

美國世貿中心事件人員避難行為 為影響因子探討與應用

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 96 年 12 月

096301070000G2035

美國世貿中心事件人員避難行為 為影響因子探討與應用

研究人員：雷明遠

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 96 年 12 月

目次

表次	.....
圖次	.....
摘要	.....
第一章 緒論	.....1
第一節 研究背景緣起	.....1
第二節 研究目的	.....3
第三節 過去有關災例回顧	.....4
第二章 WTC 之防火及避難系統設計	.....13
第一節 WTC 建築物概述	.....13
第二節 避難系統	.....20
第三節 人員因素	.....40
第四節 先前事件（1993 爆炸案）之影響	44
第五節 美國建築規範探討	.....50
第三章 WTC 當事者資料蒐集與分析方法	.....57
第一節 當事者資料蒐集目的與範圍	.....57
第二節 調查蒐集方法	.....57
第三節 分析	.....60
第四節 避難模擬	.....61
第四章 911 事件避難影響因子探討	.....67
第一節 建築物人數及人口統計資料	.....67
第二節 避難及其延緩	.....68
第三節 緊急管理及計畫	.....91

第四節	行動力損傷者之避難·····	92
第五節	建築避難行為·····	92
第五章	對國內外法規與標準之影響·····	93
第一節	我國相關防火避難法規規定·····	93
第二節	我國與美國建築避難規定比較·····	99
第三節	對美國法規之影響·····	101
第四節	高層建築物中間層避難空間·····	108
第五節	電梯應用於緊急避難之可行性·····	112
第六章	結論與建議·····	117
第一節	結論·····	117
第二節	建議·····	119
附錄	期中期末審查意見回應·····	121
參考書目	·····	125

摘要

關鍵詞：避難、防火、美國世貿中心、高層建築物、911

一、研究緣起

WTC 事件之疏散避難人數規模、避難樓層高度（就實際災例大樓而言）均屬當前世界第一，而其中呈現之人員行為及避難行動，從研究火災避難行為的觀點，亦屬“千載難逢”的案例。歐、日等國，甚至中國大陸亦有專門研究團隊及相關研究報告。前述調查報告最後提出了 30 項之建議，其中有關改進建築物避難方面有 5 項。這些建議不僅僅與 WTC 事件直接有關，在應用方面亦與所有之高層建築物息息相關，因此 NIST 後續已結合美國各專業團體，如美國國際規範協會（ICC）、美國國家消防協會（NFPA）對現行之美國標準與法規進行檢討研修工作。

我國都市高樓林立，近年因台北 101 金融大樓名噪全球，儘管國內對於高層建築物之設計及使用管理向來嚴格，有事前周全準備，然而超高樓之防火避難安全設計仍舊有很大進步的空間，因此有必要學習瞭解這事件有哪些避難設計是不足夠或可行？法規及標準有無需要調整修正？緊急情況下人員行為及避難是否真如設計當初所預期？避難設施及輔助避難設備是否發揮效果？有無須改善之處？最後，當遭遇如此大型規模災例時，當時應如何疏散？現行規定或標準程序有用否？應如何進行事後調查及建立資料？

二、研究方法與過程

本研究透過資料蒐集、比較分析、歸納彙整等步驟完成。其過程包括：蒐集美國關於 WTC 事件人員避難調查、分析研究資料，另蒐集其他國家資料為輔；深入瞭解 WTC 事件中人員行為及避難影響因子之關係；蒐集瞭解 WTC 事件影響美國建築及防火法規（如 IBC、NFPA）後續發展情形；比較我國超高樓防火避難規定與國外法規，以瞭解有無改善之需要及如何改善（研提具體的法令條文修正建議）；蒐集瞭解美國對於 WTC 事件之人員行為、避難及緊急聯絡情形如何進行調查，以提供參考。

三、重要發現

(一) 超高層建築物設置「中間避難層」有助於人員避難逃生安全。

WTC 大樓雖未設置「中間避難層」，且 2001 年 9 月 11 日當天疏散避難情況為全棟人員進行避難逃至地面層，然而 NIST 報告指出，WTC 全棟之全員容留避難時間至少需要 140 分鐘。因此依目前高樓疏散機制來看，增設「中間避難層」對提昇建築物避難逃生安全應具有正面效應，可以縮短垂直避難距離，提供一處人員在短時間內可到達之安全空間，改善樓梯內避難人群擁擠情形。另分析其在建築毀損情況下提供人群疏散的能力，其可行性亦獲肯定，包括轉換層電梯、樓梯的寬度和位置以及樓梯間容量等問題。

(二) 緊急事故特殊情形前提下應用升降機（電梯）疏散避難為可行之避難替代方案，但應有嚴格使用規定加以規範。

國內外法規一般規定火災時避難逃生不可以搭乘升降機（電梯）疏散，乃基於升降機常為煙氣垂直擴展路徑之考量。911 事件中 WTC 大樓有部分人員把握時機利用升降機（電梯）疏散避難成功，說明此方法似乎可行，但卻是相當冒險的方法；因此國內建築及消防法規對此議題，應確立適用建築物的高度範圍（宜為超高層建築物），並對升降機於重大災害時，轉換成緊急升降機供避難使用之條件研訂設計規定、使用評估準則、使用計畫等，以提供緊急情況之疏散避難路徑，並確保人員安全。

(三) 加強緊急應變人員對重大災害之教育訓練。

從美國紐約世貿大樓倒塌事件之警惕，讓我們認識到高層建築火災，在安全疏散方面，是一項極為複雜的過程，由於各種主、客觀因素的差異，使得每次的火災避難活動過程皆不相同。在不斷吸取火災逃生經驗，了解緊急狀況的運作模式及影響逃生的變數，經由訓練及教育緊急應變人員（包括建管、工程、警察、消防救災及醫療救護等人員），了解潛在的危險、結構在火災中的反應、建築性能的評估，及確定危險結構的位置等，可以讓建築物所有人員在緊急狀況發生時，有共同的逃生觀念及沒有恐慌下進行最有效的逃生行動，令傷害降至最小程度。政府單位應就建管、工程、警察、消防救災及醫療救護人員辦理相關課程教育訓練

或研討會，另外樓管、保全人員等應由民間業者配合政府規定參加專業課程講習，如公寓大廈管理人員證照講習，以強化對火災等重大災害之認識及本身工作崗位職責之了解。

(四) 為確保全棟容留人員安全，務必落實高層建築物防火管理制度，尤其大樓消防避難演練。

WTC 大樓歷經 1993 年爆炸事件後建立了一套有效的消防管理制度，從大樓各承租單位、各樓層管理員乃至全棟營運管理中心組織成為緊急應變管理系統，並要求大樓內部承租戶人員（職員）參加消防避難訓練等。其後在 2001 年之 911 事件中，從安全避難成功的人數，說明在有安全的避難通路前提下（安全梯確保、內部照明正常等），各層人員均能有紀律、有效率依序抵達地面逃生，此證明從 1993 年起行之有年的消防管理制度發揮了功效。我國引進建築物防火管理制度已有 10 餘年，該制度與 WTC 大樓作法大同小異，以建立高層複合用途建築物自衛消防編組演練機制及提升防災中心值勤人員應變能力，並訓練內部人員滅火及疏散技能為目標，從 WTC 之 911 事件證明這套制度有其必要性，國內建築、消防單位及大樓管理權人均應認真做好防火管理制度，以備不時之需。

(五) 於建築物重大緊急事故時，應有工程專業人員協助緊急應變人員進行形勢評估分析，適時提高建築可能遭受危險之意見。

WTC 事件雖然儘可能挽救所有能救的人，但對緊急應變人員而言，卻是一場令人遺憾又難以預料的災害，因為在事前毫無任何大樓倒塌警訊提出下，約有 400 餘名緊急應變人員（消防、警察、職員、醫療人員等）隨著大樓一同消失。當大樓內部人員從大樓逃出時，緊急應變人員卻冒生命危險深入高樓層安全梯，希望能搶救在飛機撞擊樓層上方的人員，然而火災規模比想像得大，建築結構強度遇火衰減速度比想像得快，終致大樓在 17 秒左右的倒蹋過程後化為殘屑。因此，讓專業工程師於特殊緊急事故處理過程參與其中，可以隨時提供危險警訊，彌補緊急應變人員專業上不足夠之處，令整體搶救行動在較安全可作為的情況下進行。

(六) 酌情引進 WTC 大樓改善人員避難逃生安全作法，以達流暢化避難設計。

WTC 大樓因有遭遇過實際恐怖攻擊之經驗，其在 1993 年後為改善人員避難逃生安全的一些作法，在 911 事件中大規模人群的疏散避難行動成功可證明這些作法皆發揮了預定的功能。其中包括 (1) 水平轉換走廊層應加強避難方向標示、防火門標示、走廊獨立防火區劃等要求；(2) 安全梯照明加強備用電源，另使用低耗電、高輝度之 LED 逃生指示燈；(3) 使用自體發光塗料 (photoluminescent paint) 於樓梯間內扶手欄杆、梯級及階梯中線以輔助停電後照明，並顯示所在位置及樓層及最近的逃生出口；(4) 提供肢體障礙或受傷行動不便員工專用避難椅。以上均為有利人員避難逃生之設備設計，並同時減少在緊急情況時不利於人員思考或研判之情境。國內建築、消防法規概相當完備，如全面要求是否增加過多成本，或有建築業者或建築師有所顧慮，但有利於提昇流暢化避難設計的外國經驗作法確實值得國內借鏡引用，例如配合 25 層以上建築物之防火避難綜合檢討計畫認可審查，將前述 4 點列為大樓營運管理計畫必須注意事項。

四、 主要建議事項

建議一

近期建議：落實超高層建築物中間層避難空間設置有關規定。

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

在國內高層建築物逐年增加的趨勢下，如何強化高層建築物逃生避難安全的設計方法是刻不容緩的課題。經研究可以瞭解中間層避難空間設置有助大樓火災時人員疏散避難，而國內近年來亦有相關研究，並已經內政部核定 (96.11.15.台內營字第 0960806979 號「高層建築物中間避難層空間設置原則」)，建議就實施內容細節進一步訂定規範，以利儘速實施。

建議二

中長期建議：持續追蹤 911 事件後美國及其他國家對法規增修情形。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、消防署

目前在美國部分的提案已被增修至新法規中，但仍有一部分的意見仍需要花費更多的時間進行研究，以確認是否有增修法規的必要性。因此後續追蹤瞭解有其必要，此外不僅僅要知道最後結果，亦應瞭解其法規增修訂過程各方有何意見，俾供我國研究參考。

建議三

中長期建議：我國宜建立跨部門、結合官產學界專家群之重大災害勘查小組，因應類似 911 事件發生後派員前往蒐集資料，並參與國際研究活動。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、消防署

本所為政府研究單位，負有研究法規前期背景資料之責，倘能建立重大災害勘查小組，則對我國未來重大災害調查及對策研擬將大有幫助。對於日後國外倘有發生類似 911 WTC 大樓倒塌事件、韓國大邱地鐵火災等重大火災，該小組即可前往蒐集資料，並參與國際研究活動。

ABSTRACT

Keywords : Building evacuation, Fire safety, World Trade Center (WTC), High-rise building, Nine-one-one(911) disaster

Since September 11, 2001 the World Trade Center (WTC) disaster has occurred for more than six years. During the past years, the Building Performance Study Team, organized by FEMA (Federal Emergency Management Agency) and ASCE (American Society of Civic Engineering) has determined the probable failure mechanism and to identify areas of future investigation in May 2002. Later on, the National Institute of Standard and Technology (NIST) has been assigned to investigate the building construction and fire safety of the WTC disaster under the authority of the National Construction Safety Team Act. Accordingly, the final report of WTC disaster issued by NIST showed five major findings relating to building evacuation also have the influence on all the tall buildings.

In Taiwan so many high-rise buildings in city, especially the Taipei 101 Finance Building is famous for the highest floor in the world. Although the tall buildings were designed following the requirements of building regulation of Taiwan, however the designs about the tall building evacuation safety were still needed to be improved. As compared with WTC case, several issues seem needed to review again. For example, if the regulation and standards are satisfactory? If the original evacuation designs including facility and equipments are still feasible? How to evacuate the mass of people in case of major disaster? Do the procedures work out? Should how to investigate and establish the data after the disaster?

In this study, the reports and papers related to WTC disaster, mainly from NIST, were collected for analysis on the relationship between the

human behavior and evacuation during fire. The Taiwanese and foreign regulations on tall building evacuation were also to be compared to see if any improvement should be amended for Taiwanese regulations.

