

升降機意外調查技術報告

2008年10月25日

大埔富善邨善雅樓

機電工程署

2008年12月5日

內容	頁
引言	1
背景	1
升降機部件	2
調查方式	4
觀察及發現	4
實驗室檢驗結果	5
事故模擬情境	5
避免事故再發生的防範措施	11
機電工程署的相應行動	12
附錄	13

引言

在 2008 年 10 月 25 日下午約 7 時 21 分，大埔富善邨善雅樓編號 L32 升降機突然跌落地面層，升降機當時沒有裝載乘客，升降機機廂損毀。同時，機廂共八條懸吊纜索其中七條斷裂，跌在機廂頂上（參見圖 1）。



圖 1 – 編號 L32 升降機機廂頂及懸吊纜索。

2. 事故並無引致傷亡。

背景

3. 該升降機由通力電梯（香港）有限公司在房屋署委託下於 1986 年製造及安裝，該公司為香港法例第 327 章《升降機及自動梯（安全）條例》下的註冊升降機承建商。該升降機由電動機驅動，額定速度為每秒 2.5 米，額定負載為 1,250 公斤，設於一座 35 層高大廈內，每隔三層停站（地面、2 樓、5 樓、8 樓...35 樓）。由 1986 年至 2008 年 1 月，該升降機由房屋署管理，不受《升降機及自動梯（安全）條例》的規管。2008 年 2 月 1 日起，該升降機的管理責任轉由富善邨業主立案法團承擔，該升降機開始受《升降機及自動梯（安全）條例》規管。

4. 該升降機由 1986 年至 2008 年 7 月由通力電梯（香港）有限公司維修保養。最後一次定期檢驗於 2008 年 1 月 5 日由該公司一名註冊升降機工程師進行，並確認升降機操作安全。2008 年 8 月 1 日，該升降機的維修保養轉由另一家註冊升降機承建商蒂森克虜伯電梯（香港）有限公司負責。2008 年 8 月 18 日，蒂森克虜伯電梯（香港）有限公司一名註冊升降機工程師對該升降機進行定期檢驗，並確認該升降機操作安全。

升降機部件

5. 圖 2 為該升降機圖。該升降機及其對重皆由電動機透過 2:1 比率的雙繞纜索系統驅動。八條懸吊纜索同時載重運作，每條纜索的所有滑輪皆有其各自的曳引坑槽。索末端繫固於升降機井道頂機房地板上。有一組補償纜索連接升降機機廂底部至對重底部。一部偵測升降機機廂超速運行的限速器則設置於機房地板上驅動發動機旁。升降機的垂直運行由機廂兩旁的兩條導軌牽引。如發生超速情況，限速器會啟動升降機機廂的安全鉗，使其抓緊導軌，穩住機廂，把機廂制停。升降機井道底部有兩部液壓緩衝器，在升降機及對重超越其下限線時提供緩衝，產生制停作用。

