表 12 100kg 與 75kg 沙包動態試驗數據比較

廠牌	100kg 力量 (kN)	75kg 力量 (kN)	100kg 距離 (m)	75kg 距離 (m)
A	5.21 (↗) ^(註)	4.94	1	1.1
B	2.12	2.93(↗)	1.85	1.25
C	3.6	5.74(↗)	1.2	1.35
D	2.93	3.12(↗)	1.65	1.25
E	4.6(↗)	3.66	1.95	1.4
F	2.77	6.26(↗)	1.75	1.0
G	5.69	5.87(↗)	1.55	1.3
H	4.03	4.84(↗)	1.45	1.0
I	4.12(↗)	3.43	1.1	1.1
J	3.38	2.85	1.5	1.3
K	4.93	7.6(↗)	1.85	1.7
L	5.08(↗)	4.56	1.1	1.0
平均	4.04	4.65	1.495	1.23

(註)：為方便比較 75kg 與 100kg 衝擊力量，以力量較高者標示(↗)符號。

第三節 系統測試與設備

一、測試目的：

本節測試之目的為，仿製人體穿戴背負式安全帶與捲揚式防墜器相互搭配執行系統測試，於質量落下後，瞭解落下制止力量、距離、前傾角度是否符合國際規範，並觀察負載過程中背負式安全帶與捲揚式防墜器是否有任何零組件破損或斷裂。

二、器材：

仿製人體：85kg。

捲揚式防墜器：與動態測試相同規格之全新品。

背負式安全帶：清單如表 13 所示。

表 13 背負式安全帶清單

廠牌	生產國	備註
A	法國	單 D 環
B	亞洲國家	3D 環
C	德國	單 D 環
D	法國	3D 環
E	亞洲國家	3D 環

三、系統測試流程步驟，描述如下：

- (一) 依製造商說明，以一般穿著方式替仿製人體穿戴上背負式安全帶並調整背負式安全帶，確保背負式安全帶對仿製人體是合身的。
- (二) 將荷重感測元件固定至測試結構的錨錠裝置上，以垂直姿勢吊起仿製人體。將捲揚式防墜器救生索聯結至背負式安全帶 D 環處，再將捲揚式防墜器與荷重感測元件相互聯結。
- (三) 從捲揚式防墜器救生索拉出 300mm，量測方式從捲揚式防墜器救生索出口端至背負式安全帶 D 環處，且救生索必須是清晰可見的，接著將仿製人體固定至快速釋放裝置上，如圖 41 (a) 所示。量測高度 H_Q （從仿製人體下方至地面間的距離），於釋放之前，確定仿製人體的 D 環至錨錠裝置聯結點垂直軸的最大水平距離為 300mm。
- (四) 釋放仿製人體，測量並紀錄力與時間的關係。當仿製人體靜止時，如圖 41 (b) 所示，量測高度 H_G （從仿製人體下方至地面間的距離），於墜落後計算墜落距離 H_D （不可超過 1.5m）。 $H_D = H_Q - H_G$ 。
- (五) 當仿製人體墜落後處於靜止狀態時，測量仿製人體背部與救生索垂直軸間形成之前傾角度（以不超過 45 度為準）。
- (六) 當仿製人體墜落後處於靜止狀態時，觀察背負式安全帶是否有以下情形發生：
 - 1、任何主要編織材質的斷裂；

- 2、任何主要網綁編織環結的損壞；
- 3、任何固定或調整扣環局部斷裂；
- 4、任何固定扣環不當開啓；
- 5、是否對仿製人體的頸部施加壓力；
- 6、捲揚式防墜器的零組件是否有斷裂或損壞，並且觀察聯結器與錨錠裝置上相連通道的任何一點是否破損或不經意地被開啓。

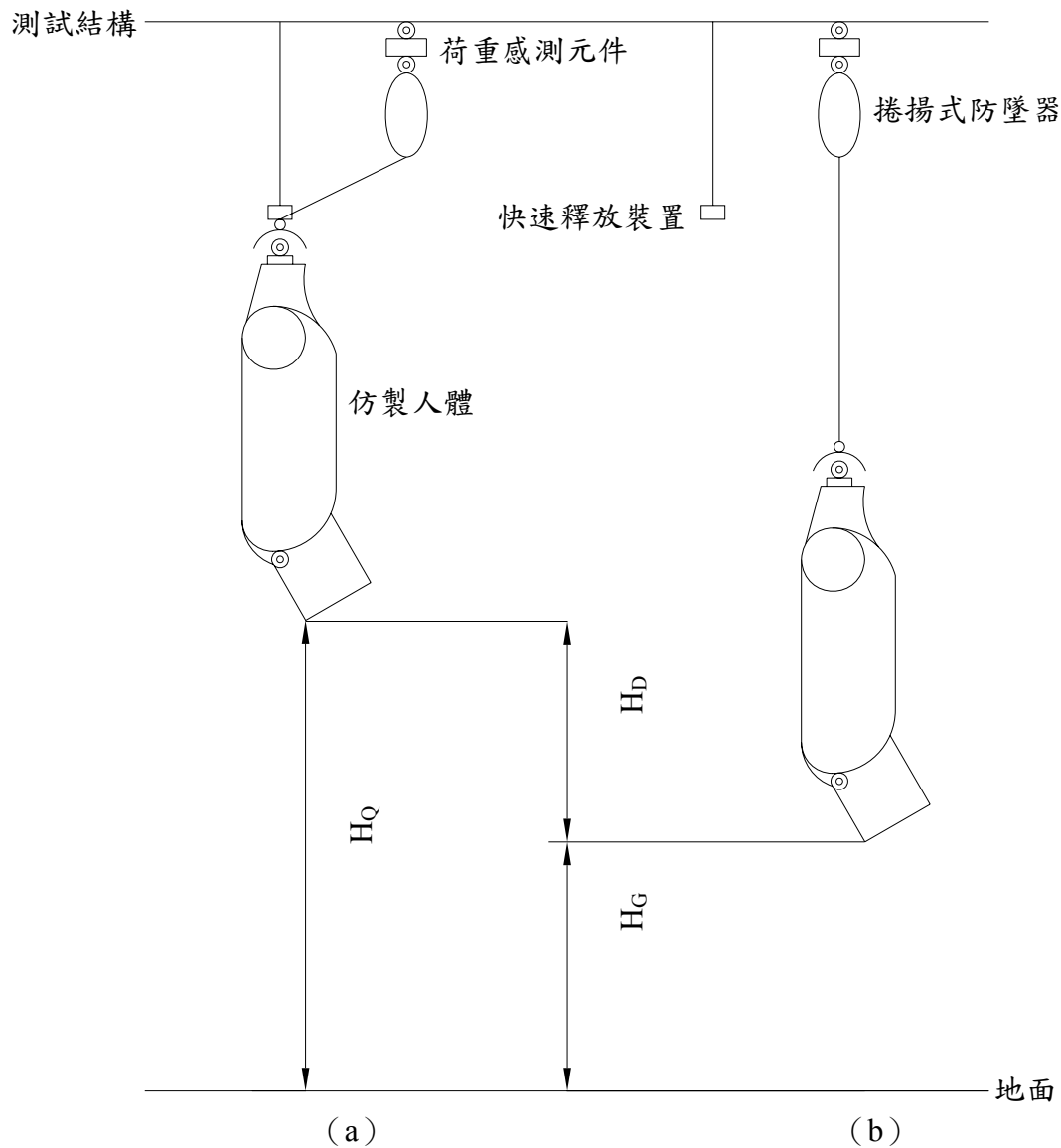


圖 41 系統測試架設圖

表 14 系統試驗


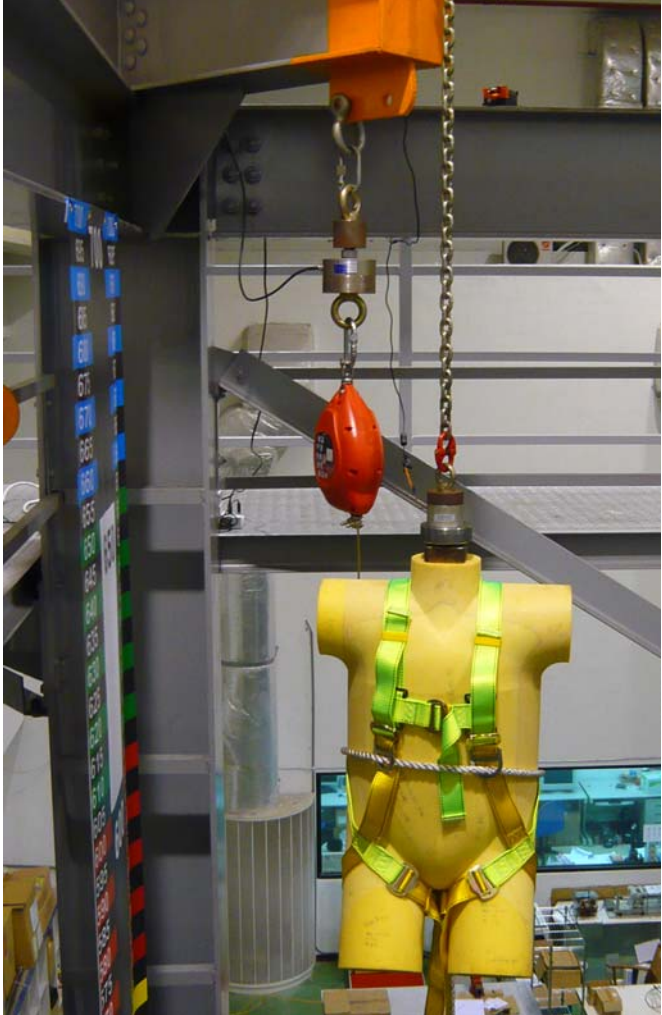
<p>背負式 安全帶</p>	 <p>正面 背面</p>
<p>落下前</p>	

表 14 系統試驗(續)


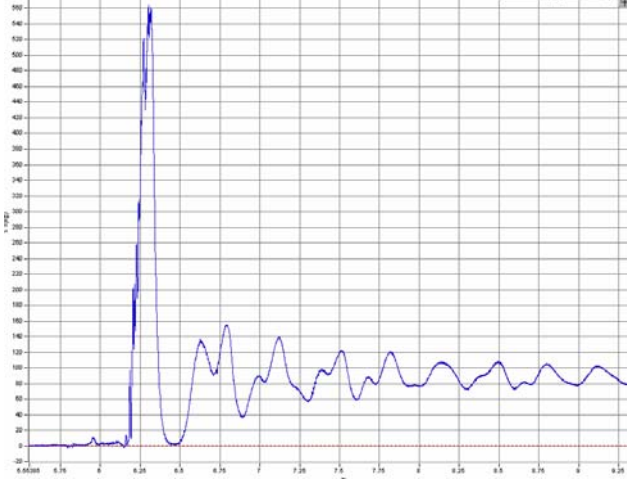
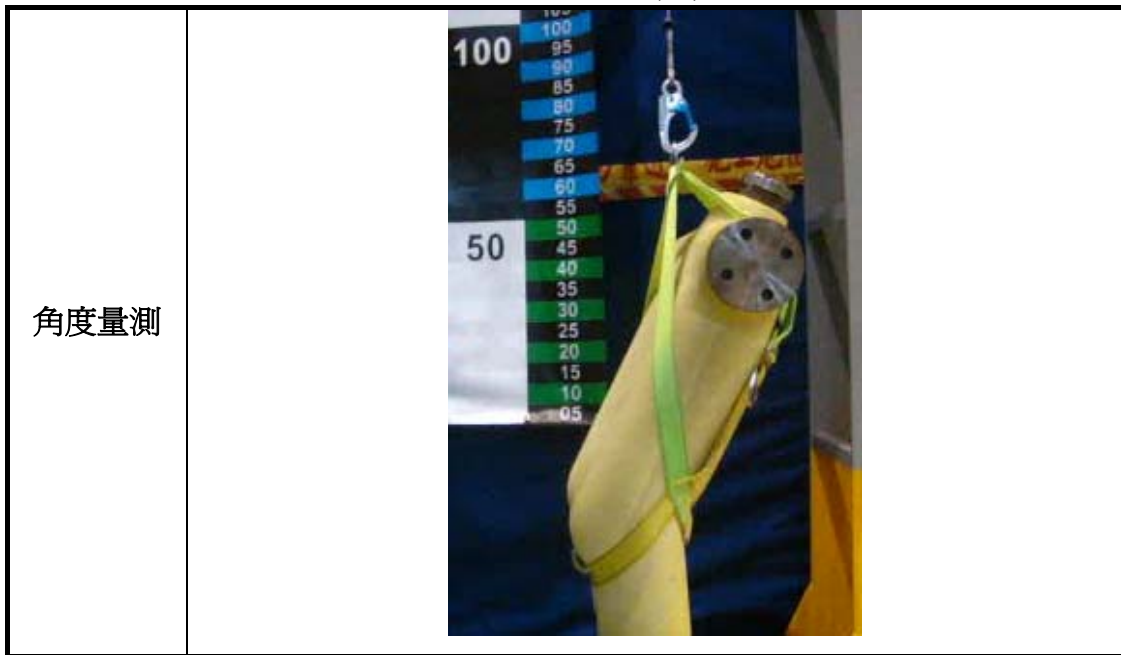
<p>落下後</p>	
<p>荷重曲線</p>	

表 14 系統試驗(續)



第四節 系統測試結果

捲揚式防墜器搭配背負式安全帶，依據 ISO10333-6 規範執行系統試驗，試驗數據如表 15 所呈現。觀察試驗結果可發現，實驗中選購之捲揚式防墜器執行系統測試結果，皆符合國際規範制定之範圍內，落下制止力量不超過 6kN、落下制止距離低於 1.5m、落下後前傾角度小於 45 度。

為有效得知背負式安全帶與腰負式安全帶，使用相同墜落質量測試結果之差異，將藉由本節實驗結果與日本使用腰負式安全帶測試結果相互比較。本節測試結果其落下制止力量平均達 3.55kN、落下制止距離平均為 0.988m，日本測試結果顯示其落下制止力量平均達 4.5kN、落下制止距離平均為 1.46m。可發現背負式安全帶與腰負式安全帶在相同質量測試下，背負式安全帶可有效分散衝擊力量並可阻止落下距離的延長，且可保持仿製人體在墜落後處於穩定狀態，使救援容易。

表 15 85kg 仿製人體系統試驗數據

廠牌	生產國	長度 (M)	鋼索形式	力量 (kN)	距離 (m)	前傾角度 (度)
A	法國	10	鍍鋅鋼	5.52	1.05	12
B	德國	6	鍍鋅鋼	2.32	0.85	13
D	法國	10	鍍鋅鋼	4.05	1.1	15
E	法國	20	鍍鋅鋼	3.37	1.3	35
F	法國	10	不銹鋼	2.87	1.05	22
G	法國	25	鍍鋅鋼	4.28	0.95	24
H	美國	12	鍍鋅鋼	2.29	1.1	23
J	法國	10	鍍鋅鋼	2.61	0.6	27
K	亞洲國家	20	鍍鋅鋼	4.64	0.9	22
平均				3.55	0.988	

