

102年度研究計畫 IOSH102-S311

起重升降機具安全研究-無機房升降機 IOSH102-S311



IOSH 勞安所研究報告

起重升降機具安全研究- 無機房升降機

Study of Crane Lift Safety-
Machine-room-less Elevators



勞動部勞動及職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

ISBN 978-986-04-0844-7



GPN:1010300744
定價：新台幣200元

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

IOSH102-S311

起重升降機具安全研究-無機房升降機
**Study of Crane Lift Safety – Machine-room-
less Elevators**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

起重升降機具安全研究-無機房升降機
**Study of Crane Lift Safety – Machine-room-
less Elevators**

研究主持人：沈育霖、單秋成

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 102 年 2 月 18 日至 102 年 12 月 31 日

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

中華民國 103 年 3 月

摘要

近年升降機產業有很多創新性發展，無機房升降機的開發就是其中之一，為有效縮減升降道空間，業者將無齒輪變頻馬達安裝於升降路內的作法，已日漸普及。然而，無機房升降機在設計、維護及檢查等，應注意之重點與傳統有機房升降機勢必有所差異。目前我國相關標準，對無機房升降機規範的部份，十分有限，面對日益增加的無機房升降機，不同廠商所採取的設計方法與架構各異，其具體技術細節規範較少，造成檢查人員在檢查業務方面的困擾。

本研究針對歐美日無機房升降機部分，進行技術及規範的蒐集與分析，並與我國「升降機安全檢查構造標準」及 CNS 相關標準比較探討，建立無機房升降機安檢規範之機制，其主要研究成果包括：(1)實地參訪十家國內無機房升降機案例；(2)國內外無機房升降機相關法規比較；(3)歸納出無機房升降機設置及檢查指引之建議注意事項；(4)鋼索破壞機制的探討。期望透過上述研究成果，提供國內無機房升降機構造標準規範制訂之參考及安全檢查作業之注意事項。

關鍵詞：無機房升降機、安全規範比較、鋼索強度

Abstract

Recent years have seen a lot of innovations in the lift industry, and the development of machine-room-less (MRL) elevators is one of them. The use of MRL elevators, which effectively reduce the hoistway space through the installation of gearless inverter motors on the wall of the hoistway, is becoming more and more common. However, the points involved in the design, maintenance, and inspection of MRL elevators differ from those of conventional machine-room elevators. The standards that are applied to MRL elevators in Taiwan today are extremely limited, and different vendors adopt different approaches related to the design and architecture of the related equipment. This makes it difficult for inspectors to carry out their work properly.

For this study, we collected and analyzed technical specifications for MRL elevators in Europe, America, and Japan, and then reviewed those specifications and compared them with Taiwan's "Structural Standards for the Safety Inspection of Elevators" and CNS-related standards, and established a mechanism for setting MRL elevator safety inspection standards. The main results of the study include the following: (1) Field visits to 10 domestic MRL elevators; (2) A comparison of domestic and international regulations related to MRL elevators; (3) A summarization of proposals for MRL elevator installation and inspection guidelines; and (4) A review of cable damage mechanisms. We hope that these results will provide a reference for the establishment of structural standards for MRL elevator inspections in Taiwan, and for safety inspection operations.

Key Words: machine-room-less elevators, safety codes, cable strength

目 錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目 錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	xi
第一章 無機房式升降機沿革[1].....	1
第二章 無機房升降機案例探討.....	6
第一節 國外無機房升降機構造案例.....	6
第二節 國內無機房升降機案例勘察.....	15
第三節 無機房升降機之異同.....	36
第三章 無機房式升降機相關規範比較.....	39
第一節 國內規範部份.....	39
第二節 國外規範部份.....	42
第三節 國內外有關無機房升降機規範之比較.....	55
第四章 鋼索破壞機制探討.....	60
第一節 鋼索破壞機制[48].....	62
第二節 小直徑鋼索在升降機之使用探討.....	66
第三節 升降機鋼索報廢標準與缺陷舉例.....	73
第四節 鋼索破壞監測系統之開發.....	77
第五節 小結.....	94
第五章 結論與建議.....	95
第一節 結論.....	95
第二節 建議.....	95
誌謝.....	98

參考文獻.....	99
附錄 無機房升降機設置及檢查指引之建議注意事項.....	104

圖目錄

圖 1 傳統有機房之升降機示意圖 [2]	2
圖 2 線性馬達馬達驅動的升降機示意圖[1]	2
圖 3 線性馬達的兩個演變方式[3]	2
圖 4 傳統馬達槽輪驅動與利用盤型線性馬達驅動升降機比較示意圖 [1]	3
圖 5 ThyssenKrupp 公司 Spirit 系列無機房升降機的架構圖[11]	6
圖 6 ThyssenKrupp 公司的 Synergy 系列無機房升降機頂部馬達及整體架構示意圖[12].....	7
圖 7 Schindler 公司 3300 系列無機房升降機的架構圖 [13]	7
圖 8 Schindler 公司新的懸吊系統 Traction Media [14]	7
圖 9 三菱公司早期 GPQ 系列無機房升降機之架構[15]	8
圖 10 三菱公司目前的 Elenessa 系列無機房升降機之架構[16]	8
圖 11 日立的 OUG 無機房系列的兩種馬達安裝形式 [17].....	9
圖 12 東芝的 SPACEL 系列亦無機房電梯之架構及其所採用細槽輪馬達[18].....	10
圖 13 富士達的 Belta 系列無機房電梯架構[19].....	11
圖 14 富士達的 TALON Drive [19].....	11
圖 15 奧的斯的油壓 Hydrofit 系列無機房電梯架構[20].....	12
圖 16 奧的斯的 GeN2 系列無機房電梯架構[21].....	13
圖 17 奧的斯的 GeN2 系列馬達及懸吊皮帶[22].....	13
圖 18 韓國現代的 YZER 系列無機房升降機架構 [23,24].....	14
圖 19 中國大陸 IFE ELEVATORS JOYMORE 系列的無機房電梯架構 [25].....	14
圖 20 薄型的圓盤狀無齒輪馬達	16
圖 21 馬達安裝位置	16
圖 22 控制器裝在馬達旁	16
圖 23 設置永久性鋼梯	16
圖 24 車廂另備有一機械式鋼栓	17
圖 25 升降路頂部的轉向滑輪	17
圖 26 維修人員在橫梁上蹲下時可以靠在圍欄上	17

圖 27 圍欄距車廂邊緣有些距離.....	17
圖 28 捲揚機設置在靠近最高樓層.....	18
圖 29 薄型的圓盤狀無齒輪馬達.....	18
圖 30 圓盤狀無齒輪馬達控制盤.....	19
圖 31 轉向滑輪的轉移方式.....	19
圖 32 懸吊配重的滑輪，導軌及導軌油箱.....	19
圖 33 鋼索經過車廂底的情形.....	19
圖 34 小型的筒狀無齒輪馬達.....	20
圖 35 控制器位於馬達旁.....	20
圖 36 工作平台周邊.....	21
圖 37 機械式鋼栓.....	21
圖 38 車廂與導軌接觸處有三個導輪.....	21
圖 39 控制箱在升降路內.....	21
圖 40 調速機.....	21
圖 41 薄型的圓盤狀無齒輪馬達.....	22
圖 42 馬達與懸吊配重的滑輪.....	23
圖 43 車廂端的鋼索鎖定到升降機的導軌上.....	23
圖 44 升降路頂端調速機旁裝有照明.....	23
圖 45 機坑裝有淹水感測器.....	23
圖 46 馬達安裝在機坑底部地板.....	24
圖 47 在馬達槽輪端加上強化橫梁.....	24
圖 48 導軌生鏽頗為明顯.....	25
圖 49 轉向滑輪支撐梁.....	25
圖 50 車廂頂的圍欄高度比膝蓋位置低.....	25
圖 51 車廂與升降路間間隙頗大.....	25
圖 52 馬達安裝在機坑底部地板.....	26
圖 53 固定到牆上的角鋼架.....	26

圖 54 轉向滑輪支撐梁透過角鋼架固定到升降路牆壁上	26
圖 55 工作平台的黃色護欄	27
圖 56 控制箱設在乘場門旁上鎖的機櫃中	27
圖 57 有齒輪變速箱的馬達與槽輪	27
圖 58 工作平台在車廂頂的周邊護欄	28
圖 59 調速機的解鎖透過鋼線牽引到升降路外	28
圖 60 有齒輪變速箱的馬達與槽輪	29
圖 61 可利用馬達上的把手解除剎車	29
圖 62 車廂頂中央有一控制箱	30
圖 63 沒有防護部份的工作平台	30
圖 64 鋼栓有感應器連鎖到控制電路	30
圖 65 頂部支撐轉向滑輪的橫梁固定到升降路牆壁中	31
圖 66 薄型的圓盤狀無齒輪馬達	32
圖 67 鋼索固定端連接到感測鋼索受力裝置	32
圖 68 控制箱安裝在升降路內靠近頂部的的位置	32
圖 69 懸吊配重滑輪旁的鏈條	32
圖 70 工作平台護欄的半高位置附近有橫欄	33
圖 71 鋼結構鎖定裝置	33
圖 72 可以看到供進入機坑的鋼梯	33
圖 73 緊急救援用的控制面板	33
圖 74 馬達安裝所在的橫梁以貫穿牆壁來支撐	34
圖 75 車廂的懸吊是從車廂頂	34
圖 76 工作平台的護欄略高於腰部	35
圖 77 鋼結構鎖定裝置	35
圖 78 工作平台上有控制車廂移動在控制箱	35
圖 79 調速機	35
圖 80 剎車可由升降路外的開關解除	35

圖 81 控制箱的門上有緊急救援的操作步驟標示.....	35
圖 82 鋼梯上方有一緊急煞停車廂的控制箱.....	36
圖 83 世界各地採用之升降機標準分佈情形[34].....	42
圖 84 「圖-(H 建告 1413.1)-3」無機械室升降機範例.....	53
圖 85 鋼索結構單位[46].....	60
圖 86 單股結構通常見的型式[46].....	60
圖 87 CNS 941 中鋼索結構的名稱，構造符號及截面形狀 [47].....	61
圖 88 一束平行的鋼線繞過槽輪造成張力與壓力[46].....	62
圖 89 不同槽輪/鋼纜直徑比 (D/d)及不同負下鋼索能存活的繞過槽輪的次數[48].....	63
圖 90 不同槽輪/鋼索直徑比與不同鋼纜直徑下之彎曲疲勞壽命比較[49].....	63
圖 91 升降機中常用之輪槽設計 [50].....	64
圖 92 不同輪槽形狀導致不同的鋼索截面變形[50].....	64
圖 93 鋼線在繞過槽輪時相對滑動示意圖[46].....	65
圖 94 鋼線上磨耗造成的缺陷[52].....	65
圖 95 無機房升降機參訪時其中兩個案例的鋼索上觀察到的銹斑.....	66
圖 96 相同公稱直徑不同截面結構鋼索斷裂強度比較 [50].....	71
圖 97 同結構鋼索經緊湊處理強度的變化 [55].....	72
圖 98 緊湊處理對耐疲勞能力之影響 [55].....	72
圖 99 鋼絲擠出 Wire protrusion.....	75
圖 100 索心股擠出 Core protrusion.....	75
圖 101 纜徑局部縮小 Local reduction in rope diameter.....	75
圖 102 繩股擠出/變形 Strand protrusion/ distortion.....	75
圖 103 局部被壓扁 Flattened portion.....	75
圖 104 正扭結 Kink (positive).....	76
圖 105 負扭結 Kink (negative).....	76
圖 106 波浪形變形 Waviness.....	76
圖 107 籠狀畸變 Basket deformation.....	76

圖 108 外部磨損 External wear.....	76
圖 109 外部腐蝕 External corrosion	76
圖 110 朝外層鋼線斷裂 Crown wire breaks.....	76
圖 111 朝內層鋼線斷裂 Valley wire breaks	76
圖 112 抗旋轉鋼索內部擠出 Protrusion of inner rope of rotation-resistant rope	77
圖 113 纜徑局部增大 Local increase in rope diameter due to core distortion.....	77
圖 114 扭結 Kink.....	77
圖 115 內部腐蝕 Internal corrosion.....	77
圖 116 鋼索截面圖與鋼索試片	78
圖 117 高速疲勞耐久試驗機 HCF 與鋼索夾持情形	78
圖 118 能量調變感測系統光路圖	79
圖 119 光纖黏貼之情形	80
圖 120 濾波器與 FBG 波形重疊示意圖	81
圖 121 能量調變校正零點示意圖.....	81
圖 122 光纖感測器與荷重元輸出之時域圖.....	81
圖 123 不同疲勞週次光纖感測器輸出與施力關係圖（初始狀態~250 萬循環）	82
圖 124 不同疲勞週次光纖感測器輸出與施力關係圖（300 萬循環~500 萬循環）	83
圖 125 疲勞實驗 0 至 500 萬個循環之 V-N 圖	84
圖 126 初始狀態之鋼索及其 V-N 圖	85
圖 127 剪去數條鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	86
圖 128 剪去一股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	87
圖 129 剪去一股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	88
圖 130 剪去兩股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	89
圖 131 剪去兩股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	90
圖 132 剪去三股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	91
圖 133 剪去三股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	92
圖 134 剪去四股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖	93

圖 135 剪去不同股數鋼絲之模擬鋼索破壞 V-N 圖比較 94

表目錄

表 1 CNS 國家標準中與升降機有關的標準	39
表 2 CNS 中與升降機鋼索相關的標準	60
表 3 美國 ASME A17.1 對升降機鋼索之最低安全因子要求[8].....	69
表 4 歐美日升降機採用之鋼索直徑[46]	70
表 5 目視鋼絲斷裂數報廢準則[56]	73
表 6 ISO 4309 提到的鋼索缺陷與報廢標準[57].....	74
表 7 美國 1992-2003e 年升降機工作者死亡原因分類統計 [41]	105
表 8 因應無機房升降機安全構造標準建議增加之條文及國外類似規定來源	106

第一章 無機房式升降機沿革[1]

傳統捲揚式升降機，在上世紀 90 年代以前，通常採用感應式電動馬達，加上蝸杆齒輪減速機構作為驅動，其捲揚機通常設在升降路頂部上獨立隔間的機房（如圖 1 所示），一方面因其馬達與捲揚機構體積及重量龐大，須利用建築的樓板結構來支承，另一方面有獨立的空間，對於維修保養，困人時進行解救操作，機器散熱等均較為方便。蝸杆齒輪減速機消耗能源較大，90 年代前後各大升降機製造商競相研發較為節能的無齒輪式捲揚方式，但以馬達直接驅動，因馬達轉速高，升降機車廂速度會過快，透過以 Extended Single Wrap roping 取代 Conventional Single Wrap roping 的懸吊方式減速，可以應付超高建築的升降機需求，但對中低高度的建築，車廂速度仍嫌過快，所以大廠轉而在馬達及馬達控制科技上動腦筋。其中一個最可行的方法為採用線性馬達，如圖 2 所示，馬達的長度與升降機需運行的高度相同。

所謂線性馬達，可以想像為將傳統筒狀馬達切開攤平，如圖 3 左上部份所示，而應用到升降機，線性馬達可透過變頻交流電來操控速度，達到非常節能而直接驅動的效果，Otis 即就此方法演化出把攤平的線性馬達沿其長軸捲起來成圓筒狀（參見圖 3 右上），如此馬達的作動方向與車廂平行，1990 年在日本推出 Skylinear 商標的產品，並迅速申請專利保護，以致其他廠商無法使用此一方式。技術上的因素令此一驅動方式只適合用於 25m 以下的升降高度。

為了避開筒狀線性馬達專利的限制，其他廠商只能選擇他種沒有專利保護的形式，例如圖 2 傳統式線性馬達，不過因造價昂貴及其他技術上的因素，始終停留在研發的階段，沒有普及到市場上。

另一方面，Skylinear 的驅動馬達裝設在平衡配重上，節省了機房的空間，而建築物的升降機升降路卻不需特殊的改變即可使用。此一方式，啟發了無機房升降機的發展，為避開筒狀線性馬達的專利，同時為了把馬達安裝在平衡配重上，必須有厚度足夠小的馬達，通力公司引進了一系列的技術改善，採取了把平板式線性馬達做成圓盤狀（見圖 3 下半部份 KONE Ecodisc），這樣就可循環的持續作動，而沒有作動距離的限制。

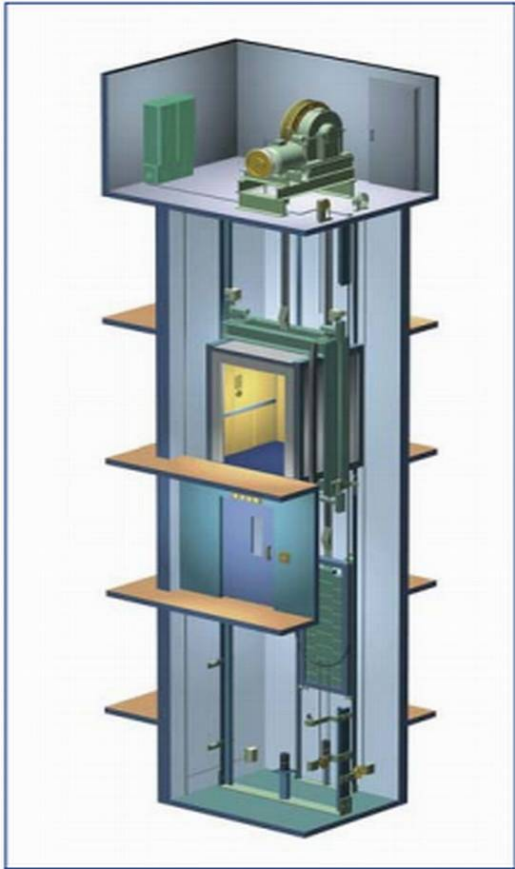


圖 1 傳統有機房之升降機示意圖 [2]



Illustration 2:
A "conventional" linear motor elevator

圖 2 線性馬達馬達驅動的升降機示意圖[1]

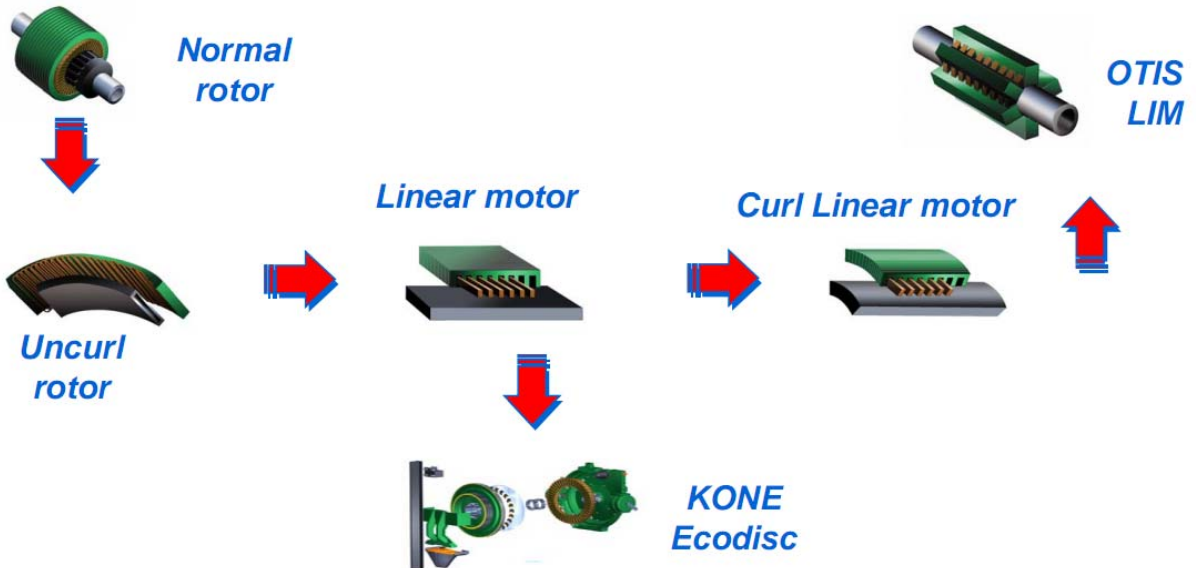


圖 3 線性馬達的兩個演變方式[3]

開發出這種馬達後，通力發現這種馬達如安裝在平衡配重上，因馬達位置不固定，對維修不利，而且相關馬達結構件需要跟著配重活動，其設計製造較為複雜而使成本增加，如果把馬達固定，並用之轉動傳統的槽輪，則除滑輪與懸吊方式稍為複雜外，升降機的整體架構與傳統的方式沒有太大差異（見示意比較圖 4），所以最後選擇把馬達固定到升降路上部的導軌上。並於 1995 年以 MonoSpace 的商標開始向市場推出。為無機房升降機的濫觴。



圖 4 傳統馬達槽輪驅動與利用盤型線性馬達驅動升降機比較示意圖 [1]

剛開始推出時，無機房升降機的市場接受度不高，一方面是市場經濟的因素，另一方面則是各國規範限制的因素，對於前者，無機房升降機雖有諸多優點，但建築物升降機升降路設計傳統都附有機房，一旦採用無機房設計把機房省略掉，以後就不能走回頭路，而當時只有一家廠商供應無機房升降機，市場擔心日後維修保養等會受制於單一供應商。

標準方面，各國的升降機設計及測試，定期檢驗等標準當時均針對有機房的傳統升降機，應用在當時新興的無機房升降機有很多窒礙難通的地方，例如當時的歐盟 EN81-1，其 6.1.2 條（1998 年版為 6.1.1 條）要求吊升捲揚用機器，滑輪等須在特定房間中：

Lift machines, their associated equipment and pulleys, shall be in a special room, comprising solid walls, ceiling, floor and door and/or trap, and shall be accessible only to authorized persons (maintenance, inspection and rescue).

但當時 EN81-1 的下一版本修訂稿（prEN81-1）中，其 0.0.4 條有以下說明：

“When mention is made of a design for the sake of clarity; this should not be considered to be the only possible design; any other solution leading to the same result can be applied if it is equivalent in operation and at least equally safe.”

為新興的設計開了一扇後門，而 1997 年歐盟的升降機指引（Lift Directive 95/16/EC）[4] 則規定了假如有某歐盟認可的「notified bodies」接受某一特定設計為安全，則其他歐盟成員國也需自動接受此一設計為安全，而通力在 1995 年成功獲得荷蘭當局認可，遂可以向歐盟各國行銷。其後 EN81-1:1998 [5]及 EN81-1:1998/A1:2005 [6] 出版，仍未將無機房升降機納入，直到 EN81-1:1998/A2:2004 [7] 才納入無機房升降機相關規定。

美國方面也是因標準缺乏對無機房升降機的規範所限，引進時程較慢，只能每部升降機專案核准，至 2005 年才在 A17.1 Safety Code for Elevators and Escalators 加入一個 supplement (A17.1S-2005) 來規範有關無機房升降機安全需求事項，2007 年更新的 A17.1/CSA B44 [8] 才將有關無機房升降機規定納入，此一標準把美國原來的 A17.1 及加拿大的升降機標準及 CSAB44 調和融合，使北美洲對升降機設計、製造、運轉、檢查、測試、維護、維修與變造有統一的規範。

我國 CNS 相關標準 [9]及行政院勞工委員會公佈的「升降機安全檢查構造標準」[10]，與無機房升降機相關規定相當簡略，目前國內無機房升降機數目雖仍有限，但其日趨普及為必然的趨勢，有必要檢討國外相關標準，瞭解其最新之設計，作為補強我國此方面檢查指引的依據。以下茲介紹一些國內外無機房升降機的架構案例，國外的案例是透過網路搜尋所得，國內則透過廠商協助安排實地參觀所得，之後再就國內有關無機房升降機的規定與國外相關規定進行比較與討論，由此歸納出針對無機房升降機規定需要補強及檢查時應注意的重點。

第二章 無機房升降機案例探討

第一節 國外無機房升降機構造案例

國外升降機大廠均有無機房升降機產品系列，最先推出無機房升降機以芬蘭為基地的通力(Kone)，其無機房產品系列 MonoSpace 示意圖已見於圖 4，其他如以德國為基地的 ThyssenKrupp 的 Synergy 系列，以瑞士為基地的 Schindler，發源自美國的奧的斯(Otis)，日本的三菱，富士達，東芝，日立，韓國的現代等，均有其無機房系列，以下為其主要架構的介紹。

圖 5 為 ThyssenKrupp 公司早期 Spirit 系列無機房升降機的架構圖[11]，捲揚馬達及控制箱放在最低層可以檢修的高度，並在配重旁；圖 6 則為最新的 Synergy 系列無機房升降機架構示意圖 [12]，與其他公司設計不同者，是其捲揚馬達平躺在頂部，因馬達厚度不高，所以高度方向所占空間相當有限。

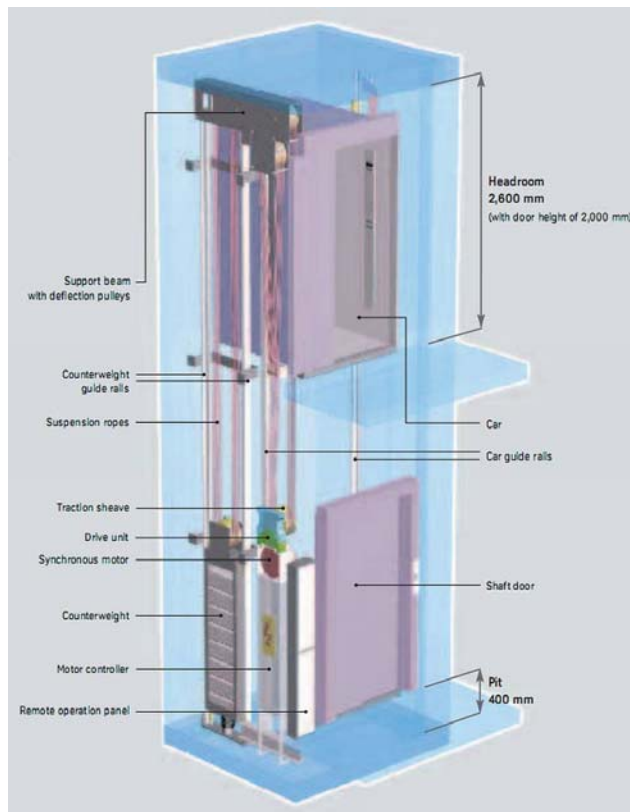


圖 5 ThyssenKrupp 公司 Spirit 系列無機房升降機的架構圖[11]

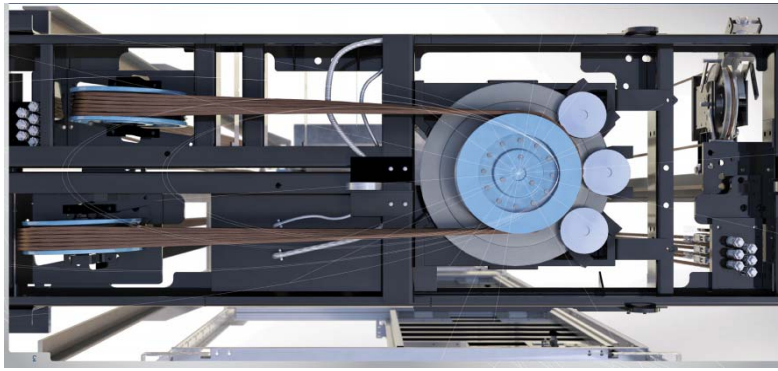


圖 6 ThyssenKrupp 公司的 Synergy 系列無機房升降機頂部馬達及整體架構示意圖[12]

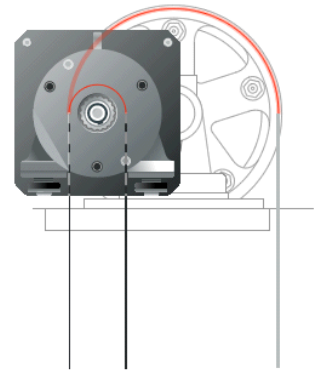
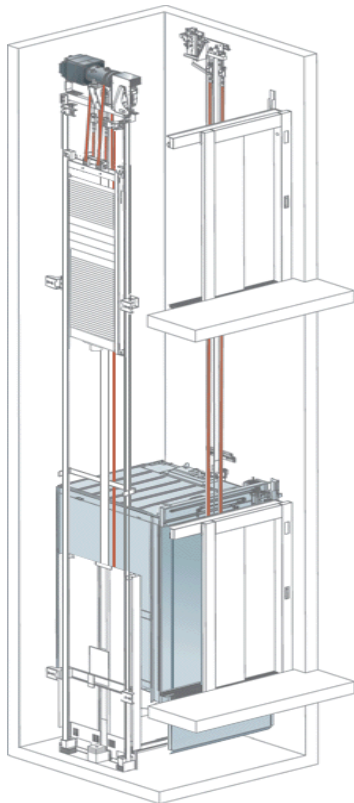


圖 7 Schindler 公司 3300 系列無機房升降機的架構圖 [13]

圖 8 Schindler 公司新的懸吊系統 Traction Media [14]

圖 7 為 Schindler 公司 3300 系列的無機房升降機架構[13]，Schindler 公司的無機房系列特別之處在於使用非傳統的 Traction Media 吊索[14]（見圖 8），傳統鋼索將多股細索扭成一根粗索，Traction Media 則把一系列 12 根細鋼索用 PU 高分子包覆成扁平 V 形皮帶狀，如此其捲揚馬達槽輪的直徑就可大幅減少，節省空間與重量，同時馬達可不必減速，以較高速旋轉。

圖 9 為日本三菱早期的 GPQ 系列無機房升降機 [15]，其馬達仍使用較傳統的馬達，但裝置在機坑內。其近年的 Elenessa 系列產品所採用之馬達與架構（見圖 10）則與通力的 MonoSpace 系列類似。

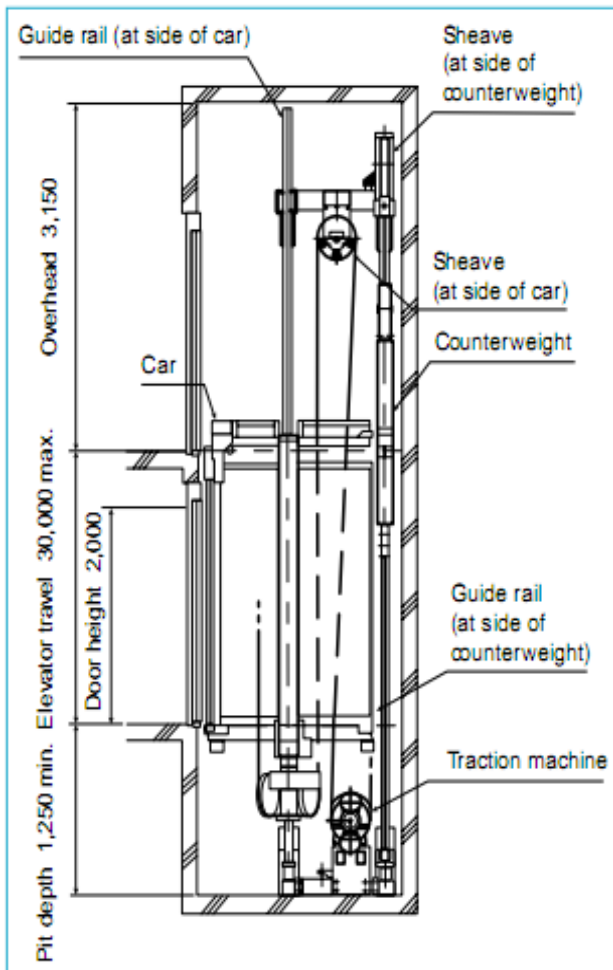


圖 9 三菱公司早期 GPQ 系列無機房升降機之架構[15]

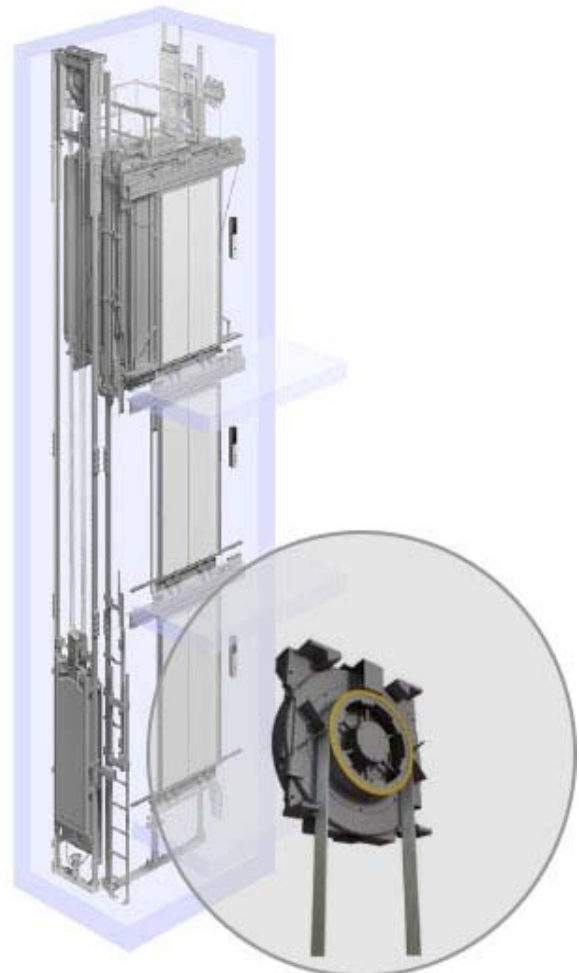


圖 10 三菱公司目前的 Elenessa 系列無機房升降機之架構[16]

日立的無機房系列有兩種馬達安裝的形式，一種採扁平之馬達，裝在靠近最低樓層處，由機坑支撐其反作用力，另一採細槽輪無齒輪筒狀馬達，裝在頂部空間，由升降路牆壁支撐其反作用力，如圖 11 所示 [17]。