There were several findings can be summarized as follows:

1. The “medial evacuation floor” has the great efforts on enhancing the people’s safety of evacuation in case of fire.
2. Application of elevator for evacuation in case of emergency was one of alternative solution for tall building; however the application manner should be required in regulations and codes of practice.
3. The education and training about major disasters should be strengthened for emergency responders.
4. The Fire Safety Management Scheme of tall building should be completely carried out for ensure the life safety of fully-occupied building.
5. During the major disasters, there should be professional engineers to assist the analysis on risks and judgment of dangerous scenarios to protect the emergency responders.
6. Several improving measures used in WTC were recommended for affluent evacuation design: (1) the signs for transfer hallway, (2)the multiple electricity power source for using in stairwells and the exit sign of LED for extra brightness and visibility, (3) the application of photoluminescent paint on handrails, stair treads and stair centerlines in stairwells, (4) the specially designed chair for evacuees for disable and injured people.

第一章 緒 論

第一節 研究背景緣起

壹、研究背景

在 2001 年 9 月 11 日的早上，在紐約市的世貿中心(WTC)遭受到被劫持的民航機攻擊。在上午 8：46：30 與上午 9：02：59 的時候， WTC 兩座高塔分別被撞擊，之後便產生明顯的損壞。該撞擊不僅產生了一個充滿燃料的巨大發光火球，剩下的燃料又引燃每座塔內的可燃性材料（如圖 1-1）。在上午 9：58：59，也就是被撞擊的 56 分鐘後，由於飛機的撞擊與隨後而來的火災雙重影響造成 WTC 2 的倒塌。WTC 1 直到上午 10：28：22 才開始倒塌。

本事件中建築物受攻擊後發生數樓層之嚴重火災，最終導致 WTC1、WTC2 雙塔及周遭等建築物倒塌、嚴重破壞，並造成 2749 人死亡¹。單純從單一火災事故災情來看，此為史上最嚴重損失災例，甚至超過一次大規模地震災害。美國國家標準技術研究院（NIST）受命負責「WTC 災害聯邦建築物及火災安全調查」，其特別目的之一乃是究明為何不同位置之傷亡如此之高或低，包括全方位防火、人員行為、避難及緊急應變之技術問題。經歷多年的調查，NIST 於 2005 年公布 WTC1、WTC2 事件最後調查報告（NIST NCSTAR 1）。

這份報告其中一部分（NIST NCSTAR 1-7）提供一個針對 WTC 1 和 WTC 2 的完整避難逃生的分析。兩座塔無論是在高度上、幾何形

¹ 依據紐約市政府公佈資料，共有 2749 人在 WTC 群樓倒塌事件中罹難，包括緊急應變人員（警、消、醫療等人員）、飛機組員及乘客（但不含劫機者）及旁觀者。另依據 NIST 估計，當天上午 8：46：30 在 WTC1 及 WTC2 內有人員 17400 ± 1180 位，其中 2146~2163 死亡，另有 17 人生死訊息無法確知。

狀上、建築特徵上，差不多是相同的大樓。在避難逃生的過程裡，這兩座大樓同時顯示出相同點與差異點。從一個明顯的逃生事件開始進行討論。然後檢閱 WTC 逃生系統的設計和緊急應變程序，與概略敘述 NIST 針對數據收集的方法論。2001 年 9 月 11 日的事件以及在當日上午 8:46:30 之前的時刻，有關逃生相關內容均被詳細描述，最後，藉由分析該事件來建立有關逃生的調查結果。該報告也將焦點放在居室內人的行為、大樓管理人員、緊急應變人員，以及這三者的彼此影響作用。該報告也說明了緊急出口系統的功能。



圖 1-1 WTC 雙塔大樓受到飛機撞擊引起火球燃燒情景

貳、研究緣起

WTC 事件之疏散避難人數規模、避難樓層高度（就實際災例大樓而言）均屬當前世界第一，而其中呈現之人員行為及避難行動，從研究火災避難行為的觀點，亦屬“千載難逢”的案例。歐、日等國，甚至中國大陸亦有專門研究團隊及相關研究報告。前述調查報告最後提出了 30 項之建議，其中有關改進建築物避難方面有 5 項。這些建議不僅僅與 WTC 事件直接有關，在應用方面亦與所有之高層建築物息息相關，因此 NIST 後續已結合美國各專業團體，如美國國際規範協會（ICC）、美國國家消防協會（NFPA）對現行之美國標準與法規進行

檢討研修工作。

我國都市高樓林立，近年因台北 101 金融大樓名噪全球，儘管國內對於高層建築物之設計及使用管理向來嚴格，有事先周全準備，然而超高樓之防火避難安全設計仍舊有很大進步的空間，因此有必要學習瞭解這事件有哪些避難設計是不足夠或可行？法規及標準有無需要調整修正？緊急情況下人員行為及避難是否真如設計當初所預期？避難設施及輔助避難設備是否發揮效果？有無須改善之處？最後，當遭遇如此大型規模災例時，當時應如何疏散？現行規定或標準程序有用否？應如何進行事後調查及建立資料？

第二節 研究目的

綜上所述，本研究目的如下：

1. 蒐集美國關於 WTC 事件人員避難調查、分析研究資料，另蒐集其他國家資料為輔。
2. 深入瞭解 WTC 事件中人員行為及避難影響因子之關係。
3. 蒐集瞭解 WTC 事件影響美國建築及防火法規（如 IBC、NFPA）後續發展情形。
4. 比較我國超高樓防火避難規定與國外法規，以瞭解有無改善之需要及如何改善（研提具體的法令條文修正建議）。
5. 蒐集瞭解美國對於 WTC 事件之人員行為、避難及緊急聯絡情形如何進行調查，以提供參考。

基於以上研究目的，本研究之預期成果概如下所示：

1. 完成 WTC 事件中人員避難行為及其影響因子相關文獻分析。
2. 完成有關美國對於 WTC 事件之人員行為、避難及緊急聯絡情形之調查方式及資料分析方法之文獻蒐集及整理。
3. 完成比較我國與外國在高層及超高層建築之防火避難設計及管理規定與制度之現況。
4. 研提我國高層建築物相關法規及管理制可精進改善之建議。

第三節 過去有關災例回顧

壹、凸顯逃生重要性之歷史災例

雖然世貿中心大樓倒塌是備受爭議最重要的建築事件，其中建築避難逃生扮演了關鍵角色，關係著大樓使用者從大樓逃生的能力，這並不是新的經驗。在紐約市，許多早期教訓的經驗是來自高層建築火災的分析。

一、 Triangle Shirtwaist 大樓火災案例

在1911年，紐約市一棟名為Triangle Shirtwaist Building的10層防火建築物發生大火，延燒該棟大樓的最上面三層。大火從第8層的角落開始延燒，很快地整個樓地板包含窗子、樓梯、升降電梯就陷入一片火海。共有145人死亡，幾乎從1樓到9樓均有人死亡。當大多數的人在第9層被燒死時，大約有40個人從大樓跳到下面的街道躲開火焰，同時當一扇外部的太平門燒毀時，另外又有10人死亡。利用樓梯間的兩處消防立管，使用消防水帶來滅火，火勢在18分鐘內便受到控制。大樓最上面3層是完全的損毀。從火災調查使我們確認一些值得注意的問題，由於部分空間被堵塞，非防火門向內打開，受到火熱作用的鑄鐵製的太平門從牆上鬆脫下來，這些都造成逃生至樓梯間受到不少限制。因為此災例，之後建議凡是超過18公尺(60英尺)的建築物均須將逃生樓梯間提升為防火等級並加裝自動撒水設備。

二、 Equitable大樓火災案例

早期在紐約市有一棟建築物名為Equitable Building，於1912年1月因火害導致整棟大樓倒塌。該大樓是由5座大樓所組成，最高的樓層為10樓。從1869年興建後，大樓由所謂防火的建材建造，以木材當作樓板的基礎並加上磚或瓦片組合，並以精鍊鋼鐵的工字梁當作支持，這些柱支撐主要由鑄鐵做成。起火點是在其中一棟大樓地下室，由被丟棄的火柴所引發火災，火勢很快的延燒到2座有用磁磚包覆的

升降機間以及11座被木材包覆的小型升降機。在45分鐘內，火已經在整個大樓的向上蔓延並且透過許多沒有任何保護地板上的開孔向下延燒。除了一些地區，大樓完全被火災摧毀。3處大樓獨立的區域倒塌，最大倒塌的部分包括所有的樓地板到另一側大樓的地下室。大火發生時間尚未營業，在大樓較上層有3名員工死亡，而這不幸的三名死者可歸咎於鐵柱的倒塌。在大樓倒塌之前所有的員工依序逃出大樓，但卻有一名消防人員不幸犧牲了。逃生出口和消防人員進入都是經由地下層一直到頂層的單一樓梯，在後來的調查報告中認為這對逃生是非常不利的。建議包括對樓地板開口進行保護的必要性，走廊通道的區劃，使用金屬構材的結構，以及在辦公大樓中最有可能發生火災的地方裝設自動撒水設備。在每一層樓設有兩個相隔一段距離的樓梯，樓梯以防火門來區劃被認為是必要的。另外樓層間到樓梯的步行距離被建議在27米(90英尺)以內。

三、帝國大廈火災案例

在1945年，一架美國空軍B-25撞上紐約市的帝國大廈（Empire State Building）導致在第78及第79層樓發生巨大火災，估計約有3立方公尺(800加侖)的汽油從墜毀的飛機噴灑出來這樣的碰撞事故和後來引發的火災導致14人死亡和大約25人受傷。碰撞事故在星期六的早上，那時大樓很少人上班，而且事故現場的大部分辦公室幾乎都沒有人在裡面。有幾個在第79層樓的人躲在金屬和玻璃隔間的辦公室並且不久之後就被消防單位救出。根據調查報告，樓梯間在整個火災事件期間並未崩塌，因此可以提供消防人員進入，以及在較高樓層未被起始火災波及人們向外逃出。消防局藉由升降機進入第65層以及樓梯間13到14層旁邊。在通知最早到達的消防隊之後，大約35分鐘大火被熄滅。由於該建築的設計，和火災發生在一個星期六的早上，並且配合著消防隊即時救援，這樣才使大樓損壞的結果與人命的損失降至最低。在調查報告中有關大樓逃生的議題顯示(1)從較高樓層逃生所使用的升降機受到了限制，因為其中的一台升降機墜毀在地下層二樓，造成逃生的人們對其他的升降機產生了不信任的恐懼；(2)

了解到樓梯扶手的損害限制了他們的使用，造成墜毀的樓層及其上面的樓層的人們無法逃生；(3) 領悟到即使是防火建築物也不能排除大樓內部起火造成的損害。

四、紐約廣場大樓火災案例

在1970年8月，一棟50層的紐約廣場大樓（One New York Plaza Building）在第33層和第34層樓遭受大火侵襲造成嚴重地損壞，並且整個大樓都籠罩在濃煙中。火舌首先在第33層隱藏的天花板裡被發現，並且蔓延到第33層西南邊的牆，而這牆內含的聚苯乙烯是來作為隔熱之用。當大火發生時大樓只有一部份被火侵襲，大部分的樓地板並未受到火害影響。大樓的使用者利用升降機或者樓梯向下逃生。濃煙的情況在大樓的很多樓層都很明顯。兩名保全員與兩個消防人員死於這場大火，並且造成30個人員受傷。消防單位經由升降機順利地到達第30層並且在樓梯旁邊開始滅火。大火在5個小時內被控制。降低大樓內部的火載量，裝設自動灑水器系統的必要性，靠一些不易損壞的材料來保護大樓的結構，以上這些都是在該次調查後認為是重要的議題。紐約市當地的5號法律，有關高層建築大樓的防火安全，對該次火災以及在同時間在紐約市的其他幾場高樓火災產生很大迴響。在其他規定方面，5號法律要求大樓必須有防火區劃，除非該空間設有自動撒水設備。

五、Andraus大樓火災案例

在1972年2月和1974年2月，兩場嚴重的高層建築火災在巴西發生，造成200餘人的傷亡。1972年2月，聖保羅市的一棟31層名為Andraus Building的大樓發生火災，這場火災導致16人死亡和超過375人受傷。火舌從第4樓的一間百貨公司冒出，然後由大樓的外表正面向上延燒，25分鐘後將近有28個樓層都陷入火海之中。大火摧毀大樓多數的區域並且損壞建築結構。較低的七個樓層是百貨公司在使用的，有四座直通樓梯與兩座升降機可供使用。大樓其他部分是作辦公

室的用途，有一個1米寬的石造螺旋樓梯與五座升降機可使用。在辦公室樓梯間的門是用內部鏤空的木材或金屬建造的。幾乎在建築物的上面4層，所有內部的可燃物被燃燒殆盡，大樓外表也都被火波及。據報導有一些人們使用大樓的升降機，而其他人使用單一樓梯向外逃生。一旦在第5層的一扇開往樓梯間的門失去功能，剩下較低樓層的樓梯間無法使用，室內的人們只好往大樓屋頂逃生。大約300人到達屋頂的直升機停機坪時，同一時間還有另外200人被困在樓梯間內。針對被困在樓梯間內的逃生人們，援救行動包括從附近的第15層和第16層的大樓伸出梯子。差不多有500名的避難者靠著樓梯間的通風和風速來避難。