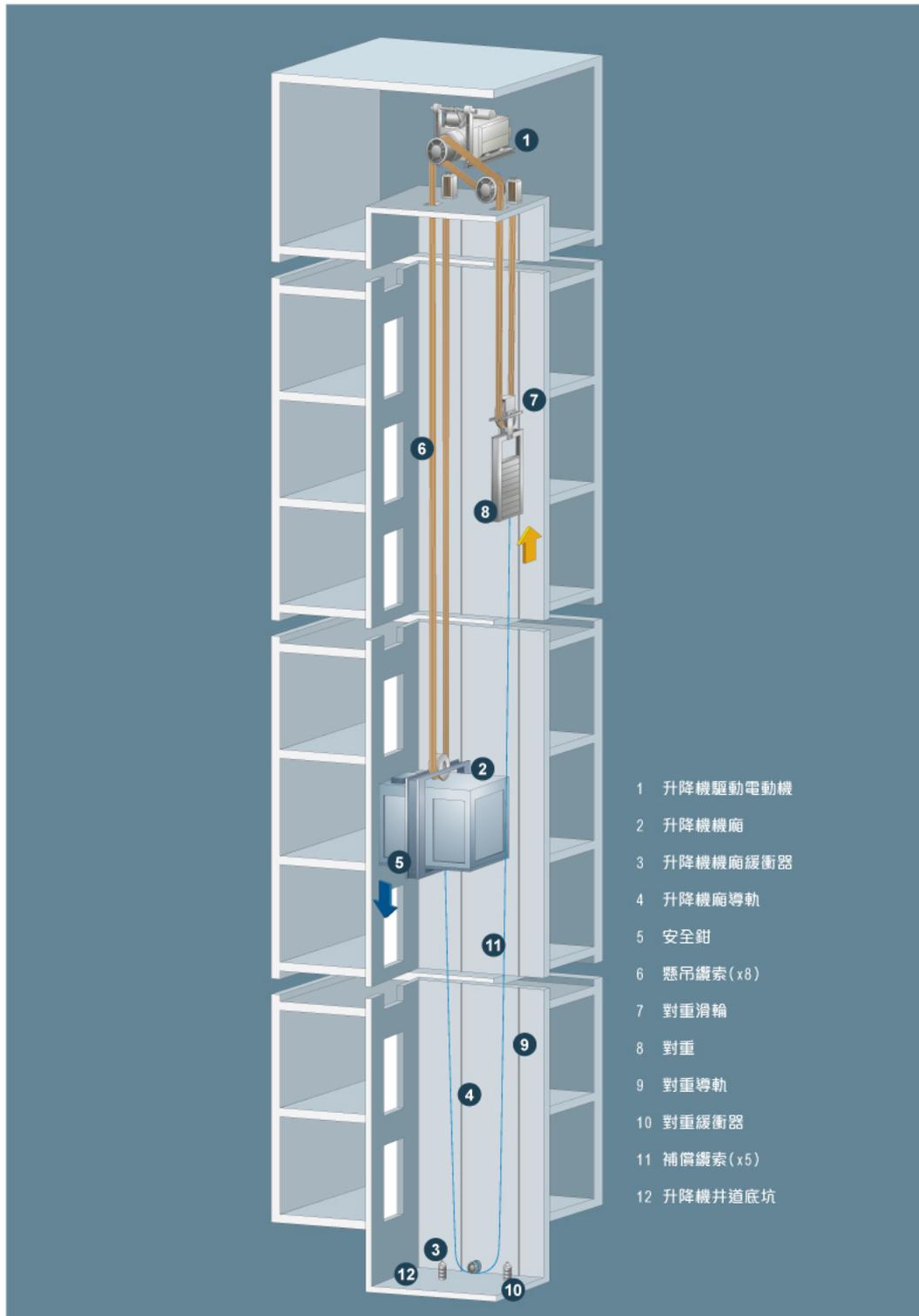


圖 2：編號 L32 升降機圖。

調查方式

6. 機電工程署所採用的調查方式概述如下：
 - 6.1 分析調查過程中搜集所得的紀錄，特別是註冊升降機工程師的檢查報告，以及事故發生前升降機內部閉路電視的拍攝紀錄。
 - 6.2 會見蒂森克虜伯電梯（香港）有限公司維修保養人員、大廈管理公司的負責人員以及富善邨的住客，並錄取口供。
 - 6.3 檢視、檢查及分析升降機部件，包括已損毀的懸吊纜索、限速器、安全鉗及電機系統。
 - 6.4 進行實地測量及運算分析，以模擬升降機機廂、懸吊纜索及對重在事故發生時的移動情況。
 - 6.5 安排香港城市大學及工務中央試驗所對主要升降機部件進行實驗室檢驗，包括懸吊纜索、限速器、安全鉗、滑輪及軸承。

觀察及發現

7. 屋邨管理處閉路電視的拍攝紀錄及住客所提供的資料顯示，該升降機在事故發生前的運作過程如下：
 - 7.1 於下午 7 時 18 分 56 秒，一名少女從 32 樓進入該升降機。下降至 17 樓時，另一名男子於下午 7 時 19 分 26 秒進入升降機。
 - 7.2 升降機下降至 14 樓，該名少女於下午 7 時 19 分 43 秒步出升降機。該升降機繼續下降至地面，該名男子亦於下午 7 時 20 分 18 秒步出升降機。
 - 7.3 該部無載人的升降機上升至 14 樓，升降機門於下午 7 時 21 分 13 秒打開，並於下午 7 時 21 分 23 秒關上。錄影操作於下午 7 時 21 分 30 秒停止。
8. 事故發生後，升降機部件的目檢結果顯示：