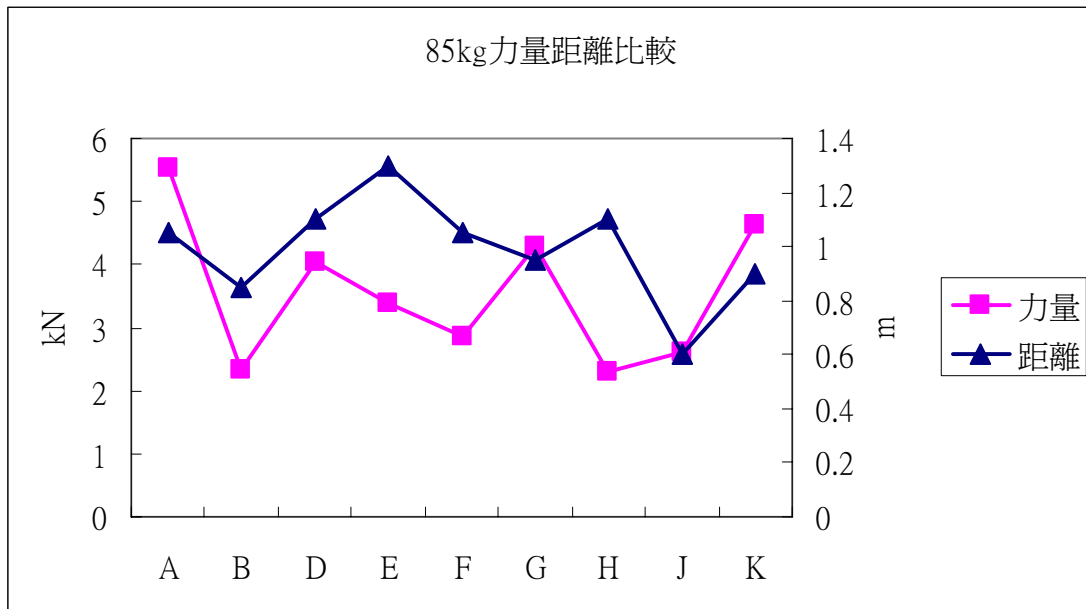


圖 42 85kg 力量距離比較圖

第五節 靜態試驗與設備

一、測試目的：

本節測試之目的為，確認捲揚式防墜器在救生索完全伸出情況下，救生索與防墜器聯結處穩固狀況，是否造成脫落之虞產生。

二、器材：

20 噸拉力試驗機。

捲揚式防墜器。

三、靜態試驗流程步驟，描述如下：

(一) 將救生索從捲揚式防墜器外殼拉出，切斷救生索使救生索長度維持 1.0 公尺，使用鋼索夾固定救生索以避免救生索回捲。

(二) 將捲揚式防墜器安裝至拉伸試驗機，使其可在吊柄處與救生索出口端兩者間施力，無須啟動捲揚式防墜器的上鎖機制。

(三) 依表 16 施予測試力，其施力速度不超過每分鐘 (150±10) mm / min。

(四) 測試力將維持 5 分鐘。在負載過程中，應確保無任何零組件破損或斷裂。

(五) 一旦相關拉伸力持續 5 分鐘，為了評估捲揚式防墜器最大負載，可持續進行測試至毀損為止。

表 16 靜力試驗拉力表



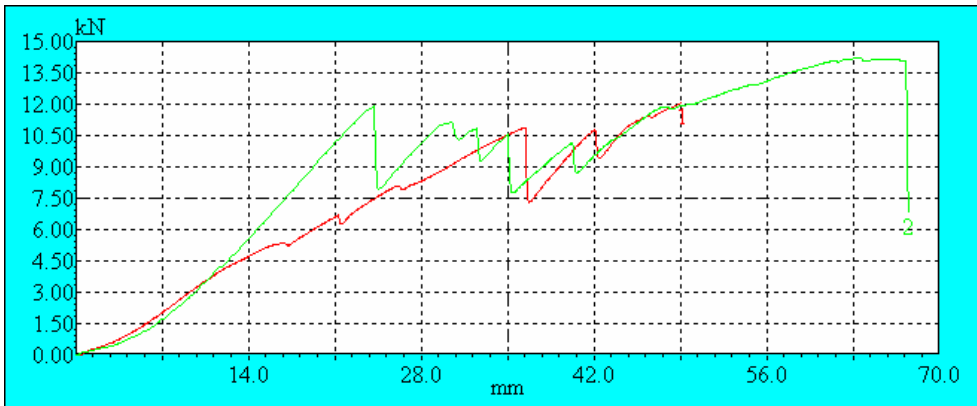
零組件	力最大值 (kN)
配備編織帶的救生索	15
配備纖維繩的救生索	15
配備鋼索的救生索	12
註：紡織品材質的力量強度必須要求較高，因為這些材質比金屬材質更容易磨耗與損壞。	



圖 43 拉伸試驗圖

(圖片來源：ANSI Z359.1-2007 [10])

表 17 靜態試驗

施力前																												
施力後																												
荷重曲線	 <table border="1"><caption>Approximate data points from the load-displacement graph</caption><thead><tr><th>Displacement (mm)</th><th>Load (kN) - Red Curve</th><th>Load (kN) - Green Curve</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>14.0</td><td>4.50</td><td>5.00</td></tr><tr><td>28.0</td><td>8.00</td><td>10.00</td></tr><tr><td>35.0</td><td>11.00</td><td>12.00</td></tr><tr><td>42.0</td><td>10.00</td><td>11.00</td></tr><tr><td>56.0</td><td>12.00</td><td>13.50</td></tr><tr><td>65.0</td><td>12.00</td><td>14.00</td></tr><tr><td>70.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr></tbody></table>	Displacement (mm)	Load (kN) - Red Curve	Load (kN) - Green Curve	0	0.00	0.00	14.0	4.50	5.00	28.0	8.00	10.00	35.0	11.00	12.00	42.0	10.00	11.00	56.0	12.00	13.50	65.0	12.00	14.00	70.0	0.00	0.00
Displacement (mm)	Load (kN) - Red Curve	Load (kN) - Green Curve																										
0	0.00	0.00																										
14.0	4.50	5.00																										
28.0	8.00	10.00																										
35.0	11.00	12.00																										
42.0	10.00	11.00																										
56.0	12.00	13.50																										
65.0	12.00	14.00																										
70.0	0.00	0.00																										

第六節 靜態試驗結果

本節試驗利用拉伸試驗機以 12kN 拉力持續 5 分鐘後，再施加力量，直到捲揚式防墜器破壞為止，試驗數據如表 18 所呈現。

表 18 靜態試驗數據

廠牌	生產國	12kN 力量 持續 5 分鐘	最大破斷力 (kN)	破壞位置
A	法國	合格	16.14	鋼索斷裂
B	德國	合格	13.81	吊柄處斷裂
E	法國	合格	14.72	鋼索連接處脫落
G	法國	合格	13.7	鋼索斷裂
H	美國	合格	12.22	鋼索斷裂
J	法國	合格	14.76	鋼索斷裂
L	亞洲國家	合格	14.23	吊柄處斷裂

觀察試驗數據可發現，以 12kN 拉力持續 5 分鐘測試，結果皆合格，之後再施加力量至破斷為止。從破斷位置分析可發現，破壞位置可概分為兩大部份，其一為捲揚式防墜器吊柄處斷裂，另一為鋼索斷裂。

在測試結果中，H 廠牌破斷力低於其他廠牌，其數值為 12.22kN，可能原因為鋼索直徑所造成，因實驗選購之捲揚式防墜器鋼索直徑約介於 3.5~5.5mm 間，H 廠牌鋼索直徑為 3.5mm 低於其他廠牌，造成最大破斷力只有 12.22kN 之結果，最後破斷位置如圖 44-49 所呈現。



圖 44 B 廠牌吊柄處斷裂



圖 45 B 廠牌吊柄處斷裂



圖 46 E 廠牌出口端損壞



圖 47 E 廠牌鋼索聯結處脫落



圖 48 L 廠牌吊柄處斷裂



圖 49 H 廠牌鋼索斷裂

實驗選購之捲揚式防墜器，分為鍍鋅鋼與不鏽鋼兩種材質，鋼索直徑約介於 3.5~5.5mm 間，主要鋼索直徑平均以 4.5mm 為主，為藉以瞭解兩種鋼索材質其破斷力的差異性，將挑選直徑 4.5mm 不鏽鋼與鍍鋅鋼各 3 條不同材質之鋼索，使用拉力試驗機探究其破斷力之結果。

試驗數據如表 19 所呈現。不銹鋼與鍍鋅鋼兩種材質，將其破斷力結果平均計算並無太大差異，但若以價格來分，不銹鋼防墜器比鍍鋅鋼貴上許多，一般作業環境使用鍍鋅鋼材質即可；但若處於化學工廠、海邊等具腐蝕性場所，則建議使用不鏽鋼材質之鋼索捲揚式防墜器。

表 19 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質拉力數據

編號	材質	最大破斷 (kN)	平均 (kN)
1	鍍鋅鋼	12.33	15.65
2	鍍鋅鋼	17.48	
3	鍍鋅鋼	17.15	
4	不銹鋼	15.74	15.61
5	不銹鋼	15.70	
6	不銹鋼	15.40	

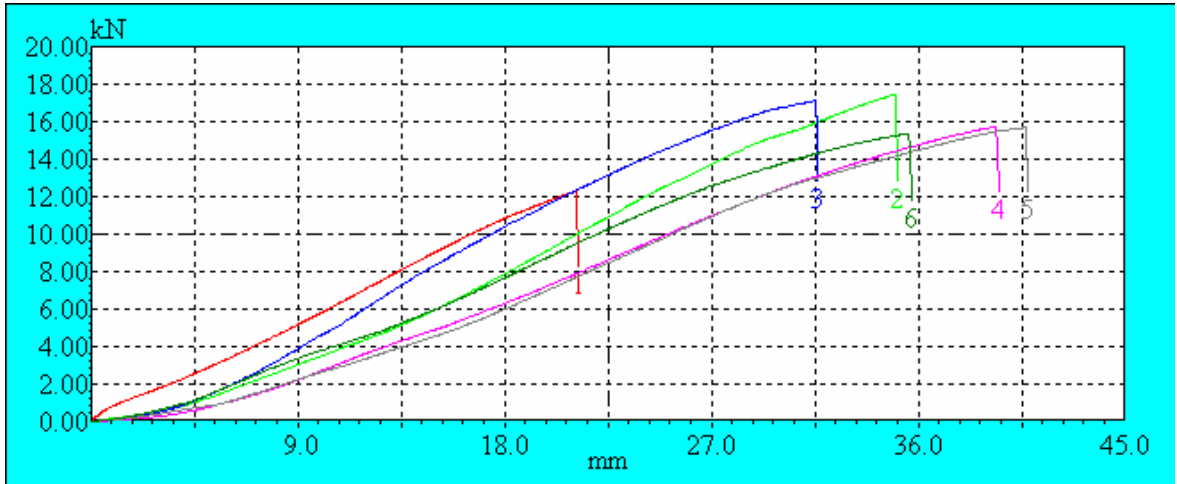


圖 50 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質破斷力比較圖



圖 51 鍍鋅鋼與不鏽鋼拉伸試驗



圖 52 鍍鋅鋼與不鏽鋼材質拉伸試驗結果

第七節 其他

一、捲揚式防墜器重複使用試驗

為瞭解捲揚式防墜器重複使用造成之影響，本次試驗使用全新捲揚式防墜器，墜落測試質量使用 75kg 沙包，連續執行 3 次動態實驗，試驗數據如表 20 所呈現。E 廠牌丟擲第一次與第二次力量數值差距不太，第三次力量數值降低，進一步拆開 E 廠牌防墜器進行檢查，內部零件制動塊卻已斷裂，失去制動效果，如圖 53 所示；J 廠牌雖然 3 次丟擲力量數值接近，但卻造成鋼索絞死，鋼索無法拉出之情況產生，如圖 54 所示。

故捲揚式防墜器已用於墜落事故後，鋼索雖還可伸出與回捲，功能看似正常，且從外觀判別並無損壞或異狀，但內部零件可能已產生變化，損害情形並無法從外觀有效得知，重複使用存在一定危險性。故各捲揚式防墜器製造商皆於說明書上指出，捲揚式防墜器若已用於墜落事故，必須丟棄或送回原廠處理等警告標語。

表 20 連續 3 次動態試驗數據

廠牌 次數	E		J	
	力量 (kN)	距離 (m)	力量 (kN)	距離 (m)
1	5.74	1.23	3.53	1.05
2	5.21	1.45	3.55	1.15
3	2.93	1.8	3.42	1.05
結果	制動塊斷裂		鋼索絞死	



圖 53 制動塊斷裂



圖 54 鋼索絞死

二、不同墜落質量對捲揚式防墜器之性能表現

本次試驗將觀察不同墜落質量對捲揚式防墜器之性能表現，實驗選用 6 個全新的捲揚式防墜器，藉由不同質量 60kg、50kg、40kg、30kg、20kg、10kg 砝碼執行動態試驗，實驗數據如表 21，圖 55 為衝擊力比較圖，從實驗數據可發現數值並非為線性關係，砝碼重 40kg 時，數值比 30kg 高；砝碼重 50kg 時，數值卻比 40kg 低，故猜測墜落測試質量與墜落制止力量可能較無絕對關係。

表 21 各砝碼動態試驗數據

測試砝碼(kg)	力量(kN)
10	1.75
20	2.88
30	4.33
40	4.61
50	3.62
60	3.57

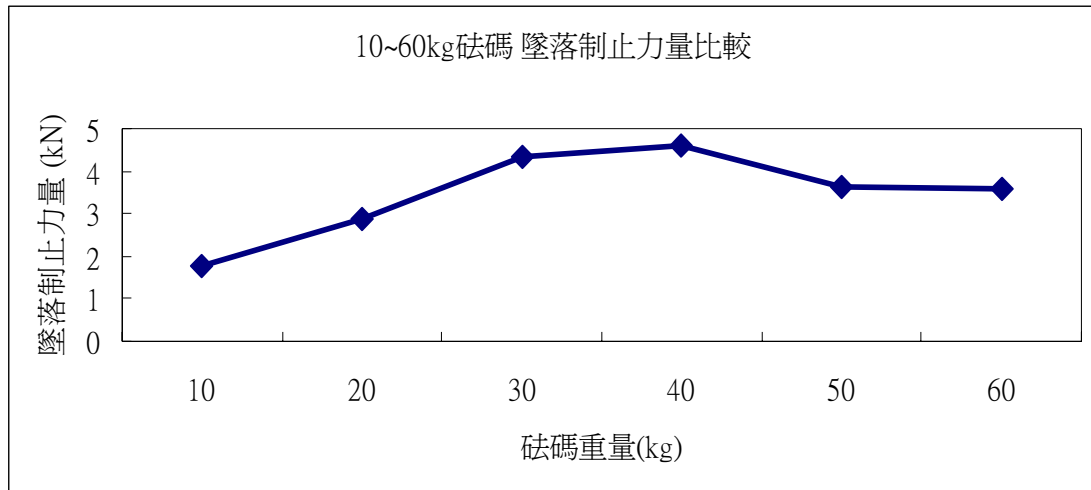


圖 55 10~60kg 墜落制止力量比較圖

三、背負式安全帶穿戴方式不符規定試驗

為藉以瞭解作業人員若穿戴背負式安全帶以不合乎規定穿著，人員所造成之影響，即背負式安全帶扣環無扣緊呈現鬆弛狀態等狀態，試驗中將使用全新的 J 廠牌捲揚式防墜器，搭配不符規定之背負式安全帶穿戴法進行測試，如圖 56 所示，試驗結果如表 22 所呈現，將試驗數據與符合規定之穿法兩者對照，結果可發現不符規定之穿法，其落下制止力量、落下制止距離及落下後前傾角度皆有上升趨勢，且落下後背負式安全帶有勒住仿製人體脖子之情況發生（圖 57），假設是在現場實際使用，作業人員可能有窒息之情況產生，非常危險。



圖 56 背負式安全帶穿著不確實狀態圖

表 22 背負式安全帶穿法不同試驗數據比較

廠牌	穿戴方式	力量 (kN)	距離 (m)	前傾角度 (度)
J	符合規定	2.61	0.6	27
J	不符合規定	2.98	39	

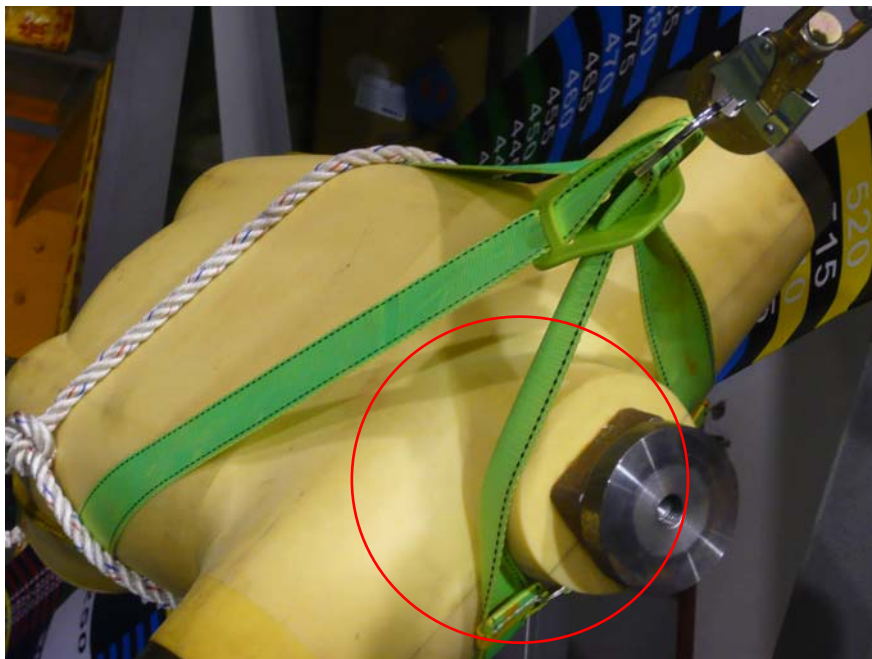


圖 57 仿製人體落下狀態圖

四、上鎖（Locking Test）測試

本次主要測試實驗選購之捲揚式防墜器，須多少墜落質量才能達到上鎖功能，實驗中將準備砝碼作為墜落測試質量，試驗結果如表 23，實驗選購之捲揚式防墜器只須 5kg ~ 10kg 的墜落質量就能造成捲揚式防墜器達上鎖功能。