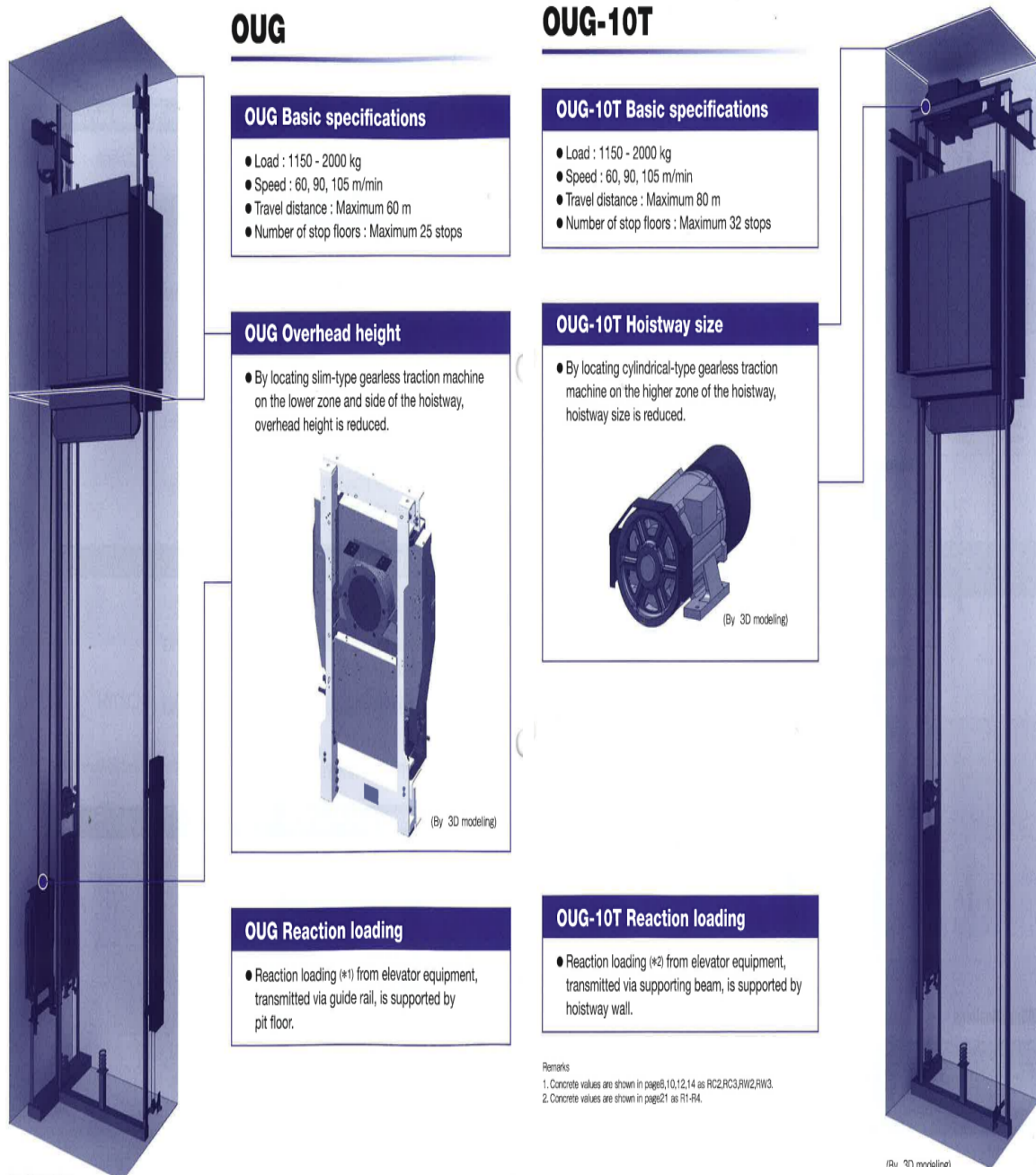


圖 11 日立的 OUG 無機房系列的兩種馬達安裝形式 [17]

東芝的無機房 SPACEL 系列之架構如圖 12 所示，亦採用細槽輪馬達 [18]。

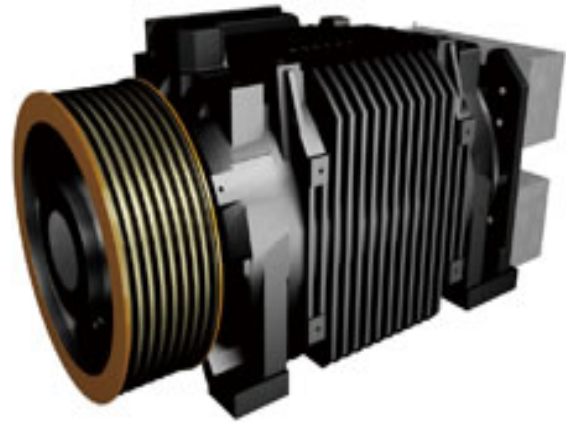
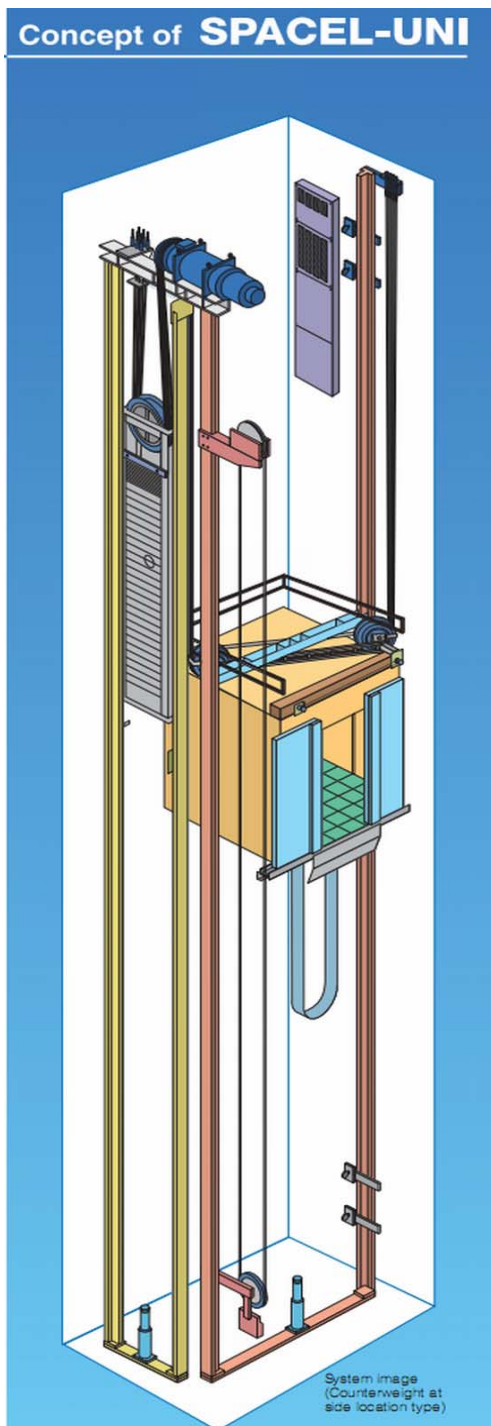


圖 12 東芝的 SPACEL 系列亦無機房電梯之架構及其所採用細槽輪馬達[18]

富士達的 Belta 系列無機房升降機架構如圖 13 所示[19]，其較特殊處在於其鋼索及驅動系統 TALON Drive（圖 14），其鋼索槽輪直徑仍採傳統大小，但馬達卻不直接驅動槽輪，而是透過皮帶系統來帶動槽輪上鋼索[19]，如此亦可採用小直徑馬達。

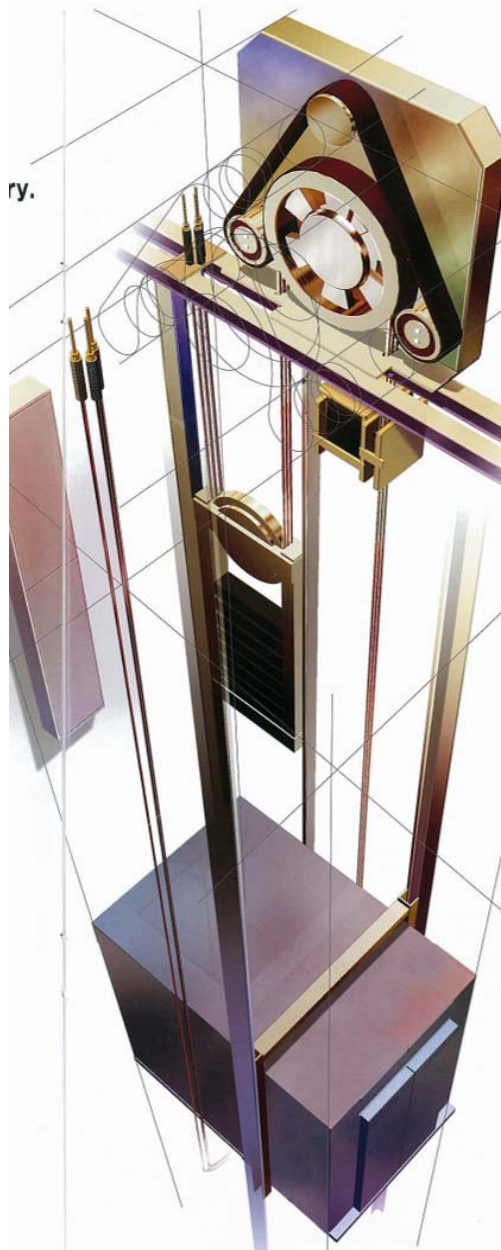


圖 13 富士達的 Belta 系列無機房
電梯架構[19]

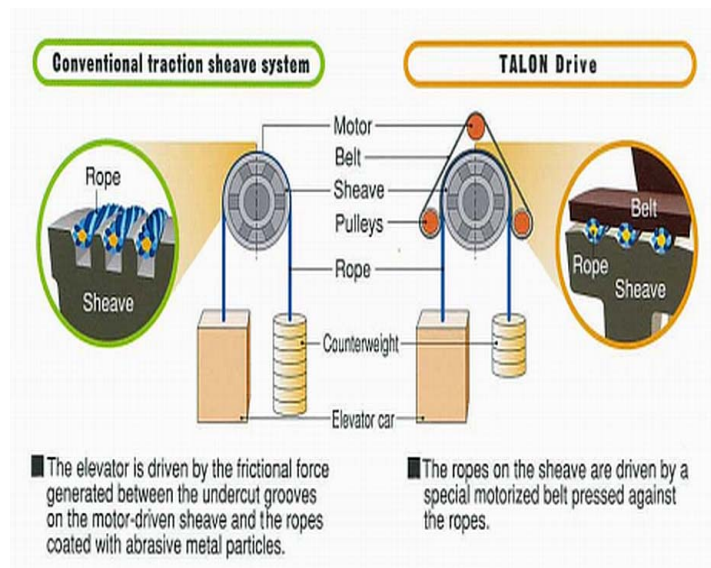
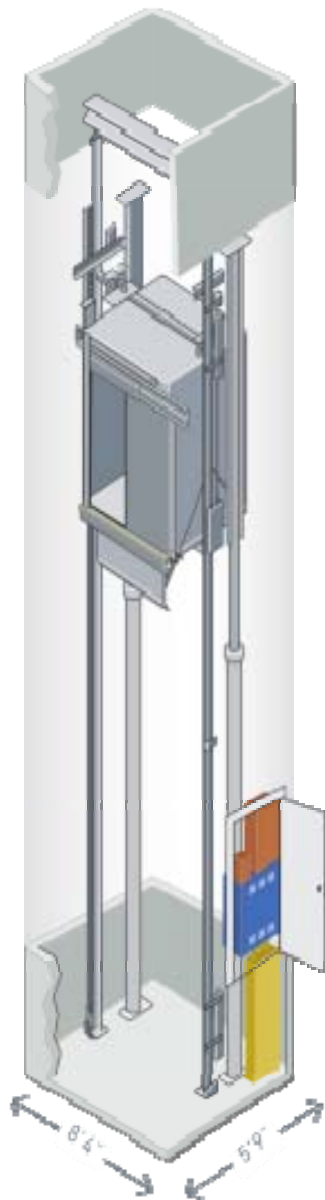


圖 14 富士達的 TALON Drive [19]

奧的斯的無機房升降機分油壓與鋼索捲揚系列，圖 15 為其油壓 Hydrofit 系列無機房升降機架構的示意圖[20]，圖 16 則為其鋼索捲揚之 GEN2 系列無機房升降機架構的示意圖[21]，此系列如 Schindler 的 Traction Media，採用小直徑槽輪之馬達，其鋼索也是以 PU 包覆成皮帶，不過奧的斯 GEN2 的皮帶是平的，如圖 17 所示[22]。



No machine room– everything fits in the hoistway.

Remains the same as a conventional system:
Hoistway depth
Hoistway width
Pit depth
Overhead

圖 15 奧的斯的油壓 Hydrofit 系列無機房電梯架構[20]

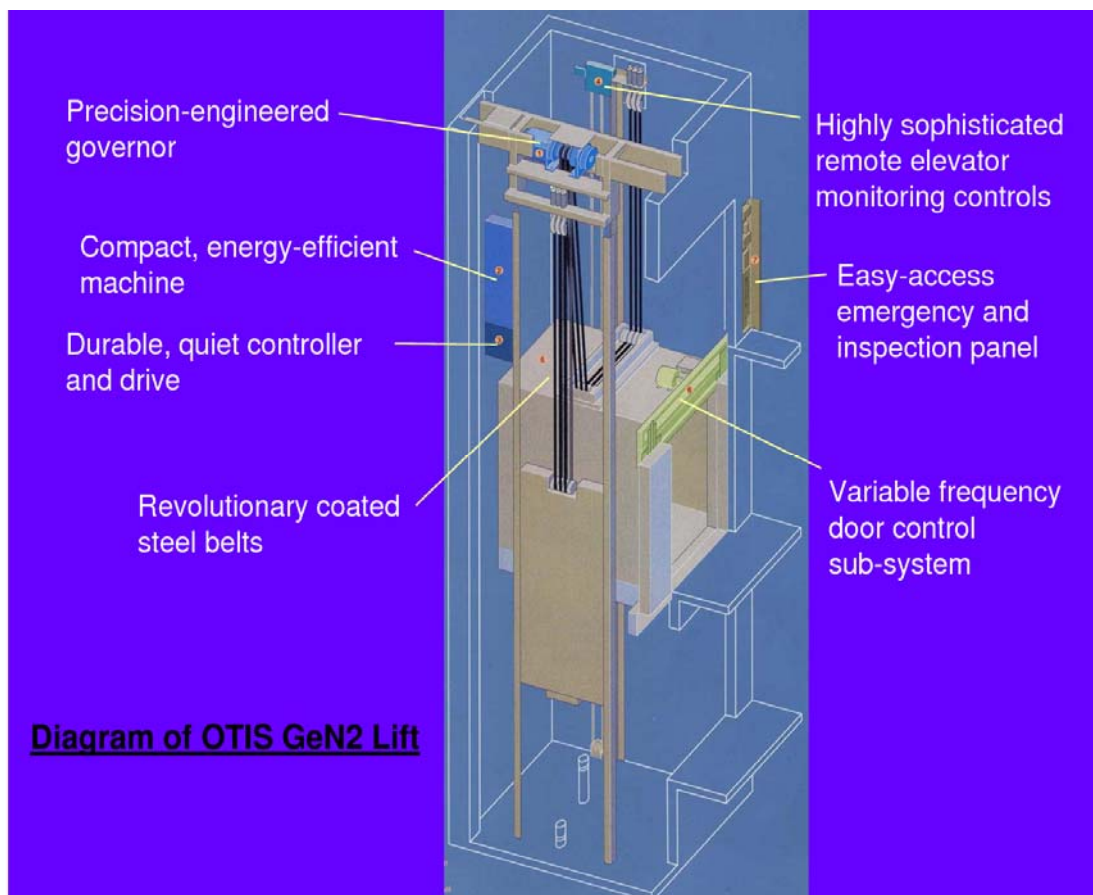
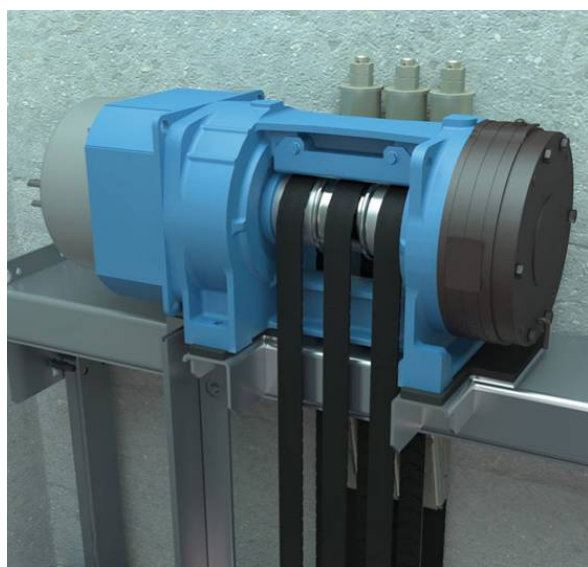


圖 16 奧的斯的 GeN2 系列無機房電梯架構[21]



Flat-belt technology leads the way



圖 17 奧的斯的 GeN2 系列馬達及懸吊皮帶[22]

圖 18 為韓國現代的 YZER 系列無機房升降機架構 [23,24]，圖 19 則為中國大陸 IFE ELEVATORS JOYMORE 系列的無機房升降機架構 [25]，二者皆採用類似通力的扁平馬達，安裝架構也頗為類似。



圖 18 韓國現代的 YZER 系列無機房升降機架構 [23,24]



圖 19 中國大陸 IFE ELEVATORS JOYMORE 系列的無機房電梯架構 [25]

第二節 國內無機房升降機案例勘察

國外的無機房升降機案例，僅能透過網路文獻資料，針對廠商公開的技術資料搜尋，往往只能找到整體架構的示意圖，內部元件的實體圖或細節無從得知，國內的案例則透過實地參訪了 10 個無機房升降機案例，以下為這些案例的重點介紹，其目的並非為比較不同設計的優劣，而是希望集思廣益，把安全相關的議題盡量發掘出來，供日後強化相關規範作為參考。

一、案例一

圖 20~27 為案例一的相關照片，參訪時本案例正在施工中，此一案例採薄型的圓盤狀無齒輪馬達（圖 20），馬達安裝位置在一樓樓板的高度左右（圖 21），控制器就裝在馬達旁（圖 22），自一樓打開機櫃門即可進行操控及檢修。馬達及槽輪部份的檢修需在機坑進行，本案例設置了永久性的鋼梯，供從一樓乘場門爬入機坑（圖 23），由圖 23 可以看到車廂的底部會有機會低於馬達的水平，檢修馬達與槽輪時需要鎖定車廂在一定高度，除了透過控制電路進行操作鎖定外，車廂另備有一機械式鋼栓（圖 24）。不過鎖定位置靠近升降路頂部，基本是為檢修設在升降路頂部的轉向滑輪（圖 25）而準備，檢修人員需將車廂開到頂部鎖定，再跑到底部的機坑，才能檢修馬達及槽輪，似乎不容易確保檢修人員不貪圖方便只利用控制電路將車廂停在稍高於馬達的位置即進行馬達及槽輪的檢修，也許在適當高度應另設一固定孔，比較能防範意外的發生。另一方面，此機械式鋼栓沒有與控制電路作連鎖，鋼栓就鎖定位置時控制器仍可操控車廂移動。

檢修轉向滑輪時，是利用車廂頂作為工作平台，本例車廂頂設有圍欄，圍欄的高度約到腰際，不過車廂頂部份地方有凸起的橫梁，（參見圖 26 維修人員在橫梁上蹲下時剛好可以靠在圍欄上），如站在梁上則圍欄高度可能不足以防範人員掉落，此外圍欄距車廂邊緣有些距離（圖 27），不利於觸及在車廂邊緣以外的轉向滑輪等設備，維修人員也許因貪圖方便而攀到圍欄外空間工作。

至於緊急救援方面，假如有人被困在車廂中，可以在一樓打開馬達空間的蓋板，操控馬達上的解除剎車裝置（圖 20 箭頭所指），讓車廂可以滑行，馬達空間蓋板打開後，可以看到升降路內情形，應可控制車廂停泊到靠近的樓層救出被困者。本例中未看到人

力驅動的裝備，假如斷電而且沒有備用電源，而車廂與配重剛好平衡，會不容易驅動車廂。



圖 20 薄型的圓盤狀無齒輪馬達



圖 21 馬達安裝位置



圖 22 控制器裝在馬達旁



圖 23 設置永久性鋼梯



圖 24 車廂另備有一機械式鋼栓



圖 25 升降路頂部的轉向滑輪



圖 26 維修人員在橫梁上蹲下時可以靠在圍欄上



圖 27 圍欄距車廂邊緣有些距離

二、案例二

本案例捲揚機設在靠近最高樓層（圖 28 箭頭處），為薄型的圓盤狀無齒輪馬達（圖 29），其控制盤（圖 30 右邊箭頭所指）在升降路上方，與接往配重的轉向滑輪相同的高度，轉向滑輪的支撐方式是將力量轉移到導軌，其轉移的方式（圖 30 左邊箭頭所指位置）詳見於圖 31，馬達與馬達上方的轉向滑輪的支撐，部份鎖定到導軌，部份鎖定到升降路牆壁。檢修各設備的工作平台設於車廂頂，圖 32 箭頭所指略可看到車廂頂之部份圍欄，稍高於腰際，圖 32 同時可見懸吊配重的滑輪，導軌及導軌油箱。圖 33 為鋼索

經過車廂底的情形，右側垂下的鏈條，是供斷電時人手驅動作救援用。



圖 28 捲揚機設置在靠近最高樓層

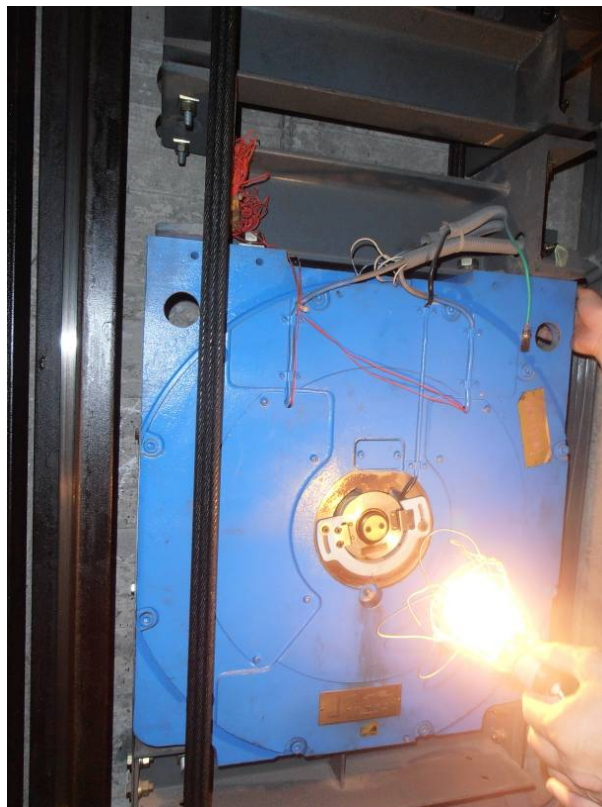


圖 29 薄型的圓盤狀無齒輪馬達

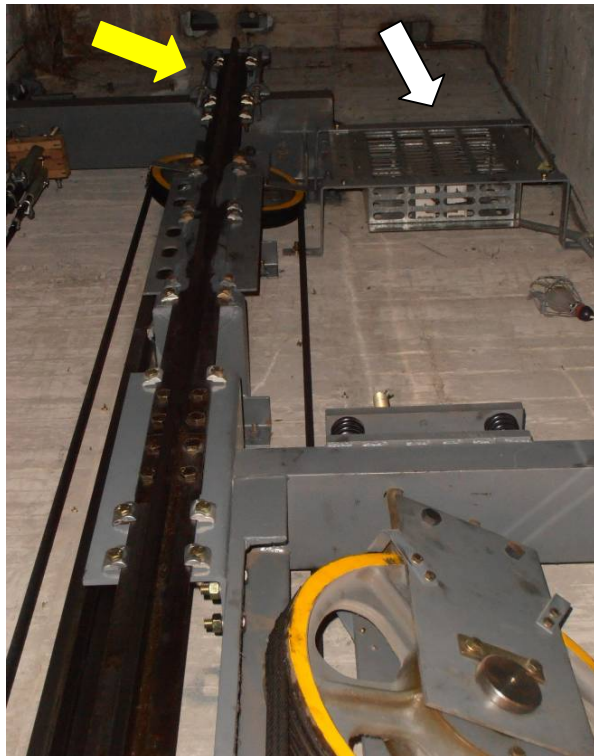


圖 30 圓盤狀無齒輪馬達控制盤



圖 31 轉向滑輪的轉移方式

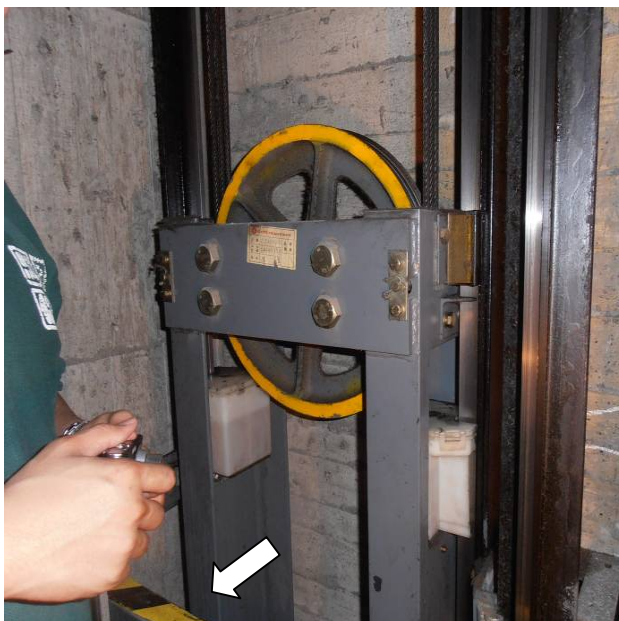


圖 32 懸吊配重的滑輪，導軌及導軌油箱



圖 33 鋼索經過車廂底的情形

三、案例三

本案例採用小型的筒狀無齒輪馬達，安裝於升降路頂部（圖 34），控制器在馬達旁邊（圖 35），工作平台在車廂頂，周邊有圍欄高度及腰際（圖 36）。但車廂頂中央有凸起的橫梁，如站在橫梁上，圍欄的高度可能不容易防止人員掉落，工作平台就位後，有機械式鋼栓可供固定其位置（圖 37），防止車廂意外之移動，但此鋼栓沒有與控制電路產生連鎖，忘記解除就啓動可能會造成設備損壞，車廂與導軌接觸處有三個導輪（圖 38），可承受車廂不同方向的反作用力。

圖中箭頭所指有一跳接線，其使用應特別小心，2011 年底美國紐約發生的一宗意外 [26]，就是升降機維修工人貪圖方便利用跳接線把安全連鎖線路暫時旁通，結果忘記恢復所致 [27]。本案例因控制箱在升降路內，停電關人時，在某一樓層乘場門呼叫車廂的面板底下，有機械式鋼索（圖 39 上方），連到調速機處（圖 40 右方鋼線），可以解除調速機，同時有備用電源，利用該面板上的按鈕（圖 39 下方）可以操作馬達把車廂駛往適當地方。

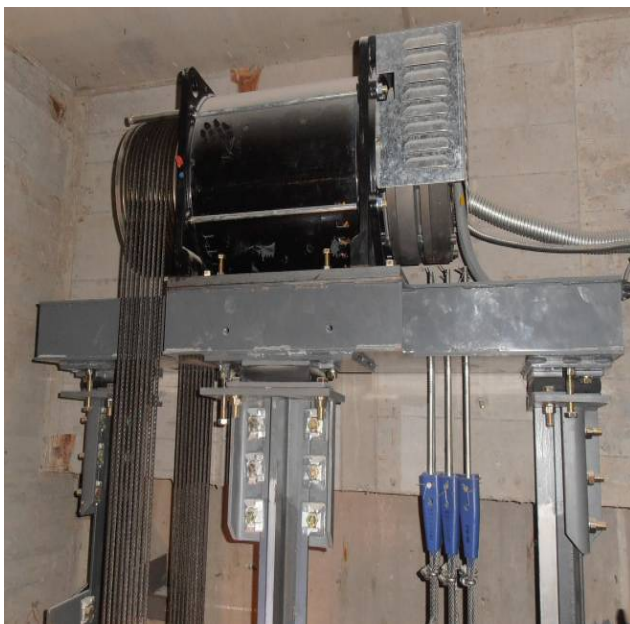


圖 34 小型的筒狀無齒輪馬達

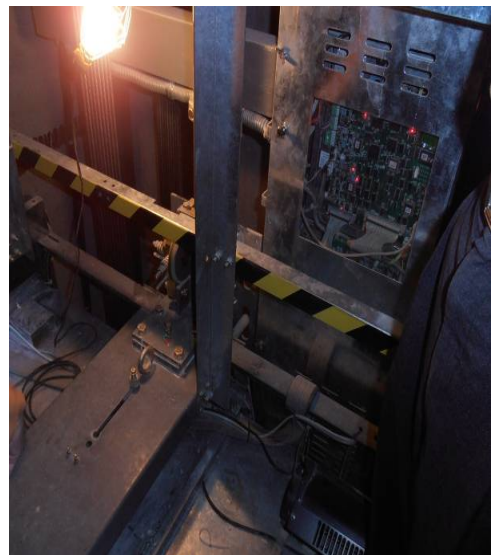


圖 35 控制器位於馬達旁



圖 36 工作平台周邊

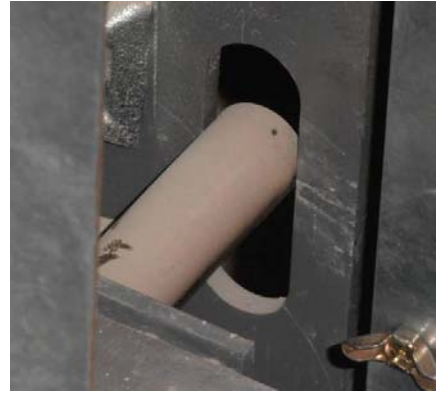


圖 37 機械式鋼栓

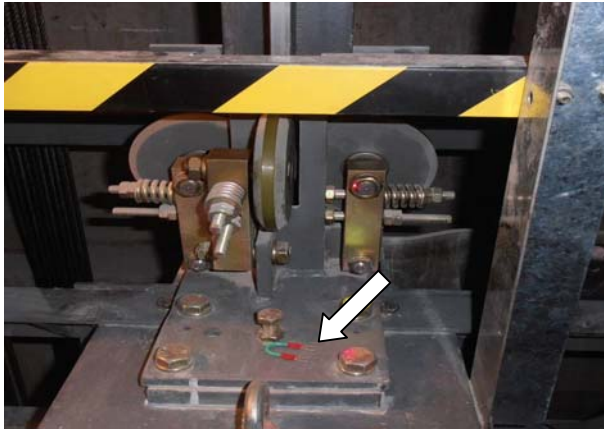


圖 38 車廂與導軌接觸處有三個導輪



圖 39 控制箱在升降路內



圖 40 調速機

四、案例四

本案例捲揚機為薄型的圓盤狀無齒輪馬達（圖 41），設在升降路頂部側邊，在配重旁（圖 42 可以看到馬達與懸吊配重的滑輪），馬達直接鎖定到升降機的導軌上，馬達控制器在馬達旁，鋼索從捲揚機出來，一端通過配重滑輪，配重端鋼索固定到升降路鋼結構，另一端通過車廂底部，車廂端的鋼索則鎖定到升降機的導軌上（圖 43），沒有其餘的轉向滑輪，結構非常簡潔，少了轉向滑輪對延長鋼索疲勞壽命有一定幫助。升降路頂端調速機旁裝有照明（圖 44），機坑裝有淹水感測器（圖 45），升降機的控制箱在一樓乘場門側，利用解鎖鑰匙打開後，可切換為手動控制車廂移動方式，同時設有按鈕可供檢測車廂安全剎車，馬達剎車等裝置。