- 8.1 八條懸吊纜索其中七條發現斷裂。其中五條的斷裂位置在對重一方距離固定點約 1.1 至 1.2 米處。其餘兩條纜索的斷裂位置在距離固定點約 2.0 至 2.5 米處（參看附錄 A 圖 3）。
- 8.2 機房內的限速器損毀（參看附錄 A 圖 4）。機房內兩條支撐升降機發動機的字字形金屬桁樑變形（參看附錄 A 圖 5A 及 5B）。對重滑輪托架發現油脂污漬，以及因與纜索和滑輪磨擦而造成的刮痕。（參看附錄 A 圖 6A 及 6B）。
- 8.3 懸吊纜索穿過機房混凝土樓層開口伸延至升降機井道。混凝土樓層開口邊發現新的磨蝕痕跡。（參看附錄 A 圖 7）。
- 8.4 對重滑輪發現跌在對重頂部，而對重滑輪軸承亦已損毀，跌落升降機井道底坑。（已損毀的軸承參看附錄 A 圖 8。）
- 8.5 兩條導軌從 10 樓至地面層發現刮痕。（參看附錄 A 圖 9）。
- 8.6 安全鉗兩面皆發現刮痕。（參看附錄 A 圖 10）。
- 8.7 對重導軌頂部托架發現變形。（參看附錄 A 圖 11）。