六、Joelma大樓火災案例

兩年之後類似不幸的火災，發生在聖保羅市一棟名為Joelma Building的25層大樓，起火點在第12層樓，這場大火導致179人死亡，300人受傷以及大樓的內部幾乎全部損壞。直升機無力援救在大樓屋頂上的受困者，從大樓向外逃生的途徑並不恰當（只有單一個1.2米寬的開放樓梯），並沒有防火保護，在這場火災中大樓內有許多可燃物是顯而易見的。大多數生還者是利用大樓的4部升降機逃生的。當時利用這個方法逃生並未被建議，是因為使用者可能被困在其中。這次逃生成功可歸因於兩個因素：升降機操作者允許使用該升降機的操作在一個快速的狀態下（只停操作者想要停的樓層），另一個因素是在火災初期，升降機的電力供應未受到影響。

七、桃樹25號大樓火災案例

在1989年6月，在喬治亞州亞特蘭大市一棟10層的辦公大樓發生一場火災。桃樹（Peachtree）25號大樓是一座平面呈H形的大樓，大樓兩側各是10層的塔樓，估計內約有1500人。塔樓長為76公尺、寬為20公尺，中間連接部分長為24公尺、寬為21公尺。大約在上午10：30分左右，從南方塔樓的第6層開始起火。火災的發生是由於電工正

在維修配電盤。當時工人試圖透過更換一個200安培的保險絲來恢復該樓層一部分的電力，但卻發生很嚴重的電弧現象。電弧有足夠的能量能融化金屬並且點燃門廳內部原有的材料。電工受傷嚴重並且不久就死亡，雖然不是電弧直接導致的結果，但電弧影響估計至少已經持續60秒鐘或更多。火災成長非常迅速，很快地就蔓延開來。牆上多層的覆蓋物造成火勢迅速傳播，這些是火場調查者常見熟悉的火災危險因子。當消防隊到達該樓層時，牆上的覆蓋物已經完全燒光，這是在通知消防隊之後僅僅才過了7分鐘。濃烈的黑煙很快地便將大約40人困住在該樓層。大多數的人發現在他們後方有一個房間門是關著的，突然窗子流入大量濃煙，她們只能等待被援救。在這個時候，有一名婦女從6樓的窗子向外跳出卻遭受重傷。大約在上午10：30分，被距該起火層有些距離的一個樓層的人發現起火，直到這時候消防單位才被通知。大約上午10：34分消防隊到達現場時，大樓內大部分等待救援的人們都靠在窗子旁就是為了要吸一口空氣。有14人透過雲梯車被救出，並且有14人從樓梯間也被救出。因這場火災總計有5人死亡，這也是美國17年以來第一次高層辦公大樓出現多人死亡的火災。

幾項失敗的因子助長該次火災的猛烈。沒有自動撒水設備使得火勢蔓延開來。電工並沒有遵循標準動作流程來更換保險絲，導致電弧點燃牆的內層可燃物與電器設備。然而，起火源非常猛烈以致於在電器室的一場火災是不可避免的。多層內部裝修的可燃物也是促成火災延燒的因素。

在上述很多實例中，這些重大的火場逃生事件影響了建築法規對避難逃生問題有所規範，包括樓梯間的設計、設置與使用容量的要求，這些都是由於過去幾次重大火災事件才逐步形成的。

貳、WTC 過去火災及避難事件

一、1975年事件

1975年2月，在世界貿易中心的第一棟大樓11樓發生火災，火勢

透過每一個樓層的電話配線箱向上下延燒，最後波及範圍從第10層一直到第19層樓。雖然從逃生的觀點來看並不重要，但這次火災對之後在1993年和2001年的恐怖分子攻擊提供適當背景研究資料。火災最早在晚上11:35分被發現並透過來通報在第11層樓到第19層樓的自動警報設備中的煙霧探測器在手動報警機響後大約1分鐘也發出警報。據說起火點是在11層樓的一間主管辦公室，透過每層樓大約0.30米乘上0.45米開口大小的公用設備箱，火勢向上層與向下層蔓延開來。4處鋼桁架地板有輕微地變形，在第11層樓大約有800 m²(9000 ft²)的範圍損壞，在這一區大約室內有一半損壞，而另一半還保持完整。實際上全部的可燃物都損壞了，包括在第10層樓和第12層樓牆上的電話櫃，而這些木材面板還都經過防止延燒處理的。有些在第12層樓和第13層樓的室內裝修限制了火災從牆上的電話櫃蔓延。起火的原因包括(1)在有非常多可燃性物質或大量累積可燃性物質的區域設置自動撒水設備；(2)在每層樓回風通風處安裝探測器，可以達到淨化回風的空氣並且在發生火災的區域停止供應新鮮的空氣；(3)在地板或牆上以及在任何導線的安裝，所有的開口都要做防火貫穿處理。注意到所噴灑的防火處理可能沒有很恰當的附著在表面或者可能在從事其他大樓服務裝修時，表面防火處理被移除。

二、1977年事件

在1977年8月3日，2名F.A.L.N.的恐怖分子在曼哈頓市中心進行炸彈爆炸攻擊，造成1個人死亡7個人受傷。在上午9:45分時有一通打到當地電視新聞台的電話說要對世貿中心進行一個具體的威脅，但一直到中午12點之後，世貿中心雙塔的所有人才被通知撤離。有一位微軟公司的員工描述當時的情形：

「我們全部都驚嚇死了。我開始顫抖。乘坐電梯向下好像花費兩個小時一樣。我是火警演習訓練小組成員之一，但是如果是一枚炸彈攻擊，我完全不知該怎麼辦才好。這比一場火災更可怕，因為我們全部的防備都是針對火災準備的」。

當時估計有35000人從WTC 1 和WTC 2 撤離，雙塔直到其中下午3：00之後才重新開放。總體而言，這天超過十萬人在曼哈頓從大樓撤離。不過，後來有很多人不自願離開大樓，是因為在先前的撤離大樓事件中，他們被迫扣掉工資。

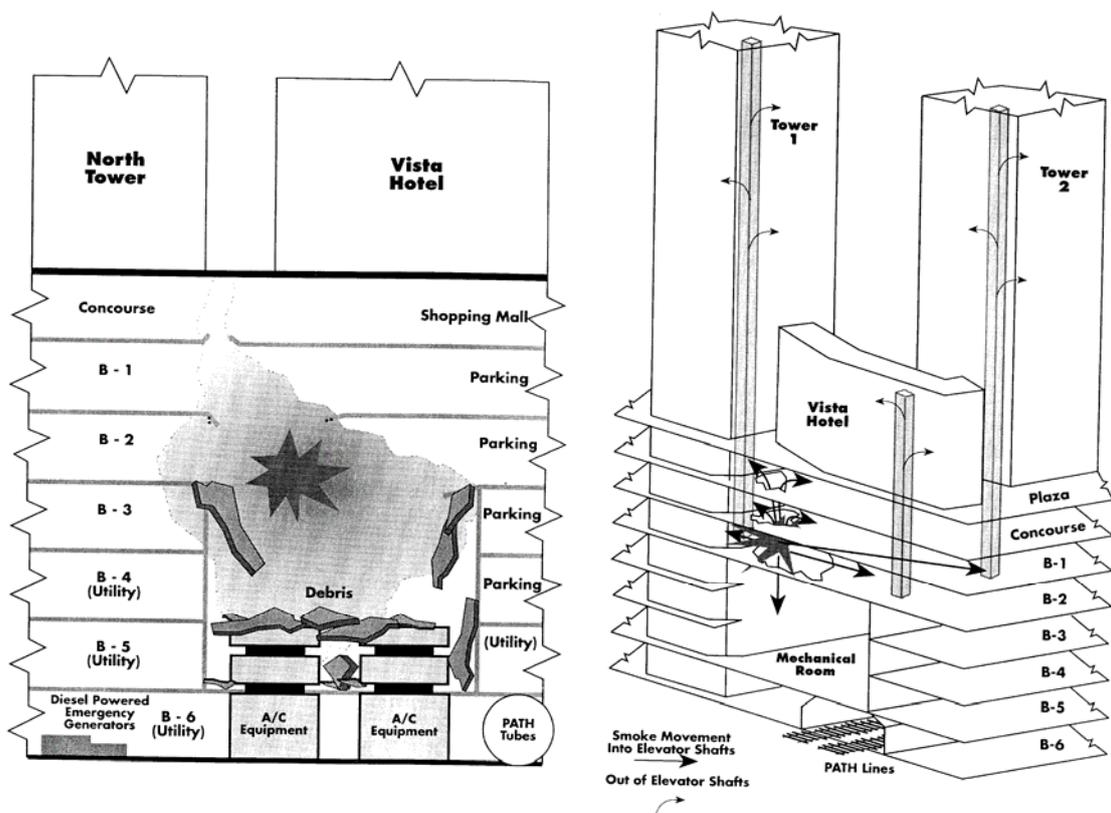
三、1993年事件

在1993年2月26日的下午12：18 分，一個恐怖分子對世貿中心的地下層停車場進行炸彈攻擊，立刻導致6人死亡，1042人受傷，死者幾乎是因爆炸事件而死亡。在Tower1地下2樓的置物間，因爆炸氣浪或是因爆炸氣浪造成散落建築材料而死的有4人，地下2樓停車場的機材搬入場有1人、地下5樓的瓦礫中有1人死亡。受傷者大多是吸入性傷。爆炸造成估計約有3億美元的損失。

在這次的爆炸事件中至少使用450 公斤的爆炸材料，使得大樓好幾處的地下層受到損害，在附近7棟大樓中的其中4棟，也都因猛烈的火災產生濃煙而造成不同濃度的煙害。由於這次事件從附近撤離出大樓的人估計約有15萬人，其中包括5萬人是來自直接受到影響的大樓。根據NFPA 調查，在整個事件過程中有1042人受傷，包括有15個人是直接遭到爆炸而受傷的。在事件的頂峰期間，火災高達16次的火警警報，並且出動超過700個消防人員（大約佔當天有上班的紐約市45%的消防人員）。將2001年9月11日來作一個比較，在WTC 2大樓崩塌之前共有22次警報作動，除有一次稱為10-60 的警報動作之外(重大意外會發出警報的特別裝置)，其他有三分之一的警報是分階段作動的。也因此導致超過1000個消防人員都在世貿中心內進行救援的工作。

爆炸威力相當大損壞了地板，牆壁，以及門廳口（如圖1-2），並且在附近區域產生大量的煙。在一份報告中指出，大約1分鐘內在WTC 1的第44層，當時的能見度只有0.3m，大量的煙在升降機和樓梯間流竄。在開始避難逃生之前，從那些大樓樓梯間下來的人已經歷該層的煙害，甚至遇到濃煙。 爆炸癱瘓了這棟大樓的緊急應變通信系統，

人們對意外事件的處理回應沒有辦法依原定已規劃好的中心指導原則。不過，即使沒有依指導原則，還是有很多人都及早開始避難逃生。整個電力系統故障使得向外逃生是更加複雜困難，樓梯間的照明能力大約可以維持1小時又15分鐘。估計逃生者大約花費從1個半小時到3個小時的時間，才從大樓的上層逃離出大樓。幸運的是，由於在較低的樓層易燃物並沒有很多，火災所釋放出來的煙氣只有很少的有毒氣體。雖然大多數的傷者是有受到煙害的，但卻沒有任何人是因吸入煙而死亡的，即使當時長時間的暴露於濃煙之中。



CONCOURSE & BASEMENT LEVELS
Figure 8

圖1-2 1993年WTC雙塔受到爆炸攻擊之破壞情景

消防隊員被指派來負責搜尋5個樓層。當升降機不能使用時，消防人員只能爬樓梯。消防人員花費超過兩個小時的時間才爬到第100層。在下午4:00以前，大約在爆炸之後的4個小時，大樓內全部的

使用者都已經撤離所承租的樓層。不過，有一些電梯車廂，已經在升降機的豎道停了下來，有部分的升降梯在有些樓層是沒有門可以打開的(例如快速直達升降機)。找到並且救出陷入在升降機的受困者是必須優先處理的，而不是要等待樓梯間淨空之後，再讓這些升降機技師進入大樓樓梯間，這些技師直接由直升機送到頂樓然後由頂樓向下去救人。即使事先已經有測量好位置，仍然花費大約 5 小時，才在 WTC 2 棟的一個升降機裡，將受困的幼稚園學生和幾個成年人救出。在下午 8:00 以前，大約在爆炸之後的 8 個小時，所有最後受困在升降機裡人才被救出。

第二章 WTC 之防火及避難系統設計

在緊急狀況下大樓的進出主要由下列四個主要部分所組成：樓梯間，升降機，通信系統和緊急應變成員(廣義來說包括紐約消防局(FDNY)、紐約警察廳(NYPD)、港務警察局(PAPD)、港務局人員、大樓保全人員、防火安全主管、樓層管理員和對大樓有正式責任職權的個人)。這些後來被歸類成建築系統和人的特質兩部分。