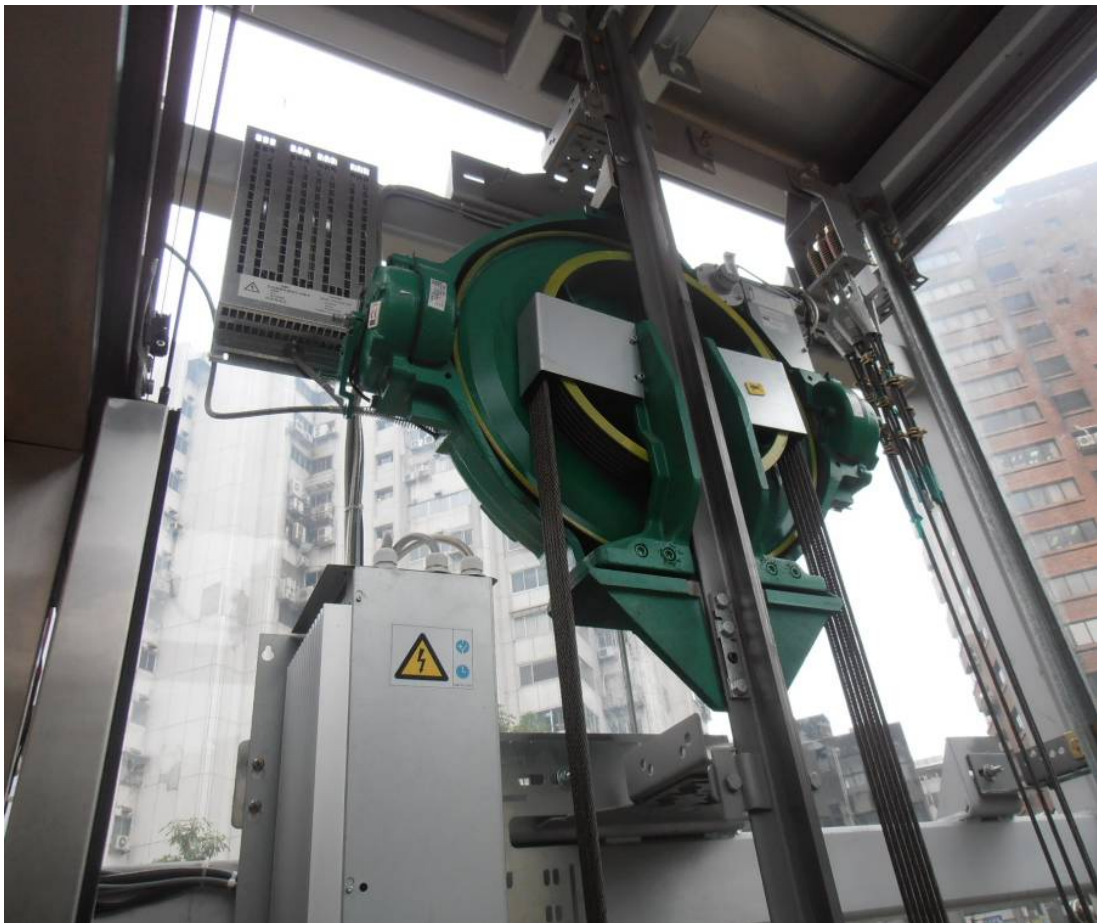


圖 41 薄型的圓盤狀無齒輪馬達



圖 42 馬達與懸吊配重的滑輪



圖 43 車廂端的鋼索鎖定到升降機的導軌上

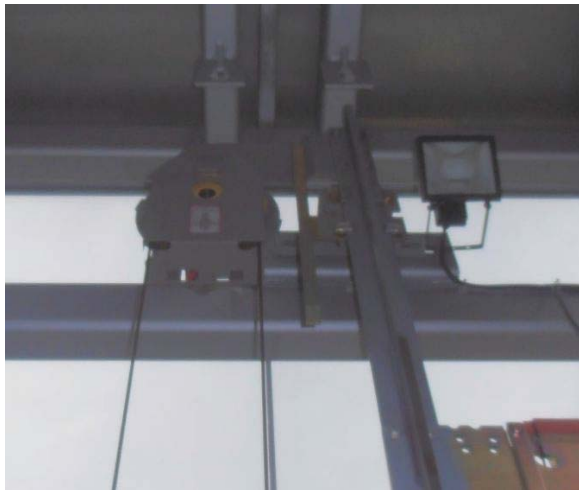


圖 44 升降路頂端調速機旁裝有照明



圖 45 機坑裝有淹水感測器

五、案例五

本案例採筒狀無齒輪馬達，馬達安裝在機坑底部地板（圖 46），傳統有機房馬達一樣是固定到地板，但其受鋼索的作用力是把馬達往下壓，只要地板結構足夠強，馬達的固定不是大問題。本案例情形則不同，鋼索的作用力是傾向把馬達往上提，全靠固定馬達的螺絲把馬達鎖固到地上，螺絲及地基內螺紋受力較為嚴峻，本案例是利用特殊化學藥劑，強化地基內的螺紋套筒與混凝土間的藉著力，另在馬達槽輪端加上強化橫梁（圖 47 箭頭所指），以確保馬達能穩固地承受鋼索往上的作用力。

馬達安裝在機坑尚面臨另一風險，如機坑淹水，也容易導致意外，本案例目前沒有看到淹水的痕跡，但升降路內濕度相當高，導軌生鏽頗為明顯（圖 48）。因為馬達在下方，故上方需要一定的轉向滑輪，本例的轉向滑輪支撐梁是固定到配重及車廂的導軌上（圖 49），由導軌將相關反作用力傳到地基。檢修這些轉向滑輪的工作平台為車廂頂，圖 50 可以看到車廂頂的圍欄高度比膝蓋位置還要低，不但對防墜效果有限，還有可能絆倒工作人員，而車廂與升降路間間隙頗大（圖 51），對防護檢修人員掉落可能造成風險。



圖 46 馬達安裝在機坑底部地板



圖 47 在馬達槽輪端加上強化橫梁



圖 48 導軌生鏽頗為明顯



圖 49 轉向滑輪支撐梁

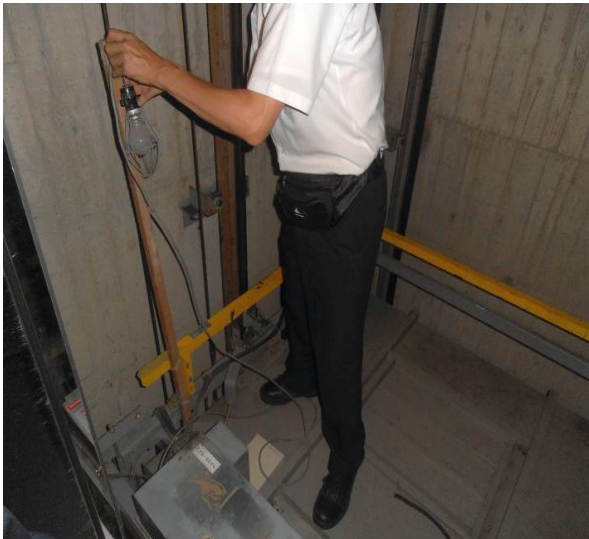


圖 50 車廂頂的圍欄高度比膝蓋位置低



圖 51 車廂與升降路間間隙頗大

六、案例六

本案例使用傳統具齒輪變速箱的馬達，馬達安裝在機坑底部地板（圖 52），前一案例已說明此一安裝方式螺絲及地基內螺紋受力狀況較為嚴峻，本例中可以看到使用了一個固定到牆上的角鋼架（圖 53 箭頭所指）加強馬達固定。因為馬達在下方，故上方需要一定的轉向滑輪，本例的轉向滑輪支撐梁透過角鋼架是固定到升降路牆壁上（圖 54），檢修這些設備的工作平台為車廂頂，圖 55 可以看到工作平台的黃色護欄。護欄高度約在成人腰部，升降機的控制箱則設在一樓乘場門旁一上鎖的機櫃中（圖 56），機櫃似乎沒有通風口。



圖 52 馬達安裝在機坑底部地板



圖 53 固定到牆上的角鋼架



圖 54 轉向滑輪支撐梁透過角鋼架固定到升降路牆壁上



圖 55 工作平台的黃色護欄



圖 56 控制箱設在乘場門旁上鎖的機櫃中

七、案例七

本案例採用有齒輪變速箱的馬達與槽輪如圖 57，其工作平台在車廂頂，周邊有高度充份的護欄（圖 58），半高位置附近有橫欄，對防止意外墜落應有相當的幫助。工作平台上有控制箱，上面明確標示不可站立，調速機的解鎖透過鋼線牽引到升降路外（圖 59），方便救援的操作。

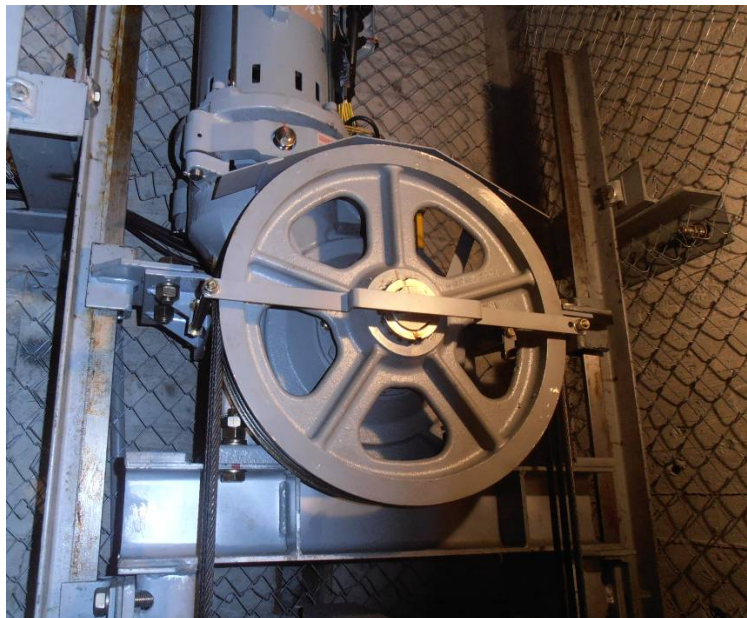


圖 57 有齒輪變速箱的馬達與槽輪



圖 58 工作平台在車廂頂的周邊護欄



圖 59 調速機的解鎖透過鋼線牽引到升降路外

八、案例八

本案例採用有齒輪變速箱的馬達與槽輪如圖 60（從升降路內看），安裝在一樓升降道牆壁一個長方形孔中，打開上鎖的櫃門即可看到整個馬達以及升降路內部，需要救援時，可以利用馬達上的把手解除馬達的剎車（圖 61），並以手動轉動黃色圓盤如圖 61 所示。在升降路內要進行設備的檢修，以車廂頂作為工作平台，圖 62 可以看到車廂頂中央有一個控制箱，把工作平台切割成兩半，其中一半有護欄，另一半則沒有防護，例如當要檢修馬達及槽輪時，就需要站在沒有防護的部份（如圖 63 所示）；工作平台就位後具備鋼栓鎖定，此鋼栓有感應器連鎖到控制電路（圖 64），不過工作平台地面上滿佈凌亂的電線，容易絆倒工作人員或不小心踢掉連線接頭。頂部支撐轉向滑輪的橫梁，是固定到升降路牆壁中（圖 65）。



圖 60 有齒輪變速箱的馬達與槽輪



圖 61 可利用馬達上的把手解除剎車



圖 62 車廂頂中央有一控制箱



圖 63 沒有防護部份的工作平台



圖 64 鋼栓有感應器連鎖到控制電路



圖 65 頂部支撐轉向滑輪的橫梁固定到升降路牆壁中

九、案例九

本案例捲揚機為薄型的圓盤狀無齒輪馬達（圖 66），設在升降路頂部，捲揚機旁可以看到一個散熱的氣窗，其鋼索固定端連接到感測鋼索受力的裝置（圖 67），控制箱也安裝在升降路內靠近頂部的位置（圖 68），懸吊配重的滑輪旁所看到的鏈條（圖 69），可供人手操控車廂移動，為救援之設備。

機坑底部尚備有一批砝碼，以供車廂承載重量與配重過於不平衡時掛載到鏈條上，幫助順利移動。工作平台為車廂頂，圖 70 可以看到工作平台的護欄，半高位置附近有橫欄，對防止意外墜落應有相當的幫助。工作平台就位後，有鋼結構鎖定裝置（圖 71），可以防止車廂移動。圖 28f 此裝置右手邊可以看到電線，是把裝置的狀況回傳到控制電路，防止在裝置切入時容許車廂的驅動。圖 72 左側可以看到供進入機坑的鋼梯，機坑目前可以看到有淹水存在。

一樓叫車的面板拆卸後可以看到緊急救援用的控制面板（圖 73），上有按鈕操作升降路內照明以及車廂的移動，後者使用備用電池電源，假如備用電源不足，可以透過此

處從外間接入電池電源，控制面板上方（圖 73 上方）有一玻璃窗口，可供觀察鋼索以判斷車廂移動的方向。電動的驅動方式失效，尚有前述手動的方式可供救援之用。



圖 66 薄型的圓盤狀無齒輪馬達



圖 67 鋼索固定端連接到感測鋼索受力裝置



圖 68 控制箱安裝在升降路內靠近頂部的
位置



圖 69 懸吊配重滑輪旁的鏈條



圖 70 工作平台護欄的半高位置附近有橫欄



圖 71 鋼結構鎖定裝置



圖 72 可以看到供進入機坑的鋼梯



圖 73 緊急救援用的控制面板

十、案例十

本案例捲揚機採用小直徑槽輪之馬達，其鋼索也是以 PU 包覆成表面光滑之皮帶，馬達安裝所在的橫梁以貫穿牆壁來支撐（圖 74）。因為包覆之鋼索直徑不大，所以槽輪及轉向滑輪的直徑可大幅降低，因此本例車廂的懸吊是自車廂頂（圖 75），而非如其他案例因轉向滑輪較大而安置於車廂底部。工作平台為車廂頂，圖 76 可以看到工作平台的

護欄，護欄略高於腰部，半高位置附近有橫欄，對防止意外墜落應有相當的幫助。圖中箭頭處也可看到車廂頂部不能踐踏的位置有明確的圖標，工作平台就位後，有鋼結構鎖定裝置（圖 77），可以防止車廂移動，圖 77 此裝置左手邊可以看到電線，是把裝置的狀況回傳到控制電路，可在裝置切入時防止車廂的驅動；工作平台上有控制車廂移動在控制箱（圖 78）。

圖 79 為調速機，其剎車可以由處於升降路外（一樓乘場門旁）的開關（圖 80）來解除，而且其釋放程度由微電腦自動控制，以確保車廂即使在動力源喪失時速度仍能保持在設定範圍，該開關之電路板上有 LED 系列顯示車廂速度及移動方向，另已有顯示其所在樓層位置。此控制箱的門上有緊急救援的操作步驟標示（圖 81），圖 82 右側可以看到供進入機坑的鋼梯，梯子上方有一緊急煞停車廂的控制箱，配重塊前的平衡鏈條，可供當車廂與配重剛好平衡時以人手操控車廂移動，為救援之設備。



圖 74 馬達安裝所在的橫梁以貫穿牆壁來支撐



圖 75 車廂的懸吊是從車廂頂



圖 76 工作平台的護欄略高於腰部



圖 77 鋼結構鎖定裝置



圖 78 工作平台上有控制車廂移動在控制箱

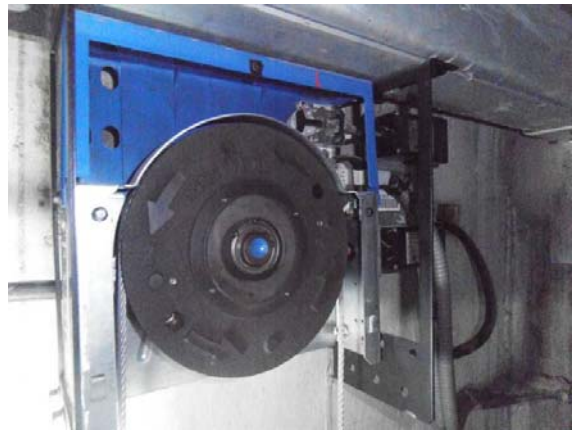


圖 79 調速機



圖 80 剎車可由升降路外的開關解除



圖 81 控制箱的門上有緊急救援的操作步驟標示



圖 82 鋼梯上方有一緊急煞停車廂的控制箱

第三節 無機房升降機之異同

一、國內外廠商生產、安裝之無機房升降機之異同

由上述案例，可以看到國內早期的無機房升降機，採用傳統的齒輪減速機與馬達，較新的產品已陸續採用無齒輪變頻直接驅動的馬達，也有使用薄型圓盤狀馬達，整體架構的方式，維修與救援的考量，除細節的差異外，大致均與國外類似，細節的差異，可能基於設計、使用經驗尚比不上國外，也有可能是標準要求的細節詳略有別所致。唯一較明顯有差別的是國外有使用比較新的捲揚科技如皮帶式系統，國內可能尚有法規的限制未能引進。

二、無機房式升降機與傳統有機房升降機異同

對於所謂何種升降機應歸類為無機房，歐盟與美國/加拿大的處理方法很明確，就是劃分了「機房」與「機械空間」兩種觀念，基本上所謂「機房」者，必須在**升降路以外**，有**專屬完整封閉的空間安置捲揚機及其他相關機械**，而且其用意是為**了讓人員進入其內進行檢測維修等工作**，而所謂“機械空間”，則沒有**專屬完整封閉的房間**，機械空間可以在升降路之內或之外，而其設計也可**選擇是否讓人員進入其內進行檢測維修等工作**。考察國內外案例，目前所謂無機房（machine room-less）升降機，其驅動機械，不論為捲揚式或油壓式，均安置於升降路內不同的位置上。

機房式與無機房式升降機的差異，最明顯的就是少了機房所需的空間，此外業者一般強調無機房式較為節能，主因是無機房式多採用較新型的無齒輪直接驅動的變頻馬達，除了馬達本身較為節能，因為直接驅動，也節省了齒輪變速箱的大量能耗，但這些節能驅動機房式升降機也可採用，故節能並非無機房升降機的專利。從實地考察多個無機房升降機之案例以及對國內外相關規範的研討，可以看到兩種升降機在升降路結構，機械結構與建築結構的介面，操作邏輯，安全裝備與迴路邏輯，維修保養注意事項等，在大方向上大抵是一致的，但因細部設計上的差異，而在各項目細節技術上有所差異，所以國內外相關規範均針對無機房的部份額外作出一些規定，而其餘規定與原來傳統升降機均相同。細節的差異需額外注意的約有下列各點：

- (一)傳統機房式升降機其捲揚機由樓板來支撐，只要房屋結構符合相關建築法規，應可承擔其重量及升降機的反作用力；無機房升降機的捲揚機，可能固定到升降道牆壁，可能固定到導軌，也可能固定到機坑地板，後者因作用力方向不同，其對地板的要求功能與機房式之地板不相同，各種方式其鎖固力量是否足夠，因機械振動，地震等影響下是否可長期維持不致鬆脫，支撐的反作用力最終傳導到的地點是否足以耐受其施力，設計、審查與定期檢驗均需額外考量。
- (二)傳統機房式升降機的鋼索懸吊路徑相當單純，基本在槽輪兩側一邊連接車廂，一邊連接配重，無機房升降機則如前文案例所示，視捲揚機所在位置，通常有多個轉向滑輪，鋼索通過滑輪，形成一個彎曲變形的循環負載週期，滑輪越多，循環負載施加就越頻密，加速其疲勞破壞的累積，會傾向縮短鋼索的使用壽命。
- (三)傳統機房式升降機停電或故障關人時的解救方式為消防等救援人員熟悉，只要進入機房，手動解開馬達剎車並轉動槽輪即可移動車廂，車廂運行方向也一目了然，火警時要讓車廂往上或往下走可以容易地操控，電力總開關一般也可在機房中操作。無機房升降機捲揚馬達一般在升降道內，每種型號在不同位置，非熟悉該機種的維修人員難以進入觸及，解除剎車及手動/電動驅動的控制盤位置不固定，操作方法各有不同。
- (四)傳統機房式升降機控制箱設在機房，後者的通風，溫度較為容易控制，無機房升

降機控制箱如設於升降道內，需注意其環境溫濕度及灰塵等防範。

- (五)傳統機房式升降機人員檢查與維修相關設備時，進入機房是相對安全，比較沒有墜落的風險，在升降道內進行檢修作業，工作平台多為車廂頂，而車廂頂往往不平整，可能裝有控制箱，滿佈電線等有絆倒的危險，也有墜下升降道的風險，設計上須予防範。
- (六)假如捲揚機安裝在機坑，而機坑淹水，則不單會造成馬達損壞，還有引起觸電的危險，因此如機坑有淹水的可能性，應設置淹水感測器，排水溝或抽水設施，如有需要亦可考慮設置斷電的安全迴路。

第三章 無機房式升降機相關規範比較

第一節 國內規範部份

以升降機作為關鍵字在國家標準（CNS）檢索系統（<http://www.cnsonline.com.tw/>）搜尋，得到表 1 中 12 個 CNS 國家標準（表 1），比較其中內容。其中與無機房升降機關係較為密切的有 CNS10594 B1337（升降機）[28]，CNS10595（升降機之車廂與升降路之尺度）[29]及 CNS 2866 B7042（升降機、升降階梯及升降送貨機檢查方法）[9]。另行政院勞工委員會有《升降機安全檢查構造標準》（勞檢 2 字第 0950007834 號令）[10]。

表 1 CNS 國家標準中與升降機有關的標準

標準 總號	標準 類號	標準名稱	最新 日期
2866	B7042	升降機、升降階梯及升降送貨機檢查方法 Method of test for elevator escalator and dumbwaiter	93/07/22
4077	D4004	汽車用升降機 Lifts for Automobiles	66/04/20
4078	D4005	汽車用車輛升降機總則 Automobile Series Specification for Vehicle Lifts	66/04/20
8936	C2109	升降機用移動電纜 Travelling Cables for Elevators	79/03/16
8937	C3150	升降機用移動電纜檢驗法 Method of Test for Travelling Cables for Elevators	79/03/16
10594	B1337	升降機 Elevators	91/04/10
10595	B1338	升降機之車廂與升降路之尺度	76/05/21

標準 總號	標準 類號	標準名稱	最新 日期
		Size of Car and Hoistway of Elevator	
11380	B4065	液壓升降機 Hydraulic elevators	91/04/10
13350-3	Z1047- 3	機械式停車場安全標準（升降機式） The Safety Code of Mechanical Parking Lot Devices (Elevator Type)	83/02/25
13350-7	Z1047- 7	機械式停車場（汽車用升降機） Mechanical parking lot (elevators for car use)	86/05/01
13627	B4078	營建用齒條式升降機 Rack and Pionion Type Elevators for Construction Use	85/01/30
14328	B7290	個人住宅用升降機 Private residence elevators	95/04/19

一、 CNS 10594 B1337 「升降機」

在 2.8 條及 4.8 條[28]有無機房升降機的相關規定：

- 2.8 機械室：升降機之電動機、牽引機、控制盤等與牆或柱之間隔，最少應留有 30cm 之保養空間。但對保養無阻礙時或無機房式升降機者，不在此限。
- 4.8 無機房式升降機應依下列各節設置安全裝置
- 4.8.1 無機房式升降機在保養或維修時，應依下列之規定裝置安全裝置。
- (1) 具有適當之照明及柵欄，俾利維修人員之工作進行。
- (2) 牽引機或控制盤保養檢查時，應具備防止任何非預期之車廂移動，而可能造成人員傷亡之安全裝置。
- 4.8.2 無機房式升降機應設置在動力遮斷情況下，具備不需進入升降路即可援救受困人員

之裝置。

4.8.3 車廂或配重若已壓縮緩衝器，應使配重或車廂不能與牽引機相干涉。

4.8.4 無機房式升降機必須設置下列裝置。

(1) 維護保養照明裝置。

(2) 受電盤主開關。

(3) 控制盤與車廂間聯絡之對講機。（控制盤裝於升降路外之場合）

二、 CNS 2866 B7042 「升降機、升降階梯及升降送貨機檢查方法」

在其 4.4 條 [9] 有無機房升降機的相關規定：

4.4 無機房式升降機

4.4.1 牽引機檢查

(1) 具有適當照明、工作平台及安全柵欄便利維修人員檢查（但不礙維修者得不設工作平台）。

(2) 車廂或配重若已壓縮緩衝器時，應使車廂或配重不能與牽引機相干涉。

4.4.2 受電盤、控制盤檢查

(1) 受電盤主開關應設於控制器附近，需易於操作而且安全。

(2) 控制機件應確實裝緊，所有電路須匯集配電盤內，各種開關接點，均應動作良好，而無異狀。

4.4.3 須設置以手動實施運轉操作，從事維護保養時車廂頂部或底部之安全距離應確保在 1.2m 以上之安全裝置。

4.4.4 應使升降路溫度保持在 40°C 以下，維護保養照明應在 100 lx（米燭光）。

三、升降機安全檢查構造標準

行政院勞工委員會「升降機安全檢查構造標準」[10] 在其第四十二條有無機房升降機的相關規定：

第四十二條 無機房式升降機應設置下列裝置：

- 一、維護保養照明裝置。
 - 二、受電盤主開關。
 - 三、控制盤置於升降路外時，控制盤與搬器間聯絡之對講機。
 - 四、於保養或維修時，應具有適當照明、圍欄及防止搬器非預期移動之安全裝置。
 - 五、於動力遮斷情況下，無需進入升降路即可援救受困人員之配置。
- 無機房式升降機搬器或配重於壓縮緩衝器時，不得碰觸捲揚機。

第二節 國外規範部份

世界各國普遍採用升降機標準有三個，一為歐盟的 EN81-1 [30]，使用最為普及。其中大陸方面，其升降機之國家標準 GB7588-2003「升降機製造與安裝安全規範」，基本為 EN81-1 的中文翻譯 [31]，一為北美的 A17.1/CSA B44 [8]，另一為日本的升降機檢驗標準[32]以及昇降機技術基準之解說[33]，三個標準使用地域涵蓋情形見圖 83 [34]。以下茲就這三個標準中與無機房升降機較為相關的規定加以摘錄介紹。

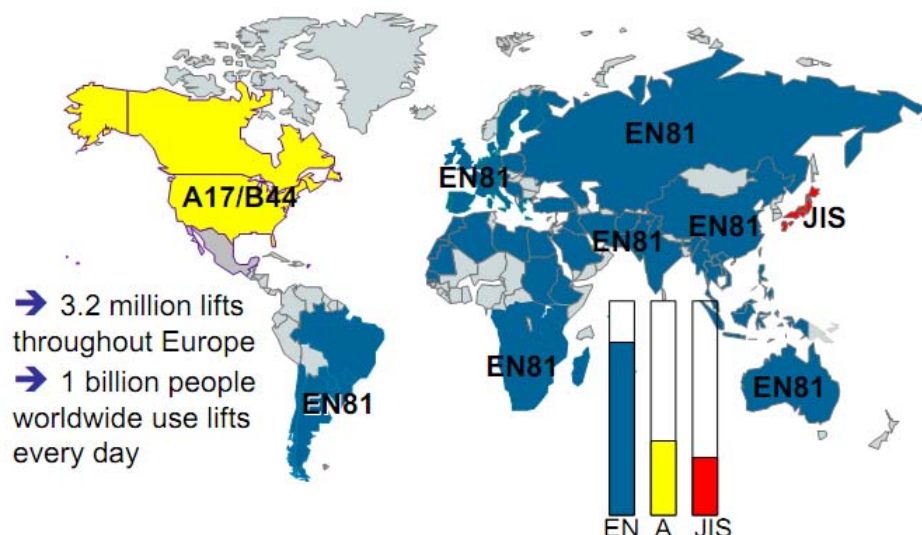


圖 83 世界各地採用之升降機標準分佈情形[34]

一、 歐盟 EN81-1

歐盟目前有關捲揚式升降機構造與安裝的安全條例為 EN81-1，是由歐洲標準委員會 CEN.(Comité Européen de Normalisation/European Committee for Standardization)所制定，EN81-1 最原始的版本源自 1978 年，僅針對以拉力作為提升動力的升降機[35]，1985 年更新為第二版 EN81-1:1985，同時在 1987 年引進 EN81-2 來涵蓋油壓升降機[36]。1997 年歐盟出版了升降機指引 (Lift Directive 95/16/EC) [4]，次年 1998 版 [5]的標準主要修正了原標準中明顯的錯誤，去除了歐盟各國原來相關標準中的差異性，並將歐盟一些一般性的健康與安全要求列入。

此一標準後來陸續有過三次補正(Amendments)，分別是 EN81-1:1998/A1:2005 [6]，EN81-1:1998/A2:2004 [7]及目前最新的 EN81-1:1998+A3:2009[30]。其中 A1 主要為考慮當時新科技而增加“programmable electronic systems in safety related applications”(PESSRAL)的使用，以提升升降機安全[35]。A2 為處理沒有足夠原規定的驅動設備空間時，驅動設備的裝設方式 [37]，A3 則應用歐盟 2009 年底開始實施的新機械指引 (Machinery Directive 2006/42/EC) [38]，此一版本[30]雖然沒有提到無機房升降機 (Machine Room-less lift) 之名詞，但其第六章機械與滑輪空間 (Machinery and pulley spaces)，有明確的畫分為三類：

- (一) 6.3 節機械在機房 (Machinery in machine room)，所謂機房指一個單獨的房間，專屬升降機相關機械之用。
- (二) 6.4 節機械在升降路 (Machinery inside the well)，指沒有專屬機房而且機械安裝在升降路某位置上。
- (三) 6.5 節機械升降路外 (Machinery outside of the well)，指沒有專屬的房間，也不在升降路內，對於此類，EN81-1 要求仍要把升降機相關的機械所在的空間中，隔出一專用的小室或機櫃 (cabinet)。

以上三類中第二類即目前一般的所謂無機房升降機故以下討論將納入 6.4 節。另除了捲揚機外，EN81-1 的 6.7 節有關滑輪空間部份，亦分有二類：

1. 6.7.1 節滑輪間，規定不在升降路內的滑輪，必須有專屬的滑輪間 (pulley

room)

2. 6.7.2 節滑輪在升降路內 (Pulleys in the well)，有關滑輪空間雖理論上無涉有機房或無機房升降機，但後者滑輪一般都在升降路內。

所以 6.7.2 節也納入以下的討論中。另 8.13 節對車廂頂防護作出規定，15.4 節對機械空間及滑輪空間的標示作出規定，此二者對於無機房升降機也有特別重要的意義，以下謹針對這些規定重點作綱要式的介紹，而非逐字逐句的翻譯，主要希望凸顯出其規定之精神。

對 6.4 節機械在升降路內，其各子節內容綱要概述如下：

6.4.1 為一般性規定，包括對機械支撐固定的強度之要求，安裝在大樓外部不完全封閉之升降路，機械須有適當隔離環境影響的保護措施，以及升降路內如不只一個工作空間 (working area)，則兩個空間須相距 1.8m 以上。
6.4.2 規定工作空間的尺寸要求，包括其淨空高度必須有 2m 以上，需維修或檢查的位置，須有 0.5m×0.6m 水平工作空間控制箱前則須有至少 0.7m 深度方向的淨空距離，而寬度方向的淨空距離則須達 0.5m 以及控制箱寬度兩者較大的尺寸。 對於外露的會旋轉組件，其上方須有 0.3m 以上的淨空距離，如淨空距離不足 0.3m 則此旋轉組件必須加蓋。
6.4.3 規定進行維修檢查時，人員是在車廂屋頂或在車廂內，而車廂移動會對人員構成危險，則須有固定裝設之機械式及電動式的安全裝置，防止車廂意外移動。而危急救援及安全裝置動態測試的相關操作裝置，必須安排在升降路以外。對設於車廂中的檢查用開口進行詳細規範其工作距離，能避免誤開，大小容許方便工作但能防範人員掉出落入升降路，或形成突出物防礙車廂行駛，另此種安排如需在車廂內配備移動車廂的控制裝置，則此裝置須與其他電動安全裝置適當的聯動鎖定，並能防止未經授權者操作。
6.4.4 對需在機坑內進行檢修工作者，作出類似 6.4.3 的相關安全設計要求，同時特別要求當車廂處於鎖定位置時，其最低點最少具工作人員所立足的地面有 2m 的

<p>距離。在車廂鎖定的狀態下，工作人員需能自由離開工作空間，另檢修後將升降機切換回正常運轉的開關，規定其必須設在升降路外，未經授權者須無法操作。</p>
<p>6.4.5 對檢修工作非如 6.4.3 或 6.4.4，而是在一平台上進行，則此平台可以是固定安裝式，如其位置與車廂、配重行駛空間有干涉，也可以用收納式，對於後者，則工作時車廂必須如 6.4.3 所規定的靜止，或如需車廂移動，則車廂頂部或底部（視車廂原來在平台之下或之上）最靠近平台不得近於 2m，同時要有相關的安全連鎖裝置，保證如其為完全收納，車廂不能正常行駛。此外，本節也規定了平台承載能力，安全圍欄，與進入平台的樓層地板之高度落差與水平間隙等。另如需在平台上移動車廂，則其移車控制箱須在平台上，同時須於平台妥妥觸發聯動開關後此控制箱方可發生作用。另一方面，展開或收納平台的裝置應可從機坑或升降路外操作，而非授權人員無法進行此操作。如平台未展開妥當，由外進入平台的門扉應不能開關，或另設防止人員因平台未就定位而意外墜落升降路的防護裝置。危急救援及安全裝置動態測試的相關操作裝置，必須安排在升降路以外。</p>
<p>6.4.6 容許在升降路外，經由一適當的門扉或開口自升降路外進行捲揚機的檢修。</p>
<p>6.4.7 針對維修相關的通道門作出規定。對於工作空間在升降路道內者，進入的方式可為乘場門，亦可為其他通到升降路的門扉，對於後者，規定其起碼大小、強度及符合相關防火標準，只能往升降路外開，必須不用鑰匙即可從升降路內將之打開，但從升降路外則必須鑰匙才能開關，其是否緊閉應與其他安全裝置聯動。其關上及鎖上必須不用鑰匙。對於工作空間在升降路外者，門扉的大小要足夠處理升降路內相關檢修工作，但越小越好，以避免人員掉落升降路，其餘除沒有從升降路內可以打開一項外，均與工作空間在升降路道內者相同。</p>
<p>6.4.8 規定安裝機械的空間須有適當的通風，電氣設備須適當防塵，防潮及防有害煙霧危害。</p>

6.4.9 是有關工作空間及機械空間照明方面的規定，在相關的地板位置須有 200lux 的亮度。

6.4.10 為設備吊掛必須在機械空間備有一個或以上金屬支撐或吊鉤，以方便重型設備的吊掛安裝定位，該等支撐或吊鉤須有安全容許載荷的標示。

6.5 為針對機械在升降路外，沒有專屬的房間，但須裝在機櫃內，並規定其門扉及工作空間的大小，通風及照明。

對 6.7.2 節滑輪在升降路內，容許轉向用滑輪安裝在頂部空間，但其位置（1）必須在車廂屋頂的投影以外的範圍；（2）其維修、檢查與測試必須容許在車廂頂，6.4.3 節提及的車廂內或 6.4.5 節提及的工作平台，或從升降路外進行者。