作業人員於每次使用防墜器前，必須拉出鋼索並瞬間用力拉扯，測試捲揚式防墜器上鎖功能，檢查捲揚式防墜器的制動器及棘輪是處於正常的安全狀態；相對的，也可利用表 23 試驗結果取兩倍安全係數作墜落質量，測試捲揚式防墜器的上鎖功能，如 A 廠牌測試結果為 6kg 能讓捲揚式防墜器造成上鎖，使用 A 廠牌捲揚式防墜器前，取兩倍安全係數 12kg 的墜落質量，觀察 12kg 質量落下後，A 廠牌防墜器上鎖功能是否正常。

表 23 上鎖測試

廠牌	生產國	鋼索長度 (M)	質量 (kg)
A	法國	10	6
B	德國	6	5
D	法國	10	5
E	法國	20	8
G	法國	25	10
H	美國	12	5
J	法國	10	5
K	亞洲國家	20	5
L	亞洲國家	15	9

第五章 捲揚式防墜器雛型製作

第一節 捲揚式防墜器雛型設計與製造

捲揚式防墜器在國外有明確之標準要求，廣泛地被使用，其能減少墜落時所發生的衝擊力量及增加作業活動空間，為防止作業人員從高處墜落的個人防護設備，但此類產品國內並無製造，使用者需從國外進口，零售價格依規格由美金 100 多元至美金 3000 多元均有，僅限單人使用，於有大量人力工作之高空作業場所如營造業，業主成本負擔相當可觀。目前國內並無任何有關捲揚式防墜器標準，故可發展捲揚式防墜器國內自製能力，減少須仰賴從國外進口防墜器使用，一但國內開發捲揚式防墜器，大量生產即可降低進口成本，如此可增加國內事業單位使用意願，應可有效改善國內墜落職災比例。

本章欲達成之目標為製作合乎國際規範要求鋼索捲揚式防墜器，目前國內並未開發且無製造商，故防墜器雛型設計將先以國外現有產品及專利為依據，瞭解此裝置研發之困難處，再根據測試結果修正雛型，雛型製作流程如圖 58 所示。圖 59 為國外現有產品分解圖，將其與國外專利比較，瞭解其作動原理與設計重點，進一步分析，捲揚式防墜器分為兩大機構，分別為：煞車機構及捲線機構如圖 60-61，捲揚式防墜器內部零組件如表 24 所表示。當作業人員從高處墜落時，捲揚式防墜器內部的制動器會卡住棘輪裝置，阻止救生索進一步伸出，使作業人員瞬間停住於半空中，等待救援。

經由上述分析之後，利用電腦輔助軟體設計及繪圖，使設計與製作複雜性降低，電腦輔助軟體繪圖及組立結果如圖 62-63 所示。

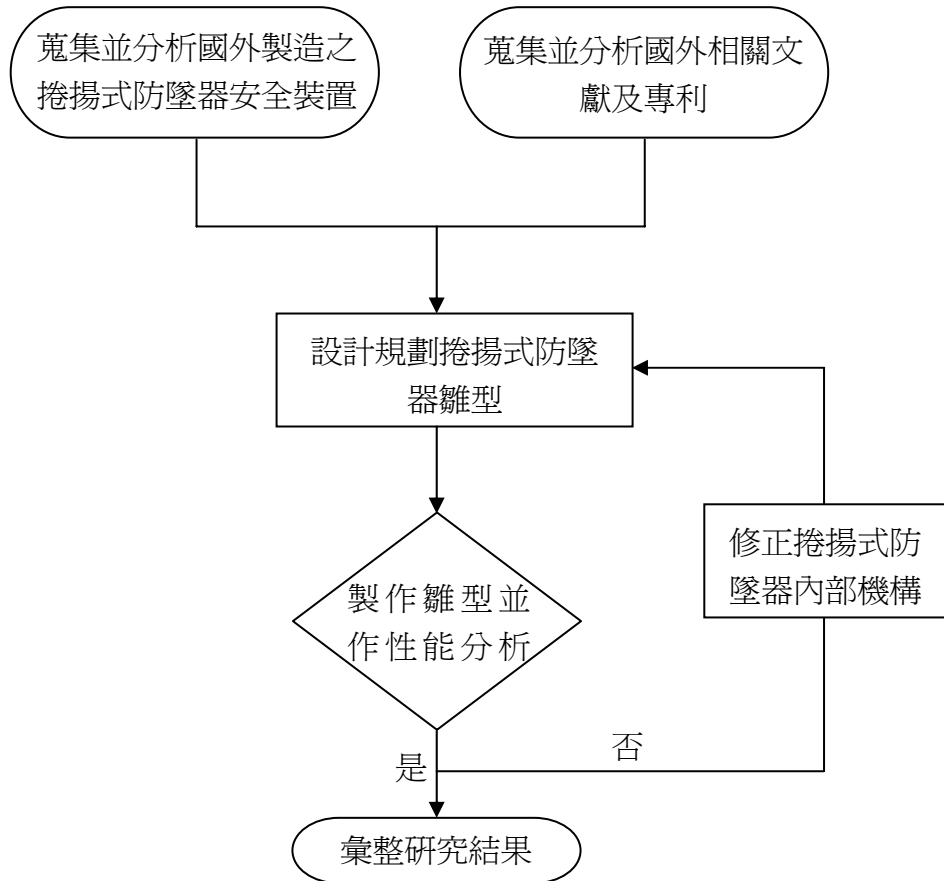


圖 58 雛型製作流程圖



圖 59 防墜器分解圖

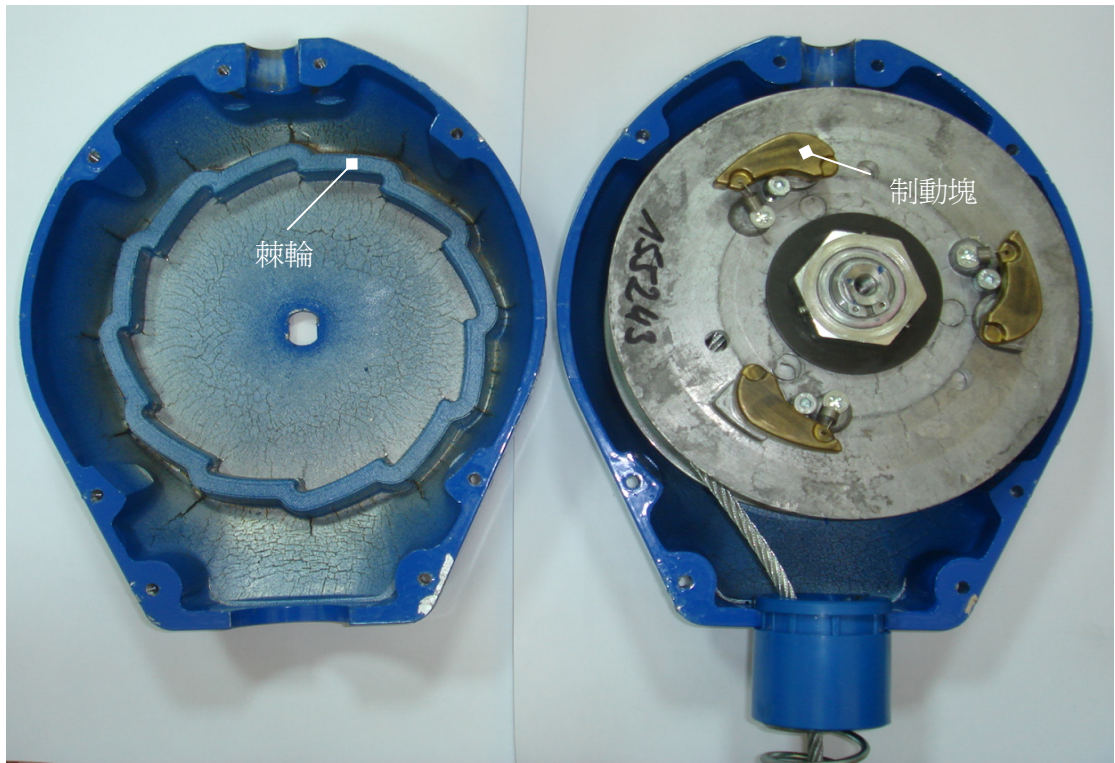


圖 60 煞車機構

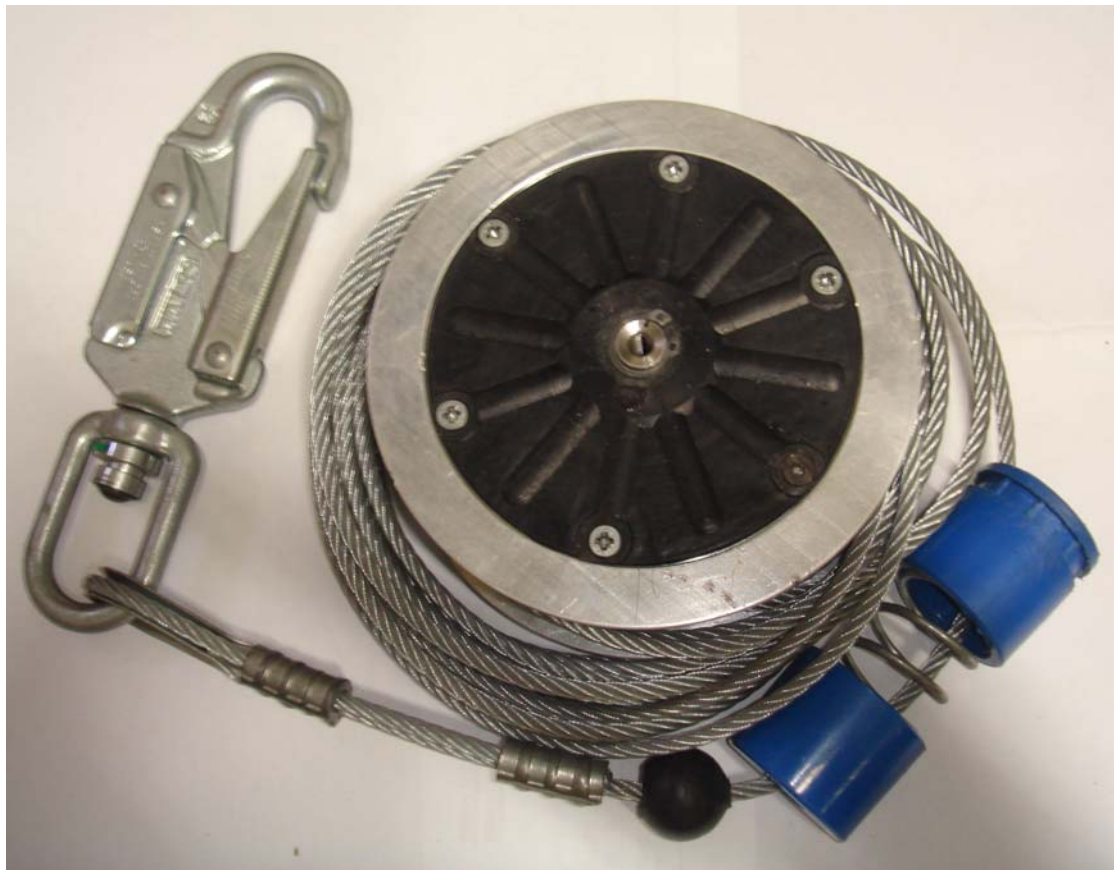


圖 61 捲線機構

表 24 防墜器內部零組件

品名	材質	數量
外殼	鋁合金	1
外殼（附棘輪）	鋁合金	1
制動塊	黃銅	3
制動塊彈簧	彈簧鋼	3
捲線輪轂	鑄鐵	1
心軸	合金鋼	1
渦捲彈簧	彈簧鋼	1
鋼索	鍍鋅鋼線	1
緩衝環	塑膠	1

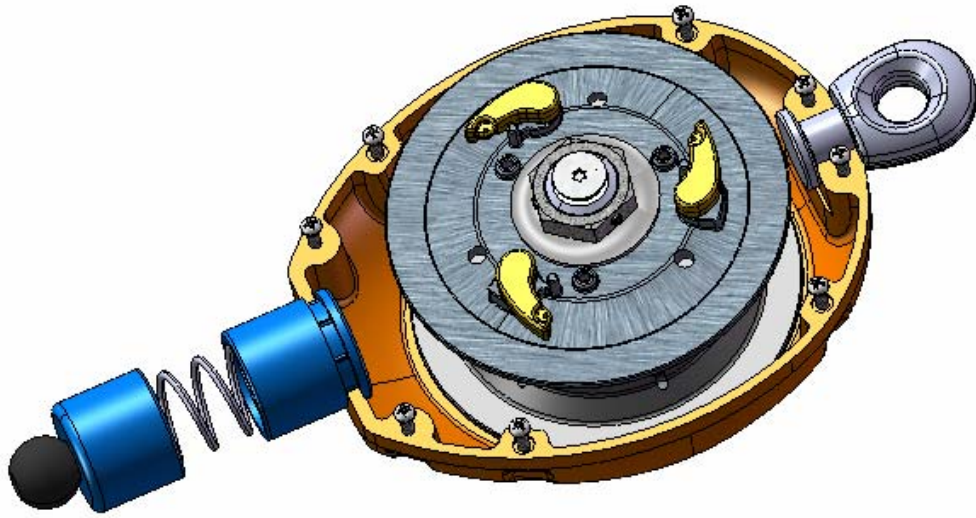


圖 62 雛型組立剖視圖

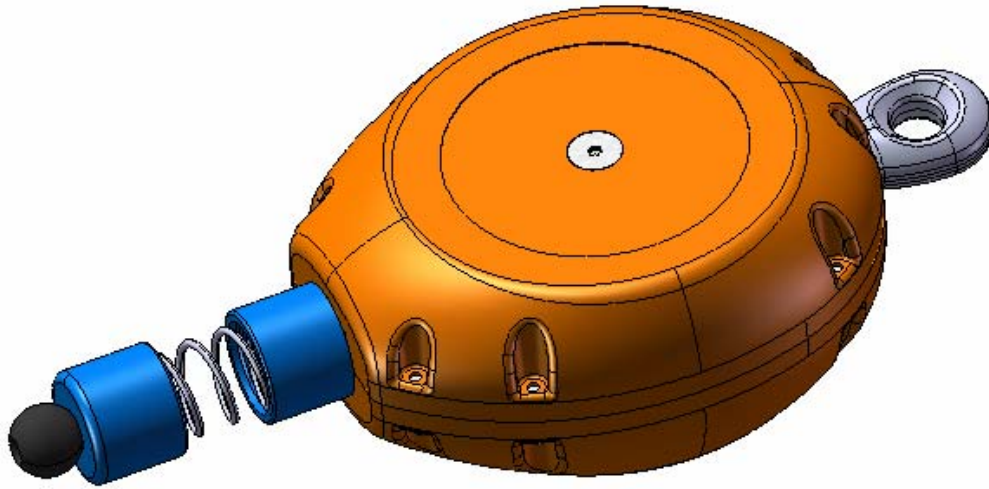


圖 63 雛型組立圖

捲揚式防墜器雛型開發過程中發現，制動塊彈簧及渦捲彈簧兩樣零件為關鍵零件。制動塊彈簧的彈簧常數決定了制動塊作動時機，間接影響捲揚式防墜器靈敏度性能表現；渦捲彈簧則決定了救生索伸出與捲回順暢與否。綜合在防墜器雛型在開發組裝過程中所遭遇之問題與解決方式，可概要分為下列幾項：