第一節 WTC 建築物概述

壹、建築物概述

到2001年為止，WTC建築群已經成為組成曼哈頓的一部分，其由7棟大樓所組成，總面積為16英畝(這裡用WTC 1到WTC 7大樓來表示這7棟大樓)，位於島的西南端，如圖2-1所示。無論從什麼角度來看，從自由女神雕像橫跨海灣來看，或是從飛機要下降至LaGuardia飛機場來看，世貿中心高塔均是一個明顯的標的。WTC 1大樓(通常稱為北塔)和WTC 2大樓(通常稱為南塔)，每棟有110層樓高，也因此使得在曼哈頓的其他摩天大廈顯得小很多，對整個曼哈頓而言，好像在市中心區的帝國大廈旁邊標上什麼才是‘高’的定義。於1966年開始破土動工，而建築結構體在1968年開始建造。WTC 1大樓於1970年開始進駐；WTC 2大樓在1972年開始進駐。

另外，有一個6層的地下建築結構，基本上在世貿中心廣場的下面，並連結世貿中心1, 2, 3, 4, 5, 和6號大樓，並且包括一家購物中心和世貿中心道路車站。這地下建築結構是以一3英尺(0.9m)厚的混凝土牆，從地面延伸向下70英尺(21m)一直到床岩為止。這道牆能夠阻止來自哈德森的河水，並且能夠迅速排解當洪水發生時，抑止地下水位的淹沒。通勤列車搭載數以萬計的工作者和旅客，從布魯克林和新澤西來到位在曼哈頓的世貿中心車站。一系列的自動手扶梯和升降機，直接將在世貿中心上班的員工送到地下街的購物中心和雙塔的中

央大廳。

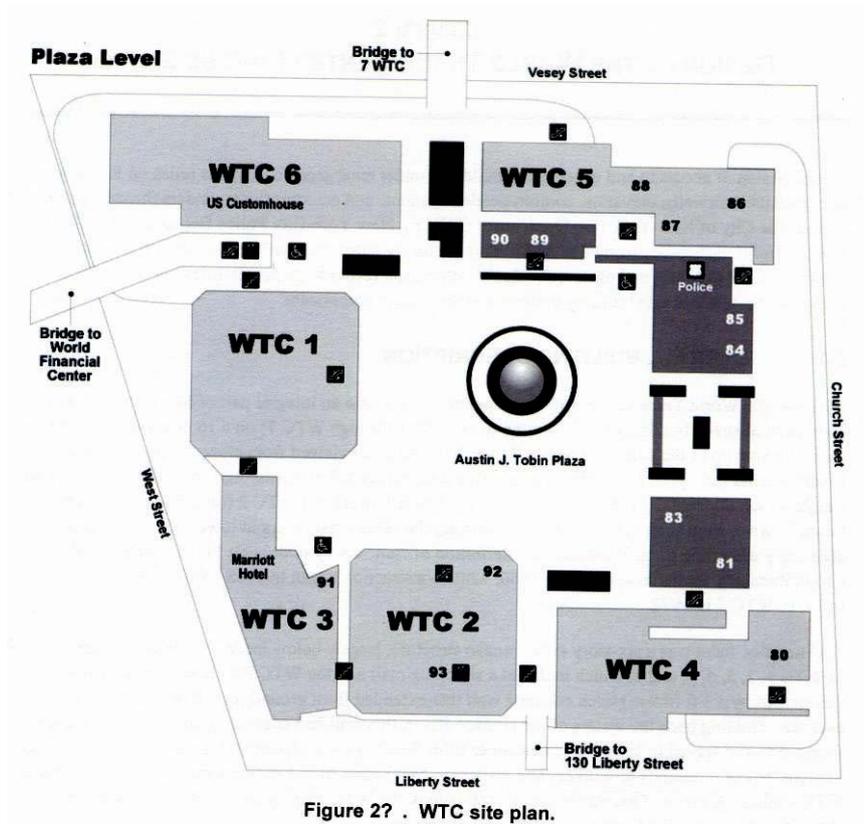


圖 2-1 WTC 建築群基地平面圖

WTC 3 大樓 (馬利奧特飯店)有 22 層樓高。世貿中心 4 號大樓(南方廣場大樓)和 WTC 5 大樓(北方廣場大樓)兩座都是 9 層樓的辦公大樓。WTC 6 大樓(美國海關)是一個 8 層樓的辦公大樓。這 6 座大樓是建造在大約一個 5 英畝的廣場上，被命名奧斯汀托賓 (Austin J. Tobin)，其中心是一個大型的地球藝術品。世貿中心 7 號大樓，位於其他 6 棟 WTC 大樓的北邊，和維西街隔街相望，是一座 47 層的辦公大樓。WTC 7 大樓，在 1987 年建造完成並且由西爾弗史坦資產股份有限公司經營，作為一座空運性質的大樓。

貳、塔樓的描述

WTC 1 大樓和 WTC 2 大樓都是從地面層的廣場算起，由 110 層樓高所組成的結構。在中央大廳下面還有六層的地下室。雖然雙塔相類

似，但是仍有不同。WTC 1大樓的高度是1,368英尺(418m)，(比WTC 2大樓高出6英尺)，WTC 1大樓在屋頂上還架設有一座360英尺(110m)高的天線廣播電視播送塔。每座塔樓的形狀均是方型的，每邊長為207英尺2英寸(63.2m)。大樓的四個轉角內縮 6英尺11英寸(2.1m)。每座塔在中央都有一個設施核心 (service core)，所佔面積大約135英尺x 87英尺(41mx27m)，這樣的中心空間在整個塔樓後來變更被當作是租戶的使用空間。標準的建築樓層平面圖如圖2-2所示。從這圖中可以看出，扣除核心部份所有有柱的面積後，可以使用的空間每層樓地板面積大約在31,000平方英尺(2,900 m²)。WTC 1大樓中心的長軸是東西向的，而WTC 2大樓的長軸是南北向的。

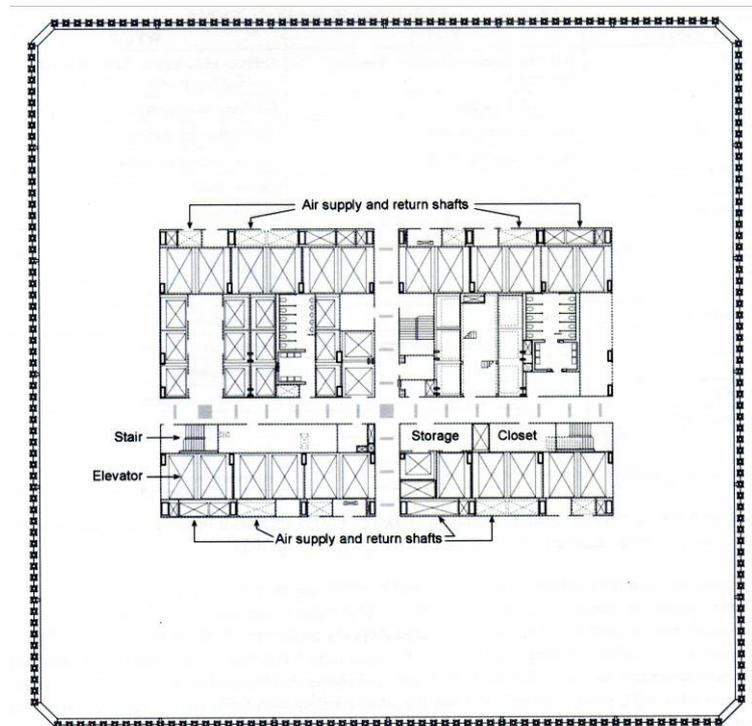


圖2-2 WTC塔樓之標準平面圖

從高塔的頂端眺望是極佳的風景，實際上需要有公眾空間開放使用，而這部分正是由港務局所管轄負責的。WTC 1大樓的第107層有一個美食餐廳和酒吧，向西邊可以眺望哈德森河與新澤西，向北可以眺望曼哈頓市中心區的那些摩天大廈，向東可以眺望東方河和皇后區，向西南方可以眺望自由女神像，向南方可以眺望大西洋。從WTC 2大樓的第107層以及屋頂層也可以看見類似的景色。

表 2-1 所顯示出兩座塔樓各樓層的使用性質，在這兩座塔樓是相似的但並非完全相同。港務局從開始啟用並經營管理雙塔已有 30 年。西爾弗史坦資產公司在 2001 年 7 月取得了 99 年的使用租約權。

表 2-1 WTC 1 及 WTC 2 各樓層之利用情形

Floor(s)	WTC 1	WTC 2
Roof	Antenna space and window washing equipment	Outdoor observation deck and window washing equipment
110	Television studios	Mechanical equipment
108, 109	Mechanical equipment	Mechanical equipment
107	Windows on the World	Indoor observation deck
106	Catering	Tenant space
79 through 105	Tenant space	Tenant space
78	Skylobby, tenant space	Skylobby, tenant space
77	Tenant space	Tenant space
75, 76	Mechanical equipment	Mechanical equipment
45 through 74	Tenant space	Tenant space
44	Skylobby, kitchen, tenant space	Skylobby, tenant space
43	Cafeteria	Tenant Cafeteria
41, 42	Mechanical equipment	Mechanical equipment
9 through 40	Tenant space	Tenant space
7, 8	Mechanical floors	Mechanical floors
Concourse through 6	6-story lobby	6-story lobby

在每天工作的開始，大約有 40,000 人在雙塔內工作，參訪遊覽的人或者來大樓內洽公的人，都是經由地下車站搭 PATH 火車來到此地。他們搭乘自動手扶梯和升降機來到大型購物中央大廳。走過幾百英尺的距離後，這些人會到達中央廣場層，這是一個寬廣的六層樓高的大廳，他們可以用走路或者乘公共汽車和出租汽車穿過此區。圖 2-3 顯示出購物中心的位置圖，是位在世貿中心廣場下面。圖 2-4 顯示出 WTC 1 大樓大廳的構造。圖 2-5 顯示出 WTC 2 大樓大廳的位置圖。WTC 1 大樓和 WTC 2 大樓與地下購物中心是在同一層，經常統稱為中央大廳層。世貿中心的戶外廣場和 WTC 1 大樓和 WTC 2 大樓的夾層比中央大廳層高一個樓層，經常稱為是夾層或者是廣場層。