如需將鋼索轉向至配重，則車廂屋頂上也容許裝設一個轉向滑輪，對於後者，則必須從車廂頂或 6.4.5 節提及的工作平台可以安全地觸碰到此滑輪的轉軸。

另因車廂頂部有可能作為工作平台之用，故於 8.13 節特別就其強度要求，安全圍欄尺寸，及如車廂頂裝有滑輪其保護罩等作出了詳細的規定。

15.4 節則為機械空間，其通道門扉，緊急停止開關，電器及照明開關，工作平台額定載重量，升降機故障時詳細的操作指引，特別針對如何在緊急狀況發生時移動車廂及打開乘場門等標示的規定。

二、北美洲 ASME A17.1-2007/CSA B44-07

2007 年出版的 ASME A17.1-2007/CSA B44-07，是調和美國 A17.1 及加拿大 CSA B44 有關升降機的一個北美洲通用標準。其 2.7 節為對機器所在位置作出相關規範，有關機器所在位置在 ASME A17.1-2007/CSA B44-07 分機械與控制兩大部份，每一部份又細分為「房（room）」及「空間（space）」，所以共有四種組合，即機房、機械空間、控制房及控制空間（Machinery Spaces, Machine Rooms, Control Spaces, and Control Rooms），此四種組合又細分為與升降路相接壤（或在升降路內）及不與升降路周邊、天花板或地板接壤者（remote），詳細的解釋見其 1.3 節名詞定義（請參考附錄二所引）。

基本上所謂「房（room）」者，必須在升降路以外，有完整封閉的空間，而且其用意是為讓人員進入其內進行檢測維修等工作。而所謂「空間（space）」，則可以在升

降路之內或之外，而其設計也可選擇是否讓人員進入其內進行檢測維修等工作。至於“control”與“machinery”的差異，則在“control room”或“control space”是供捲揚（或油壓）機械以外各種與該升降機操作或控制相關的電器與機械設備。而“machine room”或“machinery space”則用來安置升降機捲揚（或油壓）機械以及各種與該升降機相關的電器與機械設備。以下謹針對這些規定重點作綱要式的介紹，而非逐字逐句的翻譯，主要希望凸顯出其規定之精神。

ASME A17.1-2007/CSA B44-07 [8]中 2.7 節則開宗明義進一步規定在升降路以外安置電動捲揚機及馬達控制器的“machinery space”必須為一機房（machine room），即具備完整封閉的空間，可讓人員進入其內進行檢測維修等工作。其 2.7.1 規定此機房的圍阻間需滿足相關防火條例、機房尺寸、結構構造等細節，此節基本針對有機房的情形。

2.7.1 節後續的分節，以功能需求來劃分，而非特別區分有機房或無機房，以下謹就與無機房相關的內容作綱要式的摘錄。

2.7.2	規定供人員進行工作的內部空間/通道的尺寸要求，其中包括有機房及無機房的情形，主要原則為要照顧到人員的安全與工作的方便性。
2.7.3	為通往機房及機器空間等通道的規定，針對無機房部份，列出五種情形： （1）從機坑；（2）從車廂頂；（3）從一平台；（4）從車廂內；（5）上述四種以外者，須有一永久性的通暢通道可供通往機器空間。相關通道如需梯子或樓梯，則該梯子或樓梯須為不可燃材料，永久性固定安裝。通道的入口須有自動關閉並鎖上的門扉，平常保持關閉並上鎖，但自內往外則不需鑰匙即可開啓。對不需人員進入工作空間的設計，通道開口尺寸不應過大以避免掉落的危險；另機器或控制空間須設有升降機停止開關，裝在通往該空間的入口處。
2.7.4	為工作空間中頂上空間（headroom）尺寸的規定，對於從車廂中工作或在車廂頂工作的情形，頂上空間不可少於 1350mm，同時要滿足美國或加拿大電工規範 NFPA 70 or CSA-C22.1 之相關規定。
2.7.5	為針對工作空間在升降路或機坑的相關規定，此節並非特別為無機房升降機

	<p>而設，其內容主要針對捲揚機剎車，緊急剎車，升降機控制器及馬達控制器的檢修，而這些組件一般在升降路內，不過本節對工作空間的規定，也適用於無機房升降機。</p>
<p>2.7.5.1</p>	<p>規定對自車廂內或車廂頂進行檢修工作，而工作有可能引起車廂垂直移動，則須有安全鎖定裝置防止車廂移動，此類裝置須獨立於捲揚機剎車，緊急剎車，升降機控制器及馬達控制器，而且能支撐無配重下自空車到滿載的車廂，其安全因子不小於 3.5，當此裝置須不能意外作動 (activate)，但經作動後，應自動切掉供應給捲揚機及其剎車的電力，而且其功能不需電力供應仍應可以維持。另一方面，該裝置經作動後，須有一個安全離開工作空間的出口。</p> <p>如從車廂內工作，則從車廂內通往車外的開口須不能自動關閉，平常應關閉上鎖，該鎖須不用鑰匙即可上鎖，一個切掉供應給捲揚機及其剎車的電力的開關。</p>
<p>2.7.5.2</p>	<p>規定如從機坑工作，也應具備 (1) 上述的安全鎖定裝置，確保 2.7.4 節要求的頂上空間能予維持，或 (2) 能手動及自動作動的機械式裝置，可於車廂載有額定負載並在 115% 額定速度負載時能及時剎車以保留 2.7.4 節要求的頂上空間，並防止車廂誤動，但容許因檢測需要而控制的車廂活動，且其功能不需電力供應仍應可以維持。另一方面，該裝置經作動 (activate) 後，須有一個安全離開工作空間的出口，此出口不得被車廂障蔽。另如待檢查的構件距機坑地板超過 2100mm，應有一永久裝設或永久置放於機坑的工具供人員靠近相關構件。</p>
<p>2.7.5.3</p>	<p>規定如從一工作平台進行機械可控制裝置的檢修，此平台可以在車廂內，車廂頂或在升降路上，此平台可以固定式安裝，也可以是收納式，後者如會干涉車廂或配重的動線，則須有一聯動的電器裝置，在平台未完全收納時切斷供應給捲揚機及其剎車的電力。另工作平台一般應在任一位置須能承受 2000N 負荷，而且能承受 1000N 分佈在 40000mm² 的集中負荷，同時具備</p>

	<p>5 倍的安全餘裕，如需處理重型機械，則平台的強度須另行適當設計。又如平台與升降路周邊有間隙大於 300mm 或高低落差大於 400mm，需要標準的護欄以防人員掉落。如車廂或配重距平台邊緣 300mm 以內經過，須自 2130mm 高度起有強度及剛性相當於 2mm 厚鋼板的防剪切裝置。前往此工作平台如需橫過升降機或配重的動線，而其入口門扉非乘場門，則該門扉未鎖上時應有連鎖轉置停止升降機之運作。</p>
2.7.5.4	<p>規定如工作平台如在升降機或配重的動線上，則工作平台之上或下（視車廂在平台的上或下）須有收納式極限開關，與平台同時展開，在車廂底部侵犯到規定的頂上空間或車廂頂部距平台所需的安全空間時，停止車廂之運轉。</p>
2.7.5.5	<p>規定上述極限開關除非完全收納，否則可以切斷供應給捲揚機及其刹車的電力，然同時也容許具備一電器裝置供檢查需要時可操控車廂移動，但後者須搭配裝設有額外的極限停止開關，防止車廂撞擊平台，此額外極限開關在 2.7.5.4 節所述極限開關收納時應不起作用。2.7.5.4 節所述極限開關須可在升降路外操控，能在於車廂載有額定負載並在 115%額定速度負載時能及時刹車。</p>
2.7.6	<p>是有關機房，機械空間等所在位置以及各種設備安裝的位置。各設備除非有耐侯之設計，否則不應曝露到外間天候到環境。機房不得在升降路內，機械空間則可在升降路內，也可在其外。機械空間在升降路內者包括在車廂上，車廂內，配重上或在機坑。</p> <p>電動捲揚機須在機房或機械空間。馬達控制器可以在機房、機械空間、控制房或控制空間內，假如馬達控制器圍阻在上鎖的機櫃（cabinet）內，則亦可不侷限於上述空間，但此機櫃必須在任何時間均容易被檢查與維修，機櫃的門扉或面板不能自動關閉，但一旦關上會自動上鎖，平常保持關閉與鎖上，另機櫃內須有永久性安裝的照明。機櫃所在地點須自然地或透過機械方式保持周圍空氣的溫溼度在升降機設備額定的範圍，此範圍須標示在機櫃上。</p> <p>槽輪、轉向滑輪及其他設備（調速機除外）安裝在升降路內上方位置，如無</p>

法從車廂頂加以檢測維修，則須有管道可讓人員從升降路外加以檢測維修。調速機安裝在升降路內，須有管道可讓人員從升降路外加以檢測維修。除非調速機可以自本身的車廂頂或隔鄰車廂頂加以檢測維修，同時其作動測試能在隔鄰車廂或升降路外作動（activate），且維修檢查調速機時有特定裝置防止車廂移動，調速機旁應有清楚標示指定維修前須作動（activate）此安全裝置；另調速機可自升降路外重置其工作狀態（reset），或由車廂上升時自動重置。

當捲揚機剎車、緊急剎車、車廂控制器或馬達控制器在升降路或機坑內，則須在機坑外設置可供釋放此類剎車及操控車廂移動的裝置，此裝置除供測試相關剎車及控制器外，同時亦可供維修人員進行救援困處升降機乘員的用途。當操作進行上述測試或救援動作時，如在操作位置無法直接觀看到槽輪或鋼索，則須有適當的顯示裝置，以供觀察移動方向、速度，以及車廂是否到達某一車廂門解鎖區（door unlocking zone），此顯示裝置須在大樓供電中斷時仍能最少操作 4 小時，假如此顯示裝置使用電池驅動，則須有監測系統，當電源不足時可在車廂正常停泊在某樓層後禁止其繼續運行。

此外，應備有一裝置在停電時可以驅動車廂，但此驅動裝置只能有授權的升降機人員持安全鑰匙來操控，而且須持續操作車廂始能持續移動，如以人力進行此項車廂移動，則所需力不得大於 400N，如相關操作需用一活動的裝置，則此裝置應儲存於升降路外，有適當標示並須有安全鑰匙始能取得。如移動車廂的力大於 400N，則須利用電力驅動，此電力驅動要持續作動須連續施壓於開關上，其設計應達到如開關失效，升降機應不能移動，移動中開關失效則車廂應會停止。此電力驅動如使用電池供電，則須有監測系統，當電源不足時可在車廂正常停泊在某樓層後禁止其繼續運行。

如車廂門安全連鎖旁通（bypass）開關、升降路入口門扉安全連鎖旁通（bypass）開關、超速保護裝置重置開關、車廂鎖定裝置重置開關、車廂安全連鎖機制電路、極限停止開關電路、調速機開關電路等，任一項不能在升

	降路外觸及者，則須在容易到達的位置配備一檢測面板，上有控制或旁通以上各功能的開關，此面板須鎖上，其門扉不得往升降路方向打開，要有充份的照明，前述的顯示裝置應併同安裝在此面板。
2.7.7	是有關機房設置在升降路下方的規定，與無機房情形無涉。
2.7.8	是有關遠端機房與控制房，即機房與控制房不與升降路相鄰時的相關規定，與無機房情形無涉。
2.7.9	是有關機房、機械空間、控制房及控制空間之照明，溫度，濕度的規定，溫濕度須控制在相關設備額定的容許操作環境。

三、日本「昇降機技術基準の解説」

日本方面有關升降機的相關標準包括 JIS 有相關的標準如 JIS 4301 [39], JIS 4302 [32] 等，但這些標準沒有強制性，另有相關法規中包含對升降機的規範，包括《建築基準法》、《建築基準法施行令》、《建築基準法施行規則》、《国土交通省告示》等[40]，這些是必須遵守的法令，不過法規這些部份沒有技術細節，與詳細技術細節比較相關的則為「昇降機技術基準の解説」，目前最新為 2009 年版[33]，其中有關「第 1 第三款 無機械室升降機」部份的規定翻譯如下：

三、無機械室升降機

除根據令第 129 條之 6，第 129 條之 7 第二款至第五款，第 129 條之 8 第 2 項第二款及第 129 條之 10 第 3 項與第 4 項之規定外，應遵照以下規定之構造。但適用第一款者不適用令第 129 條之 6 第一款及第四款之規定，適用第二款者不適用令第 129 條之 7 第一款之規定，適用第四款或第五款者不適用令第 129 條之 10 第 3 項第二款之規定，適用第六款者不適用令第 129 條之 10 第 3 項第四款甲之規定。

甲 升降路應設置符合平成 20 年国土交通省第 1454 號公告規定基準之牆壁或圍護物及出入口門扉。此時，該公告第一款中「通往機械室之主索、電線及其他物品之周圍」之部分代換為「有效之換氣開口」。

乙 設置驅動裝置及控制器（本款中以下稱為「驅動裝置等」）處應設置有效之換

氣開口、換氣設備或空氣調和設備。但因機器之發熱設置驅動裝置等之處所若經計算確定上升溫度未達攝氏 7 度，則不在此限。

丙 除設置驅動裝置等之部分外，驅動裝置等在設置時應避免有接觸車廂、配重及其他升降部分之虞。

丁 驅動裝置等與升降路牆壁或圍護物之間應保持 50cm 以上的水平距離做為維修保養必要範圍。

戊 將控制器設置於升降路內時，應設置緊急時可於升降路外控制車廂之裝置。

己 將驅動裝置等設置於升降路底部時，除戊所規定之裝置外，還應設置可確保安全進行維修保養之下列裝置，且應使車廂或配重即使撞擊緩衝器也無接觸驅動裝置等之虞。但若能確保高度 1m 以上之有效閃避空間，得不設置(3)所規定之裝置。

(1)可於升降路外停止車廂下降之裝置

(2)可於升降路內以機械方式停止車廂下降之裝置

(3)緊急時可於升降路內藉由切斷動力停止車廂下降之裝置

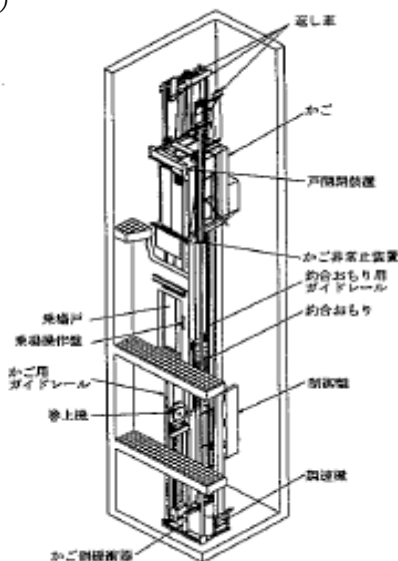
第 1 第三款

意指沒有機械室之升降機（以下稱為「無機械室升降機」）。如圖 84 中「圖-(H12 建告 1413.1)-3」之驅動裝置及控制器的設置位置一般為升降路之頂端或底部。無機房升降機必須遵照令第 129 條之 4（構造上之主要部分）、令第 129 條之 5（升降機之負重）、令第 129 條之 10 第 1 項及第 2 項（制動裝置）、令第 129 條之 10 第 3 項及第 4 項（防車廂門開啓升降裝置及地震時等管制運轉裝置）之規定。此外，除車廂構造、升降路構造、制動裝置以外之安全裝置應遵照表-(H12 建告 1413.1)-2 內容。

將驅動裝置設置於升降路底部時，由於驅動裝置會作用向上力量，故須確認下部支持樑及固定螺栓之強度。下部支撐樑須依賴機坑下部後置式基礎錨栓的拉力固定。

(左側圖片文字)

1. 乘場門
2. 乘場操作盤
3. 車廂用導軌
4. 捲揚機
5. 車廂端緩衝器



(右側圖片文字)

1. 轉向輪
2. 車廂
3. 門開關裝置
4. 車廂緊急停止裝置
5. 配重用導軌
6. 配重
7. 控制盤
8. 調速機

圖-(H12 建告 1413.1)-3 機械室なしエレベーターの例

圖 84 「圖-(H 建告 1413.1)-3」無機械室升降機範例

第 1 第三款甲

升降路之構造必須符合平 20 國告第 1454 號之內容。但該公告第一款中因考量到驅動裝置及控制器（以下稱為「驅動裝置等」）。係設置於升降路內，根據與乙之關係，許可「有效之換氣開口」為可設置於升降路之開口。

第 1 第三款乙

基於防止零件持續劣化及防止故障發生之層面，設置有驅動裝置等之處所的溫度定為與過去的機械室相同，應設置換氣設備或空氣調和設備等，使升降路內之溫度上升在 7 度以下。

一般而言，無機械室升降機與有機械室升降機相較，設置驅動裝置等之升降路容積較大，此外，由於門扉開關時會有空氣進出，升降路內較無溫度上升之虞，在許多情況下可不需設置換氣設備。

《設計上之注意事項》

將溫度上升之上限定為 7 度，係因升降路內溫度之上限比照機械室定為 40°C，升

降路外溫度預設為 33°C（日本夏季時一天之中的最高溫度（平均））。

即使驅動裝置造成之溫度上升在 7 度以下，因夏季日曬而使升降路內溫度有進一步上升之虞時，必須採取設置換氣設備或空調設備等讓溫度低於 40°C 之措施。

溫度上升之計算係基於在相關用途之運作頻率，計算驅動電動機與控制盤之電力損失，並計算該電力損失造成之升降路溫度上升。升降路牆壁等之熱傳導係數請使用刊載於建築相關手冊等之數值。車廂內裝有冷氣等耗電量大之機器時，建議將其電力損失也考量在內。

此外，若有設置防火區域之要求，在設置換氣設備時，應根據區域劃分採取設置防火風門等防火措施。

第 1 第三款丙

除設置驅動裝置及控制器之部分外，設置驅動裝置及控制器時必須避免接觸到車廂或配重、主索、電線等。此外，將控制盤設置於升降路內時，必須設計成控制盤門打開時不會接觸到車廂或配重之構造。

第 1 第三款丁

將驅動裝置及控制器設置於升降路內時，從保養面來看，須設置 50cm 以上之前述機器的保養維修必要空間。

為防止控制器等遭遇機坑淹水意外，若設置於較最下層地板上方處，由於得進行高處作業，應確保保養維修得以安全進行。

第 1 第三款戊

規定控制器也設置於升降路內時，若因機器之故障等而使乘客受困車廂內，應設置在升降路外救出乘客之手段。此為顧及營救人員安全之規定。具體來說，必須設置在升降路外切斷送往驅動裝置之動力的裝置，可以低速升降車廂之裝置，在停電時藉由電氣或機械方式以手動解除煞車之裝置。

以低速升降車廂之裝置可為以插座連接設置於乘場之連接端子使其運作者。

第 1 第三款己

將驅動裝置設置於升降路底部者，由於得進入機坑進行驅動裝置之保養維修，

須防止因車廂下降夾傷工作人員。因此，必須設置以下(1)至(3)之裝置。但若可確保高度 1m 以上之有效閃避空間，得省略(3)之裝置。

(1)可於升降路外停止車廂下降之裝置

此裝置係指機坑開關（進入機坑時使升降機停止之開關（自保持型））。

(2)可於升降路內以機械方式停止車廂下降之裝置

此裝置係指煞車保養維修時等之車廂下降防止裝置。（例如：配重之底部固定裝置或車廂之機械式停止裝置）

(3)緊急時於升降路內可藉由切斷動力停止車廂下降之裝置

此裝置係指機坑安全距離確保開關。此外，除了避免車廂或配重衝撞到緩衝器也不會接觸到驅動裝置之構造外，還必須設計成設置於升降路頂端時，配重或車廂即使彈起也不會接觸到驅動裝置。

《設計上之注意事項》

(1)驅動裝置設置於升降路底部時，應確認機坑是否會因大雨等而進水，若有進水之虞，應設置進水感測器，並研擬感測器作動時使升降機停止於最靠近之安全樓層等措施。進水感測器之配線用配管視為升降機必要之配管。此外，基本上機坑須設計為不會累積雨水等，但因不得已之因素使機坑內有雨水累積之虞時，可能會於機坑設置排水溝或排水設備。

(2)將控制盤收納於乘場出入口框之一部分，於乘場進行控制盤之檢查、維修者，控制盤之門扉應設置上鎖裝置，並採取未上鎖時不回應指令之措施。自動上鎖之裝置亦可。

(3)將驅動裝置設置於機坑時，應避免採用於車廂之投影面積內進行煞車解除操作之設計。

第三節 國內外有關無機房升降機規範之比較

國外三大標準中，日本的昇降機技術基準要求比較簡略，總共有六項規定，其中兩項為有關通風換氣以確保環境溫度，兩項為升降路內裝置對外與牆壁及對內與車廂/配重

應有一定安全距離，一項為因應緊急救援須在升降路外設置控制車廂之裝置，最後一項為因應驅動裝置等設於機坑者須有緊急停止車廂下降之裝置及機械式維持車廂固定的裝置。

歐盟的 EN81-1 不特別使用無機房的名詞，但劃分了機械設於機房內、機械設於升降路內及機械升降路外，且沒有專屬的房間，對於機械設於升降路內，除一般性的要求相關機械支撐固定的強度及適當隔離環境影響的保護措施，另詳細規定了檢修工作空間的最低尺寸要求，旋轉組件的淨空保護，鎖定車廂的機械式及電動式的安全裝置及其安全連鎖迴路，通風，照明，防潮防塵防煙霧；對維修人員的立足點，細分成五大類：（一）車廂頂、（二）車廂內、（三）機坑、（四）專屬之平台、（五）經由一適當的開口自升降路外進行。對這五類工作空間，規定其尺寸，承載力，如何進入及入口的安全管制，安全鎖定迴路，控制車廂的機制，鎖定車廂的安全迴路等，皆有非常細節的規定；如為從車廂內或收納式平台，則其門扉或平台未完全復位前要有安全迴路將車廂鎖定。對於機械設於升降路外之機櫃者，則規定其門扉及工作空間的大小，通風及照明。

除了機械空間，因無機房式升降機通常會有一些轉向滑輪，EN81-1 也規定其設置位置須在車廂屋頂的投影以外的範圍，同時容許其維修的立足點可為：（一）車廂頂、（二）車廂內、（三）升降路外、（四）專屬之平台，此外，另有章節特別對車廂頂作為工作空間時安全圍欄的尺寸及車廂頂滑輪防護罩作出詳細的規定，另就以上各項設備包括機械空間，其通道門扉，緊急停止開關，電器及照明開關，工作平台額定載重量等作詳細標示的規定，另因無機房式升降機構造較為特殊，故也對升降機故障時詳細的操作指引，特別針對如何在緊急狀況發生時移動車廂及打開乘場門作出標示的要求。因為沒有專屬機房，有關救援被困車廂乘員，或進行馬達剎車，調速機或車廂安全剎車，規定必須在升降路以外的地方設置相關制動及解鎖的裝置。

北美洲 ASME A17.1-2007/CSA B44-07 對機房與無機房的劃分稍異於歐盟 EN81-1，其開宗明義規定在升降路以外安置電動捲揚機及馬達控制器的空間必須為一機房，此表面上否定了 EN81-1 容許安裝在升降路外但無機房的可能性，其主要重點是假如有機房，則對機房的防火，尺寸，容許工作空間的尺寸等作出統一的規定，但 EN81-1 對於這類的

「無機房」，還是要求有「機櫃」，而且其尺寸、工作空間等同於對機房的相關規定，所以除表面用詞差異外，實質上兩個標準是相同的。對工作空間的尺寸，A17.1-2007/CSA B44-07 同樣有詳細的要求，但其具體數字不同於 EN81-1，但兩者的主要原則均為照顧到人員的安全與工作的方便性。ASME A17.1-2007/CSA B44-07 對機械空間進行檢修工作的方式同案例五，案例一樣分有五類，其分類實質上與 EN81-1 類似，也是不厭其煩詳細規定這些通道門扉的安全管制，安全迴路鎖定，以及進入工作空間後有關車廂的安全鎖定迴路、工作平台的荷重能力、護欄。當工作平台干涉到車廂動線時，額外的極限開關與安全迴路以確保人員的安全。

另一方面，對於機械空間的通風防潮照明等，也作出類似 EN81-1 相關規定。對於在升降路內各式剎車及安全裝置的測試與解鎖/重置復位等，也是要求須在升降路外設置相關裝置。總的來說，與 ASME A17.1-2007/CSA B44-07 與 EN81-1 各項規定的方向與精神相當類似，其差異主要在細節的具體數字。與 EN81-1 比較不同者，是針對進行救援困處升降機乘員而操作進行上述裝置時，如在操作位置無法直接觀看到槽輪或鋼索，則須有適當的顯示裝置，以供觀察移動方向、速度，以及車廂是否到達某一車廂門解鎖區，此顯示裝置須在大樓供電中斷時仍能最少操作 4 小時，另規定應備有一裝置在停電時可以驅動車廂，此裝置可以人力也可以備用電力驅動，並對此類裝置的技術規格作出具體規定。此外，對一些安全鎖定裝置要求有明確的標示要求、提醒維修人員必須使用，與 EN81-1 所要求標示其功能或操作方式，意義略有差異。

國內標準有關無機房升降機部份，直接使用了無機房之名詞，但沒有明確定義有機房與無機房的劃分，此點在某些情形下可能容易引起爭議；CNS 10594 的重點在規定因應無機房升降機須特別具備的安全裝置，CNS 2866 則針對檢查其獨特設備而應備的裝置與設計作出規定，「升降機安全檢查構造標準」為強制性必須遵行的法規，其第四十二條基本為 CNS 10594 4.8 節的濃縮納入，不過因只納入 CNS 10594，缺乏了 CNS 2866 的「須具有工作平台」、「受電盤主開關位置」、「手動實施運轉操作」、「維護保養時車廂頂部或底部之安全距離應確保在 1.2m 以上之安全裝置」、「升降路溫度保持在 40℃ 以下」……等數項安全要求，對安全性的保障而言略嫌不足。

與日本的昇降機技術基準比較，我國規範對於通風口的設置沒有特別要求，但其對「升降路溫度保持在 40°C 以下」實質上是對應於昇降機技術基準無機房部份首二項的要求，其設備之安全距離及檢修活動預留距離一項我國規範目前是沒有相應的要求，CNS 10594 甚至在 2.8 節明文把它取消了；因應緊急救援一項則已有涵蓋，最後有關牽引機或控制盤保養檢查時防止任何非預期之車廂移動，日本的昇降機技術基準僅明文針對牽引機設於機坑者作出規定，我國則可涵蓋設於任何位置之設備，保障較為完善。另其《設計上之注意事項》提到機坑進水感測器以保障設於機坑的設備，控制盤之門扉上鎖裝置及未上鎖安全迴路，以及避免採用於車廂之投影面積內進行煞車解除操作之設計，這幾個部份相當值得我們參考。

歐盟或北美的標準雖然條文繁多，細節非常具體詳盡，但其主要精神可歸納為：

- 一、保護維修人員的安全，防止其墜落，防止其被以外移動的車廂壓到，防止誤動作造成意外。
- 二、盡量讓維修人員工作較為方便。
- 三、防止在維修進行時有授權人員以外的人操控到升降機使其發生誤動。
- 四、確保設備操作環境的溫濕度，空氣清淨度等在設備額定規格內，以免危及設備的正常操作與使用壽命。
- 五、防止未經授權的人員誤入機械空間或誤開相關維修通道門扉而造成意外的發生。
- 六、確保緊急救援容易進行。

就這六大精神來說，CNS2866 及 CNS 10594 二標準結合起來，約略已觸及其中第一、二、四及六項，對第三及第五項則未有著墨，已觸及的四項中，相較之下，其實際作法因為沒有明確周延的規定，所以雖具備其精神，要如何做及做到什麼程度就有點靠自由心證了，這從前文實地考察的案例中就可以清楚體會到。

例 1：防止墜落的安全護欄，就有高度不足或距離車廂邊緣過遠，反而有促進墜落的可能性之嫌。

例 2：以鋼栓對車廂作機械式鎖定防止誤動，沒有相關的感應安全迴路，萬一忘記解除便操作升降機行駛，可能會造成設備的損壞。

例 3：鎖定的位置與檢修的位置配套不當，也可能間接鼓勵維修人員跳過此一安全保障。

例 4：在動力遮斷時，無需進入升降路即可援救受困人員之配置的規定，究竟以何種方式操作沒有具體明確的要求，所謂以手動可實施的操作，是指以人力運轉機械，還是按下按鈕控制電力驅動？如為後者，電力來源為何，停電時是否仍能操作？假如以電池電源，萬一電池電力不足，是否就無法進行？又如釋放相關安全剎車後無法確知車廂移動方向，在火災時是否會有把受困人員送進火場的危險？

另有些案例中解除剎車與操控車廂的裝置分別在不同空間，再則各案例普遍缺乏如何操作救援步驟的標示，除了原廠維修人員，他廠人員或救難人員是否可以順利操作救援裝置，對救援的時效性也有深遠的影響。

「升降機安全檢查構造標準」與 CNS2866 及 CNS 10594 二標準結合相較，因為缺乏「手動實施運轉操作」、「維護保養時車廂頂部或底部之安全距離應確保在 1.2m 以上之安全裝置」、「升降路溫度保持在 40°C 以下」……等數項，所以未具備的項目除第三及第五項外，也缺上述第四項，而且相關的安全保障也較為薄弱。

第四章 鋼索破壞機制探討

我國 CNS 有關鋼索的標準共有 52 個，但其中有關特定鋼索結構的多個標準業已廢止，剩下十二個現行標準中，與升降機相關的為以下兩個（表 2），標準內容主要在定義鋼索的形制/結構與測試方法。鋼索的基本單位為鋼線的（圖 85）[46]，多根鋼線合成一個單股，合成的方式通常有圖 86 所示幾種。

表 2 CNS 中與升降機鋼索相關的標準

編號	標題	現行標準日期	確認日期
CNS 941 G3011	鋼 纜 General Rules for Steel Wire Ropes	089/07/29	095/02/24
CNS 1111 G2009	鋼 纜 及 其 鋼 線 檢 驗 法 Method of Test for Wire Ropes and Steel Wires	078/09/19	093/03/26

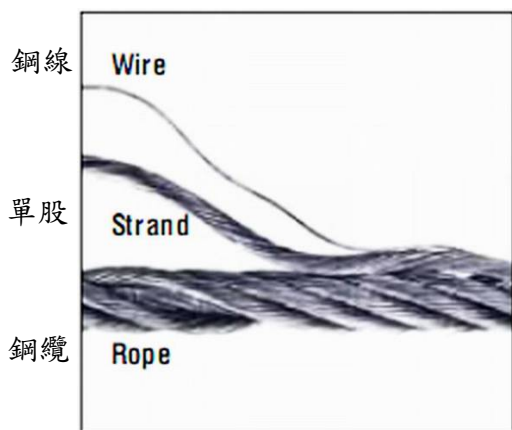


圖 85 鋼索結構單位[46]

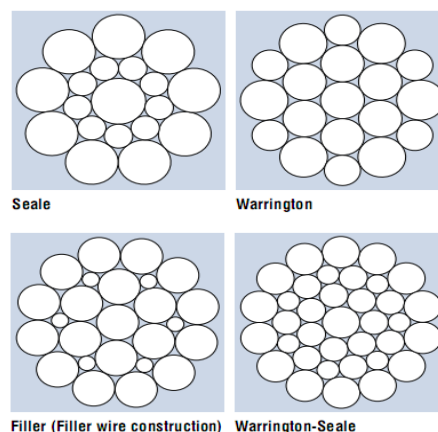


圖 86 單股結構通常見的型式[46]

其中 Seale 結構因外圍有較大直徑的鋼線，故較耐磨耗，不容易因磨耗導致斷裂。Warrington 結構耐磨耗能力稍差，但其耐疲勞的壽命比 Seale 結構高出 20-40%。兩類結構在歐洲的升降機的鋼索中均有採用。Filler 結構是以較細線徑的 filler wire 填充在大線徑鋼線之間隙，其耐疲勞能力更佳，而且柔度亦較高，在 16mm 直徑以上的鋼索較多採用，但當 filler wire 直徑太細時，鋼索彎曲時很容易造成結構的變形，所以小於 10mm 鋼索一般不採用此一結構方式。當鋼索直徑大於 22mm 時，如採用 Seale 結構，其外層的鋼線直徑將會異常粗，缺乏柔度。

此時，如將 Seale 與 Warrington 結構結合，形成所謂 Warrington-Seale 結構。以上為各典型之單股結構型式及其特點。多個單股再沿一纖維芯或鋼線芯成一根鋼索，如此就可得到軸向強度與剛性非常高，而橫向卻相當容易變形的結構，不同型式的單股組合的截面構造及稱呼方法如圖 87 [47]。