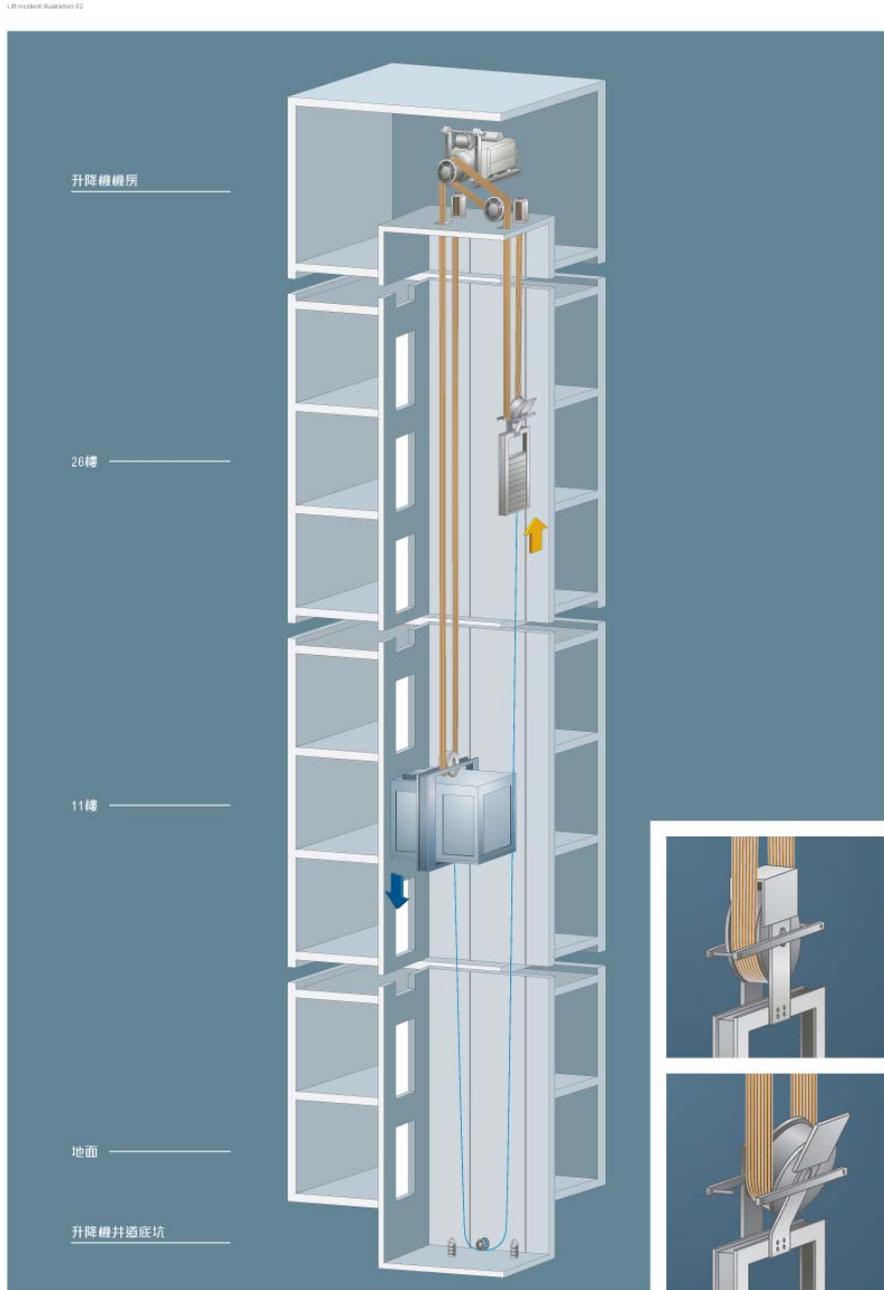
實驗室檢驗結果

9. 工務中央試驗所對全部八條懸吊纜索進行抗拉強度測試。結果顯示，所有懸吊纜索的抗拉強度（每條 66kN）符合製造商技術規格（每條 60kN），亦達到國際標準。
10. 香港城市大學對七組斷裂的懸吊纜索進行檢驗。檢驗結果顯示斷裂表面一般呈現過度應力下拉力損毀的特徵。
11. 香港城市大學同時檢驗了對重滑輪軸及軸承，並發現其內側表面、軸承滾珠及軸承與軸之間的接觸面有侵蝕痕跡。