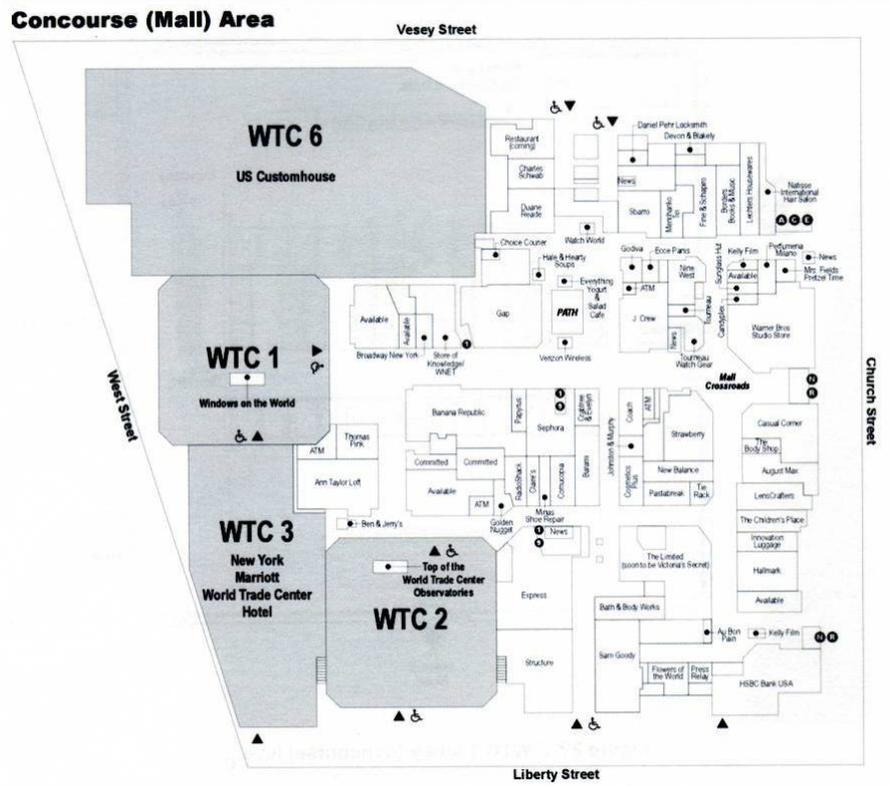


圖 2-3 WTC 廣場正下方之購物中心配置圖

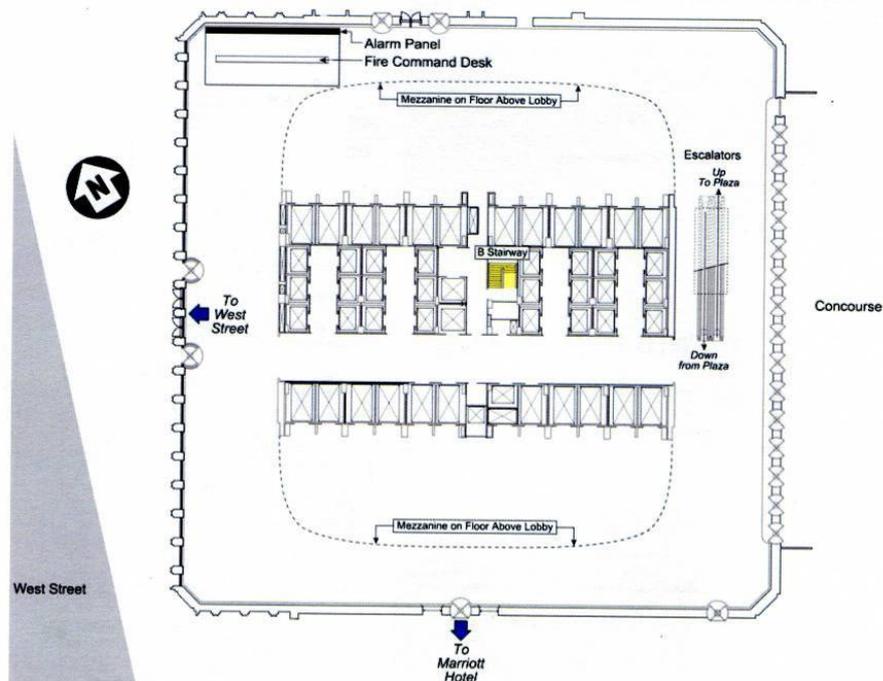


圖 2-4 WTC 1 之 1 樓大廳平面圖

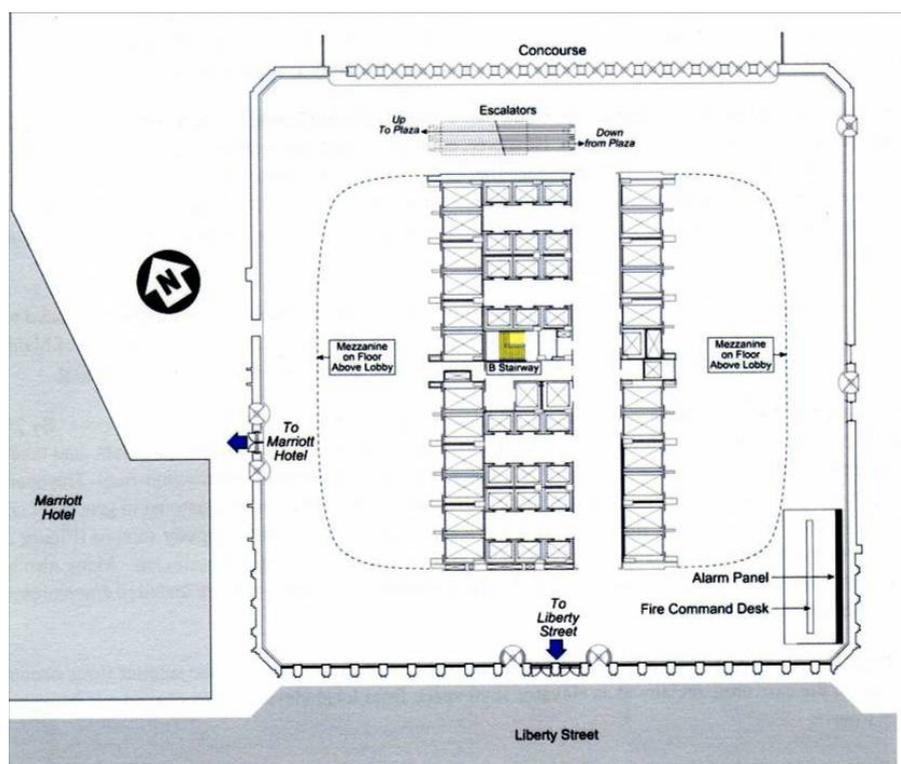


圖 2-5 WTC 2 之 1 樓大廳平面圖

數以萬計的人從中央大廳層到他們的辦公室並非小事一樁。這是靠著當時在中央區域最新式的 106 台快速直達和局部區間的升降機才能完成的。在後節的內容中，我們將討論在 WTC 1 大樓和 WTC 2 大樓的升降機系統。此外，在中央區域有 3 部直達整棟的樓梯。在後節中將對每座塔樓的樓梯有更進一步的討論。不過，在較上面的樓層進入樓梯間，並沒發現有直通樓梯可以通到大廳。主要在機械層，那裡有水平的迴廊可以通達升降機。這些走廊的長度範圍從大約 10 英尺（3m）到 100 英尺（30m）不等，穿越這些地區之後，這些人才可以再往下面的樓層前進。

一出升降機之後（或者選擇樓梯，這些選擇走較費力路線的人），可以看到典型的高層建築大樓。圍繞在矩形迴廊四周是素色的牆，進入公司的門，以及公司前面落地玻璃接待區，上方則是標準型式的天花板。

大多數的樓層只有單一承租戶，而且這些承租戶也有承租好幾層樓的。到 2001 年為止，大多數這些公司承租後皆安裝自動撒水設備，也

已經採用山崎 (Yamasaki) 建築師的無障礙大空間的設計概念。有超過 200家以上的個人工作站，在開放式的景觀美化環境下工作，通常為6或8個工作站群聚在一起(圖 2-6)。商業行為的樓層有許多長條型的桌子，桌子放著各種的電腦螢幕(圖 2-7)。沿著周邊角落有一些高階主管的辦公室，也有很多用牆圍起來的會議室。承租很多層樓的租戶通常會安裝內部的樓梯以求便利性，對這樣的空間使用是一個很普遍的現象。

其他的樓層被分割也可容納多達20家公司。一些更小的公司使用在中央的空間，將大樓內原來使用局部的升降機逐步淘汰改成有升降機管道的升降機。

由於有許多的工作者和大樓的參訪者，提供飲食是必須的。港務局在 WTC 1 大樓的第 43 層上開設一間自助餐廳。也有許多公司準備餐廳每天自行開伙來提供員工使用，使他們的員工甚至不必離開該層樓就可以吃午餐。而地下中央廣場的購物中心也提供許多吃的選擇。除此之外，在承租戶和中央區域的空間有數百間的洗手間。



圖 2-6 典型使用戶之室內空間



圖 2-7 WTC 4 之商貿樓層

第二節 建築及避難系統

壹、避難計算

一、決定樓梯間的數目和寬度

在1965年，建築師和工程師設計世貿中心時正面臨紐約市建築法令的修改。建築法令草案對緊急避難逃生系統的設計有顯著影響。在1965年，港務局命令設計者採用新的建築法令草案做為他們的最後設計版本。新的建築法令草案有一些優點值得注意，內容如下所示：

- 室外消防塔梯²可能被取消；

²室外消防塔梯 (fire tower) 為 1938 年 NYC 建築規範所規定之室外不燃構造樓梯，專攻消防隊出入使用，但不計算在居室人員避難所需樓梯之內。

- 提供更寬敞的出口樓梯；
- 分間牆重量的基準更接近現實。

是否所有的法規改變已對1938年版建築規範提議，此並不確定，但可能會被合併成新規範最後的版本。因此，在1966年，港務局總工程師建議這些建築師和工程師準備一張設計上的目錄表，確認一些舊的法令是否在新的法令之下可以符合要求並被接受。一份標示日期為1967年2月15日的一頁文件，列出下面的項目：

- 室外消防塔梯通廊被取消。
- 樓梯的數量從6個減少為3個。舊的設計中，3呎8吋（112cm）有5個樓梯以及4呎8吋（142cm）有1個樓梯，容留人數為390人，在新的設計中3呎8吋（112cm）有2座樓梯以及4呎8吋（142cm）有1座樓梯，允許的容留人數為390人。
- 通向樓梯門的大小是從3呎8吋（142cm）改變到3呎0吋（91cm）。
- 全部樓梯的出口都通向大廳。原有的設計有室外防火逃生塔可以從防火走廊出口來逃出。
- 樓梯間的牆壁從3個小時防火時效被換成2個小時防火時效的等級。
- 走廊不可以超過100呎（30.5m）長並且有2個小時防火時效的等級。
- 從每平方呎20磅（97.8 kg/m²）換成每平方呎6磅（29.4 kg/m²）（根據分間牆重量每呎50磅至100磅）。

顯然，以上所描述的世貿中心的設計並不能滿足1938年代的法規，但是確實能滿足建造當時的新版法規草案。最後，WTC 1大樓和WTC 2大樓設計有3座直通樓梯，有2座是44吋寬和1座是56吋寬。

在1968年代的紐約市建築法規要求一單位出口門的寬度是22英吋（0.56公尺）。紐約市建築法規有指定出口和進口的要求（參見後節），對一個商業使用空間而言，樓梯每個單位出口的寬度將容納60個人。而WTC 1大樓和WTC 2大樓承租戶的樓層設計可容納365人，這需要6.5倍單位出口的寬度。因此，12英吋（0.3m）是在法規中可接受的最小半寬，3座直通樓梯（其中2座是2倍單位的出口寬度（44英吋[1.1 m]），而另1座是2.5倍單位的出口寬度（56英吋[1.4 m]）。

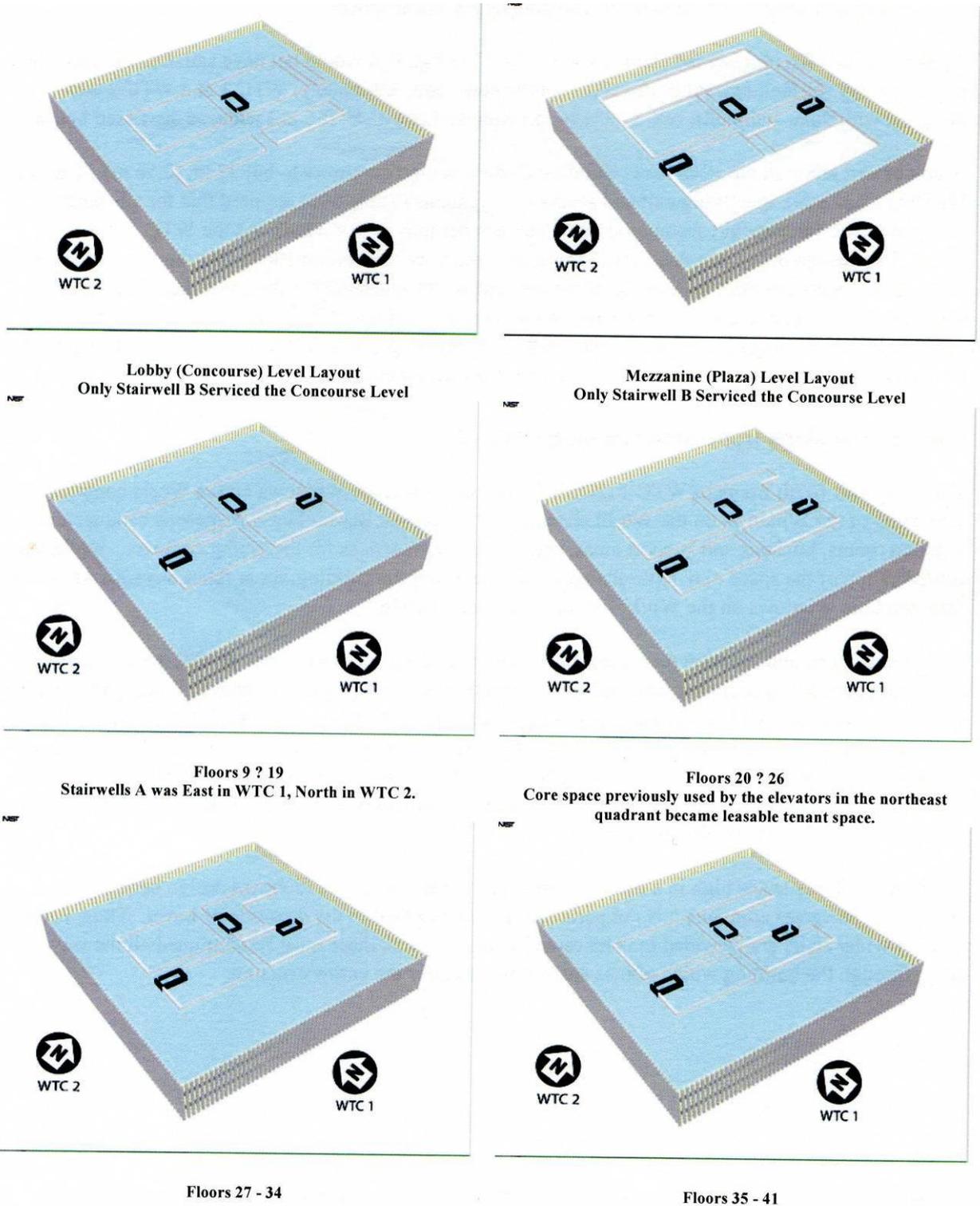
並且滿足 1968 年代的紐約市建築法規的最小要求。表 2-2 顯示樓梯間的位置、核心周邊及在 WTC 1 大樓和 WTC 2 大樓內部的轉換走廊。