CNS 941, G 3011

- 4 -

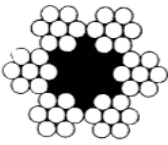
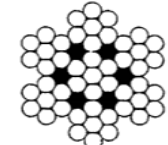
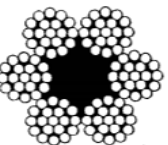
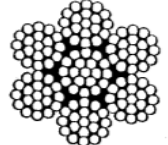
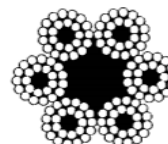
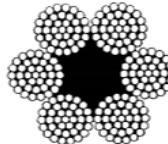
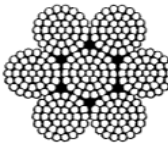
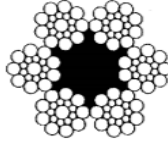
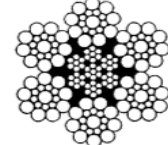
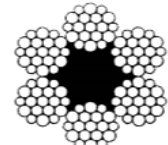
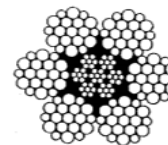
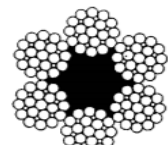
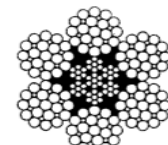
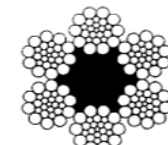
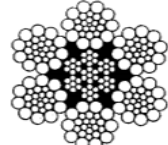
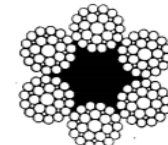
稱呼	標準型	標準型	標準型	標準型
	6 股 7 線	6 股 7 線單股芯	6 股 19 線	6 股 19 線單股芯
構造符號	6×7	IWSC 6×7	6×19	IWSC 6×19
截面				
稱呼	標準型	標準型	標準型	緊密型
	6 股 24 線	6 股 37 線	6 股 37 線單股芯	6 股 19 線
構造符號	6×24	6×37	IWSC 6×37	6×S(19)
截面				
稱呼	緊密型	華氏型	華氏型	填充型
	6 股 19 線鋼纜芯	6 股 19 線	6 股 19 線鋼纜芯	6 股 25 線
構造符號	IWRC 6×S(19)	6×W(19)	IWRC 6×W(19)	6×Fi(25)
截面				
稱呼	填充型	華氏緊密型	華氏緊密型	填充型
	6 股 25 線鋼纜芯	6 股 26 線	6 股 26 線鋼纜芯	6 股 29 線
構造符號	IWRC 6×Fi(25)	6×WS(26)	IWRC 6×WS(26)	6×Fi(29)
截面				

圖 87 CNS 941 中鋼索結構的名稱，構造符號及截面形狀 [47]

第一節 鋼索破壞機制[48]

一、 軸向張力疲勞

鋼索懸吊重物時，其軸向會產生張應力，而在升降機的使用，不單車廂的載重常常變化，同一載重在加、減速時懸吊力量也會有所變化，鋼索之軸向張應力也隨負載變化而改變，張應力改變會導致疲勞破壞。此模式之破壞，其疲勞壽命主要受到張應力變化的幅度影響，變化幅度越大，則會在較少的變化週期中產生疲勞斷裂。

二、 反覆彎曲疲勞

當鋼索繞過驅動槽輪或轉向滑輪，會形成彎曲，進而造成張應力及壓應力，應力的產生可以利用一束黏合在一起、原來直而平行的鋼線來說明，繞過槽輪前每根鋼線的長度均相同。當這束鋼線繞過槽輪如圖 88，靠近槽輪中心的鋼線因半徑較小，其彎成圓弧部份的長度自然較短，相反的遠離槽輪中心的鋼線著因半徑較大而其弧長較長，在這一系列從較短至較長的鋼線，位於中間的鋼線剛好不長不短，比這短靠近內側的就是被壓縮，比這長靠近外側的就是拉長，所以不管有沒有負載，當鋼索繞過槽輪或轉向滑輪，會因上述彎曲造成不同位置的鋼線受到壓應力至張應力不等的應力施加，離開輪子後，鋼索各位置回復到原來的長度，之前的張或壓應力就被釋放，因此每經過一次槽輪，鋼索就會面臨一個應力變化的週期，從而導致疲勞破壞。對於較複雜的繞線方式，如鋼索繞過一個輪子後，以方向相反的方式再繞過另一輪子（即此段鋼索成 S 形），則應力變化的幅度還要比繞過單一輪子的大一倍。

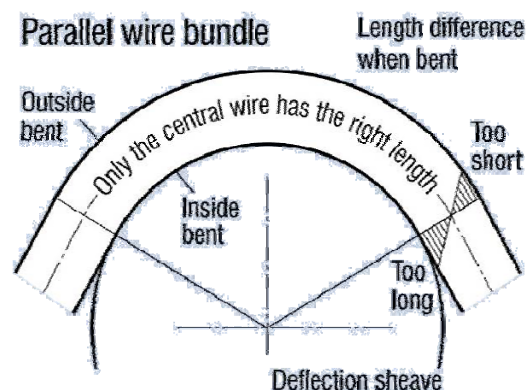


圖 88 一束平行的鋼線繞過槽輪造成張力與壓力[46]

此一現象所衍生的應力變化幅度，從圖 88 可知，與槽輪與鋼索的直徑直徑比有關，此直徑比越大，則應力幅度越小，相對的鋼索在反覆繞過槽輪下能存活的時間會較長，如圖 89 所示。相同的槽輪直徑比下，實驗發現較粗的鋼索反覆彎曲的壽命較長（圖 90）。無機房升降機一般而言鋼索轉向次數比傳統有機房升降機較多，捲揚機如裝在機坑，其所需的轉向次數又較裝在升降路頂端者高。

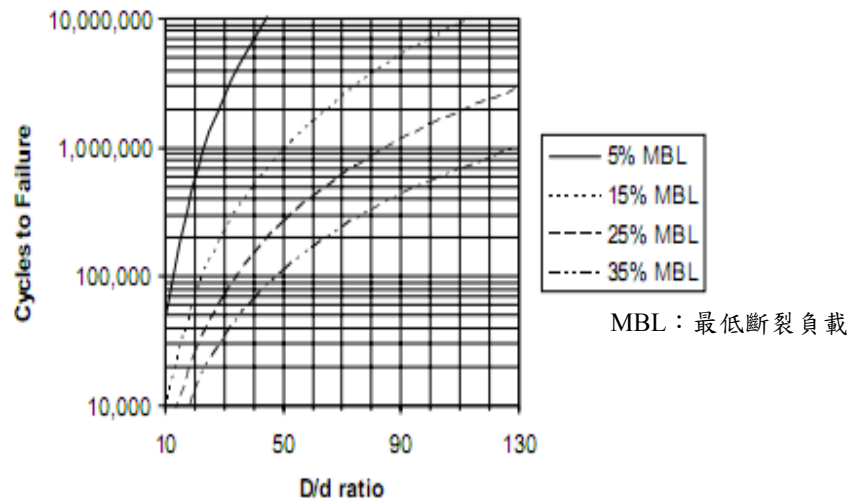


圖 89 不同槽輪/鋼纜直徑比 (D/d)及不同負下鋼索能存活的繞過槽輪的次數[48]

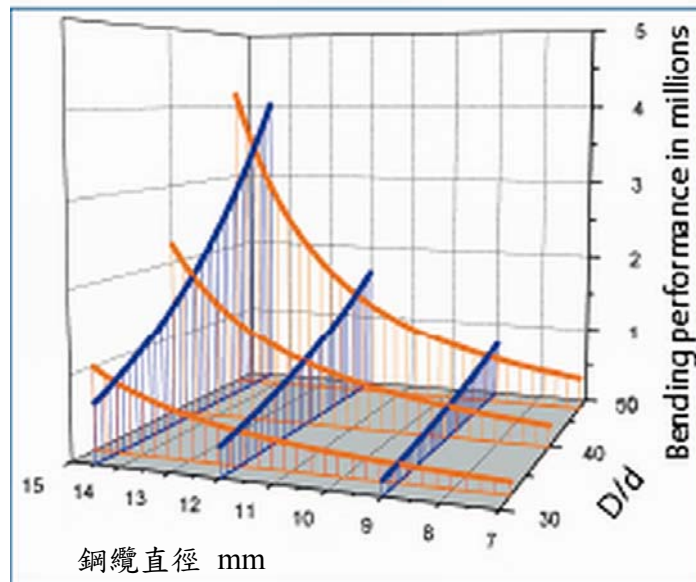


圖 90 不同槽輪/鋼索直徑比與不同鋼纜直徑下之彎曲疲勞壽命比較[49]

三、自由彎曲之疲勞

當升降機運轉時鋼索產生橫向的振動，在鋼索各不能自由橫向移動的點附近（例如靠近鋼索固定點、進入或離開槽輪位置等），會感受到彎曲，從而造成相應的應力變化。此彎曲段的鋼索沒有與其他構件接觸，因此稱為自由彎曲，其衍生的應力變化，會導致疲勞破壞。

四、扭轉疲勞

鋼索受到張力，會發生扭轉的傾向，力量變動或釋放後，扭轉的程度就會隨之變動，當其一端固定而沿鋼索作不等的扭轉，會構成變動的剪應力，從而引發疲勞破壞。

五、接觸壓力導致反覆變形之破壞

鋼索與槽輪等接觸段，承受壓縮的接觸應力，隨輪槽幾何形狀與尺寸不同，此接觸壓應力的大小及導致的變形各異，一般而言，用作驅動的槽輪，為確保足夠的捲揚力，常採用深切的半圓形或 V 形槽（見圖 91 右與中），此舉將導致較大的接觸壓應力，另一方面，用來轉向的滑輪，為減少摩擦，常採半圓形槽，並使槽之直徑略大於鋼索（見圖 91 左），當鋼索經過不同幾何形狀的輪槽，除了接觸壓應力改變，其截面形狀也會從圓形變成不同在橢圓形（見圖 92），此一應力變動與截面形狀變動，會造成鋼索材料與結構之劣化 [50]。

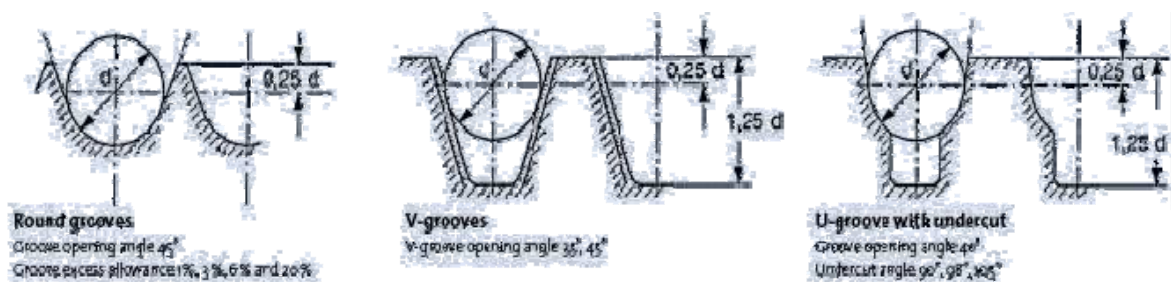


圖 91 升降機中常用之輪槽設計 [50]

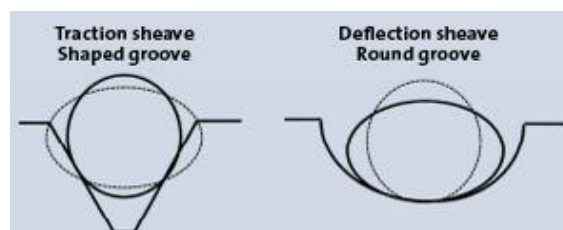


圖 92 不同輪槽形狀導致不同的鋼索截面變形[50]

六、磨耗破壞

鋼索與槽輪接觸時會有滑動的情形，導致滑動的機制頗多，可概略分為宏觀的鋼索整體之滑動與微觀的內部鋼線的相對滑動。前者有 3 個來源 [50,51]：

- (一) 鋼索承受張力時會有彈性伸長量，在進入槽輪端與離開槽輪端，其張力不同，故在經過槽輪接觸段其伸長量在連續變化中，而槽輪之接觸圓周尺寸則沒有改變，因此，鋼索與槽輪間，必產生沿鋼索長度方向的相對滑動。
- (二) 鋼索進入輪槽的過程中，其陷入槽中的深度逐漸增加，而在離開的過程中，陷入槽中的深度逐漸減少，均牽涉到沿槽輪徑向的滑動。
- (三) 升降機負載改變，車廂起停時之加、減速，因慣性而鋼索的運動會稍落後於驅動槽輪，導致沿鋼索長度方向的相對滑動。

至於微觀的鋼線間相對滑動，前文圖 88 提到鋼索繞過輪子時，內側產生壓力，慢慢過渡至外側承受張力，因鋼索的組成是由鋼線纏繞成單股（圖 93 之螺旋線示意），單股再纏繞成鋼索，承受壓力或張力時，該螺旋線可以透過滑動來提供所需的變形，即靠近輪子的內側螺旋線壓縮得密集一點，外側則分開多一點，過程中不同位置的鋼線會發生相對滑動。反覆的滑動就會造成磨耗，使鋼線表面形成缺陷（圖 94），容易成為導致裂縫萌生的應力集中區。

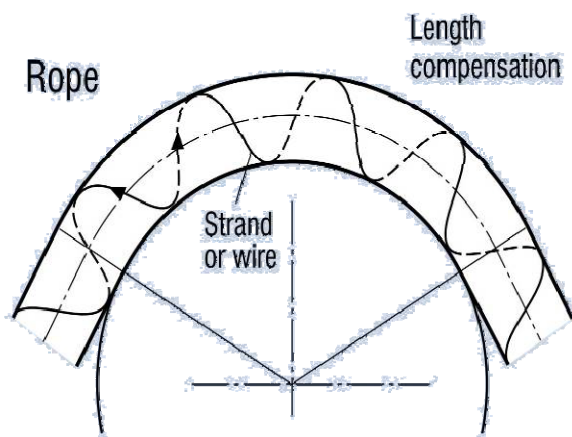


圖 93 鋼線在繞過槽輪時相對滑動示意圖

[46]

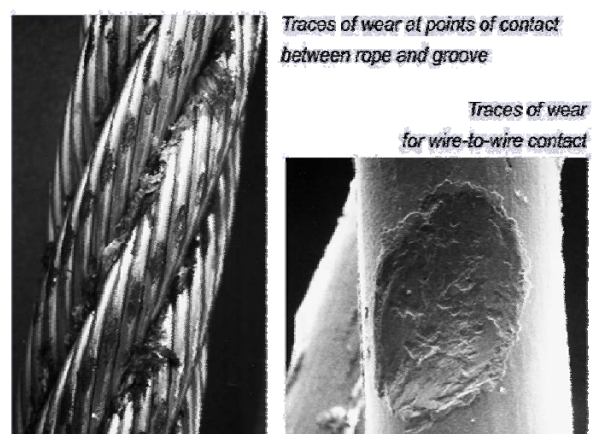


圖 94 鋼線上磨耗造成的缺陷[52]

七、腐蝕破壞

當升降路非常潮濕時，鋼索可能會產生腐蝕，在表面形成銹斑，微觀下這些銹斑為表面凹凸不平的缺陷，容易成為導致裂縫萌生的應力集中區(圖 95)。當環境容易造成腐蝕，而兩個接觸面又有反覆的微小相對滑動，可能導致微動腐蝕（fretting corrosion），造成裂縫萌生，此破壞機制會形成暗紅至褐色的氧化鐵粉末不斷。如上節所述，反覆滑動的情形在升降機鋼索中很容易出現，故如發現微動腐蝕的痕跡，須提防內部鋼線可能產生斷裂。

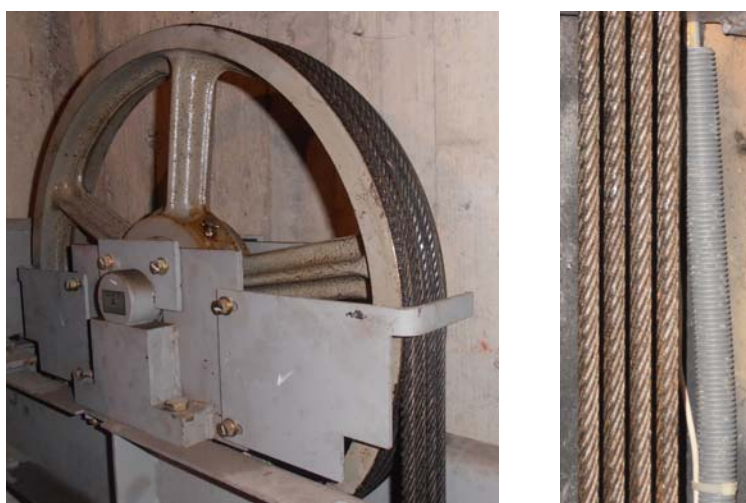


圖 95 無機房升降機參訪時其中兩個案例的鋼索上觀察到的銹斑

第二節 小直徑鋼索在升降機之使用探討

一、法規面之比較

有關升降機鋼索直徑的規定，我國《升降機安全檢查構造標準》第四章「鋼索及鏈條」第四十五條規定其直徑須在 12mm 或以上，CNS10594「升降機」3.4 節的 3.4.1-3.4.3 與此條相符，此條全文茲引用如下：

升降機使用之鋼索應符合下列規定：

- 一、安全係數依下式計算；並依種類取下表所列之值以上。但揚程在五十公尺以下之升降機，其鋼索自重及槽輪阻力不予計入：

$$\text{安全係數} = \frac{\text{鋼索之斷裂荷重}}{\text{鋼索所承受之最大荷重}}$$

鋼索種類	安全係數值
捲揚用鋼索	10
牽索	4

二、升降機符合下列規定之一者，捲揚用鋼索之安全係數得為八以上，不受前款限制：

- (一) 揚程在十三公尺以下者。
- (二) 額定速率在每秒 0.75 公尺以下者。
- (三) 積載荷重在三百二十公斤以下者。

三、鋼索不得有下列情形之一：

- (一) 鋼索一撚間有百分之十以上素線截斷者。
- (二) 直徑減少公稱直徑百分之七以上者。
- (三) 有顯著變形或腐蝕者。
- (四) 已扭結者。

四、捲揚用鋼索應符合下列規定：

- (一) 使用符合國家標準之鋼索或同等以上性能者。
- (二) 公稱直徑在十二公厘以上。但經中央主管機關認可者，不在此限。
- (三) 每一搬器應有三條以上。但間接式液壓升降機及捲洞式升降機為二條以上。
- (四) 捲洞式升降機之搬器在最低停止位置時，應有二捲以上鋼索留置在捲洞上。

歐盟 EN81-1 9.1.2 節規定鋼索之標稱直徑須在 8mm 以上。9.1.3 節則規定鋼索數目最少兩條。EN81-1 9.2.2 節對不同鋼索數目電梯規定有不同的安全因子：對具三根鋼索捲揚驅動升降機，安全因子不得低於 12；具兩根鋼索捲揚驅動升降機，安全因子不得低於 16；對於捲洞驅動電梯則安全因子不得低於 12，實際需要的安全因子，尚與滑輪組合與鋼索纏繞的情形而定，計算方式在必須遵守的其附錄 N 中列出[30]。

ASME A17.1 2.20.3 節則按運行速度訂定鋼索之最低安全因子要求（如表 3），另其 2.20.4 節規定捲揚式升降機車廂的捲揚鋼索數目不低於 3 根，捲洞式則不低於 2 根，配

重部分的捲揚鋼索數目不低於 2 根，而鋼索直徑則不低於 9.5mm，其外層鋼線直徑不得低於 0.56mm [8].

日本《建築基準法》要求升降機鋼索的安全因子最小為 10[53]，其最小直徑為 10mm [54]。

表 3 美國 ASME A17.1 對升降機鋼索之最低安全因子要求[8]

Table 2.20.3 Minimum Factors of Safety for Suspension Wire Ropes

Rope Speed, m/s (ft/min)	Minimum Factor of Safety	
	Passenger	Freight
0.25 (50)	7.60	6.65
0.37 (75)	7.75	6.85
0.50 (100)	7.97	7.00
0.62 (125)	8.10	7.15
0.75 (150)	8.25	7.30
0.87 (175)	8.40	7.45
1.00 (200)	8.60	7.65
1.12 (225)	8.75	7.75
1.25 (250)	8.90	7.90
1.50 (300)	9.20	8.20
1.75 (350)	9.50	8.45
2.00 (400)	9.75	8.70
2.25 (450)	10.00	8.90
2.50 (500)	10.25	9.15
2.75 (550)	10.45	9.30
3.00 (600)	10.70	9.50
3.25 (650)	10.85	9.65
3.50 (700)	11.00	9.80
3.75 (750)	11.15	9.90
4.00 (800)	11.25	10.00
4.25 (850)	11.35	10.10
4.50 (900)	11.45	10.15
4.75 (950)	11.50	10.20
5.00 (1,000)	11.55	10.30
5.25 (1,050)	11.65	10.35
5.50 (1,100)	11.70	10.40
5.75 (1,150)	11.75	10.45
6.00 (1,200)	11.80	10.50
6.25 (1,250)	11.80	10.50
6.50 (1,300)	11.85	10.55
6.75 (1,350)	11.85	10.55
7.00–10.00 (1,400–2,000)	11.90	10.55

由以上可知歐美容許用直徑較細的鋼索，但歐洲的配套為採用較高的安全因子，美國則按升降機速度來釐定安全因子，載人升降機安全因子從 7.6 至 11.9 載貨則稍低一些。表 4 為各國實際使用到的升降機相關鋼索直徑的統計。其中歐洲最低容許直徑在 8mm，卻有用到 6 及 6.5mm，日本最低為 10mm，也有用到 8 與 9mm，這些都是經適當的安全驗證後透過專案驗證核准用在特殊的情形[52]，尚未普遍地應用。

表 4 歐美日升降機採用之鋼索直徑[46]

Rope diameter		Europe			USA		Japan
mm	inch	Traction susp. rope	Roped hydraulic susp. rope	Governor rope	Suspension rope	Governor rope	Suspension rope
6		x ¹⁾		x			
6.5		x ¹⁾		x ²⁾			
8		x ²⁾	x	x			x
9		x					x
	3/8				(x)	x	
10		x ³⁾	x	x			x ⁷⁾
11	7/16	x ⁴⁾	x		x		
12		x					x ⁶⁾
	1/2				x ⁵⁾	x	x
13		x ²⁾	x	(x)			
14		x					x
15		x					
15.5		x					
16	5/8	x			x		x
	11/16				x		
18		x		x			x
	3/4				x		
20		x					x
	13/16				x		
22	7/8				x		x

¹⁾ FC only for small freight elevators ²⁾ most common in Germany ³⁾ most common in France ⁴⁾ most common in UK
⁵⁾ most common in USA ⁶⁾ most common in Japan ⁷⁾ officially minimum in Japan

二、小直徑鋼索之優缺點

前文介紹到鋼索的構造，明顯可見鋼索的直徑不是唯一決定其強度及安全性的因子，相同的直徑，其芯材粗細或材料不同，對鋼索負載能力可以有很大的影響，以圖 95

中幾個等直徑的鋼索截面為例，其中 A、B 及 C 均為纖維芯，B 之纖維芯外另有一層 8 個單股，其斷裂強度由低至高一次為 $A < C < B$ 。D 為鋼線芯，其強度遠高於其他三種鋼索。與強度排列相同者為各鋼索中金屬所占截面積也是 $A < C < B < D$ 。

由此可見，對其負載強度及安全因子作較嚴格的要求比光規定鋼索直徑大小更能確保安全。除了在改變芯材，鋼索工藝中另有一種以錘打、重復抽製或軋壓將已製成的鋼索加以緊湊處理，使鋼線與芯材略為變形並變得更為緊密，處理後直徑會縮小（參考圖 96），圖 97 中未緊湊處理的鋼索即為圖 96 中的鋼索 A，緊湊處理後，實測直徑從 10.55mm 降為 10.12mm，強度則從 46.5kN 增為 51.7kN，同時其耐疲勞能力亦見顯著提高（圖 98）。由上述例子可見並非直徑較小則鋼索負載及安全程度較差。


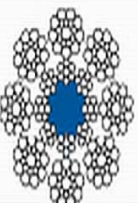


Table 1: Test ropes				
	A	B	C	D
Rope construction	Seale FE + 8 x 19	Seale SES + 8 x 19	Warrington FE + 8 x 19	Warrington SES + 8 x 19
Designation EN 12385-2	8 x 19 S-FC 1570 U sZ	8 x 19 S-WRC 1570 U sZ	8 x 19 W-FC 1570 U sZ	8 x 19 W-WRC 1570 U sZ
Nominal rope diameter d	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Rope diameter D_{actual}	9.81 mm	10.07 mm	10.08 mm	9.94 mm
Minimum breaking force F_{m1}	46.5 kN	57.6 kN	49.4 kN	67.7 kN
Picture				

圖 96 相同公稱直徑不同截面結構鋼索斷裂強度比較 [50]

就抗破壞能力而言，較小直徑的鋼索還有其他優點。前一節所述，繞過輪槽之彎曲造成壓應力及張應力，由圖 88 可知鋼索直徑較小則此機制所衍生的張應力或壓應力也將較小，彎曲時鋼線間之微觀相對滑動也相應較小，這些均有利於提升其耐疲勞及鋼線間磨耗之破壞。此外，鋼索直徑較小，在同一槽輪或鋼索直徑比下，槽輪的直徑會明顯降

低，在相同的負載條件下（即鋼索兩端張力比沒改變），槽輪所受的力矩因力臂（直徑）縮短而降低，相應地驅動槽輪的馬達的轉矩就可以較低，馬達的體積及耗能將可以下降。



	無緊湊處理	經緊湊處理
		
Type of rope	8x19S-NFC	8xK19S-NFC
Number of wires	152	152
Nominal diameter d [mm]	10	10
Measured diameter d_m [mm]	10.55	10.12
Lubrication	Standard	Standard
Strength R_e [N/mm ²]	1570	1570
Metallic cross-section A_c [mm ²]	34.86	39.22
Minimum breaking force F_{mn} [kN]	46.50	51.70
Metallic cross-section A_c [%]	100	112

圖 97 同結構鋼索經緊湊處理強度的變化 [55]

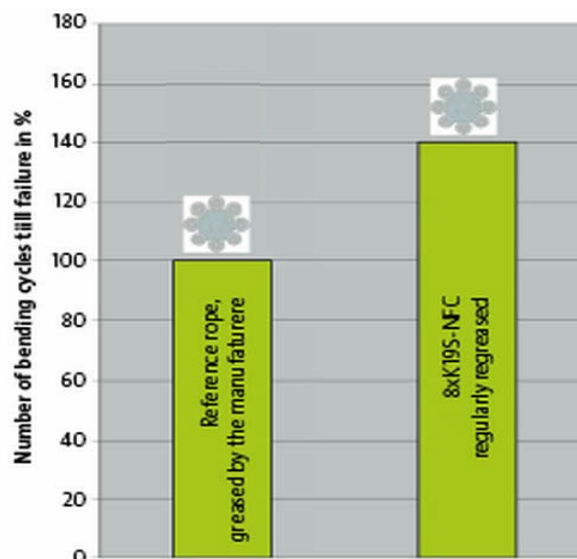


圖 98 緊湊處理對耐疲勞能力之影響 [55]

至於缺點方面，前文提到鋼索對槽輪的宏觀整體滑動導致磨耗破壞，鋼索直徑太小，其單股最外層承受此一磨耗破壞的鋼線太細，就會很快因磨耗而斷裂，因此也侷限了鋼索最小的直徑。針對此一方面，如 Otis 及 Schindler 開發以高分子包覆 2mm 直徑左右的鋼索的扁平帶（參考第二章第一節之圖 8 及圖 17）。一方面因鋼索直徑非常小，槽輪及馬達也相對變得很小很節能，另一方面，鋼索沒有直接接觸輪槽不致差生磨耗破壞，正可克服小直徑鋼索的缺點而充分利用其優點。

第三節 升降機鋼索報廢標準與缺陷舉例

有關升降機鋼索在什麼情況下必須更換，ISO 有個《升降機用鋼索—最低要求》之標準[56]，其報廢標準主要依據有：

- 一、肉眼可見的鋼線斷裂,斷裂數達到表 5 所示者
- 二、鋼索直徑減少達到公稱直徑的 6%
- 三、肉眼可見的異常狀況，例如前文提到的微動腐蝕(fretting corrosion)，局部的直徑減少
- 四、使用時限雖沒有特別規定，但一般使用十年以上需特別注意

表 5 目視鋼絲斷裂數報廢準則[56]

Table E.1 — Number of visible broken wires — Single layer ropes with fibre cores operating in cast iron or steel sheaves

Condition	Replace ropes or examine within a specified period as stated by the competent person		Discard ropes immediately	
	Class 6 × 19 FC	Class 8 × 19 FC	Class 6 × 19 FC	Class 8 × 19 FC
Broken wires randomly distributed among the outer strands	More than 12 per rope lay ^a	More than 15 per rope lay ^a	More than 24 per rope lay ^a	More than 30 per rope lay ^a
Broken wires predominating in one or two outer strands	More than 6 per rope lay ^a	More than 8 per rope lay ^a	More than 8 per rope lay ^a	More than 10 per rope lay ^a
Adjacent broken wires in one outer strand	4	4	More than 4	More than 4
Valley breaks	1 per rope lay ^a	1 per rope lay ^a	More than 1 per rope lay ^a	More than 1 per rope lay ^a

^a The length of one rope lay is approximately equivalent to $6 \times d$ (where d is the nominal rope diameter).

另一個 ISO 標準《起重機鋼索保養、安裝、檢查和報廢》[57]雖是起重機鋼索，但裏面有關鋼索報廢準則所附的各種缺陷，亦常被引用作其他應用的鋼索的檢查依據。其提及的缺陷及報廢標準如表 6，此標準之附錄 D 有提供相關缺陷的照片，茲引用如下圖 99 至圖 115。

表 6 ISO 4309 提到的鋼索缺陷與報廢標準[57]

缺陷型態	圖號	ISO 4309 相關章節	處理方式
鋼絲擠出 Wire protrusion	99	3.5.11.5	馬上報廢
索心股擠出 Core protrusion (single-layer rope)	100	3.5.11.4	馬上報廢
纜徑局部縮小 Local reduction in rope diameter (sunken strand)	101	3.5.7	縮小如達公稱直徑 3% (抗旋轉鋼索) 或 10% (其他鋼索)，則需馬上報廢。
繩股擠出/變形 Strand protrusion/distortion	102	3.5.11.4	馬上報廢
局部被壓扁 Flattened portion	103	3.5.11.7	如壓扁段會經過槽輪或轉向滑輪，則馬上報廢。 如壓扁部份在直線段，則定期檢查。
扭結 Kink (positive)	104	3.5.11.8	馬上報廢
扭結 Kink (negative)	105	3.5.11.8	馬上報廢
波浪形變形 Waviness	106	3.5.11.2	如變形段會經過槽輪或轉向滑輪，含變形的包絡線直徑比鋼索公稱直徑大 10%，或如變形段在直線段，起含變形的包絡線直徑比鋼索公稱直徑大 33%，均須馬上報廢
籠狀畸變 Basket deformation	107	3.5.11.3	馬上報廢
外部磨損 External wear	108	3.5.8	如磨損使直徑比公稱直徑縮小達 7%，則需馬上報廢。
外部腐蝕 External corrosion	109	3.5.10.2	如腐蝕導致鋼索鬆弛(slackness)則須馬上報廢
朝外層鋼線斷裂 Crown wire breaks	110	3.5.2	容許斷裂鋼絲數目視鋼索結構與鋼絲總數而定。
朝內層鋼線斷裂 Valley wire breaks	111	3.5.2	馬上報廢
抗旋轉鋼索內部擠出 Protrusion of inner rope of	112	3.5.11.4	馬上報廢

缺陷型態	圖號	ISO 4309 相關章節	處理方式
rotation-resistant rope			
纜徑局部增大 Local increase in rope diameter due to core distortion	113	3.5.11.6	增大如達公稱直徑 5%，則需馬上報廢。
扭結 Kink	114	3.5.11.8	馬上報廢
內部腐蝕 Internal corrosion	115	3.5.10.3	由專業人士作鋼索內部檢驗及判定。



圖 99 鋼絲擠出 Wire protrusion

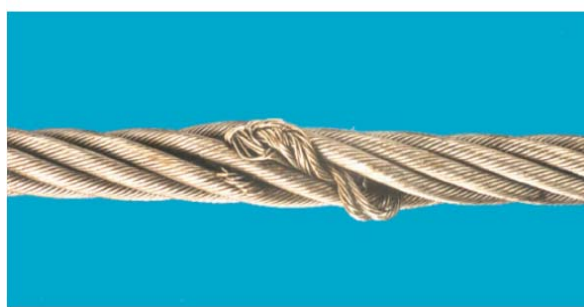


圖 100 索心股擠出 Core protrusion



圖 101 纜徑局部縮小 Local reduction in rope diameter



圖 102 繩股擠出/變形 Strand protrusion/distortion

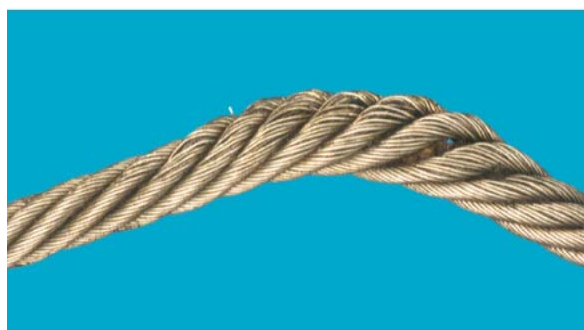


圖 103 局部被壓扁 Flattened portion



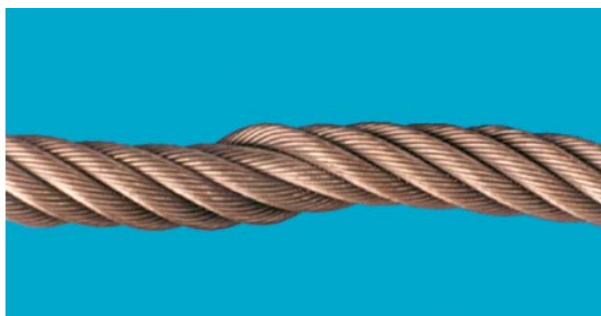


圖 104 正扭結 Kink (positive)



圖 105 負扭結 Kink (negative)