一、制動塊彈簧

(一) 遭遇問題：

- 1、彈簧彈性係數決定；
- 2、彈簧組裝中若施力不當，易造成永久塑性變形。

(二) 解決對策：

- 1、制動塊彈簧決定了制動塊作動之時機，量測原廠制動塊彈簧的彈簧係數後可發現，台灣不容易找到相符合彈簧係數之彈簧，本研究請廠商特別製作，非一般市面規格品。
- 2、本研究使用之制動塊彈簧彈性係數很小，容易因施力不當因素造成永久塑性變，組裝上須先將彈簧連接制動塊後再連接本體可避免造成損害變形。

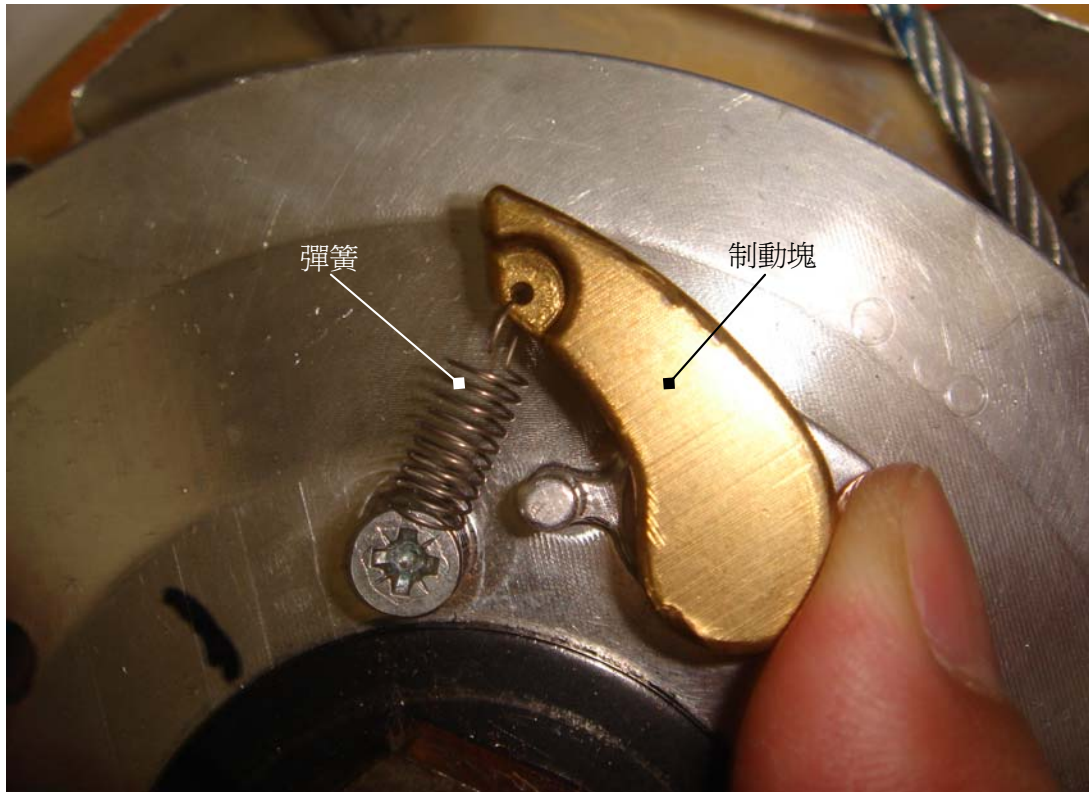


圖 64 制動塊及彈簧

二、渦捲彈簧

(一) 遭遇問題：

- 1、 渦捲彈簧彈力不足
- 2、 救生索回捲不順暢
- 3、 渦捲彈簧預壓力設定
- 4、 渦捲彈簧組裝困難

(二) 解決對策：

- 1、 目前台灣生產之渦捲彈簧普遍彈力不足，無法找到合適的渦捲彈簧，本研究採用進口彈簧取代。
- 2、 影響救生索回捲不順暢因素，除彈簧材質問題外，另有組裝方式及預壓力設定等因素。本研究使用市售捲揚式防墜器渦捲彈簧作測試，回捲不順問題依舊存在，故渦捲彈簧材質並非造成回捲不

順唯一因素。在組裝方式上，本研究也採用多種不同方式進行組裝，但順暢度依舊與市售捲揚式防墜器差異甚大。

- 3、渦捲彈簧組裝上預壓參數不易設定，本研究經多次測試後，採用先預壓6~8圈之設定。預壓太少救生索無法完全收回，預壓太多圈渦捲彈簧容易變形損壞。此參數也必須與渦捲彈簧搭配做調整。



圖 65 渦捲彈簧

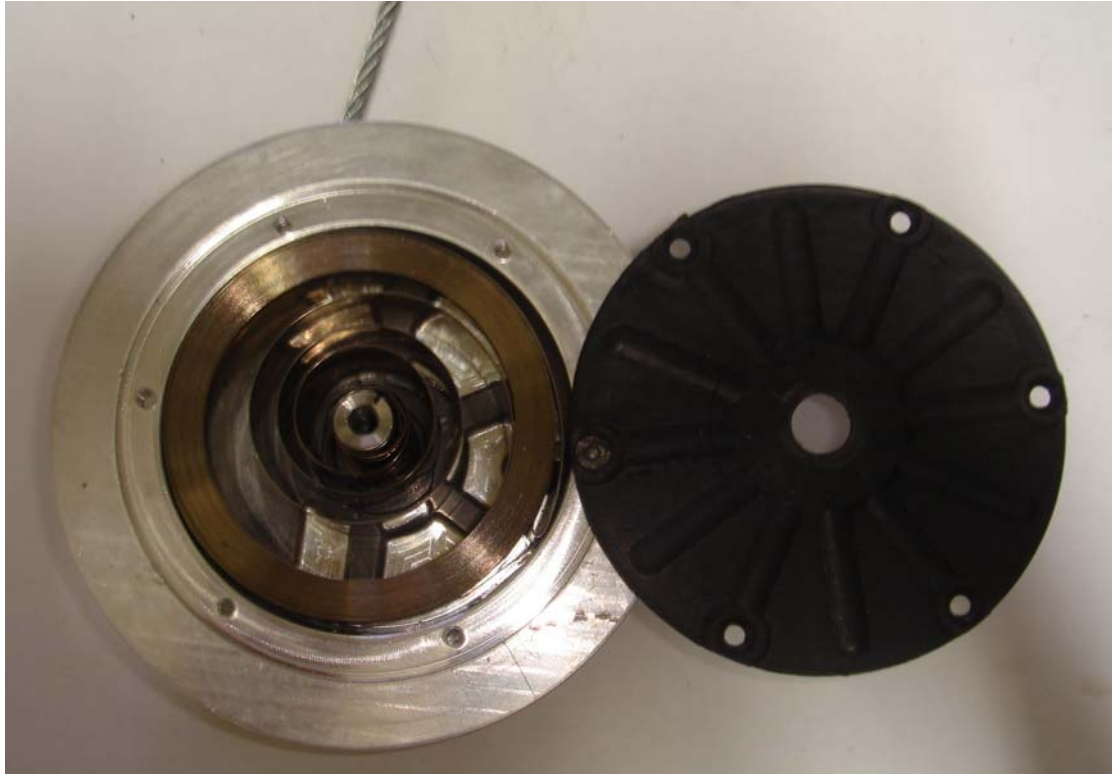


圖 66 渦捲彈簧組裝完成圖

三、其他

(一) 遭遇問題：

- 1、 救生索撓性差異，捲線時排列不順暢
- 2、 公差配合問題

(二) 解決對策：

- 1、 本研究開發之雛型與原廠防墜器比較可發現，雛型救生索材質撓性較硬，造成捲線後排列不順暢，救生索容易打結。分析此原因，除上述渦捲彈簧組裝問題外，另可能為與救生索撓性有關。
- 2、 本研究為第一次開發防墜器雛型，零件製作時公差的訂定不嚴謹，造成組裝時發生裝配困難之現象。雛型公差中以心軸公差最為關鍵，心軸除了須直接與捲線輪轂配合外，更須與外殼及多個 C 型扣環聯結，故心軸於未來開發時，為須特別注意公差的零件之一。

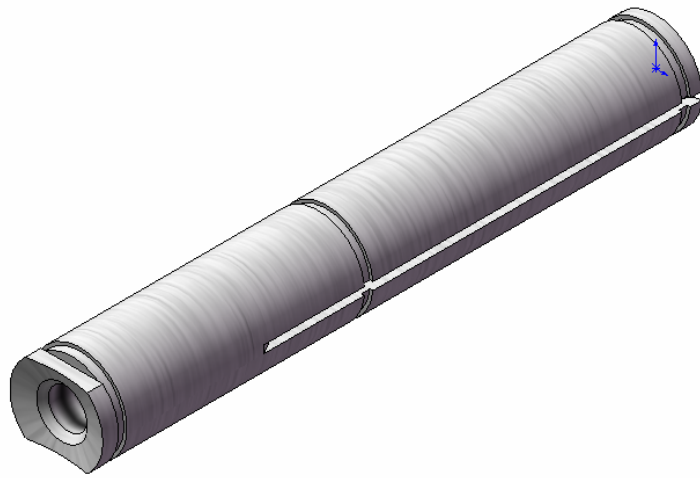


圖 67 防墜器心軸



圖 68 捲揚式防墜器雛型分解圖



圖 69 捲揚式防墜器雛型

第二節 防墜器雛型動態測試

為確認防墜器雛型符合國際規範要求，本雛型以動態性能做測試，因捲揚式防墜器雛型為首次開發，故先採用 75kg 沙包做為測試質量，測試過程如表 25 所示，測試結果如表 26 符合國際規範要求。本次開發之雛型雖符合國際規範要求，但卻發現雛型之救生索伸出後停滯而無法回捲、救生索拉出不順暢等情況，為本次雛型製作所遭遇之問題，建議往後研究人員開發捲揚式防墜器雛型時，可將此情況列入設計考量之重點。

表 25 雛型動態試驗

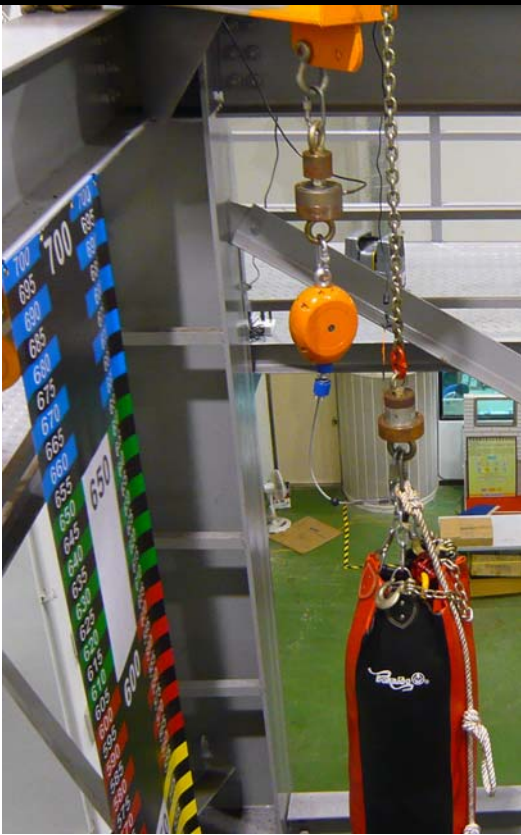

落下前	
落下後	

表 25 雛型動態試驗(續)

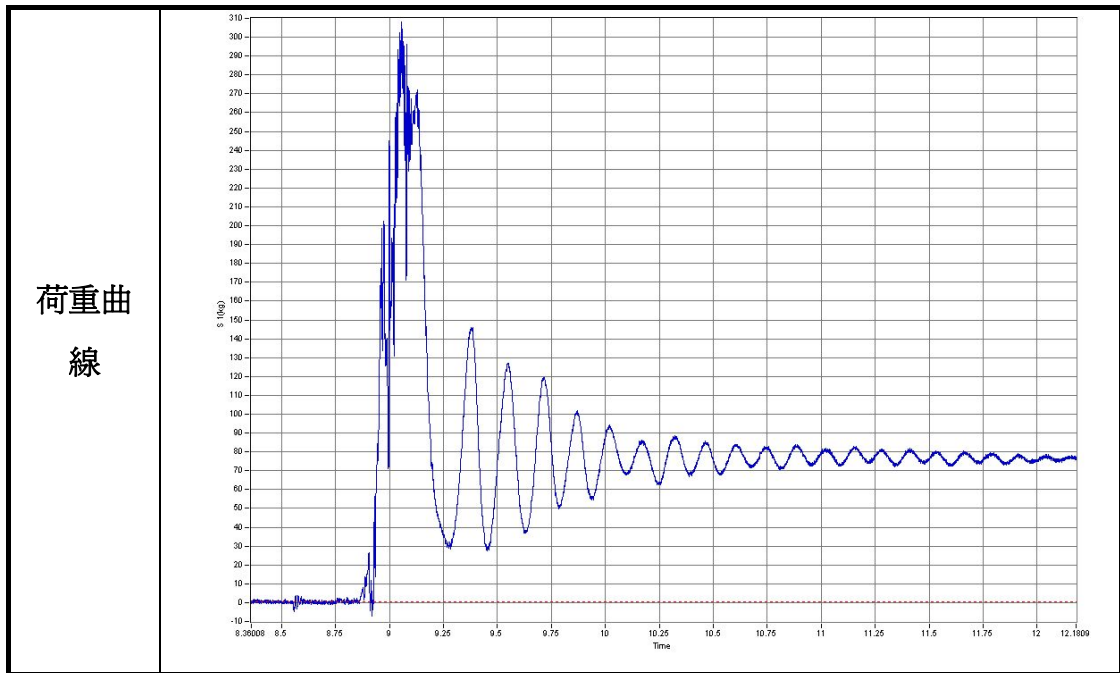


表 26 75kg 雛型動態試驗數據比較

廠牌	生產國	長度 (M)	重量 (kg)	救生索 形式	力量 (kN)	距離 (m)	目視外觀
雛型	台灣	10	3.6	鍍鋅鋼	3.01	1.15	無異狀
B	德國	6	3.7	鍍鋅鋼	2.93	1.25	無異狀

第六章 結論與建議

第一節 結論

- 一、本研究完成：(一) 依據 ISO 10333 規範，建立捲揚式防墜器墜落測試平台鋼體結構；(二)捲揚式防墜器動態及靜態試驗；(三)捲揚式防墜器搭配背負式安全帶執行性能測試分析；(四)國內捲揚式防墜器標準草案；(五)捲揚式防墜器專利產品等資料蒐集及捲揚式防墜器雛型製作分析。
- 二、本研究依據 ISO 10333 規範測試市售 16 組捲揚式防墜器，經實驗結果均符合 ISO 10333 規範要求，防墜器單體動態測試其衝擊力量低於 6kN、墜落距離在 2m 內立即停止；防墜器搭配背負式安全帶做系統測試，其衝擊力量低於 6kN、墜落距離在 1.5m 內立即停止、墜落後前傾角度小於 45 度。
- 三、以 ISO 10333 規範所訂之仿製人體尺寸，製作 85kg 仿製人體穿戴背負式安全帶，落下制止力量平均為 3.55kN、落下制止距離平均為 0.988m，與日本 85kg 沙包穿戴腰負式安全帶 4.5kN 及 1.46m 之測試結果比較，可發現背負式安全帶與腰負式安全帶在相同質量測試下，背負式安全帶可有效分散墜落衝擊力量並可阻止落下距離的延長，且可保持仿製人體在穩定狀態。
- 四、經本研究之實驗證實，不符規定之背負式安全帶穿戴法，如背負式安全帶扣環無扣緊呈現鬆弛等狀態，其衝擊力量、墜落距離及前傾角度皆有上升之趨勢，且落下後背負式安全帶有勒住仿製人體脖子之情況發生。
- 五、本研究發現捲揚式防墜器若已用於墜落事故，其內部零件之破壞情形並無法由外觀得知，若重複使用有一定危險性存在，包括：鋼索無法伸出或回捲、鋼索脫離外殼、貓眼變形斷裂及制動塊斷裂等。
- 六、本研究所開發之捲揚式防墜器雛型，經動態測試實驗合格，但捲線不順及渦捲彈簧組立時預壓圈數參數之設定，為開發捲揚式防墜器雛型所遭遇之主要問題。