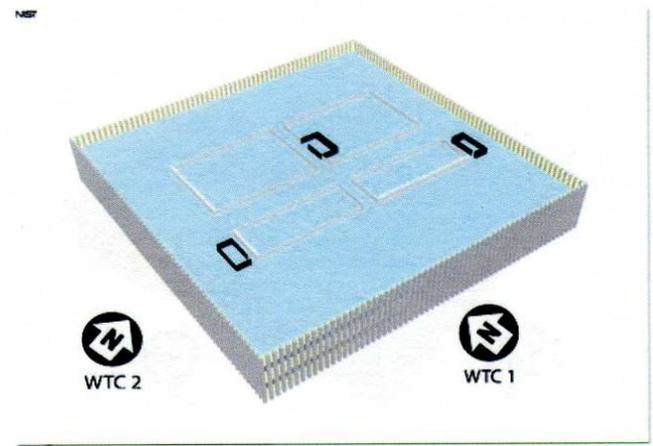
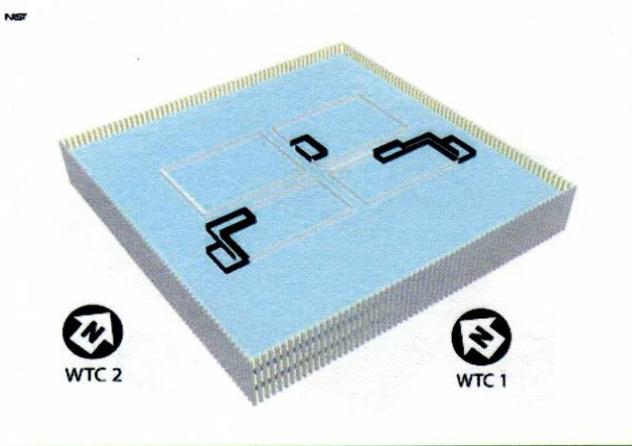
二、“世界之窗”的避難規定

在 WTC 1 大樓（北塔）的第 106 層和 107 層，包括了世界之窗的建築群，係由以下所組成：“世界之窗”餐廳、地球上最大的酒吧、許多宴會和多功能廳、廚房和提供後勤的地區及處理餐飲的管理辦公室。當時空間的構造可能改變大樓的生命，在 1976 年 4 月，“世界之窗”第一次開幕時，這些功能便全部都呈現出來。

在美國建築法令中，餐廳、酒吧和多功能廳歸類為集會場所，此表示容留人員負載（occupant load）及相關之避難逃生規定均顯著增加。設計像這樣集會空間，容留人員負載是每人 15 平方英尺（ 1.39 m^2 ），對照大樓裡大多數其他辦公室用途的空間，容留人員負載為每人 100 平方英尺（ 9.3 m^2 ）的空間。因此，當在辦公室樓層之設計容留人數為 365~390 人（取決於計算方法），而這些樓層（第 106 層和 107 層）之設計容留人數則超過 1,000 人以上（精確的數據取決於廚房地區，洗滌和辦公室，所有使用空間之容留人員負載均為每人 100 平方英尺）。

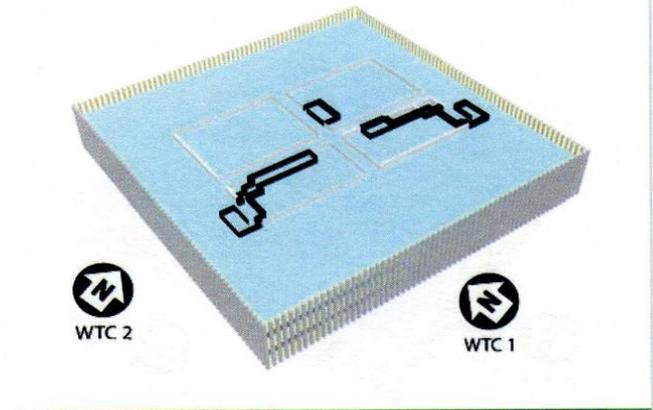
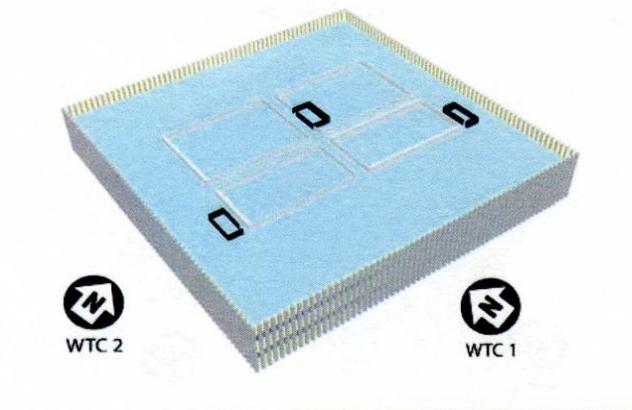
表 2-2 WTC 1 及 WTC 2 各樓層之樓梯平面圖





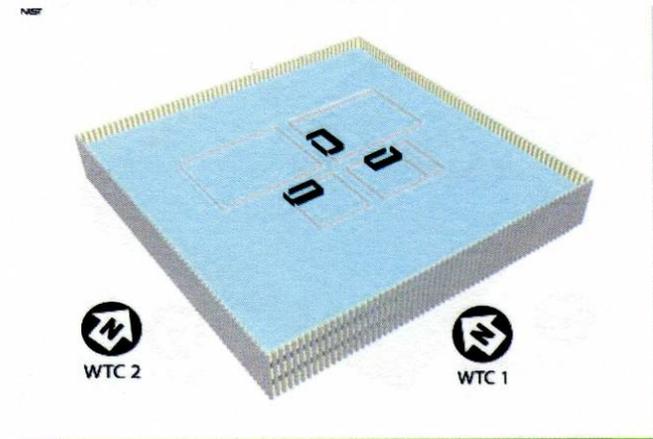
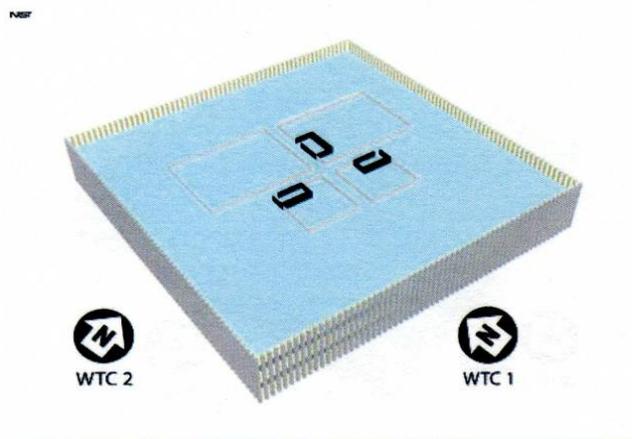
Floor 42
Stairs A and C transferred outside the core.

Floors 43, 45 ? 47
There was an escalator connecting floors 43-44 (skylobby).



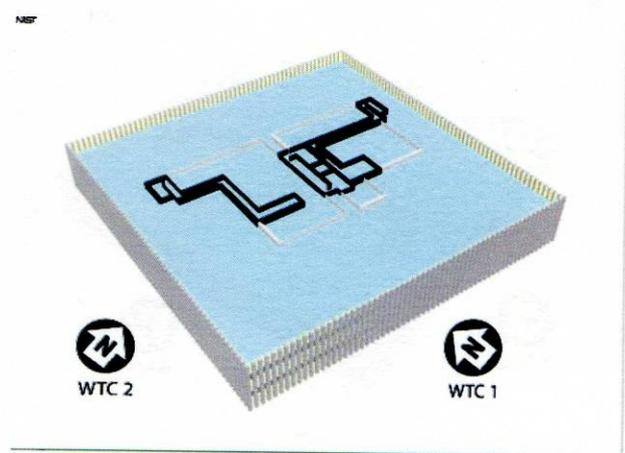
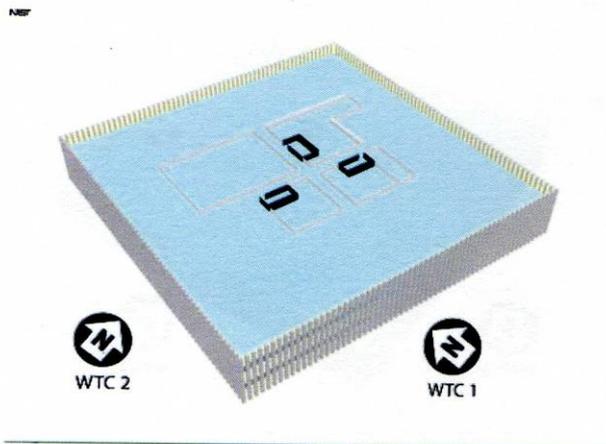
Floor 44 (Skylobby)

Floor 48
Stairs A and C transferred back inside the core.



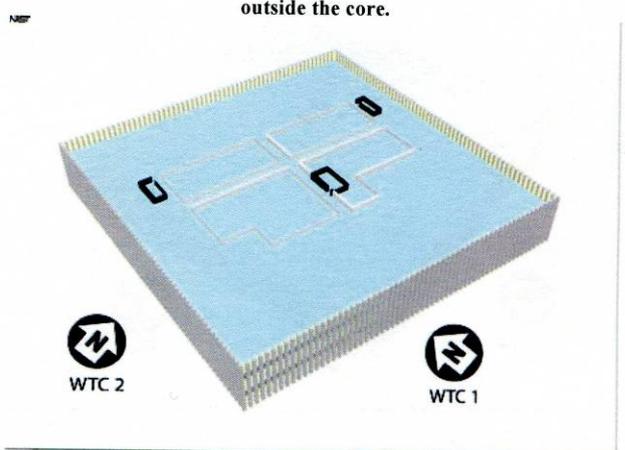
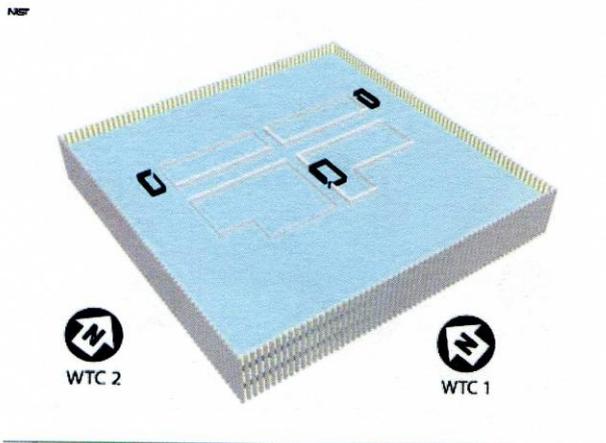
Floors 49 ? 54

Floors 55 - 56



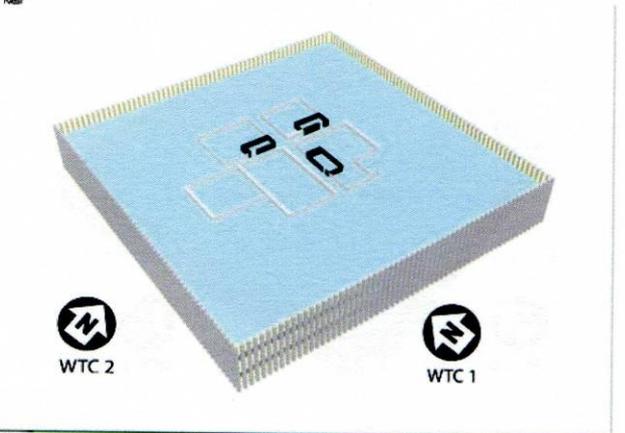
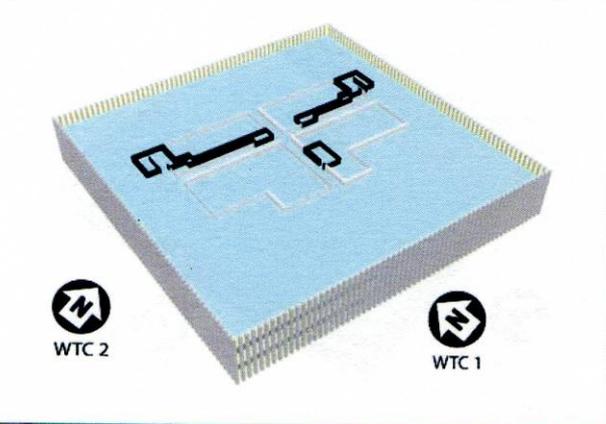
Floors 57 ? 75
There was a slight change in Stairs A, C between floors 66-68.