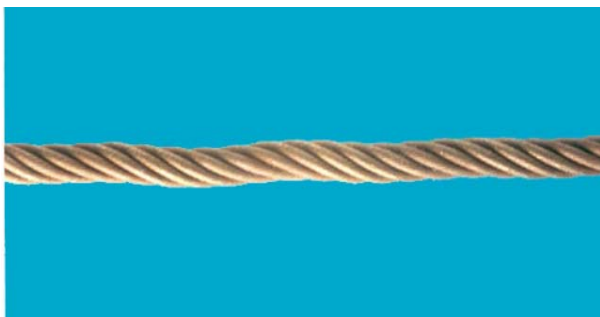


圖 106 波浪形變形 Waviness



圖 107 籠狀畸變 Basket deformation



圖 108 外部磨損 External wear



圖 109 外部腐蝕 External corrosion



圖 110 朝外層鋼線斷裂 Crown wire breaks



圖 111 朝內層鋼線斷裂 Valley wire breaks



圖 112 抗旋轉鋼索內部擠出 Protrusion of inner rope of rotation-resistant rope



圖 113 纜徑局部增大 Local increase in rope diameter due to core distortion



圖 114 扭結 Kink

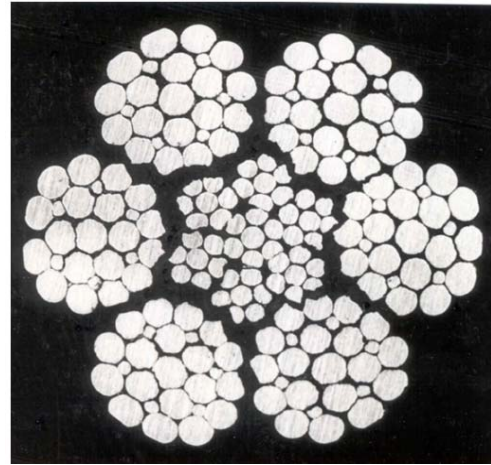


圖 115 內部腐蝕 Internal corrosion

第四節 鋼索破壞監測系統之開發

前文所述鋼索的破壞，有些自外表面觀察可以看到，有些發生在內部的破壞則難以觀測，進行國內無機房升降機案例勘察時，請教各業者對鋼索完整性檢查的方式，大部分均以目視。其中一家提到利用量測電磁阻抗的非破壞檢測方法，前者對於發生於內部的破壞難以發現，後者則雖可探測內部破壞，但二者都需待破壞發展到一定程度才能檢出。假如要進行鋼索壽命測試的試驗，則需有更為靈敏的破壞偵測方式。本計劃嘗試利用光纖感測裝置進行相關的破壞偵測，因計劃資源及時間所限，只能作一先導性的可行與否探討。

所採用的光纖感測裝置為短週期布拉格光纖光柵，其作用與傳統應變計類似，不過

應變計如張貼在鋼索上，不單會因其表面凹凸不平而不容易貼牢，而且因鋼索由多根鋼絲組成，應變計貼在某幾根鋼絲上，也無法反映整體的狀況。光纖光柵則因光纖直徑只有 125 μm ，光柵只佔光纖上約 10mm 的長度，如將包含光柵的一段適當長度的光纖兩端粘貼到鋼索上兩個點，則光柵可反映這兩點間的變形量。另一方面，因光纖相當柔軟可撓，可以容許以平行鋼索的方向粘貼，也可原著鋼絲或單股的繞行方式粘貼，可按不同的量測需求而改變，使用彈性遠較應變計大，這是採用光纖光柵的主要原因。

一、實驗方法

本研究採用 5mm 粗之 7 \times 19 型鋼索，其截面及構成的試片如圖 116。本研究所使用之疲勞試驗設備為巨克富公司生產之高速疲勞耐久試驗機 HCF (High-cycle Fatigue)，是由德國亞亨大學所開發，藉由四極感應馬達轉動不平衡之金屬塊產生激發振動，其測試範圍約為 0~1000N，頻率可達 0~28Hz，疲勞試驗機與鋼索夾持情形見圖 117。

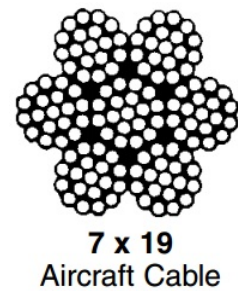


圖 116 鋼索截面圖與鋼索試片



圖 117 高速疲勞耐久試驗機 HCF 與鋼索夾持情形

二、光纖感測系統

研究中所使用之光纖感測器為布拉格光纖光柵感測器（Fiber Bragg Grating, FBG），應用光纖能量調變系統（Intensity modulation system）的方式感測 FBG 的變形量。以 1480nm 波長之雷射泵浦產生雷射光源，經過摻鉕光纖（erbium-doped fiber）放大後產生寬頻光源，通過長週期濾波器 OTF300-024-S2 濾波後產生約 10nm 之斜坡波型之光源，再接至感測試片之 FBG 使其反射重疊於斜坡上反射特定波長。當 FBG 感測到應變變化，其波長會相應漂移，會重疊於斜坡上不同的位置，反射的強度變化即為感測到的相對波長變化量，最終由檢光器擷取光能量轉換為電壓訊號，通過訊號擷取器擷取電壓值至電腦中以 Labview 圖控軟體進行分析，其光路如圖 118 所示。

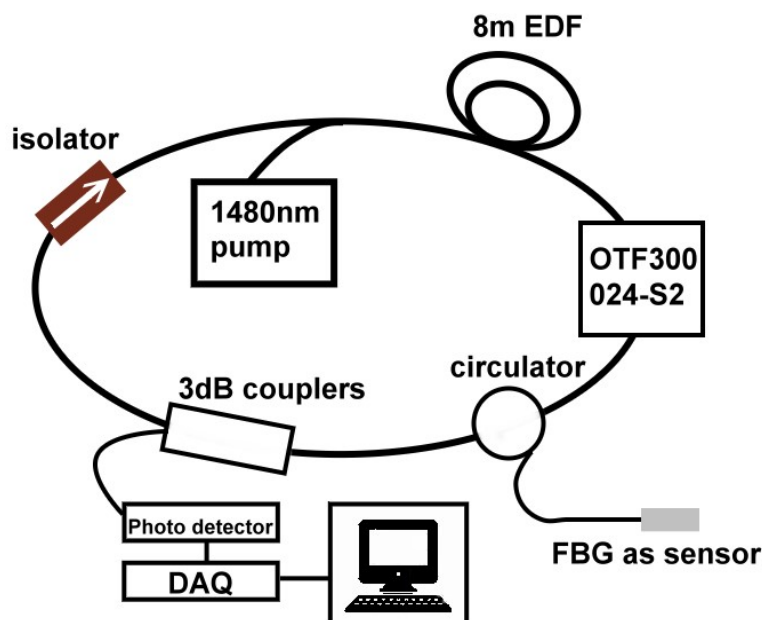


圖 118 能量調變感測系統光路圖

三、鋼索疲勞試驗

為了探討光纖感測技術應用於鋼索監測的可行性，本研究利用高速疲勞拉伸試驗機進行研究。本實驗首先將含 FBG 感測器的光纖以 KYOWA 公司的應變規瞬間接著劑 CC-33A 黏貼於鋼索試片，經嘗試黏貼於各種位置後，選擇黏貼於套管上如圖 119 所示。

接下來為感測系統的校準與歸零，本實驗之雷射能量強度由 laser pump 控制，需於實驗前校正雷射能量於相同的強度。校正方式是先將濾波器波峰調整至與 FBG 波峰重疊

位置，此時由訊號擷取器擷取到經由檢光器轉換光能量為電壓的電壓訊號，兩波型重疊之面積即為光通過濾波器再經 FBG 反射再經由 coupler 分光後之能量大小，調整 laser pump 之輸出強度，使此時輸出電壓到達定值。

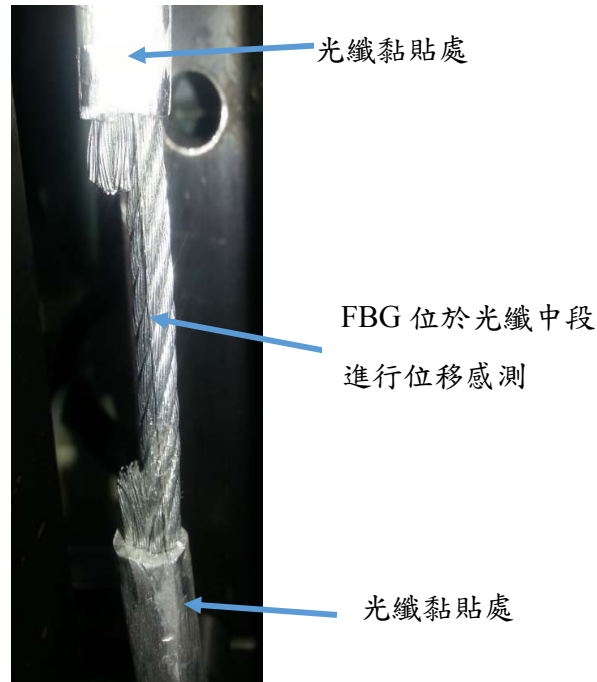


圖 119 光纖黏貼之情形

本實驗設定使用 8V 為最大值，濾波器與 FBG 波形重疊示意圖如圖 120 所示。因 FBG 於拉伸時反射波長會往長波長漂移，本實驗將濾波器調整於重疊面積於 1V 時做為零點，即可於光纖伸長時使波型漂移 7V 的範圍內進行光纖的能量調變的光纖感測，其示意圖如圖 121 所示。

能量調變光纖感測系統之光路使用 Labview 配合數據截取器截取訊號，包含檢光器測得的能量調變電壓訊號、荷重元的電壓訊號以及位移計的電壓訊號，我們設定擷取速率為每秒 1000 筆 (1000 sample /s)。

疲勞實驗本研究使用預力為 200N，力量幅度約為 150N 之反覆力量施加於鋼索試片上，以 27Hz 之震盪頻率進行震盪，實驗時觀察 Loadcell 與光纖感測器典型之時域圖如圖 122 所示，實驗後觀察 Loadcell 之時域—力量圖以及光纖感測器之時域-伏特 (V) 圖。

爲了觀察鋼索是否發生疲勞破壞，每震盪 50 萬次後進行一次靜態測試，重覆拉伸 0~500N 的力量五次，觀察其 V-F 圖是否有所變化並記錄之。

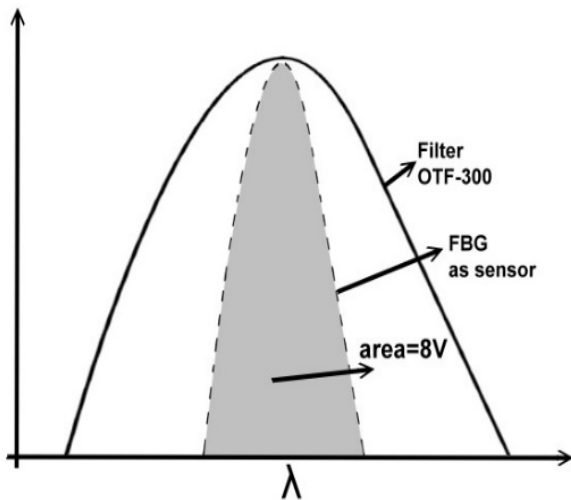


圖 120 濾波器與 FBG 波形重疊示意圖

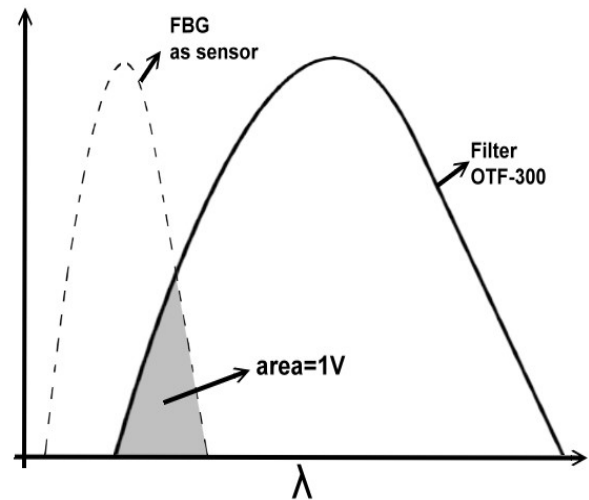


圖 121 能量調變校正零點示意圖

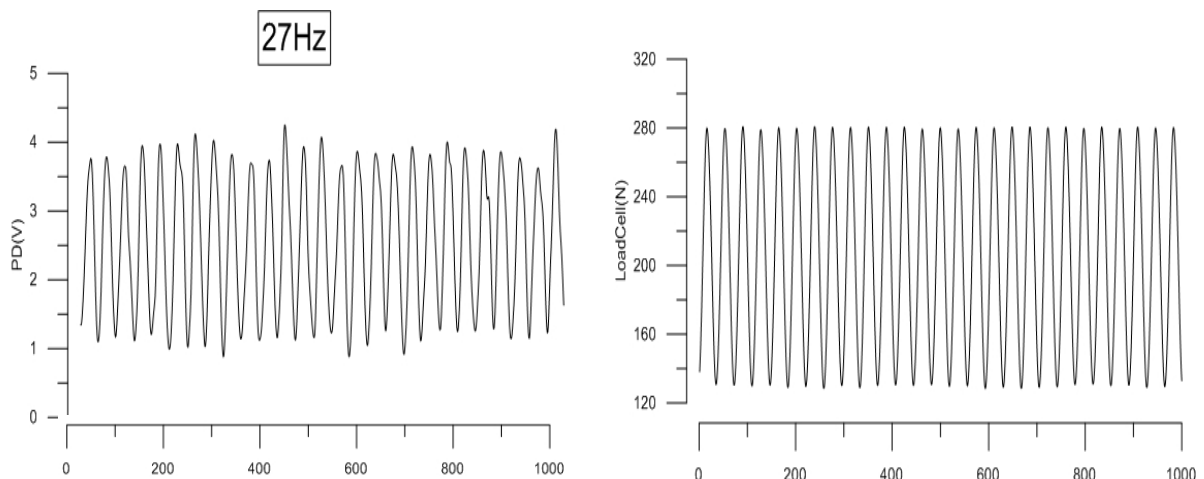


圖 122 光纖感測器與荷重元輸出之時域圖

四、疲勞實驗結果與討論

疲勞實驗從初始狀態到 500 萬個循環疲勞實驗，每 50 萬個循環記錄一次之 V-F 圖（如圖 123、圖 124）。x 座標爲檢光器感測到之光強度轉換之電壓 V，相當於光纖感測到的位移量，而 y 座標爲 Loadcell 感測到之力量，單位爲牛頓。其中上曲線爲拉伸曲線，下曲線爲釋放區限，因鋼索非線彈性材料，且不具等向性，故拉伸與釋放曲線不會重疊。

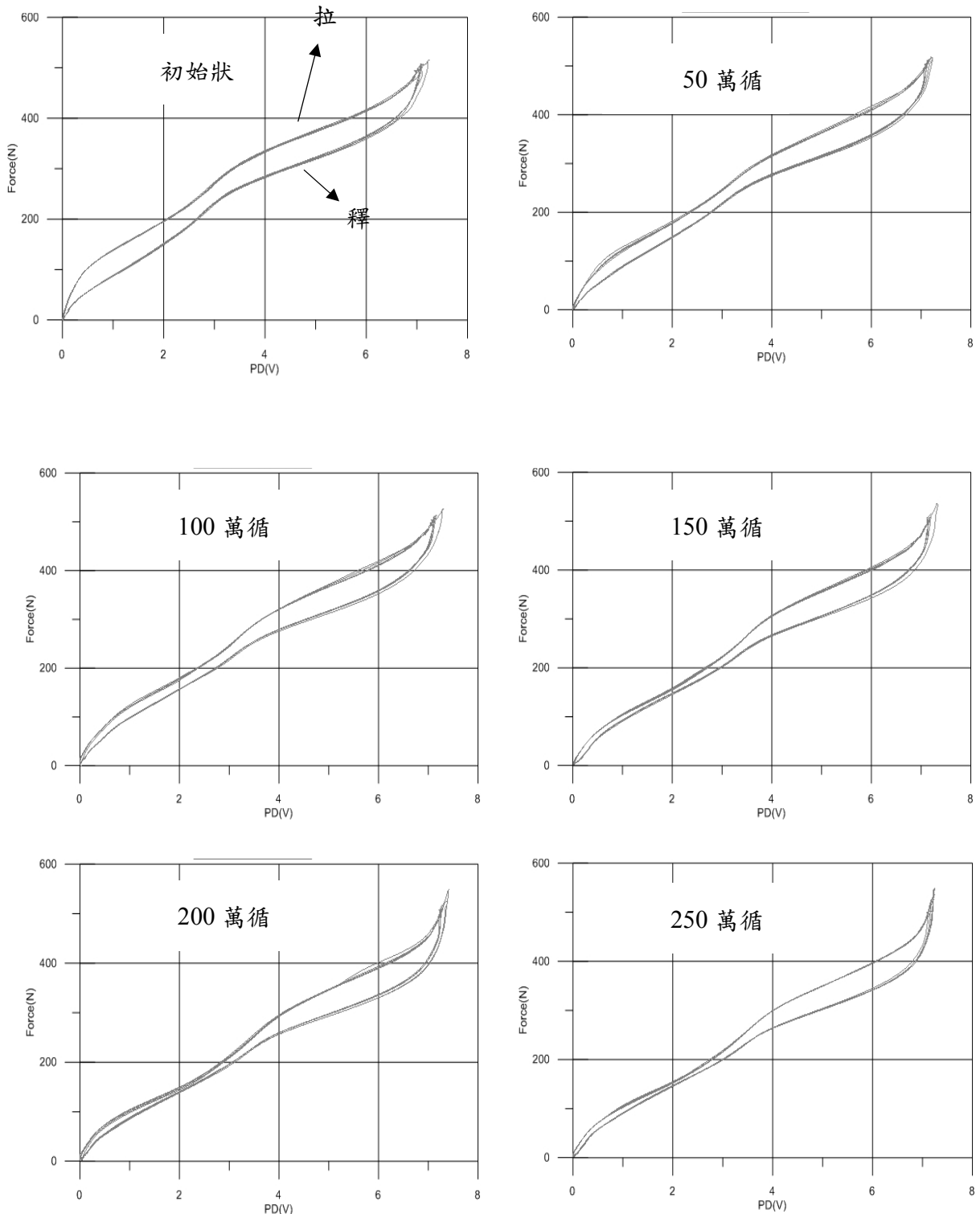


圖 123 不同疲勞週次光纖感測器輸出與施力關係圖（初始狀態~250 萬循環）

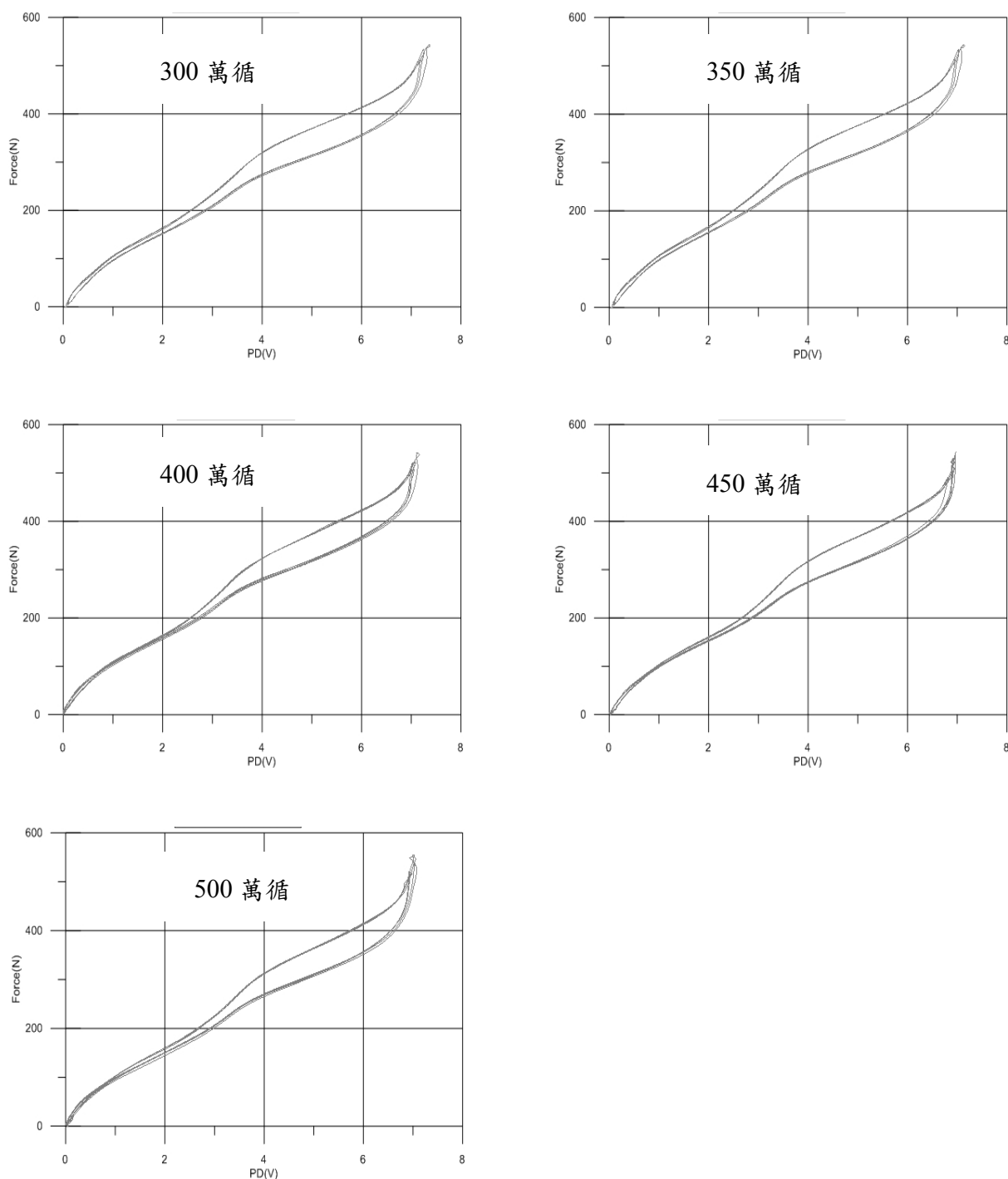


圖 124 不同疲勞週次光纖感測器輸出與施力關係圖（300 萬循環~500 萬循環）

經高速疲勞試驗機施加反覆負載 500 萬次後，將圖 123、圖 124 疊合比較（如圖 125）。觀察到約於 200N 附近，施壓與釋放的曲線於疲勞週次越高時越趨向接近，可能

是鋼索在反覆加卸載過程中，鋼絲間相對滑動使鋼絲間摩擦力變小的原故。但其收斂後的曲線位於原本初始狀態時的施壓與釋放之曲線中間，每個數據之間僅有微小變化，應為校正誤差或溫度等微小變因，且無一定的趨勢。

推測經過 500 萬個循環，仍無法使其達到疲勞破壞的現象產生，因時間及資源之限制，本研究只能以直接逐步剪斷鋼絲的方式，模擬破壞的出現與發展，來觀測光纖感測器在監測鋼索完整性時將會出現訊號的變化，以探討其可行性。

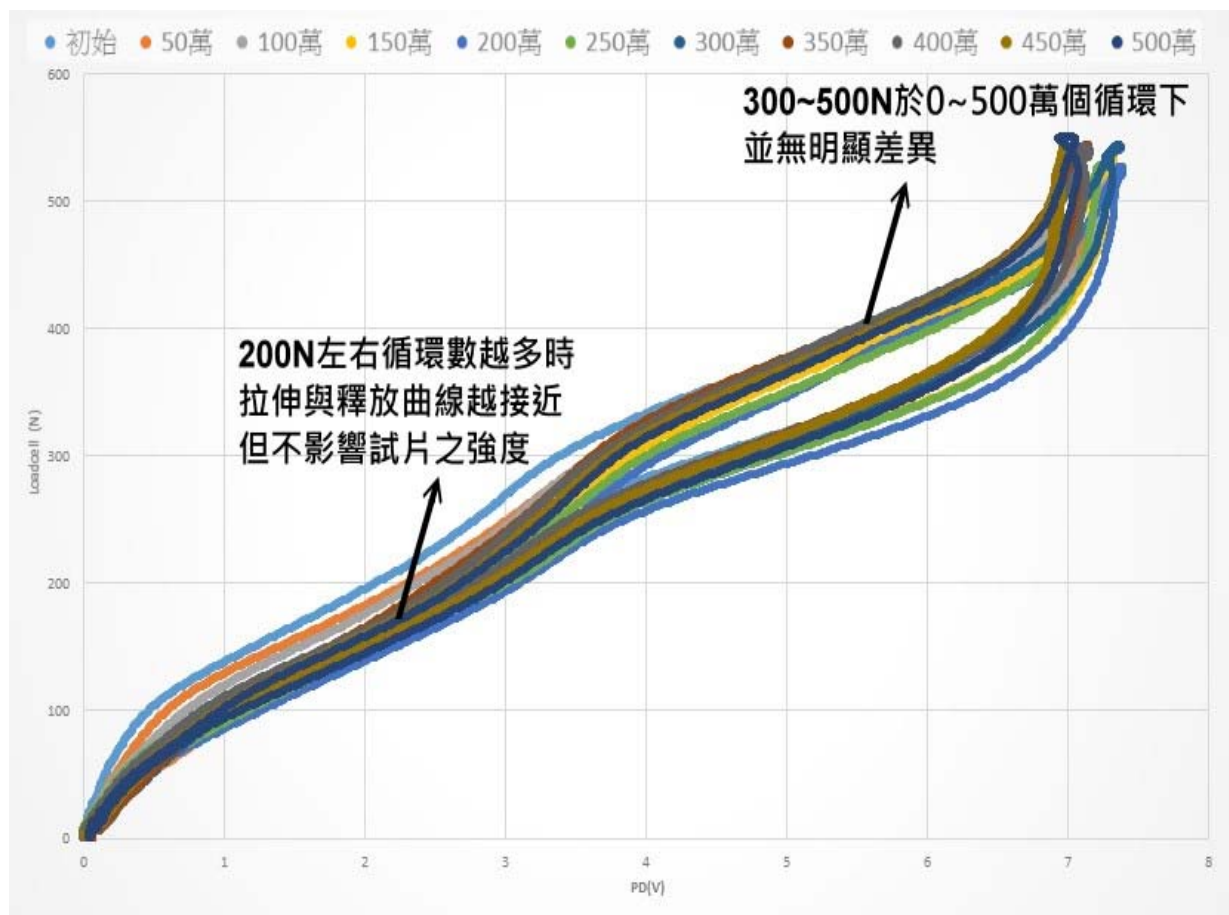


圖 125 疲勞實驗 0 至 500 萬個循環之 V-N 圖

五、模擬鋼索破壞實驗

因從上一節得知鋼索強度過高，無法以高速疲勞試驗機進行疲勞行為之觀測，故採用模擬的方式進行，實驗使用鋼索剪或尖嘴鉗等可剪去鋼絲之工具於鋼索側邊剪斷鋼絲，剪斷鋼絲時不改變鋼索於夾具上的位置，而後再進行靜態之力量與位移分析，鋼索

試片一共七股，本實驗流程以一次剪斷半股左右的鋼絲來進行模擬疲勞破壞。

六、模擬鋼索破壞之實驗結果與討論

鋼索初始為尚未剪斷任何鋼絲及其靜態分析之 V-N 圖如圖 126 所示。圖 127-135 則為剪去數條，一股，一股半至剪去四股鋼絲之情形，及其相應的靜態分析之 V-N 圖。圖 135 則為將各破壞狀況下的 V-N 圖疊合在一起以方便比較，從圖 135 中得知當鋼索斷裂程度逐漸增加，同一負載下之光纖訊號會明顯增強，當斷裂至接近一半截面積時，位移的幅度變大，主要原因是斷裂股數較多時，鋼索已發生明顯的扭轉現象。

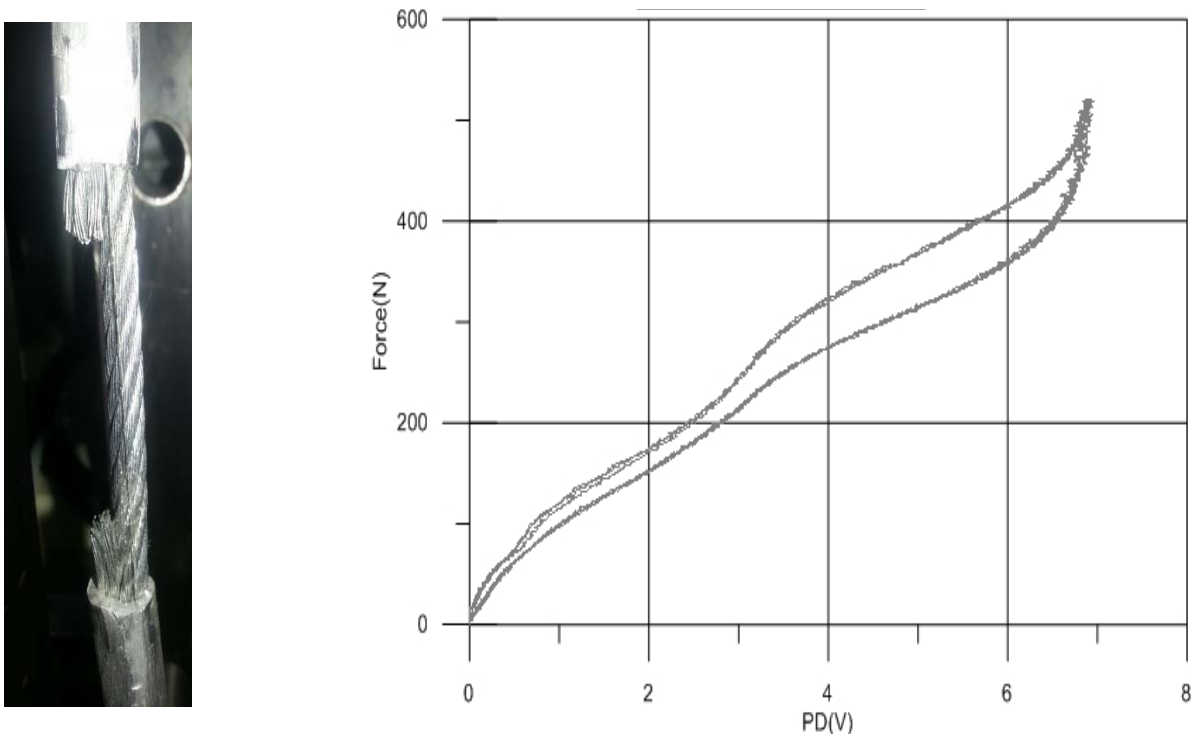


圖 126 初始狀態之鋼索及其 V-N 圖

由上述結果，可以看到斷掉數根鋼絲，光纖感測器已有明顯的訊號，隨著鋼絲斷裂數目增加，光纖訊號反映更為強烈，另一方面，目前的光路使用之濾波器斜率較為平緩，假如需要增加光纖感測器的靈敏度，尚可改用斜率更陡峭的濾波器。

模擬破壞只能從外表面的鋼絲加以剪斷，但即使斷裂鋼絲發生在鋼索內部，鋼索的整體剛性仍將下降，所以目前的光纖感測器應同樣可以偵測出來。此一偵測的方法，對於日後要從事鋼索耐久性測試，可以提供相當的幫助。

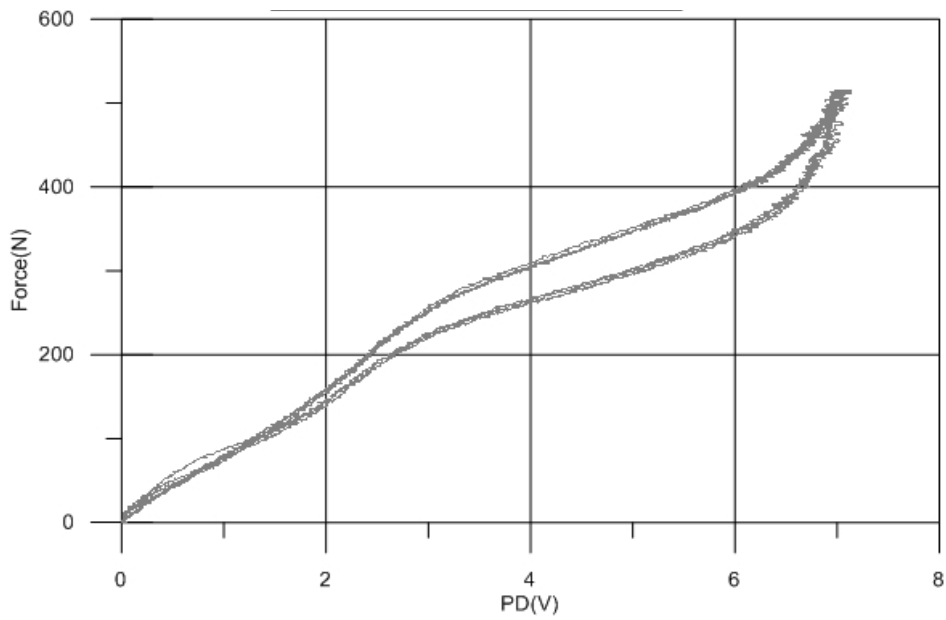


圖 127 剪去數條鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

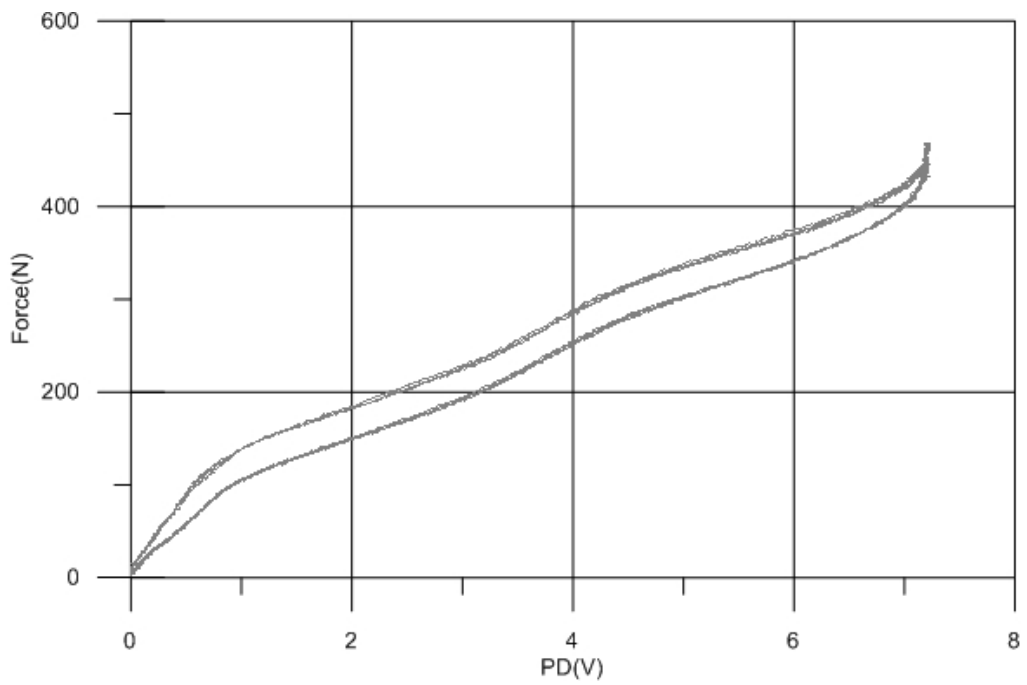
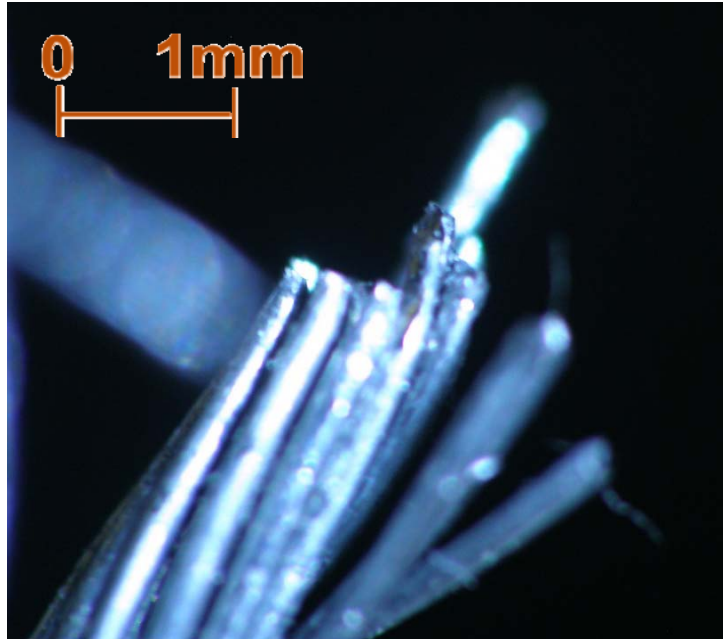