第二節 建議

- 一、日本勞動安全衛生法以 85kg 為墜落測試質量，且其性能測試方法大致與 ISO 10333 規範相同，因我國與日本身材相仿，建議未來國內標準訂定墜落測試質量時，以 85kg 為測試質量。
- 二、依據本研究結果，捲揚式防墜器重複使用會有一定危險性存在，建議檢查單位應注意現場作業人員捲揚式防墜器使用情形，檢查捲揚式防墜器外觀是否有異樣，如鋼索無法伸出或回捲、貓眼變形斷裂、鋼索脫離外殼等。
- 三、背負式安全帶正確穿戴，可有效分散衝擊力量並可阻止墜落距離的延長，建議現場管理及檢查人員應注意使用者的穿戴方法是否正確，如各背帶距離身體約三指幅寬度，才合乎安全。
- 四、調查業界使用現況發現，若防墜器靈敏度太高，人員移動時，容易造成棘輪瞬間上鎖的狀態，若靈敏度太低，於墜落事故時，棘輪上鎖的速度過慢，建議在未來雛型開發上能將此點列入考量。
- 五、捲揚式防墜器搭配背負式安全帶對墜落預防極為重要，建議製作宣導短片、海報及教育訓練等，使人員瞭解防墜器之重要性及使用方法，以利推廣。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所沈副研究員育霖、林助理研究員義量、專案助理林蕙姿外，另包括國立中興大學，邱副教授顯俊，研究生陳峰維等人。研究報告承蒙勞委會勞工檢查處鄒科長子廉、朱科長金龍、中華大學徐助理教授增興、嘉南藥理科技大學劉教授玉文的大力指正，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] 行政院勞工委員會：勞工安全衛生設施規則，第 281 條，2007。
- [2] 行政院勞工委員會：勞動檢查年報。2001~2007。
- [3] 行政院勞工委員會北區勞動檢查所：職災案例。2006~2008。
- [4] 行政院勞工委員會中區勞動檢查所：職災案例。2006~2008。
- [5] 行政院勞工委員會南區勞動檢查所：職災案例。2006~2008。
- [6] International Organization for Standardization, Personal fall-arrest systems
— Part 3 : Self-retracting lifelines, 10333-3 ; 2000。
- [7] International Organization for Standardization, Personal fall-arrest systems
— Part 6 : System performance tests, 10333- 6 ; 2004。
- [8] The British Standards Institution, Personal protective equipment against falls from
a height—Retractable type fall arresters, 360 ; 2002。
- [9] The British Standards Institution, Personal fall protection equipment—Test
methods, 364 ; 1993。
- [10] American National Standards Institute, Safety Requirement for Personal Fall
Arrest System — Subsystems, and Components, Z359.1 ; 2007。
- [11] 独立行政法人産業技術総合研究所(日本)：安全帶構造指針，
NIIS-TR- NO.35 ; 1999。
- [12] <http://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-11/hor1-11-22-1-0.htm>。
- [13] Product Inspection Guide, www.millerfallprotection.com

附錄 A 捲揚式防墜器 編織帶式及尼龍繩式性能測試

本研究也依據 ISO 10333-3 規範，執行編織帶式及尼龍繩式防墜器單體動態分析試驗，提供相關單位參考。

器材：

沙包 100 kg。

編織帶捲揚式防墜器：清單如附表 1。

附表 1 動態試驗清單

廠牌	生產國	長度	形式
A	法國	10M	編織帶（扁形）
B	亞洲國家	6M	編織帶（扁形）
C	法國	6M	編織帶（扁形）
D	法國	6M	尼龍繩（圓形）

試驗數據如附表 2 所呈現，結果可發現力量與墜落距離雖都符合國際規範，但編織帶式與尼龍繩式的共同特性就是於墜落後作動過一次，編織帶與尼龍繩就會絞死，產生救生索無法拉出的情況。

附表 2 沙包 100kg 動態試驗數據

廠牌	生產國	長度 (M)	形式	力量 (kN)	距離 (m)	目視外觀
A	法國	10	編織帶（扁形）	4.02	1.7	編織帶絞死，無法拉出
B	亞洲國家	6	編織帶（扁形）	5.93	1.95	編織帶絞死，無法拉出
C	法國	6	編織帶（扁形）	5.06	1.8	編織帶絞死，無法拉出
D	法國	6	尼龍繩（圓形）	3.52	1.4	尼龍繩絞死，無法拉出

附錄 B 捲揚式防墜器 檢查技術資料

Self-Retracting Lifeline Inspection – Guidelines

資料來源 (www.millerfallprotection.com)

本類型的捲揚式防墜器 (Self-Retracting Lifeline, SRL) 使用絞盤機構來回捲救生索，其外殼不可拆解，須特殊工具才能打開，除非受過專業訓練或為製造商，否則請勿自行打開。自我檢查救生索時一定要拉出所有的救生索，救生索必須從頭到尾檢查。

註：本說明應提供給所有使用本裝備用戶，每年應由製造商或具檢查資格的人員對本防護裝備至少檢修一次。有關的檢修情況須以附件中之表格予以記錄備案。

測試方法為：

- 1.) 救生索伸出測試：測試救生索是否能自由伸出
- 2.) 制動試驗：測試制動機構的可靠性。
- 3.) 回捲測試：測試 SRL 救生索回捲機構

進行視覺和觸覺檢查

1. 外殼 (Housing) 檢查

- (1) 確保外蓋螺栓及鉚栓都已鎖緊
- (2) 扣件鬆動
- (3) 零件遺失
- (4) 裂縫或磨損
- (5) 檢查所有聯接處有無不容許的變形
- (6) 腐蝕情形

- (7) 總體惡化
- (8) 使用者自行修改
- (9) 物理損害
- (10) 各部位是否彎曲、斷裂、扭曲、破損及零件失靈

2. 衝擊負載檢視 (Load Impact Indicator)

- (1) 檢查衝擊負載影響 (如伸縮配備)

註：衝擊負載影響可能位於安全掛鉤 (snap hook) 上。在受到墜落力量後，會使貓眼破損。衝擊負載影響也可能在掛鉤或本體身上，請檢視製造商的使用說明書確認確切位置。

3. 鋼索 (Wire Rope)

用手抓住鋼索並旋轉鋼索，檢查掛繩每一側，注意鋼索各股部分。損壞的鋼索會有線股鬆散突出現象，爲了避免手部受傷檢視鋼索掛繩時必須穿戴防護手套。

註：與裝配檢查標準不同，墜落使用的鋼索或股不允任何損壞或斷裂。

- (1) 刻痕，磨損
- (2) 磨損或損壞的股 / 鋼索
- (3) 總體惡化 / 外部過度磨損
- (4) 使用者自行修改
- (5) 生鏽 / 凹陷 / 腐蝕
- (6) 扭結 / 損傷
- (7) 鋼索股突出
- (8) 鋼索股裂開
- (9) 熱損傷，熔化
- (10) 扭曲打結
- (11) 鋼索股中心突出

(12) 不可使用凍結的繩索

4. 配件 (Fittings)

- (1) 磨損或裂痕
- (2) 腐蝕或凹陷
- (3) 變形 / 彎曲
- (4) 修改過後的零件
- (5) 明顯損傷

5. 接合處 (Splices)

- (1) 磨損或斷絲
- (2) 扭結 / 損傷
- (3) 腐蝕

材料要求試驗。

- (1) 錨錠點 (即：三角架或類似裝置)
- (2) 伸縮掛繩

6. 掛繩回捲和拉伸試驗：(Lanyard Retraction & Tension Test)

當防墜器平放時，不可拉出或回捲伸縮掛繩，須當捲揚式防墜器安裝在錨錠點時才可檢查使用。掛繩回捲和拉伸試驗主要目的為確保掛繩是否能自由伸縮。

步驟：

- (1) 將防墜器固定於錨錠點
- (2) 拉出 50% 的伸縮掛繩
- (3) 在伸縮掛繩保持輕微張力 (約 1 磅，0.45 公斤)
- (4) 讓伸縮掛繩捲回到外殼裡 (伸縮掛繩在捲回時，始終保持輕微張力。)

(5) 重複 2 至 4 步驟，此時拉出 100 %的伸縮掛繩長度

不可讓伸縮掛繩迅速收回外殼內，這可能會造成防墜器的損害。

註：如果伸縮掛繩回捲不順利或卡住，可從外殼中拉出所有伸縮掛繩並且保持輕微張力下緩慢地縮回。然後重複上述步驟。

結果：伸縮掛繩應可以自由的拉出與縮回。如果設備沒有通過這個測試，不可拿來使用。

7. 制動試驗 (Braking Test)

制動測試的目的是，確保煞車機構能正常作動。

步驟：

- (1) 將防墜器固定於錨錠點
- (2) 握住伸縮掛繩並急劇下拉，直到煞車作動時
- (3) 保持張力在伸縮掛繩上直到煞車被完全作動
- (4) 釋放張力
- (5) 讓伸縮掛繩收回到外殼裡

結果：制動器應被作動時，伸縮掛繩不可有任何滑動。一但張力釋放，煞車應可被釋放，伸縮掛繩自動伸縮。如果設備沒有通過這個測試，不可拿來使用。

8. 收回模式試驗 (Retrieval Mode Test)

收回模式試驗的目的是確保收回機構功能正常作動。

注意：某些防墜器在下降的情形下將需要至少 75 磅的力量。

步驟：

- (1) 將防墜器固定於錨錠點
- (2) 握住伸縮掛繩並拉出幾英尺的伸縮掛繩
- (3) 把伸縮掛繩固定就位，在繩上保持輕的張力
- (4) 在沒有收回模式下嘗試收回掛繩

結果：掛繩不應該被收回，除非防墜器已啓動

- (5) 使用收回模式
- (6) 在繩上保持輕的張力，使用絞盤收回掛繩

結果：制動器被作動時，伸縮掛繩不可有任何滑動。一但張力釋放，煞車應可被釋放，伸縮掛繩自動伸縮。如果設備沒有通過這個測試，不可拿來使用。

安全掛鉤（Snap Hooks）

安全掛鉤應為可自鎖的類型。掛鉤應可承受 3600 磅，且最低抗拉強度為 5000 磅。

進行視覺和觸覺檢查

1. 掛鉤本體（Snap Hooks）

- (1) 掛鉤應為可自鎖的類型
- (2) 扭曲，彎曲處或者伸長
- (3) 防滑舌片必須固定於掛鉤鼻端
- (4) 防滑舌片不可扭曲變形
- (5) 總體惡化 / 過度磨損
- (6) 使用者自行修改
- (7) 生鏽 / 凹陷 / 腐蝕
- (8) 無裂紋
- (9) 沒有遺失零件
- (10) 沒有過度磨損
- (11) 沒有粗糙或鋒利邊緣

2. 安全掛鉤鎖扣裝置（Snap Hook Locking Mechanism）

- (1) 按壓鎖扣裝置，防滑舌片可自由開啓（防滑舌片活動順暢）

- (2) 放開鎖扣裝置（鎖扣裝置回復至原來位置）

3. 防滑舌片（Snap Hook Keeper）

- (1) 按壓防滑舌片然後釋放，檢視防滑舌片彈簧的作動（防滑舌片應該可迅速回到關閉位置，沒有阻礙）
- (2) 沒有按壓鎖扣裝置（防滑舌片不可開啓）
- (3) 確認防滑舌片保持再掛鉤鼻端，不可有橫向移動

4. 連結銷（Swivel Connectors）

- (1) 連結銷接絕不能鬆動，允許自由旋轉的設計
- (2) 沒有物理損壞，裂縫，彎曲，變形

5. 警告標籤（Tagging System）

每個防墜器應有一個認證標籤，詳細記載如：型號、製造日期、廠商名稱、限制和警告標語

- (1) 檢查標籤的製造日期有無超過使用期限
- (2) 如果標籤已遺失或無法辨識，請勿使用

6. 清潔和存放（Cleaning and Storage）

- (1) 定期對掛繩進行清潔保養，並對其操作性能進行檢查
- (2) 不可對裝備添加任何潤滑油
- (3) 對裝備的功能及制動裝置進行檢查
- (4) 將防墜器懸掛儲存在通風且乾燥的地方
- (5) 確保外殼內沒有異物

墜落保護裝置檢查清單

Inspection Checklist – Fall Protection Equipment

廠牌：	型號：
序號：	製造日期：
檢驗員：	檢驗日期：
檢驗員簽名：	

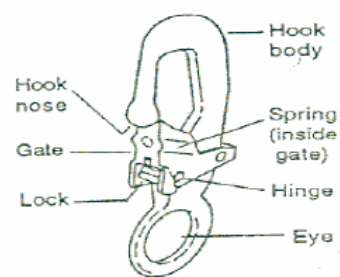
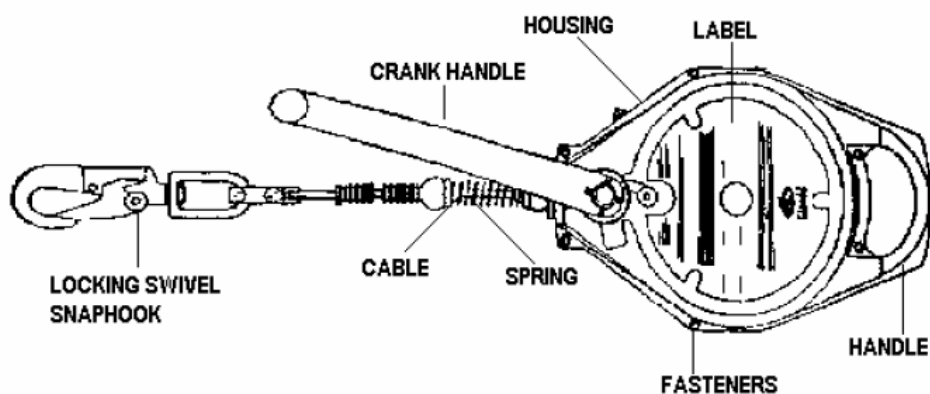


Figure 1n
Snaphook, Self-locking

項目#	種類	不合格 X	合格 V	備註
	衝擊負載			
	外殼			
	變形			
	標籤			
	安全掛鉤 (SNAPHOOK)			
	連接銷 (Swivel Connectors)			
	安全掛勾本體			
	安全掛鉤鼻端			
	防滑舌片(Gate , keeper)			
	鎖扣裝置 (Lock)			
	眼式 (Eye)			
	鉸鏈 (Hinge)			
	彈簧 Spring (inside gate)			
	伸縮掛繩			
	編織帶			
	編織			

捲揚式防墜器

項目#	種類	不合格 X	合格 √	備註
	斷絲			
	生鏽 / 凹陷 / 腐蝕			
	變形			
	高溫變形			
	配件			
	接合處			
	測試			
	拉出與縮回			
	制動測試			
	收回模式測試			

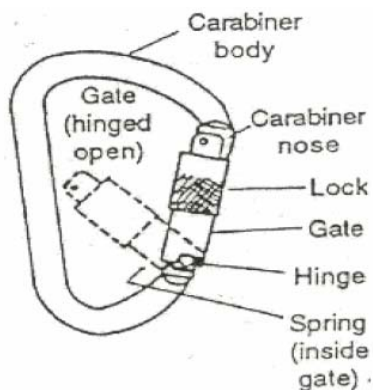


Figure 1q
Carabiner, Self-locking

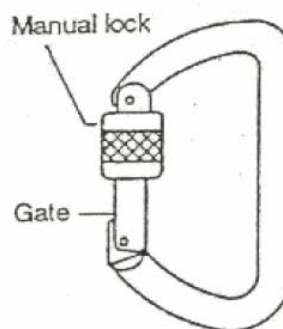


Figure 1r
Carabiner Manual-locking

捲揚式防墜器

項目#	種類	不合格 X	合格 √	備註
	Carabiner 本體			
	Carabiner 鼻端			
	門扣閘道開啓(hinged open)			
	鎖扣裝置 (Lock)			
	門扣閘道			
	鉸鏈 (Hinge)			
	彈簧 Spring (inside gate)			
	手動鎖扣裝置 (Manual Lock)			

附錄 C 捲揚式防墜器 標準草案

1、適用範圍：本標準適用於建築、土木、礦業、鋼骨結構工程、採石、局限空間（如人孔、船艙間）、屋頂作業、重大橋樑及造船廠等高處工作場所，為保護工作人員從高處墜落用之防墜裝置。捲揚式防墜器是個人防墜系統

（professional fall-arrest system, PFAS）聯結的系統配件，固定在工作場所高處的錨錠裝置上，僅限制於在單人使用，且總質量不可超過一百公斤，若總質量超過一百公斤（包括附屬工具及設備在內）的 PFAS 使用者，建議向設備製造商詢問是否適用的相關建議，此類型設備可能須將較大質量納入考量做額外的測試。

備考：本標準之國際對應標準為 ISO 10333-3 Self-retracting lifelines

2、引用標準：下列標準由於本標準所引用而成為本標準規定之一部份。

ISO 1140：1990, Ropes — Polyamide — Specification.