事故模擬情境

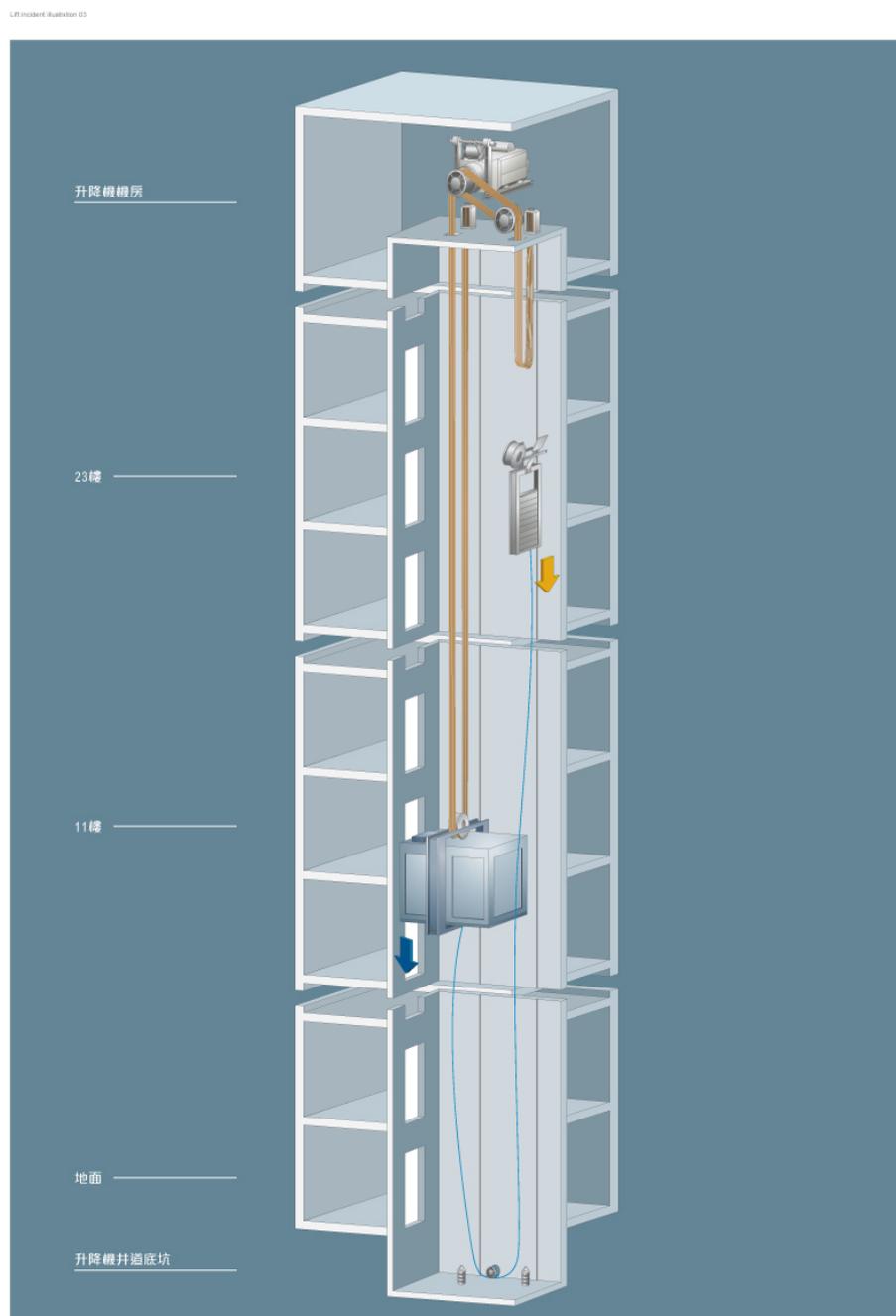
12. 根據調查所得的資料推測，事故發生情況大致如下：

12.1 當升降機於下午 7 時 21 分從 14 樓下降至地面時，升降機對重上升至 21 樓。對重滑輪軸承內側由於侵蝕而斷裂，導致軸承滾珠脫離軌道。結果，正如繪圖 1 所示，滑輪軸其中一面失去承托，令滑輪被懸吊纜索的拉力拉至向上傾側。傾側亦造成滑輪與對重托架接觸，令對重托架承受壓力，引致其中一「臂」變形。當軸的一端無法留在托架內時，懸吊纜索便完全脫離滑輪。