圖 128 剪去一股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

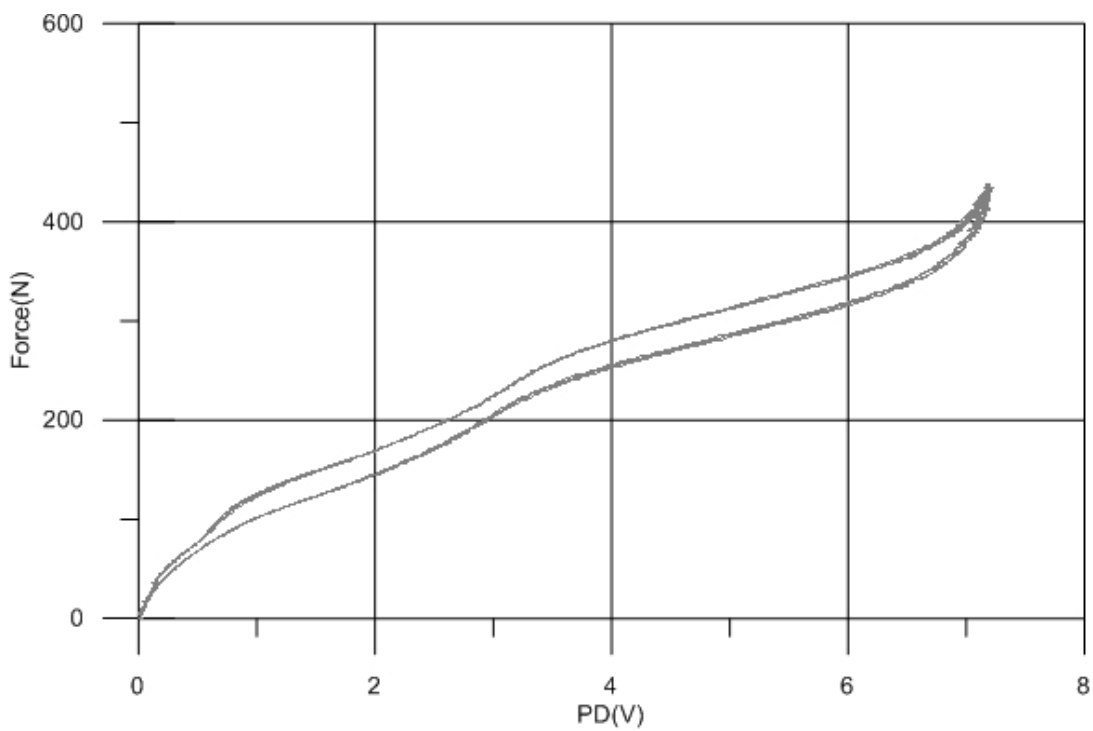
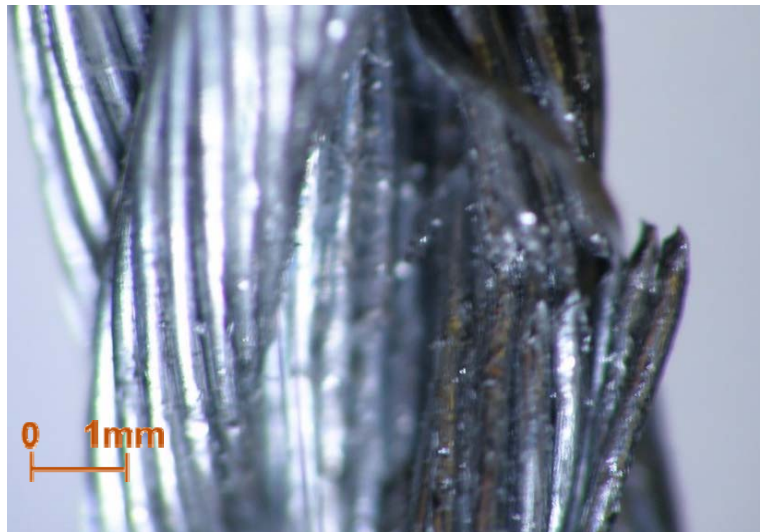
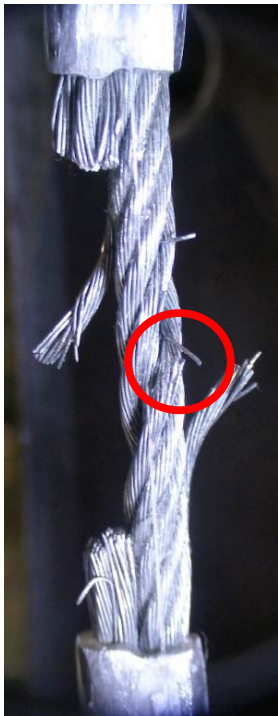


圖 129 剪去一股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

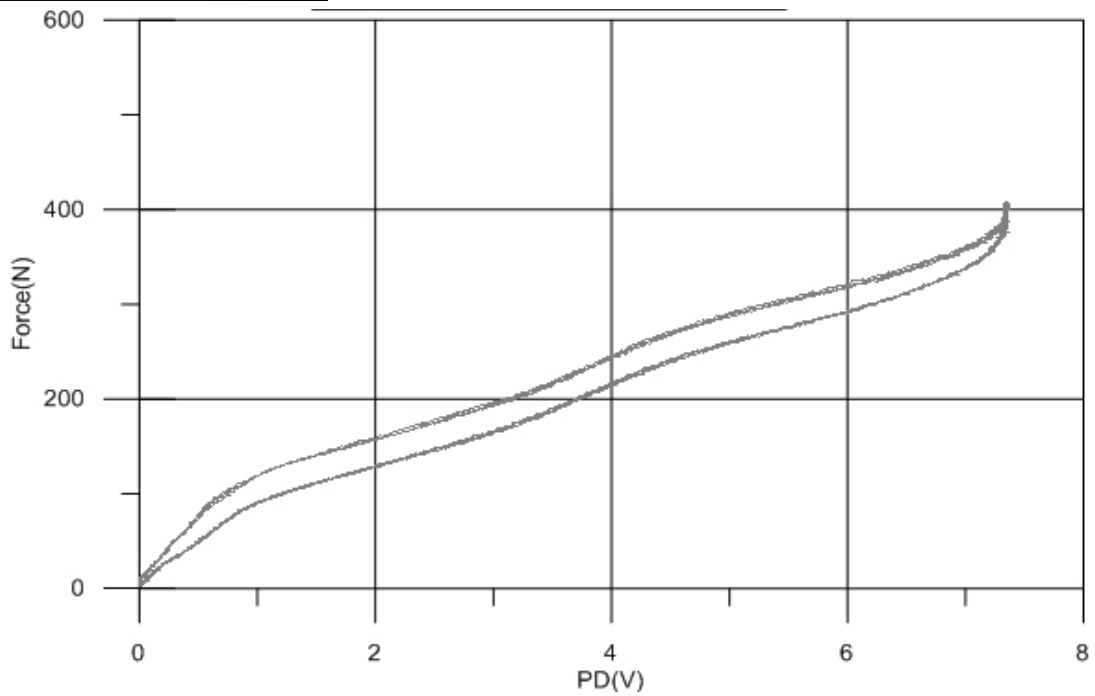
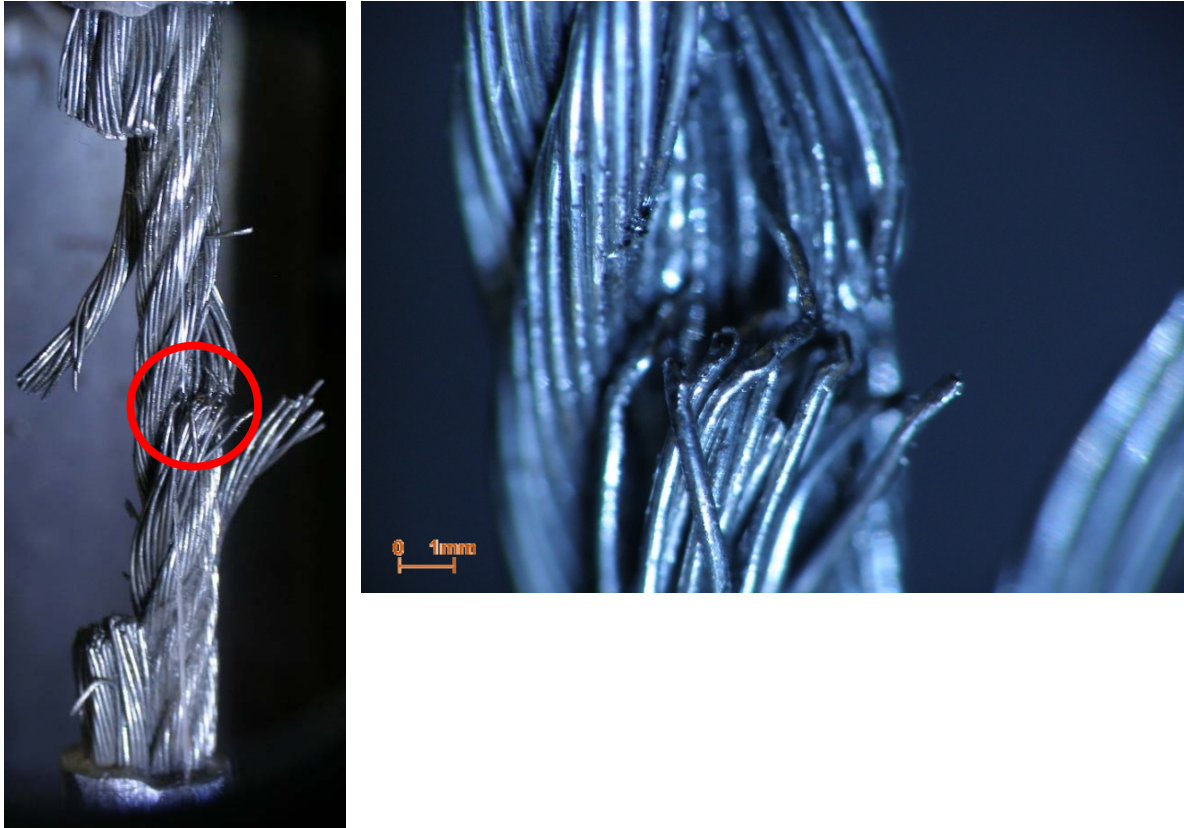


圖 130 剪去兩股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

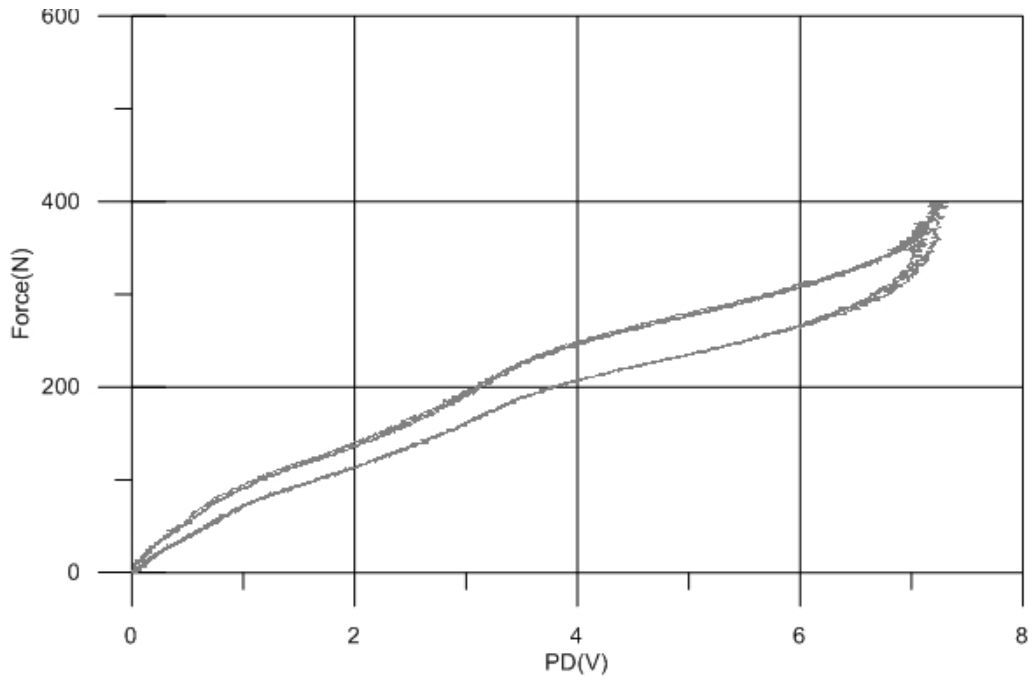
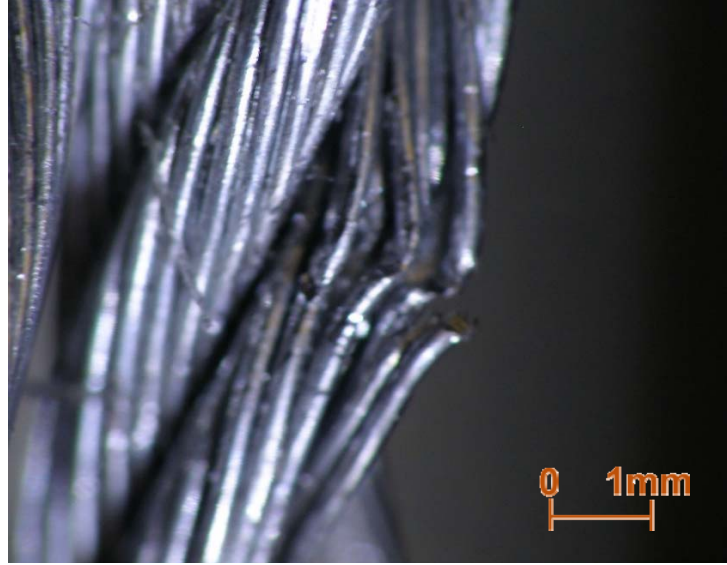
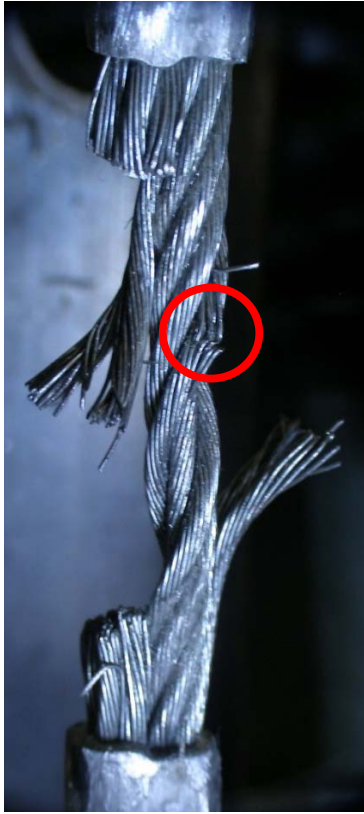


圖 131 剪去兩股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

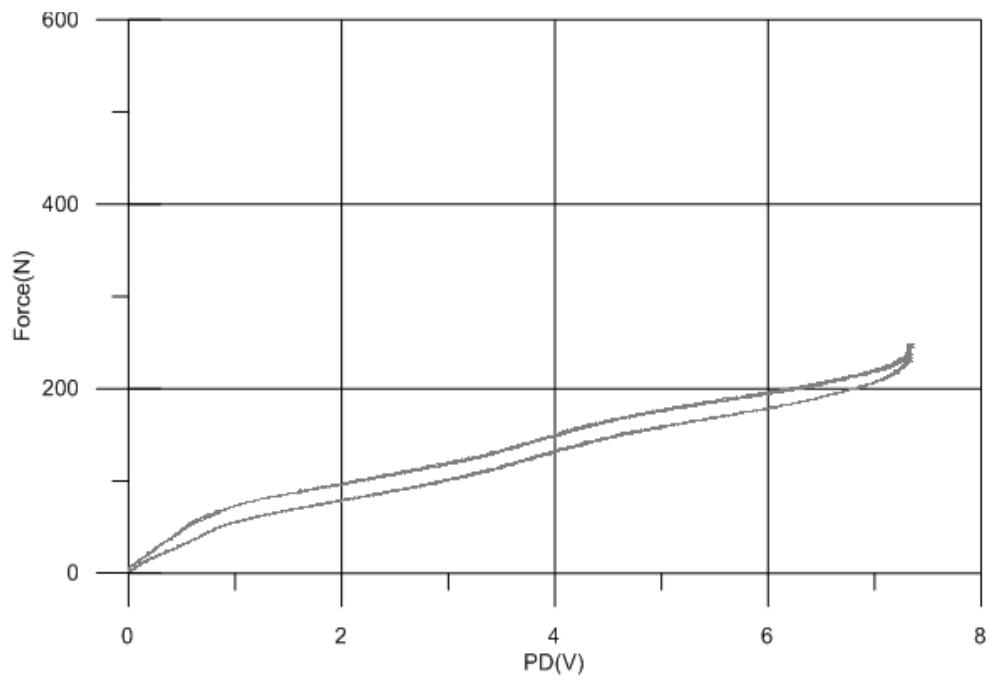
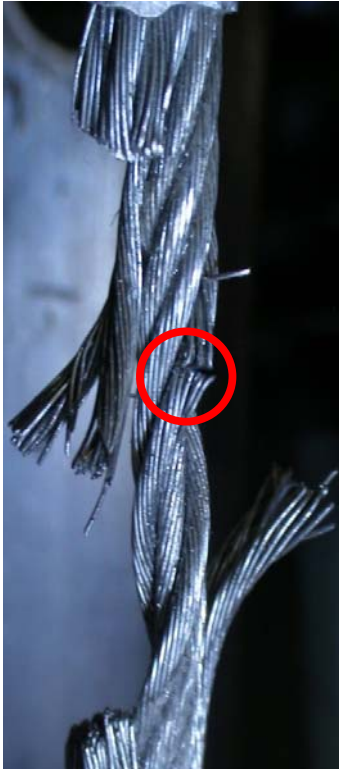


圖 132 剪去三股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

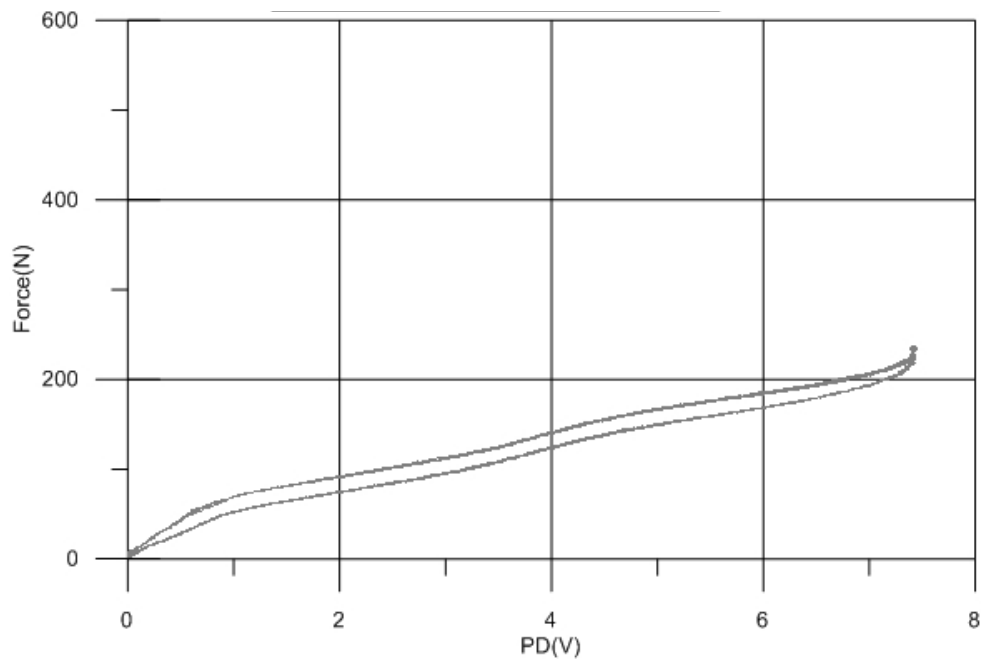
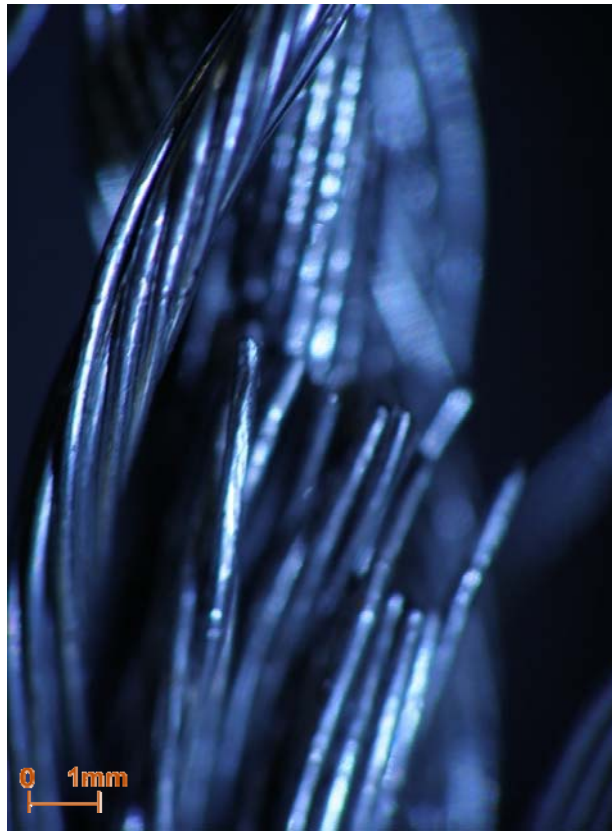


圖 133 剪去三股半鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

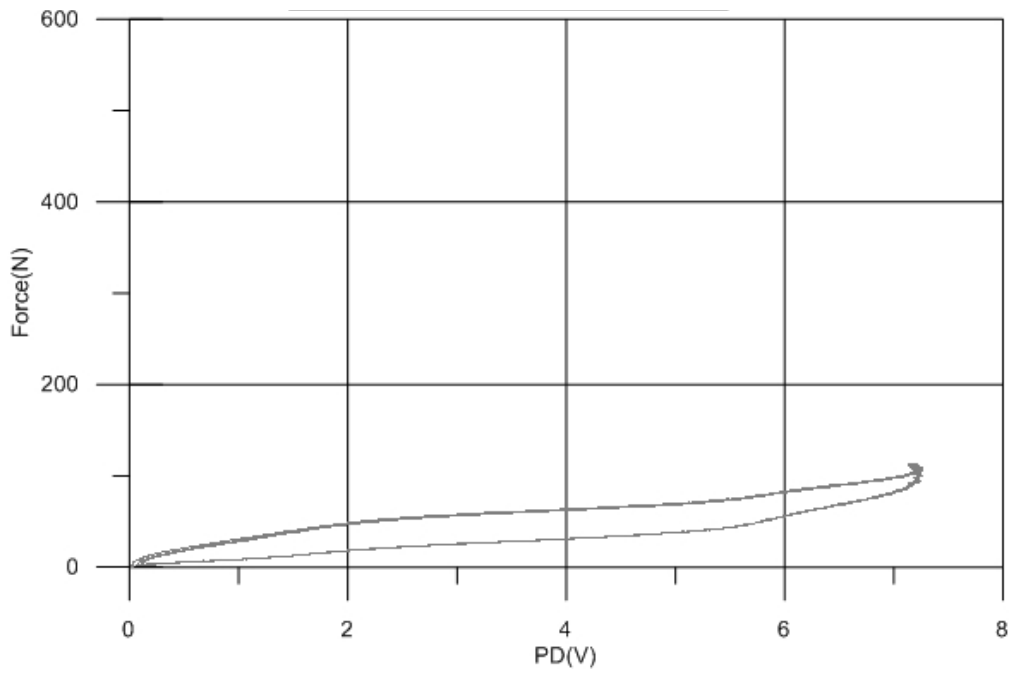
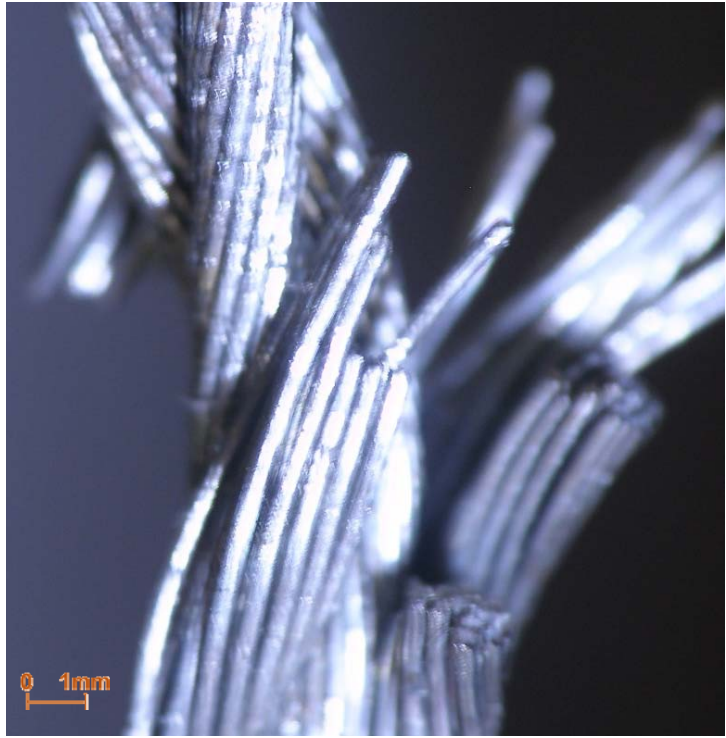
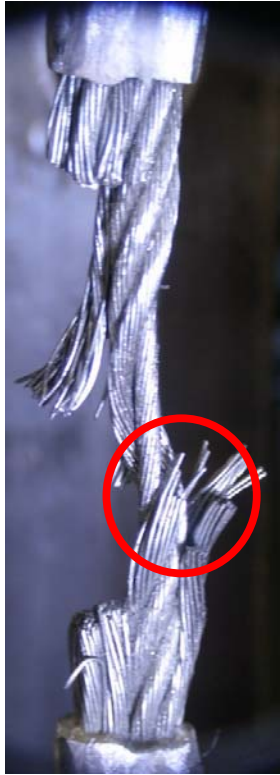


圖 134 剪去四股鋼絲之鋼索及其 V-N 圖

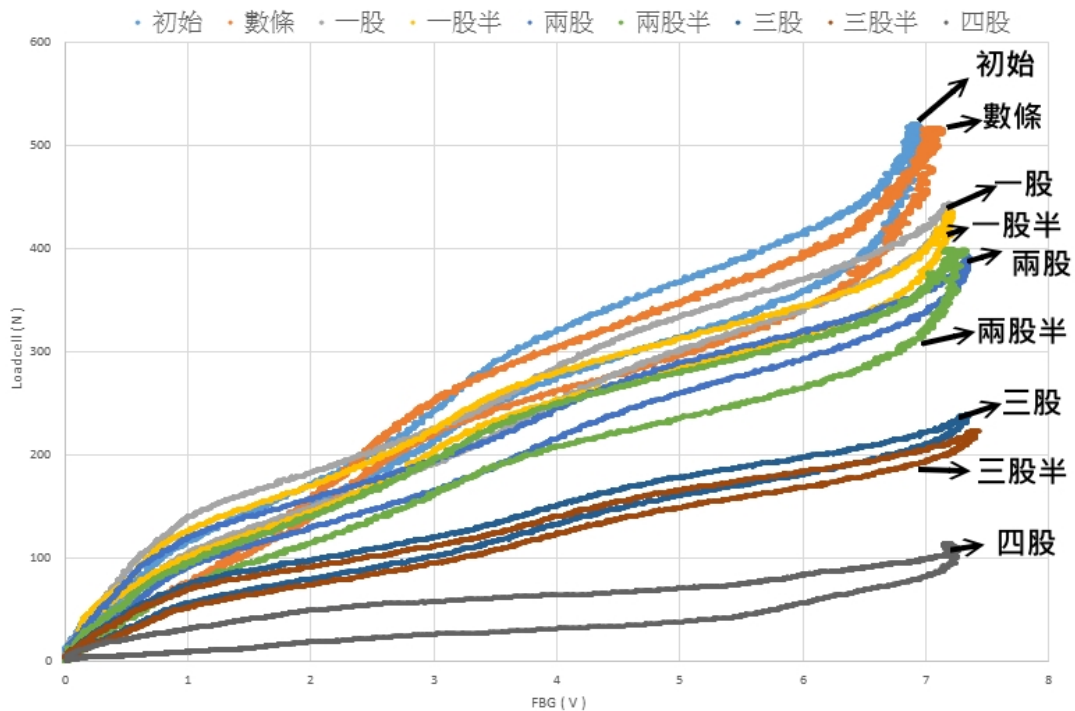


圖 135 剪去不同股數鋼絲之模擬鋼索破壞 V-N 圖比較

第五節 小結

- 一、鋼索的破壞機制包含軸向張力疲勞、反覆彎曲疲勞、自由彎曲之疲勞、扭轉疲勞、接觸壓力導致反覆變形、磨耗與腐蝕，其破壞機制複雜，主要是因為以下三個因素：（1）鋼索由多根鋼絲組成；（2）其受力情形除張力外尚有繞過輪槽造成的彎曲；（3）環境因素。
- 二、有關鋼索可能出現的缺陷及碰到這些缺陷時如何決定鋼索是否需要更換。ISO4309 有詳盡的標準可供參考。
- 三、從鋼索構造形式以及其破壞機制可以了解決定鋼索負載能力與其安全可靠度，並非單單取決於鋼索的直徑，使用較小之鋼索直徑。如能在鋼索強度、安全因子以及安全驗證方面作出相應的配套要求，仍可保障其安全可靠度，這也是歐盟 EN81-1 容許最小 8mm 直徑鋼索，同時對小至 6mm 鋼索仍有核准使用的情形。
- 四、本計劃嘗試建立的一套光纖光柵感測系統，可監測鋼絲的斷裂，對於日後欲從事鋼索耐久性測試，可提供有用的技術。

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、從無機房升降機實例考察，可以看到不同廠商採用的架構與設計的考量有相當的差異，與傳統機房式升降機相較，前者固定方式牽涉到不同的結構受力，鋼索轉向次數較多，檢查維修人員所處環境較不安全，緊急救援的控制箱位置及操作方法變化較大，不利救災人員操作。
- 二、歐盟 EN81-1 與北美洲 ASME17.1 的升降機規範針對無機房升降機檢修時的工作空間安全性以及檢修過程中安全迴路連鎖互動對檢修人員及其他人員的保護，有非常詳細具體的規定。
- 三、我國 CNS 相關標準與行政院勞工委員會「升降機安全檢查構造標準」與日本的相關標準的要求相當，其精神上已涵蓋到部分歐美規範的重點，但條文基本就大原則作出指示，沒有較具體的技術細節要求，所以在實際執行上同樣滿足相關條文而所達致的安全程度可以有所差異。
- 四、從國內外相關規範的比較以及無機房升降機案例的考察，歸納出一些可供安全審核及檢查人員參考的重點，這些重點同時可供日後我國規範要強化無機房升降機在安全上的規範時作為參考。
- 五、從鋼索構造形式以及其破壞機制可以了解，決定鋼索負載能力與其安全可靠度並非單純取決於鋼索的直徑。使用較小之鋼索直徑，如能在鋼索強度、安全因子以及安全驗證方面作出相應的配套要求，仍可保障其安全可靠度。