ISO 1141：1990, Ropes — Polyester — Specification.

ISO 1834：1999, short link chain for lifting purposes — General conditions of acceptance.

ISO 1835：1980, short link chain for lifting purposes — Grade M(4), non-calibrated, for chain slings etc.

ISO 2307：1990, Ropes — Determination of certain physical and mechanical properties.

ISO 3108：1974, Steel wire ropes for general purposes — Determination of actual breaking load.

ISO 4878：1981, Textiles — Flat woven webbing slings made of man-made fibre.

ISO 9227：1990, Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests.

ISO 10333-1, Personal fall-arrest systems — Part1 : Full-body harnesses.

ISO 10333-5, Personal fall-arrest systems — Part5 : Connectors.

ISO 14567 : 1999, Personal protective equipment for protection against falls from a height — Single-point anchor devices.

EN 892 : 1996, Mountaineering equipment — Dynamic mountaineering ropes — Safety requirements and test methods.

EN 1891 : 1998, Personal protective equipment for prevention of falls from a height — Low stretch kernmantel ropes.

3、用語釋義：本標準所用主要用語之定義如下。

3.1 捲揚式防墜器 (Self-retracting lifelines, SRL)

3.1.1 捲揚式防墜器

於工作場所中，聯結錨錠處的子系統，配有彈性救生索，可伸長並因工作者的動作自動回捲，同時具有煞車功能，可因應突然的墜落動作自動上鎖並固定救生索，與汽車安全帶的操作原理相似，參考圖 1。

3.1.2 整合救生工具 (integral-rescue facility)

完全整合至 SRL 的機械系統，除非拆解 SRL，否則無法移除。

註：提供救生人員使用，救回防止墜落後仍懸掛在空中或墜落後意識不清的工作者。此工具多是將工作者升起或下降（視情況而定）的救生人員在使用。

3.1.3 整合至救生索的減震包 (energy absorbers integral to the lifeline)

為消除從高處墜落時產生動能而設計的零件，因動能的施加將使 SRL、錨錠處及高處墜落者防墜能力下降。此減震包完全整合至救生索，除非毀損產品否則無法移除。

3.1.4 墜落指示器 (fall indicator)

提供使用者視覺確認，捲揚式防墜器是否已被使用於防墜故事的

機制。

3.1.5 最大工作長度 (maximum working length)

從救生索的聯結處至捲揚式防墜器外罩上的聯結處間，量測救生索伸出的最大長度。參考圖 2。

3.1.6 旋轉聯結器 (swivel connector)

符合 ISO 10333-5 規定的聯結器，附旋轉裝置，可使聯結器繞著主軸轉動。

3.1.7 防墜後懸吊處 (post fall-arrest suspension)

當墜落者於墜落防止後至完全靜止時，仍懸吊在背負式安全帶上的狀態。

3.1.8 總質量 (total mass)

工作者的重量加上所有衣服及設備的總和。

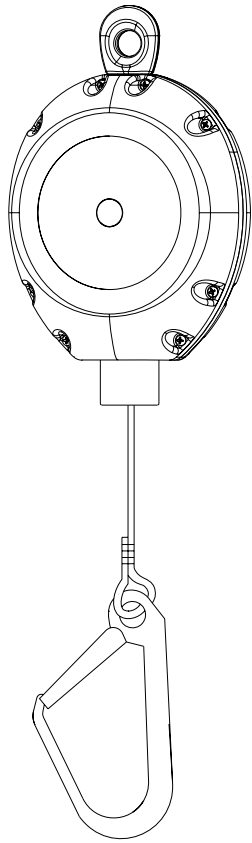
3.1.9 測試上鎖所須最小質量 (minimum locking test mass)

讓完全回捲的 SRL 出口端聯結質量，該質量會讓救生索下降，且讓 SRL 內部上鎖機制持續生效的最小質量。

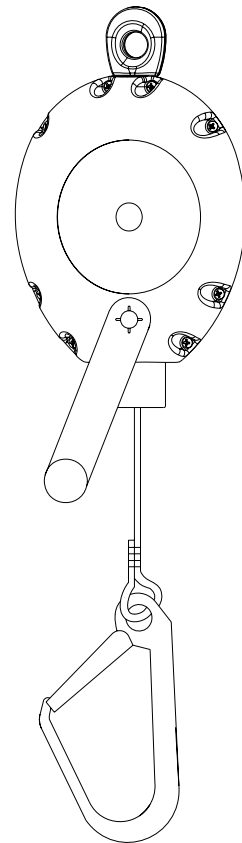
3.1.10 位移「H」 (displacement “H”)

進行動態性能試驗時，100 公斤測試質量的墜落距離總合。測量質量在釋放前的位置，到防墜後保持平衡時之間的距離。

參考圖 1 捲揚式防墜器圖例

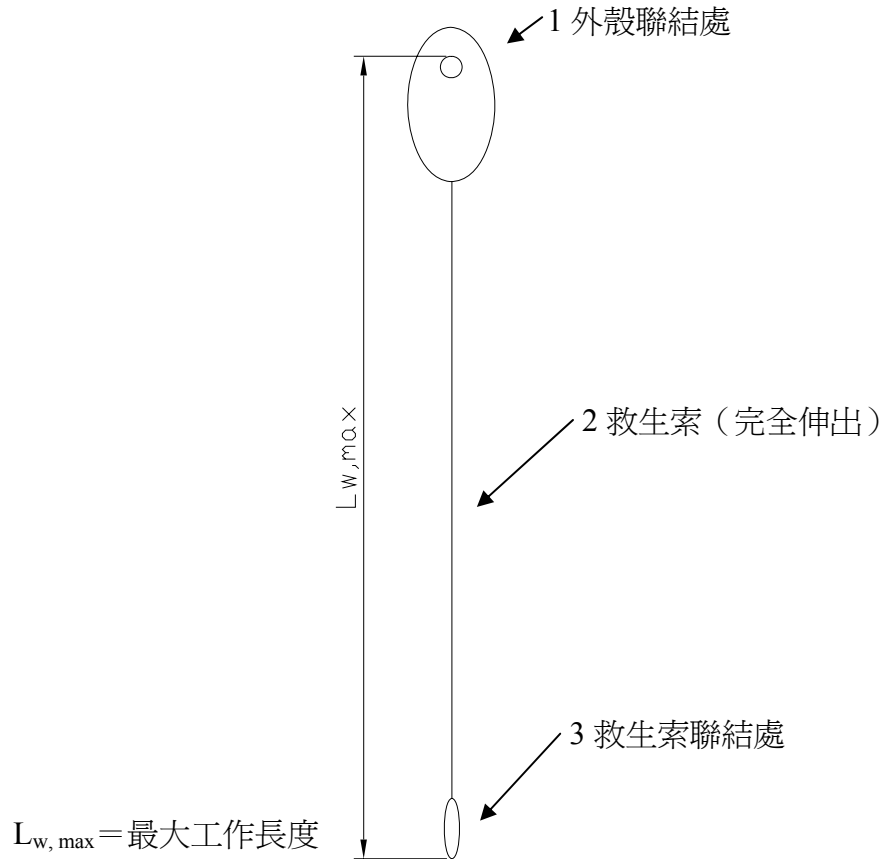


a) 無整合救生工具的 SRL



b) 配有整合救生工具的 SRL

參考圖 2 捲揚式防墜器



3.2 一般詞彙與定義

3.2.1 個人防墜系統 (PFAS)

由彼此相互聯結的零組件組合：包括使用者穿戴的背負式安全帶在內，當與適當的錨錠裝置聯結時，將防止從高處墜落的危險。

備考：PFAS 將使墜落力量達最小化，並控制墜落後之距離，避免撞擊地板或其他相關障礙物，同時使墜落者在墜落防止後維持適當姿勢以供救援。

3.2.2 零件 (component)

製造商生產完成的 PFAS 與子系統的組成零件，且應可供購買取

得。

3.2.3 子系統 (subsystem)

構成 PFAS 的一部份，可能由一個或一個以上的零件組成，用以聯結使用者的背負式安全帶、墜落防止附加零件及錨錠裝置，並執行下述兩項 PFAS 的重要功能：

- (1) 聯結；
- (2) 墜落防止及減震(energy absorbing)

4、須求

4.1 總則

為確保組裝至 PFAS 的零件正常運作，建議遵照 ISO 10333-6 進行測試。

4.2 救生索

4.2.1 纖維繩 (Fibre ropes) 與編織帶 (Webbing)

- 4.2.1.1 纖維繩或編織帶的縫線應以高韌性鋼絲素材；多層鋼絲合成纖維或適合的纖維製成。
- 4.2.1.2 救生索的繩股數應至少三股。三股尼龍救生索應遵守 ISO 1140 規定，而三股聚酯纖維救生索應遵守 ISO 1141 規定。
- 4.2.1.3 以編織繩製成的救生索其遵守 EN 892 (單一繩索) 或 EN 1891 A 型任何適合材質，均可接受。
- 4.2.1.4 當救生索專供在焊接、氧乙炔切割及熱源附近執行的工作使用，或已知將使用在前述場所時，救生索應以適合的防熱方法加以保護。
- 4.2.1.5 使用纖維繩或編製帶式的救生索，其最小斷裂強度應為 22 kN。

4.2.2 金屬繩索

使用金屬繩索材質的救生索，其最小直徑應為 5mm，且最小斷裂

強度應為 15kN。

4.2.3 出口端聯結處

- 4.2.3.1 救生索出口聯結處爲了聯結使用背負式安全帶的人員，其出口端應有扣環能夠使兩者做聯結，且此扣環應遵守 ISO 10333-5 規定設計。
- 4.2.3.2 纖維繩索的環眼結應由所有絞線的四個繩結及兩個錐形結組成。在最後一個繩結之後產生的繩尾長度，應至少等於繩索的一倍直徑長。繩尾應繞緊，並以橡膠或塑膠套加以保護，或以其他方式與繩索材料整合。環眼結應在塑膠或金屬套環的周圍成形，其尺寸與大小均需依照繩索製造商的建議。
- 4.2.3.3 編織帶式的救生索出口端編結處，應使用雙線連鎖縫法縫製。縫線應適合編織材質，並且使用對比顏色以使檢查工作容易進行。然而，爲了保護出口端不因編織與金屬之間介面造成集中磨損，出口端也必須使用其他方法讓其強固。編織帶的末端也可用火炎使其燒焦或用其他方式防止散開。
- 4.2.3.4 金屬救生索的環眼結應採用下述製造方式：
- (1) 環眼結要有一個壓縮結頭套環；
 - (2) 折回的環眼結至少兩個壓縮結頭套環。
- 4.2.3.5 衝模配件、尺寸、金屬類型、壓鑄模具的尺寸、壓縮結頭在繩索上的位置及馬鞍環尺寸，均應依照製造商建議設計製造。特別建議鋼索可使用鋁壓縮結頭製作樣品，不銹鋼索使用銅壓縮結頭製作樣品。
- 4.2.3.6 金屬繩索的尾端應焊接並繞緊，或以適當的完工方式防止散開。焊接應於環眼結形成前進行。

- 4.2.3.7 一般繩結不應作為救生索出口聯結處的繩結。
- 4.2.3.8 救生索出口端與繩結連接的金屬圓柱或其他部分的內部出口端聯結應符合以下條件：
- (1) 在正常用途下，救生索不可與繩結連接的金屬圓柱分離，尤其是當救生索處於最大工作長度時；
 - (2) 與救生索聯結的金屬圓柱或其他部分之間的聯結可承受 4.3.8 敘述的抗拉強度。

4.2.4 整合至救生索的減震包

救生索可以含減震包當整體構造，作為 SRL（墜落）消散動能的方法。當救生索完全回捲時，此裝置仍屬於 SRL 的外部裝置。SRL 設計所使用的減震包材質與機制，應配備保護套，防止任何外在污染物、尖銳物品及不良氣候的因素影響。

4.3 設計

4.3.1 總則

- 4.3.1.1 工作零件、位置及相關保護的設計應避免不定期接觸，損壞效能的可能性。
- 4.3.1.2 SRL 的設計應有平滑的完工處理，免於劣質材料與不良製造方式造成的瑕疵；如 SRL 上有切割邊或磨損邊造成救生索損壞或其他方式損壞救生索材質，且因注意是否有尖銳物或粗糙邊緣造成使用者受傷。
- 4.3.1.3 SRL 應配備自動上鎖功能，可藉由某種煞車裝置的採用，避免墜落過程中進一步加速救生索被用力取出。此設計於使用時，應避免有自動上鎖功能失效的可能性。
- 4.3.1.4 SRL 預先聯結在錨錠裝置時，應有適當方法與 SRL 的外殼做聯結。
- 4.3.1.5 吊掛質量自動伸縮的救生索，完全由 SRL 的外殼支撐，其

應配有適當的伸縮方法，以確保救生索的完全獨立。

- 4.3.1.6 救生索離開 SRL 外殼處時，跟救生索接觸的面積應不具任何會導致救生索過度磨損的尖銳邊緣。

4.3.2 防腐蝕

- 4.3.2.1 當依照 6.1 進行測試，以裸視目視時，所有材質應不存在任何鐵鏽或金屬腐蝕的顯著特徵。測試後若有白色剝落或無光澤表面的存在，視為可接受的狀態。

- 4.3.2.2 當拆卸 SRL 內部零件時，尤其是自動上鎖機制，不應有任何影響 SRL 功能的腐蝕跡象產生。

4.3.3 經歷不同環境後的上鎖效能

- 4.3.3.1 SRL 應遵照 6.2.3 進行熱環境測試，在經歷該環境測試後，其上鎖後不能再有任何的滑動現象產生，並且遵照 6.2.8 進行測試時應能解除上鎖狀態。

- 4.3.3.2 SRL 應遵照 6.2.4 進行冷環境測試，在經歷該環境測試後，其上鎖後不能再有任何的滑動現象產生，並且遵照 6.2.8 進行測試時應能解除上鎖狀態。

- 4.3.3.3 SRL 應遵照 6.2.5 進行濕噴灑環境測試，在經歷該環境測試後，其上鎖後不能再有任何的滑動現象產生，並且遵照 6.2.8 進行測試時應能解除上鎖狀態。

- 4.3.3.4 SRL 應遵照 6.2.6 進行灰塵環境測試，在經歷該環境測試後，其上鎖後不能再有任何的滑動現象產生，並且遵照 6.2.8 進行測試時應能解除上鎖狀態。

- 4.3.3.5 SRL 應遵照 6.2.7 進行油環境測試，在經歷該環境測試後，其上鎖後不能再有任何的滑動現象產生，並且遵照 6.2.8 進行測試時應能解除上鎖狀態。

4.3.4 上鎖可靠度

當遵照 6.3 進行測試，在每 1000 次測試操作中，SRL 上鎖後不能再有任何的滑動現象產生。

4.3.5 捲揚能力

當遵照 6.4 進行測試時，在每 25 次測試操作中，SRL 均應能縮回救生索全長並支撐質量，而且無任何停留或阻塞。

4.3.6 救生索完全取出狀況下的動態效能

4.3.6.1 當遵照 6.5 進行測試，則 SRL 上鎖狀態時，其墜落制止力量最大值不可超過 6.0kN。在測試當中，SRL 應在上鎖前還能正常運作。SRL 應能維持讓測試質量不接觸地面，且除消能裝置外，應確保負載過程中，沒有任何組件破損或斷裂。