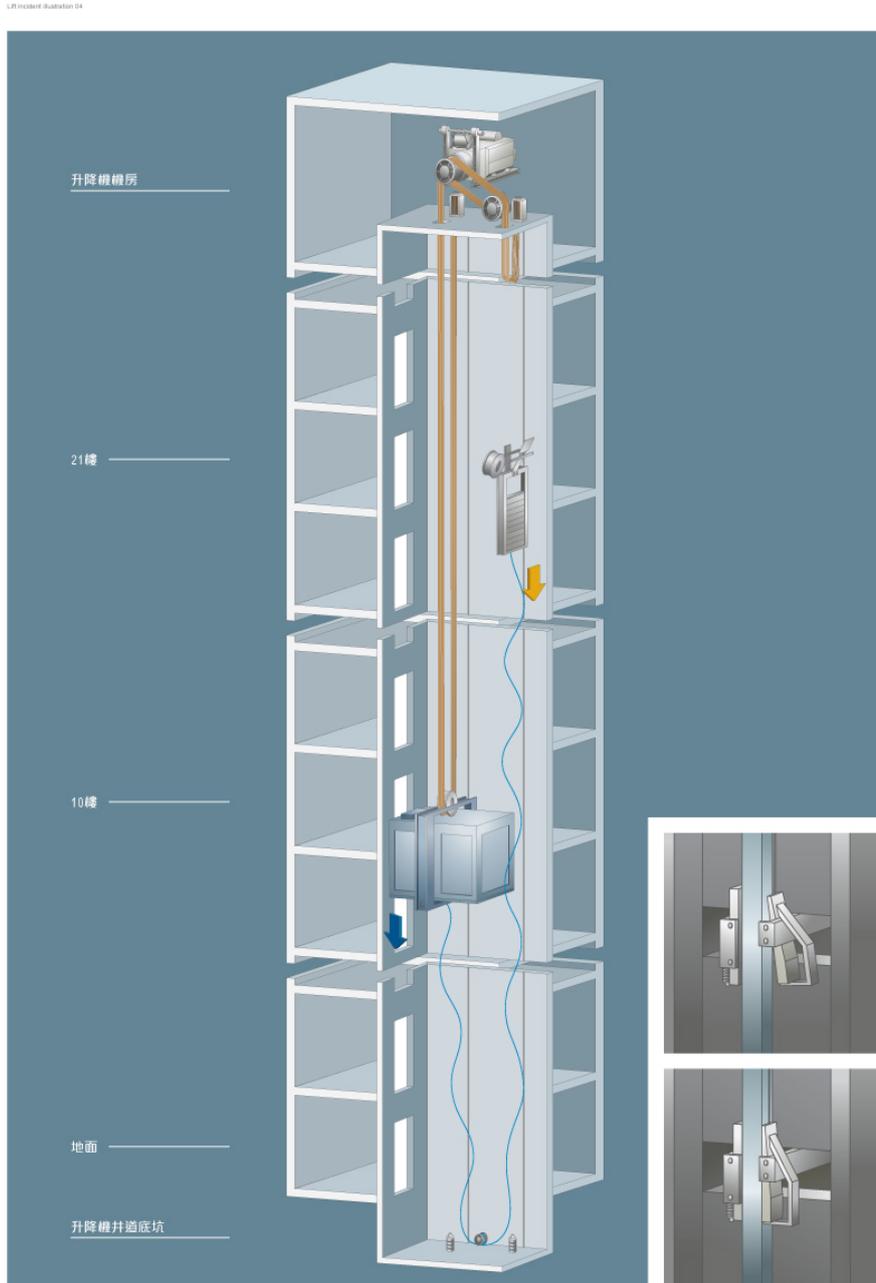
繪圖 1：懸吊纜索完全脫離對重滑輪。

12.2 正如繪圖 2 所示，由於懸吊纜索鬆脫，對重失去承托，便沿著對重導軌向升降機井道底部滑下。對重滑輪亦脫離托架，向地面墜下。喪失對重裝置的升降機機廂便開始加速下降。