第二節 建議

- 一、建議將升降機劃分為
 - (一) 捲揚機械，滑輪設於升降路內；
 - (二) 捲揚機械及滑輪設於升降路外，須有專屬完整封閉的空間，為無機房升降機。
- 鑑於無機房升降機係併同馬達技術之演進而發展出來，建議對捲揚機採傳統馬達與

齒輪變速箱者，不得安裝於升降路正上方，以去除樓板的方式來充作無機房升降機。

二、無機房升降機的捲揚機械及轉向滑輪之固定，其鎖固力量，支承處的結構強度，應達到一定標準，並應確保不能因機械振動，地震等影響而鬆脫。捲揚機械如安裝於機坑者，其設計及施工應能防止機械振動影響，可長期維持與地板之鎖固，且其是長測器及適當排水措施。

三、機械維修/檢查/保養用的工作空間之安全防護建議：

(一) 工作人員在工作空間時，升降機須有固定裝設之機械式的安全裝置，防止車廂意外移動，使用此裝置時應自動啟動電動式鎖定迴路，防止其他意外驅動升降機的控制動作發生作用。

(二) 如維修時需移動車廂，則相關控制裝置應設於工作空間內，並須與其他電動安全裝置適當的聯動鎖定，並能防止未經授權者操作。

(三) 工作空間在機坑者，則機坑中應具剎停及鎖定車廂/配重塊的控制開關。

四、機械維修/檢查/保養用的工作空間之強度建議：

(一) 工作空間之人員立足點應有足夠之強度及剛性，在承載 2 名各 100 公斤人員之負荷，每人立足在 0.2m×0.2m 範圍內，而不致發生永久變形。

(二) 如工作空間需處理重型機械安裝/更換等，則其強度須另行適當設計。

五、機械維修/檢查/保養用的工作空間之照明，建議工作空間應有適當之照明，其相關工作位置及立足之地板照度不低於 200 lux。

六、機械維修/檢查/保養用的工作空間之通道建議：

(一) 工作空間如設於升降路內，則從升降路外應有適當大小之安全入口通往此工作空間。此入口之門禁應能防範意外開啓及墜落之裝置，防止未經授權者之開啓及進入。

(二) 另當動力喪失時，仍應有安全的通道及出口讓工作空間之人員離開。

七、檢查或維修時所需要設定的安全開關，切換或旁通的迴路等，建議其開關應該統一集中在相關的控制箱中，相關開關的切換應同時啟動配套的安全迴路，鎖定升降機

不能正常使用，控制箱的設計應避免維修人員可以任意以跳接線旁通安全迴路。

- 八、當捲揚機剎車、緊急剎車、車廂控制器或馬達控制器等在升降路或機坑內，建議須在機坑外設置可供釋放此類剎車及操控車廂移動的裝置，以方便測試相關剎車及控制器外，同時亦可供維修人員進行救援困處升降機乘員的用途。
- 九、乘場門、緊急救援操控箱門等救援時須解鎖的裝置，宜規定統一的解鎖鑰匙，以便除原廠人員外，其他受過訓練的救災人員也能順利操作，以爭取救援時效。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所沈副研究員育霖、趙助理研究員子豪外，另包括國立台灣大學單教授秋成。研究報告承蒙行政院勞委會勞工安全衛生處周科長有洸、行政院勞委會勞工檢查處陳技正光輝、台灣三菱經理黃光宇先生與中華壓力容器協會代檢組林副組長文集等專家的大力指正，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] Harri Hakala. 10th Anniversary of MRLs- How it started and where it's heading: Lift report; Issue 5/2007. (<http://www.lift-report.de/index.php/news/372/372/10th-Anniversary-of-MRLs>)
- [2] New Elevator Technology-The Machine Room-Less Elevator: Architectural Record; pp.169-176; September 2007. (<http://construction.com/CE/articles/0709kone-1.asp>)
- [3] Tarvo Viita-Aho. Advanced magnetic materials and their applications 2007: Kone corporation; 2007. (<http://thehqbooks.com/b/686969>)
- [4] EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE 95/16/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to lifts; 29 June 1995.
- [5] BS EN 81-1 : Safety rules for the construction and installation of lifts — Part 1: Electric lifts ; 1998.
- [6] BS EN 81-1+A1 : Safety rules for the construction and installation of lifts — Part 1: Electric lifts ; 2005.
- [7] BS EN 81-1+A2 : Safety rules for the construction and installation of lifts — Part 1: Electric lifts ; 2004.
- [8] ASME A17.1/ CSA B44-07 : Safety Code for Elevators and Escalators : Includes Requirements for Elevators, Escalators, Dumbwaiters, Moving Walks, Material Lifts, and Dumbwaiters With Automatic Transfer Devices ; 2007.
- [9] CNS 2866 : 升降機、升降階梯及升降送貨機檢查方法。
- [10] 升降機安全檢查構造標準：行政院勞工委員會勞檢 2 字第 0950007834 號令。
- [11] ThyssenKrupp techforum. ThyssenKrupp Aufzüge: pp.80-85; December 2005. (http://www.thyssenkrupp.com/documents/Publikationen/Techforum/techforum_en_12_05.pdf)
- [12] Elevator product line: ThyssenKrupp elevator corporation; CA, Americas; 2013. (<http://interactivepdf.uniflip.com/2/32303/300286/pub/document.pdf>)
- [13] Modern Elevator | Elevator Cab Panels; Transcending technology with innovation.

- (http://www.schindler3300na.com/cms/operating_features/index.html)
- [14] Schindler 3300AP. Schindler Group.
(<http://www.schindler.com/hk/internet/en/mobility-solutions/products/green-mobility/New-Buildings/Schindler-3300AP.html>)
- [15] MITSUBISHI Electric. Elevator Edition.
(<http://www.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/pdf/vol188/vol188.pdf>)
- [16] MITSUBISHI Electric. Elenessa. (<http://www.mitsubishielevator.co.th/products-elevator-elenessa.php>)
- [17] Hitachi. Machine room-less passenger elevators planning guide(OUG).
(<http://www.hea.hitachi.com.sg/downloads/OUG-OUG-10T.pdf>)
- [18] Toshiba. SPACEL-UNI. (<http://www.toshiba-elevator.co.jp/elv/infoeng/catalogue/pdf/SPACEL-UNI.pdf>)
- [19] A Global Machine-Room-Less Elevator System Powered by the Revolutionary TALON Drive. (<http://www.fujitec-hk.com.hk/en/products/pdf/belta.pdf>)
- [20] Otis. Machine-roomLess holeless hydraulic elevator.
(http://www.otis.com/site/us/OT_DL_Documents/OT_DL_DownloadCenter/HydroFit%20Product%20Information/Hydrofit%20Brochure%202013.pdf)
- [21] Diagram of OTIS Gen2 Lift. (<http://img.docstoccdn.com/thumb/206/43321106.png>)
- [22] Otis Worldwide • Gen2 Elevators. (<http://build.luraydesign.com/2011/11/13/otis-worldwide-%E2%80%A2-gen2-elevators/>)
- [23] YZER. (http://images3.wikia.nocookie.net/___cb20121007155431/elevation/images/a/a2/Hyundai_MRL_hoistway.jpg)
- [24] Hyundai YZER M.R.L. Drive.
(http://elevation.wikia.com/wiki/File:Hyundai_YZER_M.R.L._Drive.jpg)
- [25] <http://ifelift.en.made-in-china.com/productimage/YbQnXDHCXuVs-2f1j00evRQACGcnMoL/China-Machine-Roomless-Elevator-JOYMORE-Series-.html>
- [26] Elevator Mishap Is Fatal, 2011
(<http://online.wsj.com/article/SB10001424052970203893404577098813052710908.html>)

- [27] ROSE GILL HEARN. New York City Department of Investigation AND Department of Buildings FINDINGS IN INVESTIGATION OF FATAL ELEVATOR INCIDENT AT 285 MADISON AVE. (<http://www.documentcloud.org/documents/320922-07elevatorreport02-27-2012jt.html>)
- [28] CNS10594 B1337：升降機。
- [29] CNS10595 B1338：升降機之車廂與升降路之尺度。
- [30] BS EN 81-1+A3：Safety rules for the construction and installation of lifts — Part 1: Electric lifts；2009.
- [31] GB7588：電梯製造與安裝安全規範；2003。
- [32] JIS A 4302: Inspection standard of elevator, escalator and dumbwaiter; 2006.
- [33] 昇降機技術基準の解説：中華民國電梯協會技術委員會黃光宇主任委員提供；2009年版。
- [34] Hermann W. Ahls. The European standardization model-values, processes and products: 2nd CEN-CENELEC Annual Meeting; Thessaloniki; Greece; 7 June.
(<https://www.cen.eu/cen/News/Events/Documents/Ahls.pdf>)
- [35] Pessral – Present Situation and Technological Trends, 2008
(<http://www.lift-report.de/index.php?mact=News,cntnt01,print,0&cntnt01articleid=457&cntnt01showtemplate=false&cntnt01returnid=367>)
- [36] Revision of the EN 81-1/2, Pierre Bianchini
([http://www.emf-fem.org/content/download/23386/214735/file/Essentials of Revision of EN 81-1&2.ppt](http://www.emf-fem.org/content/download/23386/214735/file/Essentials%20of%20Revision%20of%20EN%2081-1&2.ppt))
- [37] Revision of EN81-1 & EN81-2 Background & Current Status, Asansor Istanbul 2011 April 15th
(http://www.asansoristanbul.com/files/Sunumlar/15.04_Sunumlar/15.30-17.30_EN81FAMILY/Esfandiar_Gharibaan.ppt)
- [38] DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC; 2009.

- [39] JIS A 4301: Size of car and hoistway of elevators; 1983.
- [40] 東京都升降機安全協議會建築物に設けた昇降機についてよくあるご質問，
(<http://www.tsak.jp/faq/index.html>)
- [41] Michael McCann, Norman Zaleski. Deaths and Injuries Involving Elevators and Escalators: The Center to Protect Workers' Rights; 2006.
(<http://www.elcosh.org/record/document/1232/d000397.pdf>)
- [42] How common are lift accidents?
(http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/magazine/8557467.stm)
- [43] V. Zarikas, M. Loupis, N. Papanikolaou, C. Kyritsi. Statistical survey of elevator accidents in Greece: Safety Science 59; (2013) 93–103
- [44] *WARNING! Contains Shocking * CCTV footage Shenzhen nurse killed in horrific elevator accident
(<http://www.youtube.com/watch?v=X-puToo4VW0>)
- [45] Health club and lift firm face £740,000 penalty after woman banker was crushed to death in an elevator shaft
(<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1278427/Health-club-fined-250k-banker-crushed-death-lift-shaft.html>)
- [46] Pfeifer Drako. Steel wire ropes in elevators: Elevator Products; 10/2011.
(<http://www.afdindustries.com/PDFs/Steel%20Wire%20Ropes%20in%20Elevators.pdf>)
- [47] CNS 941：鋼纜；中華民國國家標準 G3011。
- [48] C R Chaplin. The Fatigue and Degradation Mechanisms of Hoisting Ropes: Hoist and Haul Conference, Perth, WA, 5 – 7; September 2005.
([http://www.2all.co.il/web/files/Sites1/mre/Files_138676_\(182\).pdf](http://www.2all.co.il/web/files/Sites1/mre/Files_138676_(182).pdf))
- [49] Tim Ebeling. Even rope set load distribution: Lift Report; Issue 4/2008.
(<http://www.lift-report.de/index.php/news/317/365/Even-rope-set-load-distribution>)
- [50] O. R. Berner, K.-H. Wehking. Service life of wire ropes in traction sheave elevators- Experimental analysis of rope stress in traction systems with differently shaped grooves: Lift Report; Issue 5/2009. (<http://www.lift-report.de/index.php/news/255/360/Service->

life-of-wire-ropes-in-traction-sheave-elevators)

- [51] Molkow M. Die Treibfähigkeit von gehärteten Treibscheiben mit Keilrillen (Traction capacity of drive sheaves with hardened V-grooves): University of Stuttgart, Dr.-Ing. Dissertation; 1982
- [52] Wolfram Vogel. On the use of small-diameter steel wire ropes as suspension means: Lift Report; Issue 6/2004.
(<http://www.lift-report.de/index.php/news/128/393/On-the-use-of-small-diameter-steel-wire-ropes-as-suspension-means>)
- [53] エレベーター : Wikipedia. (<http://ja.wikipedia.org/wiki/エレベーター>)
- [54] Barthel T, Scheunemann W, Vogel W. Ropes and rope constructions: Lift Report; Issue 4/2008. (<http://www.lift-report.de/index.php/news/315/365/Ropes-and-rope-constructions>)
- [55] Ernst Wolf, Dr.-Ing. Andreas Franz. Further development of proven suspension means in elevator construction: Lift Report; Issue 2/2009.
(<http://www.lift-report.de/index.php/news/288/357/Further-development-of-proven-suspension-means-in-elevator-construction>)
- [56] ISO 4344 : Steel wire ropes for lifts - Minimum requirements ; 2004.
- [57] ISO 4309 : Cranes - Wire ropes - Care and maintenance, inspection and discard ; 2004.

附錄 無機房升降機設置及檢查指引之建議注意事項

根據美國工人權益保護中心（The Center to Protect Workers' Rights, CPWR）對由美國勞動統計局提供的 1992～2003 年的職業傷害致死普查資料（Census of Fatal Occupational Injuries）和美國消費產品安全委員會（National Injury Information Clearinghouse, Consumer Product Safety Commission）1997～2006 年錄得的公眾死亡資料的分析[41]，美國每年與升降機和自動扶梯相關的死亡人數約 30 人，受嚴重傷害者約 17,000 人，其中 90% 的死亡與 60% 的重傷案例是由升降機導致。每年死亡的 30 人中，約 14 人是在升降機中或升降機附近進行安裝或檢查維修的人員，死亡原因及工作性質的分類如表 7 所示。其中有一半是掉落致死，另 21% 被移動部件夾住，其餘被升降機或對重撞擊、電擊、升降機或平臺倒塌也占一定數量。升降機工作者平均死亡率比整體建造業的死亡率高。

英國的統計顯示 2002 至 2010 年間有 266 人因升降機事故受傷、4 人死亡，同一時期有 182 人在升降路內[42]，希臘的統計顯示 1998 至 2009 年間 65% 的升降機事故牽涉安裝維修檢查人員 [43]。

這些數據都共同顯示目前升降機法規最需要強化的是對從事升降機安裝，檢查與維修的人員。此點也反映出為何歐盟 EN81-1 及 ASME A17.1-2007/CSA B44-07 對於無機房式升降機工作空間以及維修時的控制，安全鎖定裝置與鎖定迴路有那麼多的詳細要求。這是值得作為我們對我國相關規範檢視思考時的參考對象。

除了升降機工作者外，也屢有嚴重的乘客意外事故是與升降機有關。2013 年 5 月深圳一位護士在離開升降機時因機門突然關閉被夾住，一半身體在車廂內，一半在外，車廂開始移動，導致該名護士死亡[44]。2011 年 12 月類似事件在美國紐約曼哈頓發生 [26]，2003 年倫敦也發生過類似事件[45]。深圳及倫敦的事故原因至今未明，但紐約的事故已查明為維修工人貪圖方便，利用跳接線把安全連鎖線路暫時旁通，結果忘記恢復原狀，使得安全連鎖迴路失效所致[27]。

表 7 美國 1992-2003e 年升降機工作者死亡原因分類統計 [41]

<i>Cause</i>	Activity			Total	
	<i>Installing & repairing</i>	<i>Working in elevator shaft/car</i>	<i>Working near elevators</i>	<i>No.</i>	<i>Percent</i>
Falls	26	11	47	84	49%
Caught in/between	28	6	–	36	21%
Struck by	15	8	–	26	15%
Collapse	14	–	–	16	9%
Other	10*	–	–	11	6%
Total	93	28	52	173	100%

– Data do not meet BLS publication criteria.

* Includes 8 electrocutions

Source: U.S. Bureau of Labor Statistics CFOI Research File

從紐約事故一例，可以看到各相關安全迴路的設計，不單應能防範非授權人員意外干擾或斷電等事故而使之失效或解除，也應防範被授權進行檢查維修人員因貪圖方便，而透過跳接或不符安全規定的方式加以旁通或解除。假如在檢修作業中有需要解除某一安全裝置的連鎖迴路，應設計成其他相關的鎖定迴路會因此被觸發，原來的旁通沒有被復位，則升降機無法回復運轉，乘員沒有機會進入或操控車廂。

基於對國外相關標準的回顧探討以及對國內一些無機房升降機案例的實地考察，可歸納出為進一步促進安全，以下的相關方向為規範值得強化的地方如下表 8：

表 8 因應無機房升降機安全構造標準建議增加之條文及國外類似規定來源

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
無機房升降機之界定	<p>將升降機劃分為：</p> <p>(1) 捲揚機械，滑輪設於升降路內；</p> <p>(2) 捲揚機械及滑輪設於升降路外，須有專屬完整封閉的空間。</p> <p>前者即為無機房升降機。</p> <p>鑑於無機房升降機係因馬達技術之演進而發展出來，故對捲揚機採傳統馬達與齒輪變速箱者，不得安裝於升降路正上方，以去除樓板的方式來充作無機房升降機。</p>	<p>EN81-1：第六章機械與滑輪空間（Machinery and pulley spaces），有明確的畫分為三類：（1）機械在專屬機房；（2）機械在升降路；（3）機械升降路外專用的小室或機櫃（cabinet）。</p> <p>ASME A17.1：2.7 節：捲揚機械安裝在機械空間，機械空間可以在升降路之內或之外。在升降路以外的機械空間，必須為一專屬的機房。</p> <p>最後一點是防範廠商取巧以有機房升降機的設備，以去除樓板充作無機房升降機，藉以規避頂部空間的要求。</p>
重型機械之吊掛處理	<p>在裝置升降機械的空間，應設置一個或以上金屬支撐或吊鉤，供重型機械吊掛安裝處理用，該支撐或吊鉤並應清楚標示容許荷重。</p>	<p>EN81-1：第六章 6.4.10 有作出此一規定。</p>
機械空間之通風	<p>設置捲揚機械之空間須有適當之通風防</p>	<p>EN81-1：6.4.8 規定安裝機械的空間須有適當的通風，電氣設</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
	塵，並防止其溫度上升至超過 40°C。	<p>備須適當防塵，防潮及防有害煙霧危害。</p> <p>ASME A17.1：2.7.9 節是有關機房、機械空間、控制房及控制空間之照明，溫度，濕度的規定，溫濕度須控制在相關設備額定的容許環境。</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：乙 設置驅動裝置及控制器（本款中以下稱為「驅動裝置等」）處應設置有效之換氣開口、換氣設備或空氣調和設備。但因機器之發熱設置驅動裝置等之處所若經計算確定上升溫度未達攝氏 7 度，則不在此限。</p> <p>第 1 第三款乙：基於防止零件持續劣化及防止故障發生之層面，設置有驅動裝置等之處所的溫度定為與過去的機械室相同，應設置換氣設備或空氣調和設備等，使升降路內之溫度上升在 7 度以下。</p>
無機房升降機的捲揚機械及轉向滑輪之固定	無機房升降機的捲揚機械及轉向滑輪之固定，其鎖固力量，支承處的結構強度，應達到一定標準，並應確保不能因機械振動，地震等影響而鬆脫。	無機房升降機的捲揚機械，有固定到升降道牆壁、導軌或機坑地板，固定到導軌，其受力直接傳遞到地基，比較沒有問題，固定到升降道牆壁和機坑地板，其鎖固力量及支承處的結構強度，就需特別注意。尤其固定到機坑地板，鋼索的作

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
	<p>捲揚機械如安裝於機坑者，其設計及施工應能防止機械振動影響，可長期維持與地板之鎖固，且其是長測器及適當排水措施。</p>	<p>用力是傾向把馬達往上提，全靠固定馬達的螺絲把馬達鎖固到地上，與傳統有機房馬達受鋼索的作用力往下壓，只要地板結構足夠強，馬達的固定不是大問題的情形則不同，螺絲及地基內螺紋受力較為嚴峻。</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：第1 第三款</p> <p>將驅動裝置設置於升降路底部時，由於驅動裝置會作用向上力量，故須確認下部支持樑及固定螺栓之強度。下部支撐樑須依賴機坑下部後置式基礎錨栓的拉力固定。</p>
<p>機械維修/檢查/保養用的工作空間</p>	<p>機械維修/檢查/保養用的工作空間可以設在升降路外，車廂頂，機坑或升降道內一工作平台。</p> <p>如工作空間為升降道內一工作平台，則此平台不得與車廂、配重行駛空間有干涉。</p> <p>設在升降路外的的工作空間，其開口需能防範未經授權者隨意打開。</p>	<p>EN81-1 6.4 節及 ASME A17.1 2.7.5 節列出四類在升降路內之工作空間：（1）機坑；（2）車廂頂；（3）升降道內平台；（4）車廂內。</p> <p>EN81-1 6.4.6 容許在升降路外，經由一適當的門扉或開口自升降路外進行捲揚機械的檢修。</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
<p>機械維修/檢查/保養用的工作空間之安全防護</p>	<p>工作人員在工作空間時，升降機須有固定裝設之機械式的安全裝置，防止車廂意外移動，使用此裝置時應自動啟動電動式鎖定迴路，防止其他意外驅動升降機的控制動作發生作用。</p> <p>如維修時需移動車廂，則相關控制裝置應設於工作空間內，並須與其他電動安全裝置適當的聯動鎖定，並能防止未經授權者操作。</p> <p>工作空間在機坑者，則機坑中應具刹停及鎖定車廂/配重塊的控制開關，</p>	<p>EN81-1：6.4.3 規定進行維修檢查時，人員是在車廂屋頂或在車廂內，而車廂移動會對人員構成危險，則須有固定裝設之機械式及電動式的安全裝置，防止車廂意外移動。</p> <p>ASME A17.1：2.7.5 節：進行檢修工作，須有安全鎖定裝置防止車廂移動。</p> <p>EN81-1：6.4.5 對檢修工作在一平台上進行，則此平台可以是固定安裝式，如其位置與車廂、配重行駛空間有干涉，也可以用收納式，對於後者，則工作時車廂頂部或底部（視車廂原來在平台之下或之上）最靠近平台不得近於 2m，同時要有相關的安全連鎖裝置，保證如其為完全收納，車廂不能正常行駛。</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：第 1 第三款 己</p> <p>將驅動裝置等設置於升降路底部時，除戊所規定之裝置外，還應設置可確保安全進行維修保養之下列裝置，且應使車廂或配重即使撞擊緩衝器也無接觸驅動裝置等之虞。但若能確保高度 1m 以上之有效閃避空間，得不設置(3)所規定之裝置。</p> <p>(1)可於升降路外停止車廂下降之裝置</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
		<p>(2)可於升降路內以機械方式停止車廂下降之裝置</p> <p>(3)緊急時可於升降路內藉由切斷動力停止車廂下降之裝置</p>
<p>機械維修/檢查/保養用的工作空間之強度</p>	<p>工作空間之人員立足點應有足夠之強度及剛性，在承載 2 名各 100 公斤人員之負荷，每人立足在 0.2m×0.2m 範圍內，而不致發生永久變形。</p> <p>如工作空間需處理重型機械安裝/更換等，則其強度須另行適當設計。</p>	<p>ASME A17.1：2.7.5.3 節規定如從一工作平台進行機械可控制裝置的檢修，此平台可以在車廂內，車廂頂或在升降路上，此平台可以固定式安裝，也可以是收納式，後者如會干涉車廂或配重的動線，則須有一聯動的電器裝置，在平台未完全收納時切斷供應給捲揚機及其刹車的電力。另工作平台一般應在任一位置須能承受 2000N 負荷，而且能承受 1000N 分佈在 40000mm² 的集中負荷，同時具備 5 倍的安全餘裕，如需處理重型機械，則平台的強度須另行適當設計。</p> <p>EN81-1：8.13.2 節車廂頂應能支撐兩個各 1000N 的人員，分別站在 0.2m × 0.2m 範圍內，而不致發生永久變形。</p>
<p>機械維修/檢查/保養用的工作空間之防墜防護</p>	<p>工作空間為車廂頂或升降路內平台者，應有高度不低於 1.1m 之護欄，護欄半高處應有橫桿。</p>	<p>EN81-1：8.13.3 車廂頂應有 0.1m 高之腳擋板及高 0.7m（水平間隙≤0.85m）或 1.1m（水平間隙>0.85m）之護欄，護欄半高處應有橫桿。</p> <p>ASME A17.1：2.7.5.3 節如平台與升降路周邊有間隙大於</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
		300mm 或有高低落差大於 400mm，需有標準的護欄以防人員掉落。
機械維修/檢查/保養用的工作空間之照明	工作空間應有適當之照明，其相關工作位置及立足之地板照度不低於 200 lux。	EN81-1 ：6.4.9 是有關工作空間及機械空間照明方面的規定，在相關的地板位置須有 200 lux 的亮度。 ASME A17.1 ：2.7.9.1 機房、機械空間、控制房及控制空間之照明在立足處地面應不低於 200 lx (19 fc)，照明之開關應在該空間容易觸碰到的位置。
機械維修/檢查/保養用的工作空間之通道	工作空間如設於升降路內，則從升降路外應有適當大小之安全入口通往此工作空間。此入口之門禁應能防範意外開啓及墜落之裝置，防止未經授權者之開啓及進入。 另當動力喪失時，仍應有安全的通道及出口讓工作空間之人員離開。	EN81-1 ：6.4.7 針對維修相關的通道門作出規定。對於工作空間在升降路道內者，進入的方式可為乘場門，亦可為其他通到升降路的門扉，對於後者，規定其起碼大小、強度及符合相關防火標準，只能往升降路外開，必須不用鑰匙即可從升降路內將之打開，但從升降路外則必須鑰匙才能開關，其是否緊閉應與其他安全裝置聯動。其關上及鎖上必須不用鑰匙。對於工作空間在升降路外者，門扉的大小要足夠處理升降路內相關檢修工作，但越小越好，以避免人員掉落升降路，其餘除沒有從升降路內可以打開一項外，均與工作空間

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
		<p>在升降路道內者相同。</p> <p>ASME A17.1：2.7.5 節對各種類的工作空間之入口有類似的規定。</p>
<p>對於機械維修容許的活動空間的高度，與設備的淨空水平距離等作出最低限度的要求</p>	<p>機械維修時立足的工作空間應有最小 2m 的淨空高度。</p> <p>另驅動裝置等與升降路牆壁或工作空間圍欄之間須有 0.5m × 0.6m 水平工作空間，控制箱前則須有至少 0.7m 深度方向的淨空距離，而寬度方向的淨空距離則須達 0.5m 以及控制箱寬度兩者較大的尺寸。</p>	<p>機械維修時立足的工作空間很多時是在車廂頂或在機坑，維修過程中需防範因車廂預期或不可預期的移動而對工作人員產生傷害。另維修時工具及零件需要一定空間來操作。故需預留相關空間。</p> <p>EN81-1：6.4.2 規定工作空間的尺寸要求，包括其淨空高度必須有 2m 以上，需維修或檢查的位置，須有 0.5m × 0.6m 水平工作空間，控制箱前則須有至少 0.7m 深度方向的淨空距離，而寬度方向的淨空距離則須達 0.5m 以及控制箱寬度兩者較大的尺寸。</p> <p>ASME A17.1：2.7.4 節為工作空間中頂上空間（headroom）尺寸的規定，對於從車廂中工作或在車廂頂工作的情形，頂上空間不可少於 1350mm</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：驅動裝置等與升降路牆壁或圍</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
		護物之間應保持 50cm 以上的水平距離做為維修保養必要範圍。
維修狀態之設定與解除	有關檢查或維修時所需要設定的安全開關，切換或旁通的迴路等，其開關應該統一集中在相關的控制箱中，相關開關的切換應同時啓動配套的安全迴路，鎖定升降機不能正常使用，控制箱的設計應避免維修人員可以任意以跳接線旁通安全迴路。	此條為有鑑於曾發生維修工人貪圖方便利用跳接線把安全連鎖線路暫時旁通，結果忘記恢復，使安全連鎖迴路失效，導致乘員死亡之案例。從此一事例，可以看到各相關安全迴路的設計，不單應能防範非授權人員意外干擾或斷電等事故而使之失效/解除，也應防範被授權進行檢查維修人員因貪圖方便而透過跳接或不符合安全規定的方式加以旁通/解除。
有關安全鉗，調速機，馬達剎車等安全設備的測試之操作開關及重置/復位開關。	當捲揚機剎車、緊急剎車、車廂控制器或馬達控制器等在升降路或機坑內，則須在機坑外設置可供釋放此類剎車及操控車廂移動的裝置，以方便測試相關剎車及控制器外，同時亦可供維修人員進行救援困處升降機乘員的用途。	ASME A17.1 ：2.7.6 節 當捲揚機剎車、緊急剎車、車廂控制器或馬達控制器在升降路或機坑內，則須在機坑外設置可供釋放此類剎車及操控車廂移動的裝置。 調速機安裝在升降路內，須有管道可讓人員從升降路外加以檢測維修。除非調速機可以自本身的車廂頂或隔鄰車廂頂加以檢測維修，同時其作動測試能在隔鄰車廂或升降路外作動（activate），且維修檢查調速機時有特定裝置防止車廂移

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
		<p>動，調速機旁應有清楚標示指定維修前須啓動此安全裝置；另調速機可自升降路外重置其工作狀態（reset），或由車廂上升時自動重置。</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：第1 第三款戊</p> <p>規定控制器也設置於升降路內時，若因機器之故障等而使乘客受困車廂內，應設置在升降路外救出乘客之手段。此為顧及營救人員安全之規定。具體來說，必須設置在升降路外切斷送往驅動裝置之動力的裝置，可以低速升降車廂之裝置，在停電時藉由電氣或機械方式以手動解除煞車之裝置。以低速升降車廂之裝置可為以插座連接設置於乘場之連接端子使其運作者。</p>
動力源喪失時救援之安排	應備有一裝置在停電時可以驅動車廂，但此驅動裝置只能有授權的升降機人員持安全鑰匙來操控，而且須持續操作車廂始能持續安全移動，如以人力進行此項車廂移動，則所需力不得大於 400N，	ASME A17.1 ：2.7.6 節 應備有一裝置在停電時可以驅動車廂，但此驅動裝置只能有授權的升降機人員持安全鑰匙來操控，而且須持續操作車廂始能持續移動，如以人力進行此項車廂移動，則所需力不得大於 400N，如相關操作需用一活動的裝置，則此裝置應儲存於升降路外，有適當標示並須有安

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
	<p>當操作進行上述救援動作時，須能讓操作者掌握升降機的位置及運行方向，後者在沒有市電供應時仍應能正常顯示。</p>	<p>全鑰匙始能取得。如移動車廂的力大於 400N，則須利用電力驅動，此電力驅動要持續作動須連續施壓於開關上，其設計應達到如開關失效，升降機應不能移動，移動中開關失效則車廂應會停止。此電力驅動如使用電池供電，則須有監測系統，當電源不足時可在車廂正常停泊在某樓層後禁止其繼續運行。</p>
<p>緊急救援的控制裝置之標示</p>	<p>有關緊急救援的控制裝置，應規定其設於升降路外容易觸及的地方。此裝置應予上鎖管制，開鎖後在適當的顯眼位置應有操作方式的標示，同時應規定一些固定地點來標示此控制裝置的裝設位置，方便受過訓練的救援人員能迅速找到並展開救援作業。</p> <p>如機坑有淹水的可能性，應設置淹水感測器，排水溝或抽水設施，如有需要亦可考慮設置斷電的安全迴路，以及感測</p>	<p>有鑑於無機房升降機其升降路外地控制裝置位置，外觀及操作原理不一，為方便救災人員在緊急狀況下順利救援受困人員，應有統一的標示。</p> <p>日本昇降機技術基準の解説：(1)驅動裝置設置於升降路底部時，應確認機坑是否會因大雨等而進水，若有進水之虞，應設置進水感測器，並研擬感測器作動時使升降機停止於最靠</p>

項目	建議增加之條文	國外類似規定來源
	到淹水時將車廂及其他重要構件移至安全高度的迴路。	近之安全樓層等措施。進水感測器之配線用配管視為升降機必要之配管。此外，基本上機坑須設計為不會累積雨水等，但因不得已之因素使機坑內有雨水累積之虞時，可能會於機坑設置排水溝或排水設備。
	有關乘場門，緊急救援操控箱門等救援時須解鎖的裝置，宜規定統一的解鎖鑰匙，以便除原廠人員外，其他受過訓練的救災人員也能順利操作，以爭取救援時效。	EN81-1 ：7.7.3.2 規定所有乘場門必須能在緊急狀況下一個解鎖三角形鑰匙開啓，該解鎖三角形鑰匙在幾何形狀與尺寸於其附錄 B 中訂定統一的規格。

國家圖書館出版品預行編目資料

起重升降機具安全研究：無機房升降機/ 沈育霖，單秋成研究主持. -- 1 版. -- 新北市：勞動部勞研所，民 103.03
面；公分

ISBN 978-986-04-0844-7(平裝)

1.職業災害 2.安全設備

555.56

103005766

起重升降機具安全研究-無機房升降機

著(編、譯)者：沈育霖、單秋成

出版機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

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

出版年月：中華民國 103 年 3 月

版(刷)次：1 版 1 刷

定價：200 元

展售處：

五南文化廣場

台中市區中山路 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.ilosh.gov.tw/wSite/np?ctNode=273&mp=11>
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN:1010300744

ISBN: 978-986-04-0844-7