備考：其目的在評估 SRL 是否能在完全伸展狀況下，維持安全的防墜效能。

4.3.6.2 倘若 SRL 具有墜落指示裝置，應依照製造商的技術資料操作。

4.3.7 動態效能

4.3.7.1 當遵照 6.6 進行測試，則當 SRL 處於上鎖狀態時，其墜落制止力量最大值不可超過 6.0kN。且位移 H 不應超過 2.0 公尺。在測試當中，SRL 應在上鎖前正常運作。SRL 應能維持讓測試質量不接觸地面，且除消能裝置之外，在負載過程中，確保沒有任何組件破損或斷裂。

4.3.7.2 倘若 SRL 具有墜落指示裝置，應依照製造商的技術資料操作。

4.3.8 靜力試驗

當遵照 6.7 進行測試時，SRL 應能遵照表 1 所示的力量，而且除能量消散裝置外，外部或內部組件無任何破損或斷裂之處。

表 1 靜力試驗的要求

零組件	力量最大值 kN
配備編織帶的救生索	15
配備纖維繩的救生索	15
配備金屬的救生索	12
備考：紡織品材質的力量強度要求較高是必要的，因紡織品材質比金屬材質更容易磨損與損壞。	

4.3.9 SRL-三角架安裝

當依照製造商聲明與資訊，SRL 可與三角架一起使用時，SRL 應符合 ISO 14567 有關 SRL 三角架組合的特別要求。

4.4 整合救援設備的設計

4.4.1 總則

4.4.1.1 4.4 的要求適用於配有整合救援設備的 SRL。

4.4.1.2 配有整合救援設備的 SRL 應符合 4.2 與 4.3 所述要求。整合救援設備可設計為僅准許升起或升降均可。

4.4.1.3 配有整合救援設備的 SRL 應有控制器，當使用整合救援設備時，將讓使用 SRL 的工作者，被另一個人升起或升降。一旦停止使用時，該控制器不能與 SRL 的伸出、回捲、上鎖及防墜功能相互干擾。

4.4.2 救援設備的使用

4.4.2.1 控制器的設計、安排與裝載應避免救援設備存在不正確使用的可能性。

4.4.2.2 當依製造商指示操作時，使用此救援設備所需時間不應超過 20 秒。

4.4.3 升降

當遵照 6.8 或 6.9 進行測試質量升降測試時，應讓救生索不會回

捲，且救援設備不應有滑動現象或任何不正確使用的可能性存在。當控制器解除時，測試質量應立即停止，且停止距離在 50mm 內。

4.4.4 靜力試驗（已使用救援設備）

依 6.10 進行測試，SRL 應維持表 1 所述的力量，但不會造成任何外部或內部零件破損或斷裂，且測試力應至少維持 5 分鐘。

備考：此部分要求以 ISO 10333 為基礎，專門適用於總質量不超過 100 公斤的單人使用。

5、儀器

5.1 測試結構：由堅固的錨錠結構組成，其位在錨錠處的垂直軸自然震動頻率應高於 100 Hz，因此在錨錠處施力 20 kN 並不會造成 1mm 以上的偏移。

錨錠處應有外徑為 (20 ± 1) mm 且橫截面直徑為 (15 ± 1) mm 的環圈，或與橫截面直徑相同的圓桿。

錨錠處應在動態測試過程中，具有足以避免測試質量撞擊地面的高度。

5.2 靜力測試設備：由測試架構、絞盤或液壓裝置及指示裝置組成，具足夠的平台裝載測試零組件。

5.3 快速釋放裝置：適用於測試質量或聯結器的環首螺栓，確保測試質量鬆脫時不具任何初始速率。

5.4 測力儀器：可測量 1.2kN 至 20kN 的力（ $\pm 2\%$ 精確度），且可承受 50kN 的力而無任何損壞。測量則是以最高至 100Hz 的連續頻率進行，但最低採樣率為 1000Hz。

此墜落制止力量測量系統應有 100Hz 的角頻率及落在參考圖 3 所示面積內的頻率對應特性。

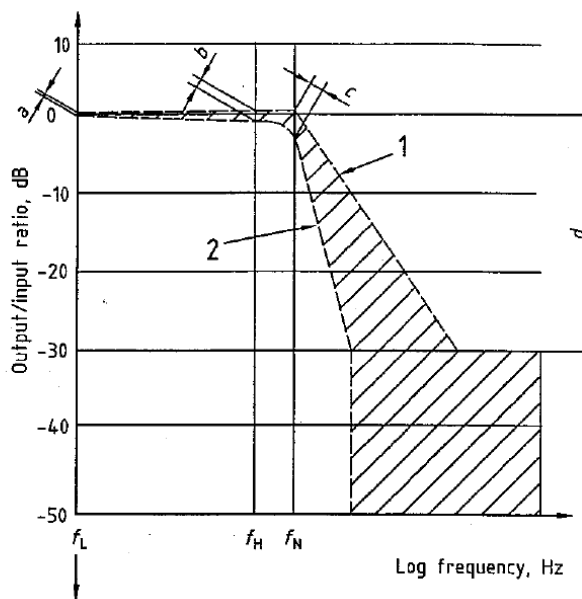
此墜落制止力量測量系統應有紀錄裝置，於資料儲存之後，取得實際時間（當使用輔助測量裝置紀錄時）的軌跡圖。

5.5 鋼材測試質量：其質量為 (30 ± 1) 公斤、 (100 ± 1) 公斤、 (150 ± 1) 公斤及 5 公斤至 10 公斤（增幅為 1 公斤）質量範圍，且須提供穩固聯結點以便能與堅固環首螺栓相互聯結。

環首螺栓應位在任一端的中央處，但也可採用額外的環首螺栓位置，提供相關測試程序與設備水平的尺寸限制。

5.6 防腐測試儀器，可執行 ISO 9227；1990 描述的天然鹽水潑灑測試程序。

參考圖 3 力測量儀器的頻率反應特性



頻率反應值：

$$a = \pm 1/4 \text{ dB}$$

$$b = +1/2 \text{ dB}, -1 \text{ dB}$$

$$c = +1/2 \text{ dB}, -3 \text{ dB}$$

$$d = -30 \text{ dB}$$

備考：

1、斜率=每階 -9dB

2、斜率=每階 -24dB

5.7 環境測試裝置：

5.7.1 熱環境裝置，可維持溫度在 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 且濕度在 $(85 \pm 5)\%$ 的房間構成。

5.7.2 冷環境裝置，可維持溫度在 $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ 冷凍的房間構成。

5.7.3 濕噴灑裝置，可在 0°C 至 30°C 的溫度範圍內，提供約每小時 70 公

升的水量構成。

5.7.4 灰塵環境裝置，由一個容積 1 立方公尺的盒子構成，配備通風與空氣過濾器，提供由 6 bar 強風攪動的灰塵。此外，提供一條垂直通過盒子上方的繩子，以操作測試機制。

5.8 上鎖可靠度測試裝置，在重力加速度之下，於每 1000 次操作中，讓 SRL 重複上鎖並解鎖的墜落物。

6、測試方法

備考：每次測試可使用新樣品。

6.1 防腐

SRL 應遵照 ISO 9227 進行天然鹽水潑灑測試，最初噴灑 24 小時，接下來乾燥 1 小時，接著再第二次噴灑 24 小時。SRL 應以直立方式裝載在天然鹽水潑灑的房間內，其中救生索是完全回捲的。

測試之後，SRL 將依據製造商指示拆卸，並檢查有無腐蝕的現象。

6.2 經歷環境試驗後的上鎖測試

6.2.1 總則

在封閉且溫度為 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的條件下，以 SRL 進行環境試驗上鎖測試時，最短應間隔 2 小時時間。

6.2.2 建立上鎖測試所須的最小質量

將 SRL 懸掛在錨錠裝置上，約離地面高度 2.5 公尺以上。確認救生索是完全回縮的，並在外部出口端繫上 5 公斤測試質量。讓質量落下，觀察 SRL 的上鎖機制是否能制止 5 公斤質量落下。

在有效的距離內，5 公斤質量可能不足以啟動 SRL 的上鎖機制，尤其是救生索長度在 12 公尺以上；質量在完全制止前，可能彈跳好幾次，在該情況下，每次增加測試重量 1 公斤，直到 SRL 成功上鎖制止質量持續落下為止。

利用上鎖測試評估各環境試驗測試上鎖能力所須的最小質量。

6.2.3 熱環境

6.2.3.1 熱環境測試裝置應遵守 5.7.1。

6.2.3.2 將 SRL 置於溫度 (40 ± 2) °C 以及相對濕度為 (85 ± 5) % 的房間內 2 小時，救生索完全拉出並用繩夾固定位置。移開 SRL，在 90 秒之內，依 6.2.8 進行測試。

6.2.4 冷環境

6.2.4.1 冷環境裝置應遵守 5.7.2。

6.2.4.2 將 SRL 置於溫度 (-30 ± 2) °C 的房間內 2 小時。救生索完全拉出並用繩夾固定位置。移開 SRL，在 90 秒之內，依 6.2.8 進行測試。

6.2.5 濕噴灑

6.2.5.1 濕噴灑環境裝置應遵守 5.7.3。

6.2.5.2 於水槽內將 SRL 懸掛位在其上方的錨錠裝置，然後以 10°C 至 30°C 的溫度及每小時約 70 公升的水量加以噴灑 3 小時。救生索完全拉出並用繩夾固定位置。移開 SRL，在 90 秒之內，依 6.2.8 進行測試。

6.2.6 灰塵

6.2.6.1 灰塵環境裝置應遵守 5.7.4。

6.2.6.2 將 SRL 置於盒子底部上方 150mm 處。往盒底注入 (4.5 ± 0.5) 公斤的乾水泥，然後以五分鐘間隔時間，以強風往下方吹動 2 秒時間擾動水泥。1 小時之後，開始以適合的強風執行下述動作順序。

6.2.6.3 用手動方式控制盒子外的曲柄，以啟動盒內的金屬圓柱或其他的工具，完全鬆開救生索，再讓它縮回原始位置。以間隔 1 小時的時間重複此動作，直到完成五次連續動作為止。

6.2.6.4 最終動作結束後，停止風吹。讓灰塵靜止 15 分鐘，再將 SRL 從盒子中移出。在經過 90 秒之前，依 6.2.8 進行測試。

6.2.7 油環境

救生索完全拉出，並用繩夾固定。在 (20 ± 2) °C 的溫度下，將救生索浸在市售的柴油內 30 分鐘以上。讓救生索自由垂掛，瀝油 24 小時。在 24 小時瀝油時間過後 1 小時內，依 6.2.8 進行測試。

6.2.8 上鎖測試

6.2.8.1 將 SRL 固定聯結點懸掛在錨錠裝置上，必要時移除繩夾，且在可控制狀態下，允許救生索縮回至 SRL 內。

6.2.8.2 將 6.2.2 建立的最小上鎖質量質量附著在救生索的出口端。讓質量落下。觀察 SRL 是否上鎖並防止質量墜落，而且在測試後，SRL 可解除上鎖狀態。

6.3 上鎖可靠度測試

6.3.1 測試裝置應遵照 5.8 規定。

6.3.2 將 SRL 與錨錠裝置互相聯結，且救生索須完全地回捲。將救生索從 SRL 拉出 1m 距離，並移動 300mm 距離。動作的最後，使 SRL 因質量落下的力量而鎖住。此質量應為依 6.2.2 建立之上鎖最小質量。

6.3.3 重複總計 1000 次的相對移動。觀察每一次動作的 SRL 上鎖。

6.4 捲揚試驗

6.4.1 將 SRL 與錨錠裝置互相聯結，且救生索須完全地回捲。此安裝高度應位在救生索可完全伸展，不會使其接觸地面或其他建築結構物。在救生索出口端附上鉛塊金屬，使救生索向下拉出。

6.4.2 讓 SRL 在上鎖速度以內的速度使救生索完全拉出，再使救生索在

控制速度下縮回。在 25 次的拉伸下，觀察 SRL 是否有能力回捲救生索的全長，且質量落下時不會發生停留或干擾。

6.5 救生索完全伸出之動態效能試驗

- 6.5.1 將 SRL 的與力量測量儀器互相聯結，接著使該儀器與測試結構相聯。在救生索的出口端掛上 100 公斤測試質量。
- 6.5.2 緩慢下降測試質量直到救生索伸出為止，且測試質量完全由 SRL 支撐。紀錄此位置與測試地板的相對距離。升起測試質量（ 300 ± 50 ）mm，同時確認 SRL 的救生索縮回相同長度，接下來固定在快速釋放裝置。確保測試質量上的聯結處距離錨錠點垂直軸的最大水平距離為 300mm。
- 6.5.3 釋放測試質量。測量並紀錄力與時間的關係。證實 SRL 制止測試質量落下後，除消能裝置外，確保負載過程中並無任何零件破損或斷裂。若 SRL 附有墜落指示器，則該裝置須依製造商指示操作。

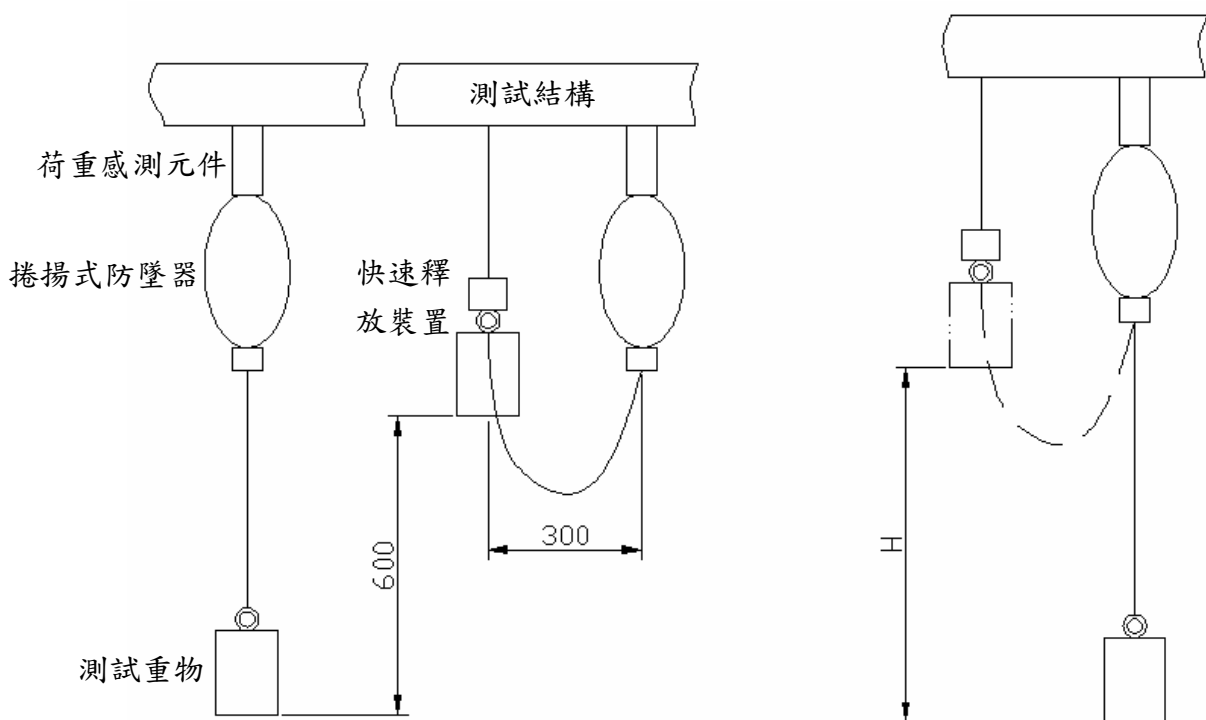
6.6 動態效能試驗

- 6.6.1 在救生索完全回捲的狀態下，將 SRL 與力量測量儀器互相聯結，接著使該儀器與測試結構相連。
- 6.6.2 將救生索拉出 600mm 距離，以鋼索夾固定避免救生索縮回。在救生索的出口端掛上 100 公斤測試質量。
- 6.6.3 依參考圖 4 所示，吊升測試質量，相對於 SRL 高度，允許 600mm 自由落下距離，並將其固定在快速釋放裝置，距離測試裝置錨錠點垂直軸水平處，距離為最大水平處 300mm。
- 6.6.4 釋放測試質量。依參考圖 4 所示，測量並紀錄力與時間的關係，及位移 H 的高度。在 SRL 制止測試質量之後，除消能裝置外，確保負載過程中並無任何零件破損或斷裂。
- 6.6.5 若 SRL 附有墜落指示器，則該裝置須依製造商指示操作。