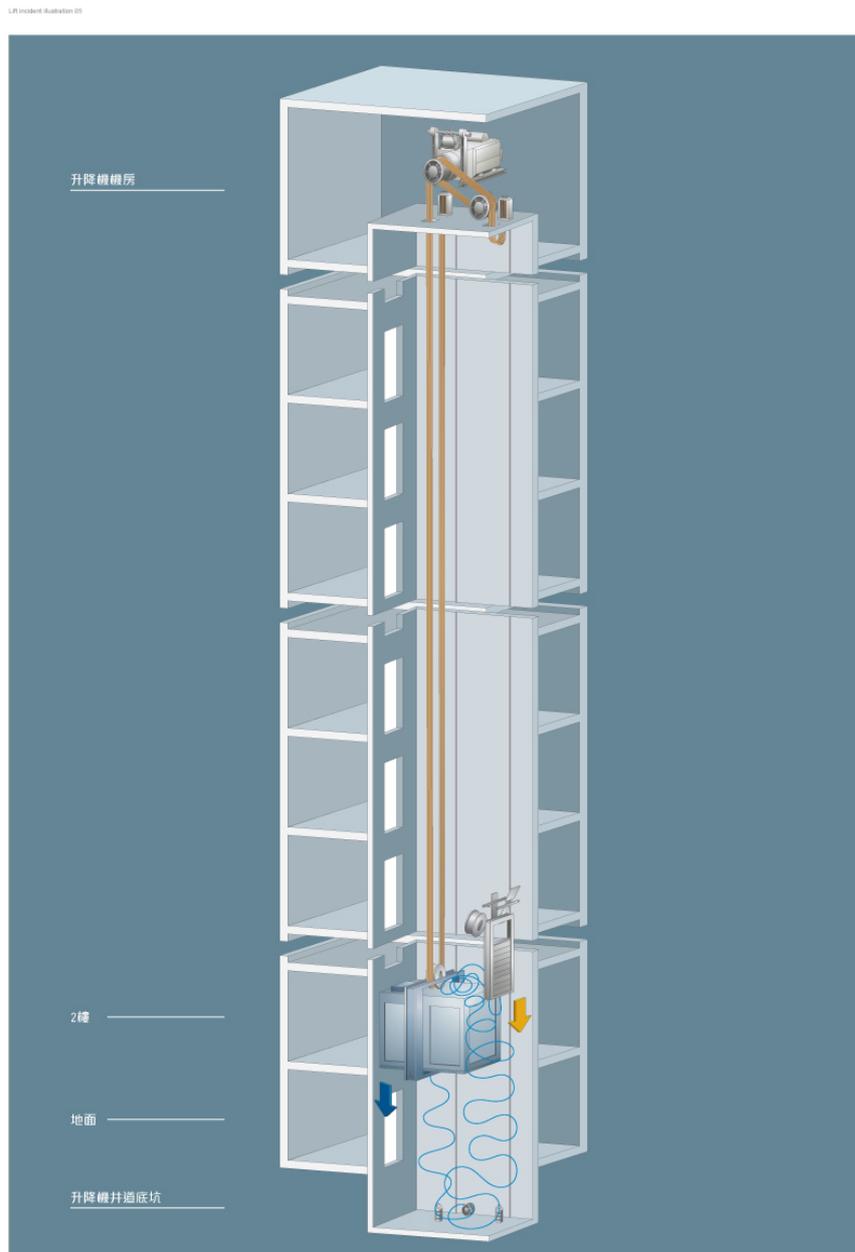
繪圖 2 – 升降機機廂及對重一併滑下。

12.3 由於下降速度超越額定速度，限速器便啓動其電動開關，停止升降機電動機運作，並同時啓動制動器。但由於懸吊纜索並非與發動機曳引輪緊密接觸，摩擦力並不足夠，發動機制動器無法有效地制停下降中的升降機機廂。正如繪圖 3 所示，升降機機廂加速下跌，限速器在 10 樓附近開始啓動安全鉗，令機廂下跌減慢。但安全鉗未能把升降機機廂制停至靜止狀態。



繪圖 3 – 升降機機廂安全鉗啓動，令機廂下跌減慢。

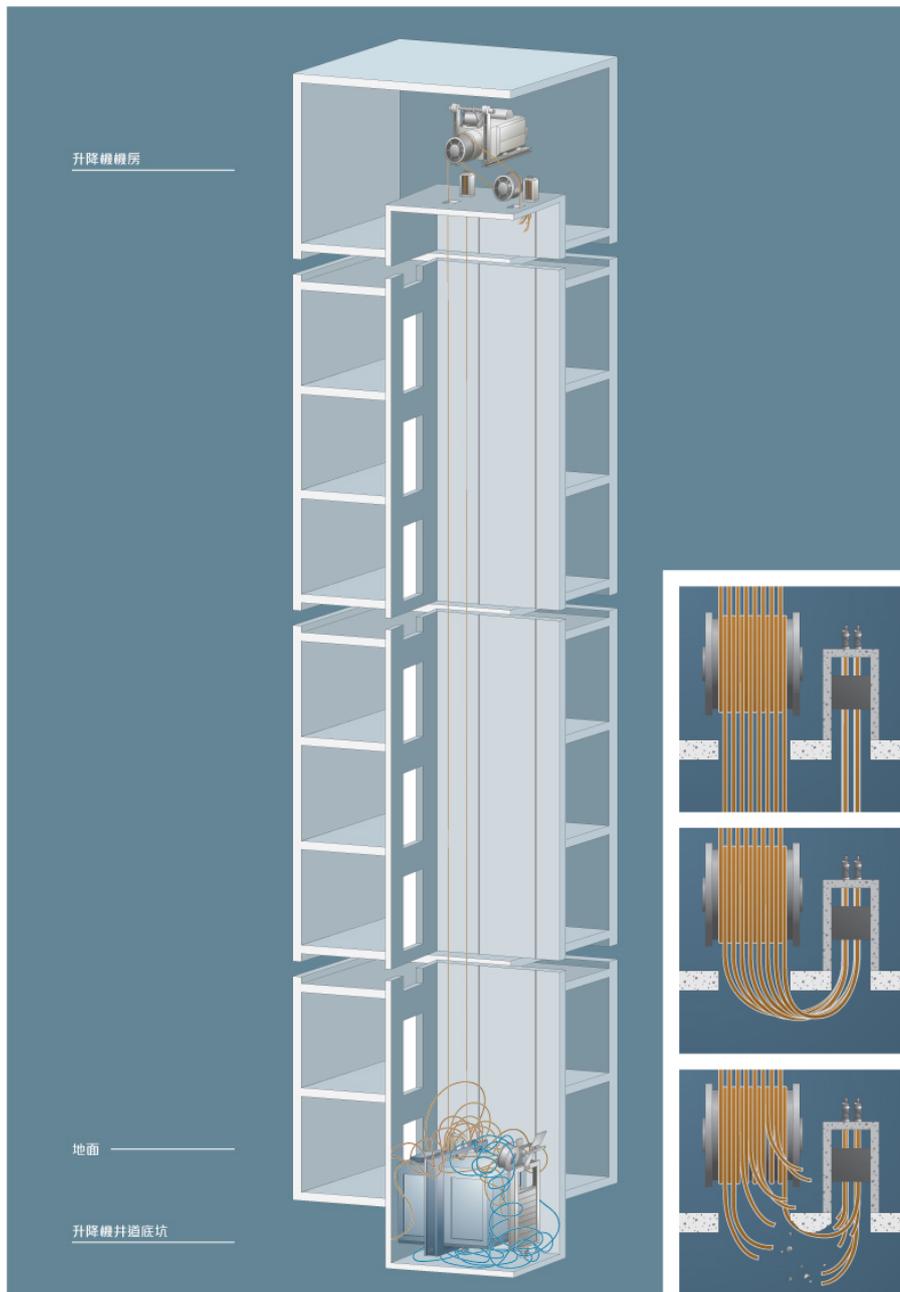
12.4 與此同時，對重亦沿著導軌滑下。由於升降機機廂與對重之間空間有限（只有約 65 毫米的水平間隙），懷疑連接對重底部的補償纜索（共五條，每條直徑 16 毫米）開始在升降機機廂頂部及旁側纏繞打結。在對重加速落下之際，對重及打結的補償纜索令升降機機廂加重負荷。下跌中的對重與打結的補償纜索促使升降機機廂進一步滑下，越過地面層跌落升降機井道底坑。（參看繪圖 4）