Floor 76
Stairs A, B, and C transferred, with Stairwells A and C moved outside the core.



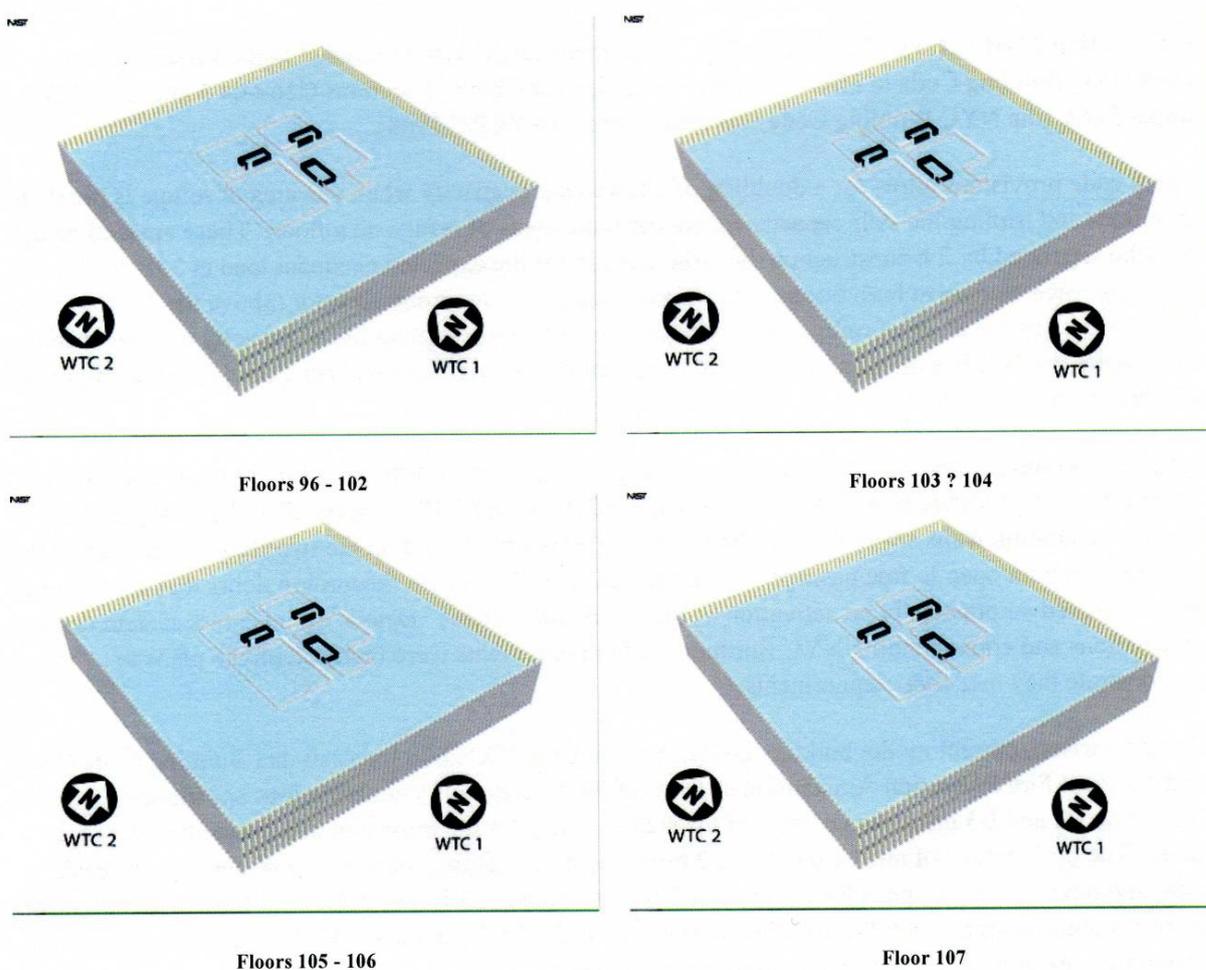
Floors 77, 79, 80, 81
There was an escalator connecting floors 77-78 (skylobby).

Floor 78



Floor 82
Stairs A and C transferred back inside the core.

Floors 83 - 95



訂出這類集會的空間特別來檢視這避難逃生設計，因為一個避難逃生的組成部分使得前進方向受到阻礙影響是不被允許的。因此，要提供更多或者更寬的樓梯來滿足這些要求，對整個結構而言，這些避難逃生路徑必須一直向下穿過大樓，讓整個架構的整體空間充分被利用。“世界之窗”在1993年爆炸攻擊事件後有了新的面貌，包括這些避難逃生系統的改變。

當每一層有提供一個避難處所（area of refuge）時，這些法令規定允許將樓梯容留人數的能力加倍，若是每一層有兩個或更多以上的避難處所時，可允許將樓梯容留人數的能力增加到3倍；此與紐約市建築法規第27-367節的規定相同，這些規定也存在1968年版的紐約市建築法規中。而這些避難處所一定要有2小時的防火時效相隔開，並且要

足夠大的空間使得容留人數負載可以達到 3 平方英尺/人 (0.28 m²/人)，這樣的一個避難處所每一處至少包含一部樓梯，並且能到達至少一個升降機 (在 11 層以上的樓層)。在每層有 3 處明確而不同位置的避難處所，3 座樓梯提供 3 倍的收容能力，使得每層樓允許的最大容留人數可以達到 1170 人的，導致一個最大量 (6.5 單位避難逃生 x 每個單位可收容 60 人 x 3)。有一些區域需要有保持常時開放門以便人員自由通行，而該常時開放門有保護裝置 (這種折疊門有防火時效而且當火警警報系統動作時它會自動關閉)。避難逃生系統設計上詳細的計算，以及該計劃也遵循紐約市建築法規，證明他們能滿足法令上要求。

相較之下，當今的建築法規，包括 IBC 和 NFPA 5000，兩者都允許在每一層樓的水平出口，將樓梯收容能力加倍計算 (但不是以 3 倍計算，除了在 IBC 中的 Type I-2 和 I-3 機構用途外)。水平出口必須有 2 個小時的防火時效相隔開，包含每一邊至少有一部樓梯，並且要足夠大的空間使得容留人數負載可以達到 3 平方呎/人，水平出口必須有連續向下可以經由大樓到達另一安全等級的地方 (在 NFPA 11.2.4.3.1 節和 IBC 1021.2 中有說明)，除非該樓層有至少 2 個小時的防火時效的開口。

避難逃生問題的解決方法是提供使用者一個避難空間，使得尚未進入樓梯避難逃生的人們得以被保護。攻擊事件發生在早上 (非尖峰時間)，NIST 估計有 188 名的使用者被在困在 "世界之窗" 的樓層。如果攻擊事件發生的時間是在所有設施的使用都接近滿載時，那麼將會有 2,000 名的使用者在這兩層樓喪生，在 WTC 1 大樓受到影響的樓層以上也就沒有任何的生還者。

相同的情形也發生在 WTC 2 大樓的第 107 層，通常稱為 "眺望台" 的樓層。在 1995 年底到 1996 年初，有一承租戶歐格登娛樂公司向 PANYNJ 提出使用用途變更申請，就是利用以前的世界之窗所使用的避難處所所使用的地區。受惠於紐約市建築法令規定，使得每層樓允許的最大容留人數可以達到 1,170 人 (包括室內的眺望台樓層和室外的眺望台樓層)。

貳、樓梯間

一、概述

WTC 1大樓和WTC 2大樓，每一棟都有3個主要的樓梯間設計當做緊急避難逃生，以編號A，B，以及C來表示。另外在地下室也有一些樓梯間(B1- B5)，這些便利的樓梯可以供租賃多層的承租戶使用，也可以供機械空間使用。這些次要的樓梯在緊急事件避難逃生系統中並沒被考慮進來，這裡就不再描述。編號A的樓梯間和編號C的樓梯間寬度是44英吋(1.1m)，從第2層樓(夾層廣場)向上延伸至第110層樓(較低的機械空間)。圖2-8是在2001年9月11日從WTC 1大樓避難逃生期間所拍的照片，照片中可以看到44英吋(1.1m)的樓梯間的情景。注意樓梯邊緣和平台的部分。編號B的樓梯間寬度是56英吋(1.4m)，從subgrade 6號的樓層到第107層樓，包括聚集(主要大堂)的部分，從編號B的樓梯間是沒有任何出口可以通往第2層(夾層廣場)。

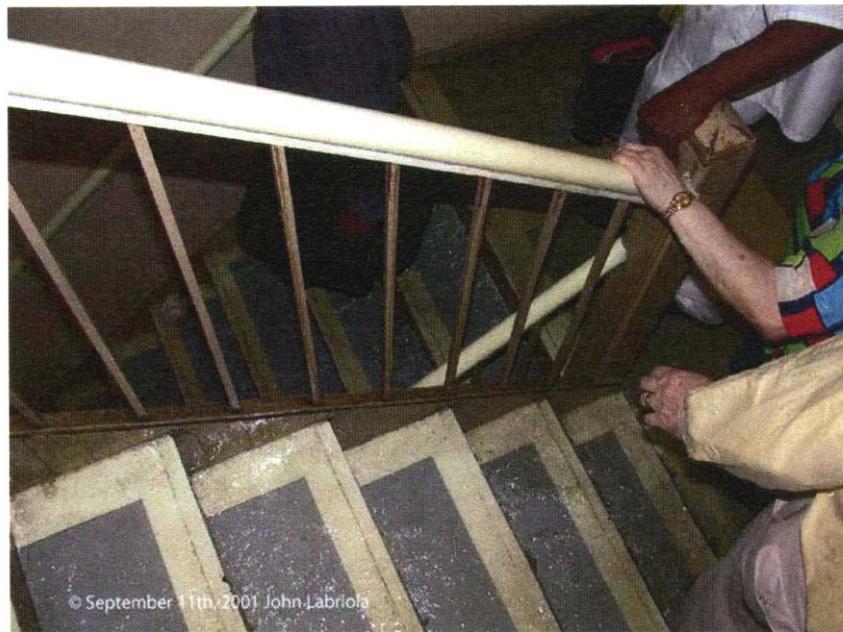


圖2-8 在2001.9.11時WTC 1之1.1m寬樓梯間

1968年紐約市要求樓梯的數目和收容能力，以及假設容留人數的最大容量，能夠比照同時代其他的相關法令。在當時的法令是要求有多個樓梯，而這些樓梯是的需要彼此保持相當距離以確保其功能。紐約

市建築法規允許使用剪刀梯的型式，並且那些法令要求那些出入口的門至少要相距15英尺（4.6m）。當地法律第16號（1984）首先強制要求兩個出入口的距離要30英尺或者在同一層最大步行距離不超過三分之一。這要求並不溯及既往，因此這法令的要求對於WTC 1大樓和WTC 2大樓並不適用。不過，這法令的要求適用在世貿中心7號大樓。

1968年的紐約市建築法規也載明，“垂直的出口應該要能連續地延伸至直接可以通達外面的空地或庭院，廣場，出入口的行人通道或面臨街道樓層的大廳……（C26 - 602.4）”。在1965年的BOCA基本的建築條例中和1966年的NFPA 101中也有相似的規定，但是像在1964年紐約州大樓建築法令或者是1966年的芝加哥市政法令就沒有這樣的規定。現代最新的法令（2003年IBC，第1003.6節中）對“能連續地”下了一個定義，即“除了避難逃生要件的方法以外並不會被大樓其他的構件中斷”。

針對WTC 1大樓和WTC 2大樓的出口，樓梯是通達夾層大廳 / 廣場層，而不是通往面臨街道的樓層。港務局認為這個廣場層所在位置看起來就像是地下街，而且這設計方式也符合法令的目的，就像是在1975年2月18日由約瑟夫·索洛蒙(Emory Roth and Sons)公司寫給PANYNJ的一封信，其中含有6項要點，“我們(Emory Roth and Sons)是遵照由港務局的要求而背離法令的（1968年紐約市建築法規）”。其中第4個要點指出，“在1971年4月6日，1972年1月11日，以及1973年5月7日與港務局書信往來，中央大廳層的處理方式就比照地下街的模式一樣”。

二、轉換走廊層（transfer hallway）

WTC 1大樓和WTC 2大樓的樓梯間，遇到有機械設備的樓層時，在該層通常在佈設上會在設備的周圍以水平走廊的方式作為連接，這以水平走廊作為連接的樓梯稱之為轉換走廊層，如圖2-9中所示。在前述表2-2中顯示在WTC 1大樓和WTC 2大樓所有樓梯間整個佈設的方式，包括以大樓內部核心的周邊區域。編號B的樓梯間在第76層時設有轉換走廊層。而對其他的樓層來說，編號B的樓梯間都是保持垂直位置。編號A的樓梯間和編號C的樓梯間是在第42，48，66，68，76，和