6.7 靜態試驗

- 6.7.1 將救生索從 SRL 外殼完全伸出。以鋼索夾固定避免救生索縮回，切斷救生索使 SRL 外殼外的救生索長度維持 1m。將自由的一端聯結至拉伸試驗機。允許製造商以其他方式提供測試樣品，以供製造商進行測試使用。
- 6.7.2 將 SRL 安裝至拉伸試驗機，讓測試力可在固定點與救生索出口端之間施力，在此期間，無須啟動 SRL 的上鎖機制。
- 6.7.3 依表 1 施予測試力，其施加的應力不超過每分鐘 (150 ± 10) mm。備考：對於救生索而言，在施予測試力之前，先施予拉伸力，以至重要的能量消散材質或裝置可完全啟動。
- 6.7.4 此測試力將維持 5 分鐘。在負載過程中，確保無任何零件破損或斷裂。
備考：一旦相關拉伸力持續 5 分鐘，為了評估失效負載模式，可持續進行測試至毀損為止。
- 6.7.5 若 SRL 提供一個以上的聯結處，則各聯結處將依 6.7 以新樣品進行測試。

圖 4 動態效能試驗



尺寸單位：mm

a) 測試質量，釋放前位置

b) 測試質量，防墜後平衡位置

6.8 僅以整合救援設備吊升之 SRL 吊升測試

- 6.8.1 將 SRL 與測試結構互相聯結，其高度至少相當於 SRL 的工作長度。將救生索完全地伸出，並且快速拉扯救生索使煞車系統是鎖上的。
- 6.8.2 聯結 150 kg 的測試質量，緩慢下降測試質量直到由 SRL 完全支撐為止。確保在此過程中 SRL 仍然是鎖上的。
- 6.8.3 依製造商指示使用控制器啓動救援設備。應確保此程序可在 20 秒內完成。
- 6.8.4 使用控制器吊升測試質量。觀察救生索無任何滑動及受到限制，且救援設備不能有鬆脫現象。
- 6.8.5 在升起測試質量期間，以三次隨機間隔鬆開控制器。觀察測試質

量是否能立即停止，且停止距離在 50mm 內。

6.8.6 繼續吊升測試質量至救生索完全回捲為止。

6.8.7 使用 30 kg 測試質量（取代 150 kg）重複 6.8.1 至 6.8.6。

6.8.8 依 6.2.5 進行濕噴灑環境試驗後的 SRL，重複 6.8.1 至 6.8.6 與 6.8.7 步驟。確保救生索在環境試驗後還能完全地伸出。

6.8.9 當 SRL 裝備一個以上的救援設備，或控制器在一種以上時，則針對各個救援設備或控制器執行 6.8 的測試順序。

6.9 整合升降救援設備之 SRL 升降測試

6.9.1 SRL 完全地回捲後，將其與測試結構互相聯結，其高度至少相當於 SRL 的工作長度。快速拉扯救生索，使煞車系統是鎖上的。

6.9.2 聯結 150 kg 的測試質量，緩慢下降測試質量直到由 SRL 完全支撐為止。確保在此過程中 SRL 仍然是鎖上的。

6.9.3 依製造商指示使用控制器啟動救援設備。應確保此程序可在 20 秒內完成。

6.9.4 使用控制器下降測試質量。觀察救生索是否有任何滑動及受到限制，且救援設備不能有鬆脫現象。

6.9.5 於下降測試質量期間，以三次隨機間隔釋放控制器。觀察測試質量是否能立即停止，且停止距離能在 50mm 內。

6.9.6 繼續下降測試質量至救生索完全地伸出為止。

6.9.7 操作控制器，使測試質量能被升起。控制器吊升測試質量要直到救生索完全回捲為止。在舉起測試質量期間，以三次隨機間隔釋放控制工具。觀察測試質量是否能立即停止，且停止距離能在 50mm 內。

6.9.8 使用 30 kg 測試質量（取代 150 kg）重複 6.9.1 至 6.9.7。

6.9.9 依 6.2.5 進行濕噴灑環境試驗後的 SRL 重複 6.9.1 至 6.9.7 與 6.9.8 步驟，確保救生索在環境試驗後還能完全地伸出。

6.9.10 當 SRL 裝備一個以上的救援設備，或控制器在一種以上時，則針對各個救援設備或控制器執行 6.9 的測試順序。

6.10 靜態試驗（使用救援設備）

6.10.1 在救生索完全回捲的情況下，使用 SRL 救援設備經由製造商說明啓動控制器。將 SRL 放置於拉伸試驗機互相聯結，讓 SRL 吊柄處與救生索出口端之間能夠施力。

6.10.2 依表 1 所示力量施力，其應力不超過每分鐘（ 150 ± 10 ）mm。此測試力將維持 5 分鐘。在負載過程中，觀察有無任何零件斷裂或破損。

6.10.3 若 SRL 有升降能力，則靜態試驗將在吊升及下降模式下以控制方法執行。

6.10.4 若 SRL 提供一個以上的聯結處，各聯結處將依 6.10 以新樣品進行測試。

備考：一旦相關拉力持續 5 分鐘，爲了評估失效負載及模式，可持續進行測試至毀損爲止。

7、一般使用、維護、標示及包裝之說明

7.1 一般使用與維護之說明

SRL 應附有各國語言的技術手冊，該手冊須針對設備、調整及使用情形，清楚說明亦應包括下述資訊：

- (1) 製造商名稱；
- (2) 提供經銷商的名稱與地址或其它可識別經銷商的方式；
- (3) 產品的目的及限制使用聲明，包括最大工作長度在內；
- (4) 不可對產品進行任何變更或新增的警告；
- (5) 將救生索環繞在小直徑及具有細小或尖銳邊緣半徑的結構體上，可能存在危險的警告；
- (6) 零組件與系統合併使用時，該零組件可能會受到系統影響進而降低

- 其安全性或導致衝突，以至於引起危險情況的警語；
- (7) 使用前應對設備進行目視檢查的警示標語，確保該設備處於可正常操作使用；
 - (8) 使用 SRL 前應注意事項之警語；
 - (9) 產品材質可能依環境影響其效能，例如溫度、尖銳邊緣、化學藥劑、切割、腐蝕及紫外線照射變質等建議，若使用者存有疑慮時，應諮詢製造商之警告；
 - (10) 有關 SRL 與靜態負載錨錠裝置合併使用時，可能存在不相容的因子並引起危險的警告（參見 ISO 14567:1999 之 7.2）；
 - (11) 使用者處於不穩定表面則 SRL 並不適合，如：細粒材質或微粒固體（例如砂石或煤）等情況下的警告；
 - (12) 強調將 SRL 固定在使用者上方乃是絕對必要的安全條件之警告；
 - (13) 存放說明；
 - (14) 清潔與清洗的說明；
 - (15) 維護說明；
 - (16) 應建議至少一年一次，由技術人員依製造商指示做定期檢查，並將使用條件納入考量；
 - (17) 設備的維修僅能由製造商或製造商授權的技術人員執行的警告；
 - (18) 有關設備檢查以及導致棄置設備的相關因素之指示；
 - (19) 任何已被使用過的防墜設備均應停止使用之指示；
 - (20) 當 SRL 附有整合救生設備時，該設備的操作與使用方法說明；
 - (21) 當 SRL 附有整合救生設備時，僅能使用在已墜落的單人緊急救援，不可使用在吊升材料為目的之警告；
 - (22) 在使用前及使用中，如何安全且有效執行救援的建議；
 - (23) 當使用 SRL 時，應熟知該 SRL 衝擊強度可能不超過 6kN 的說明；
 - (24) 遵照此部分 ISO 10333 的 SRL 僅限於總質量不超過 100 kg，且每

次只限單人使用的警告；

- (25) 參考 ISO 14567 有關適合錨錠處的說明及 SRL 如何與錨錠處及背負式安全帶正確聯結的指示；
- (26) 必須遵守安全空間規定，確保足夠墜落距離（安全空間）的存在，當墜落發生時，不使墜落者在墜落途中撞擊地板或障礙物的警告；
- (27) 如果 SRL 聯結的錨錠處不夠堅固（例如水平母索、吊柱或懸臂），可能導致 SRL 上鎖機制無法正常運作及故障的相關警告；
- (28) 應注意確保 SRL 與 PFAS 正確組裝及遵照 ISO 10333-6 測試，以滿足正確組裝要求之建議。

7.2 標示

SRL 應提供可清楚辨識的方式標示下述資訊，或含下述資訊的永久標籤：

- (1) 以此 ISO 10333-3 完成設計方式的標示；
- (2) 製造商或經銷商之名稱、商標或其他識別方法；
- (3) 製造商的產品識別資訊，包括該品項來源地及製造批號或序號；
- (4) 製造年份；
- (5) 最長工作長度；
- (6) 參考不同的指導原則，強調須閱讀 SRL 的特性及適當安裝方法之標示；
- (7) 救生索至少一年一次，由技術人員依製造商指示做定期檢查，並將使用條件納入考量的警告；
- (8) 閱讀製造商使用說明的警告。

7.3 包裝

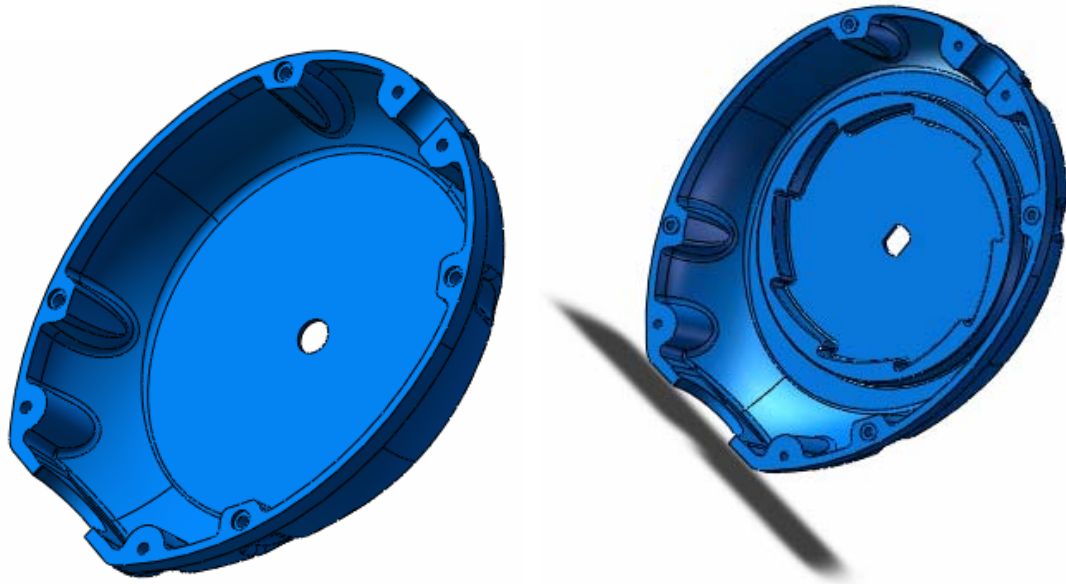
7.3.1 安全設備的紡織品組成部分，應用包裝方式保護但可不必密封，包裝材質應提供部分的防水性。

7.3.2 製造商與經銷商應確保其產品具有充分包裝保護產品，以防止運

輸過程的損壞與變質。

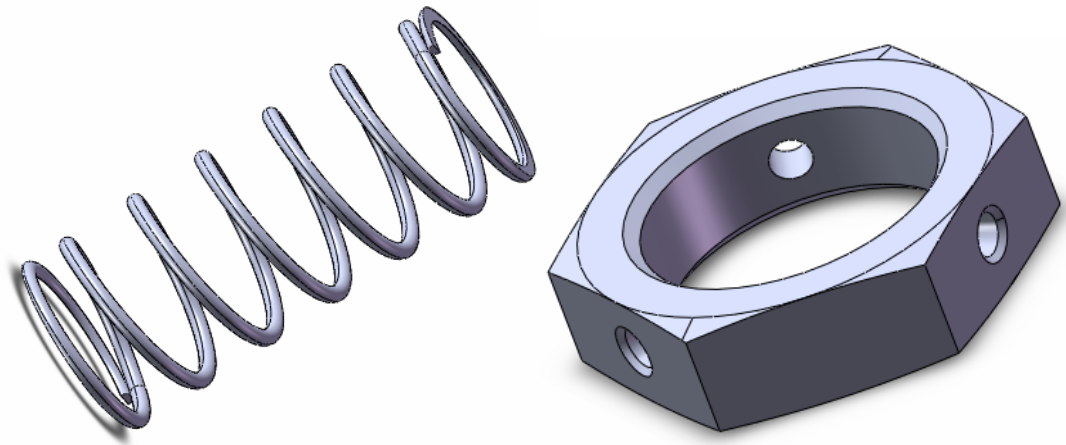
- 7.3.3 當長期儲存或運輸過程存在惡劣環境或特殊供應條件時，買方應依據經銷商安排的方法購買取得。

附錄 D 捲揚式防墜器雛型 繪製零件



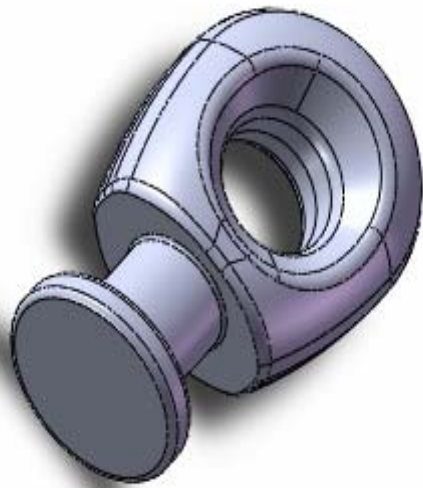
A. 本體前蓋

B. 本體後蓋

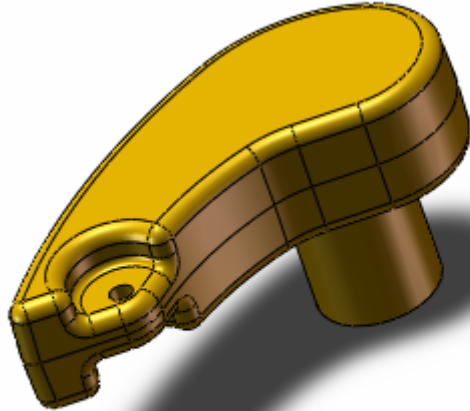


C. 緩衝彈簧

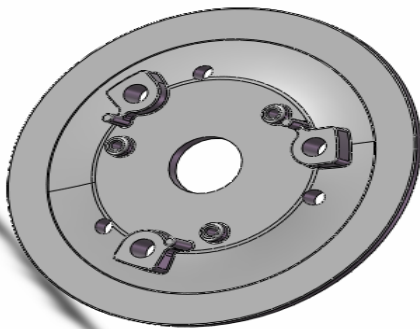
D. 螺帽



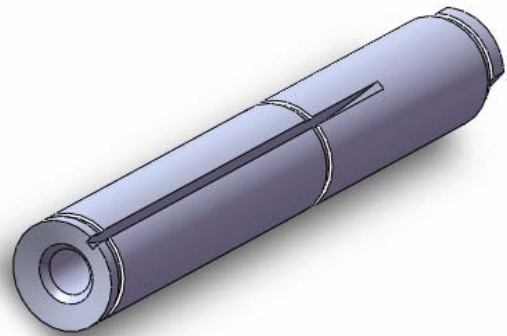
E. 吊柄



F. 制動塊



G. 煞車盤座



H. 心軸

防墜落器及安全帶安全性能測試研究

著（編、譯）者：沈育霖、林義量

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號

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

出版年月：中華民國 98 年 3 月

版（刷）次：一版一刷

定價：210 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/>。
- 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】

GPN: 1009800535