繪圖 4 – 對重及打結的補償纜索促使升降機機廂跌落井道底坑。

12.5 升降機機廂越過地面層跌落升降機井道底坑之際，八條懸吊纜索其中七條呈現繃緊，另一條纜索則脫離了導向滑輪，並無繃緊。五條懸吊纜索在升降機機房的混凝土樓層開口邊上被拖拉，另外兩條懸吊纜索則在升降機井道頂對重導軌托架上被拖拉。對重及升降機機廂下跌所造成的衝力，超越了纜索的拉力強度，把七條纜索拉斷（參看繪圖 5）。餘下的一條鬆垂纜索則沒有被拉斷。

(空版面)



繪圖 5 – 對重與升降機機廂下跌所造成的衝力扯斷懸吊纜索。

避免事故再發生的防範措施

13. 在進行升降機定期保養及定期檢驗期間，註冊升降機承建商及註冊升降機工程師必須嚴格遵守生產商的建議，以及《實務守則》內有關升降機部件

維修保養的技術要求，並須確保主要部件操作狀況良好，包括：

- a) 所有卷筒、曳引輪、滑輪及軸承；
- b) 限速器、安全鉗、升降機機廂及對重的導軌及導靴；以及
- c) 懸吊纜索、補償纜索／鏈及其繫固裝置。

機電工程署的相應行動

14. 機電工程署將會加強巡查及監察註冊升降機承建商及註冊升降機工程師的工作表現，以確保其符合所有技術及法例要求。

15. 機電工程署將會與業界攜手，強化《實務守則》的內容，以促進升降機主要部件的保養檢查工作。

機電工程署

2008年12月5日

附錄A - 圖片



圖 3 - 升降機發動機房發現斷裂的懸吊纜索。



圖 4 - 受損的升降機限速器。



圖 5A - 升降機發動機的工字形金屬桁樑變形。



圖 5B - 工字形金屬桁樑變形放大圖。



圖 6A – 對重滑輪托架上的纜索刮痕。 圖 6B – 對重滑輪托架上的纜索刮痕及滑輪刮痕放大圖。



圖 7 – 混凝土樓板發現新的磨蝕痕跡。



圖 8 – 已損毀的對重滑輪軸承。



圖 9 - 導軌上的刮痕。



圖 10 - 安全鉗上的新刮痕。



圖 11 - 對重導軌托架變形（從 35 樓層向升降機井道望時見於右邊）。