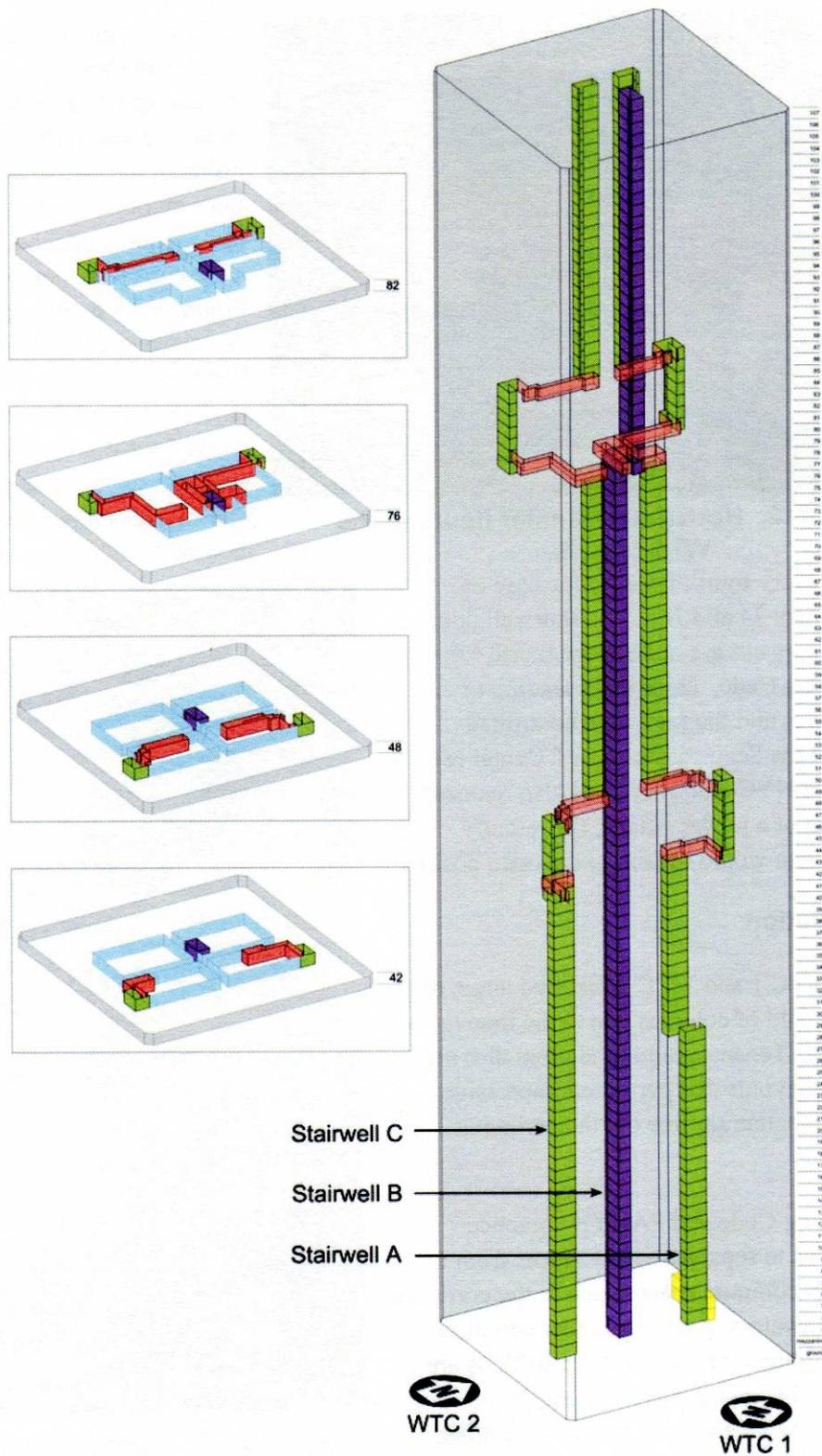


Figure 2? 1. Stairwells in the WTC towers.

圖 2-9 WTC 雙塔大樓之樓梯

82的各層設有轉換走廊層。(比其他花費較多的時間)。這些轉換走廊

的距離從幾英尺到100英尺(30.5m)不等，在編號A的樓梯間和編號C的樓梯間，第42，48，76，和82的各層有多個需要轉直角的走廊。注意到有機械設備的樓層位於第41 - 42層，第75 - 76層，以及第108 - 109層。有一個問題是值得注意的，設有水平轉換的走廊樓層會延長總避難逃生時間，尤其是和沒有設有水平轉換的走廊樓層設計互相比較的時候。世貿中心評論委員會，這個委員會是由於1993年世貿中心爆炸攻擊事件後，由紐約市建築與防火委員會所組成，發現到大樓內的使用者若遇到避難逃生的路徑有所變化時，對一般人在避難逃生期間會產生混亂的(紐約市1995)。圖2-10的照片中可以看到WTC 1大樓和WTC 2大樓的水平轉換走廊層，這照片是在1993爆炸攻擊事件後所拍攝的，包括照片上的標記。

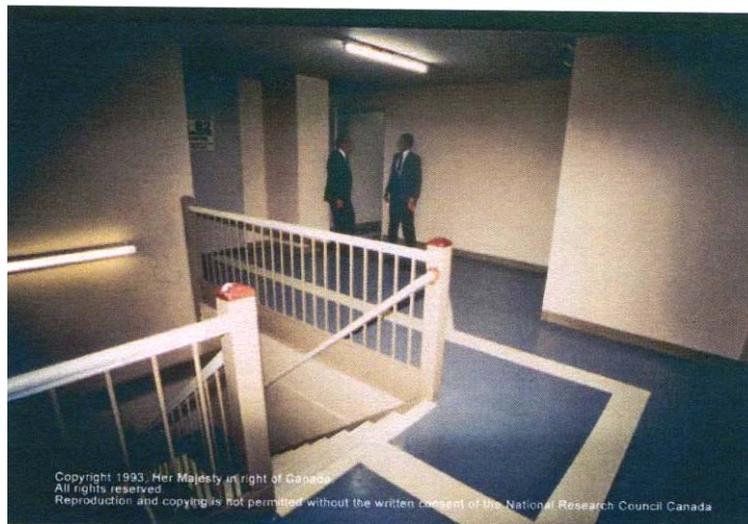


圖 2-10 WTC 雙塔內部水平轉換走廊層

每個樓梯間在兩側通道門上都標有記號，標明英文字母與數字，來表示該層特別的樓梯間。在樓梯間的內側有一標誌標明樓層號碼，樓梯間的編號，並且標明該層是否「可再進入」、或者是「不可再進入」。圖2-11照片中顯示的標記是在1993年爆炸攻擊事件後才有的。「不可再進入」的樓梯間有一個平臺，在那裡在樓梯間旁邊的門是鎖住的。如果特別樓層不是標明「可再進入」，標誌上就會表明最近距離的「不可再進入」樓層的位置，而每四個樓層就有「可再進入」的逃生門(例如圖2-11中，就有標明第74層和第78層樓是「可再進入」的樓層)。

紐約市建築法規有規定，要求每隔 4 個樓層的樓梯間的逃生門必須開著的，除非是在第 22 層樓的安全中心(SCC)透過電子控制機制才能將門鎖上。紐約市建築法規也有規定，如果發生停電狀況，這「可再進入」的逃生門鎖住機制必須將門關上，並不可在打開的位置。

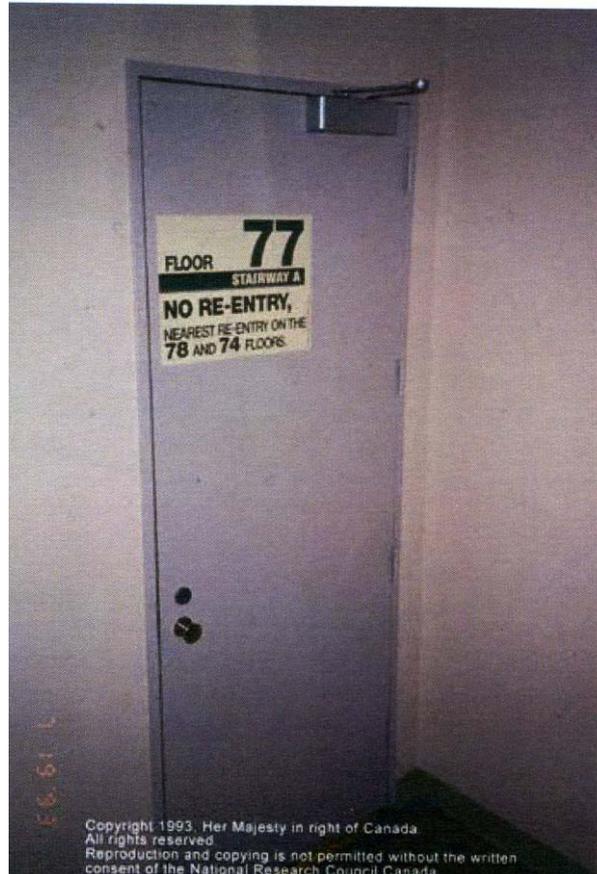


圖 2-11 從樓梯 A 內部所見到之樓梯防火門標示

三、區劃

WTC 1大樓和WTC 2大樓的設計是以大空間為主要特色，開放寬廣的無柱辦公室空間是創新的結構設計。承租戶可以(而且經常如此)利用開放寬廣的辦公室空間，透過辦公室周邊的窗子向外看，以天際為背景的曼哈頓真是讓人留下深刻的印象。

紐約市建築法規和PANYNJ 開始落實要求區劃，將承租戶所使用的空間與另一個一般的空間區隔開來，這些一般的空間就像設置有升降機的走廊，樓梯，和其他在大樓核心的空間。這種有防火時效等級的隔間是打算限制火災在該樓層蔓延，並且防止火災從一承租戶的使用

空間蔓延到另一個承租戶的使用空間。從走廊出口進入承租戶的空間這隔間區劃必須有1小時的防火時效，雖然PANYNJ 要求他們要改成為2個小時的防火時效。同時允許走廊的長度為100英尺(而不是要求50英尺，並且有1小時防火時效區隔)，這樣的要求使得承租戶在使用空間上有更多的靈活性。分隔承租戶空間的牆壁(也稱分戶牆)被要求有1小時防火時效區隔。包覆垂直的管道間，包括樓梯和轉換走廊、升降機道和機械室或公用設備區的管道間，這些都被要求有2小時的防火時效區隔。保護垂直管道間的目的就是要限制火和煙在不同樓層間蔓延傳播。

另一個影響大樓區劃的原因，是採用了自治條例5號法律(紐約1973)(LL 5)，進而修改了紐約市建築法規。當時並沒有適用在世貿中心大樓上，PANYNJ 採用的政策是希望能自發性的遵照法令的要求。LL 5要求在超過100英尺(30.5 m)樓高的現有辦公樓中，沒有設置撒水設備的空間，但"設有空調和/或機械通風系統而這些設備只供該層使用"，須具有1小時防火時效區隔，這樣的區劃面積不可以超過7,500平方英尺(695 m²)。如果該區有2小時的防火時效區隔並且設有偵煙探測器保護，這樣樓地板區劃面積可以增為15,000平方英尺(1390 m²)。如果設有全區自動撒水設備做為保護，這樣樓地板區劃面積可以不受任何限制(LL 5，第6部分)。

在LL 5法令採用不久之後，PANYNJ 開始增加對新的承租戶空間佈設要求區劃，從那時之後，可以看得出來與承租戶改變合約內對區劃的要求。在1975年發生火災之後，有一份防火安全顧問報告，建議PANYNJ 應對大樓改裝進而設置自動撒水設備，作為解決煙可能造成的問題，並且能解決對區劃的要求，使得大樓並不因區劃遮蔽了視野。這項決定讓世貿中心對內部樓層的安排上產生變化，使得承租戶的空間與其他的使用空間有所區隔，包括從出口進入走廊或者核心地帶的一般性空間，以及有防火包覆的管道間。

四、分間牆及管道間周壁之構造

垂直的管道間圍繞著樓梯，機械管道間(提供且帶走空氣)，升降機的垂直通路，公用設施的管道間，全部都包含在世貿中心的大樓核心

區內，並且都以石膏板包覆，而這些以石膏板包覆的方式，類似於在今日單戶連棟式建築物所常採用的防火區劃分間牆（分戶牆）。這些石膏板厚度有2英吋（5.1cm）以及寬度有2英尺（60.8cm），據說這些石膏板以金屬坎邊，長邊有槽溝。就像是有2片1吋（2.54cm）厚的板子，以金屬槽溝將兩片結合在一起。在WTC 1大樓和WTC 2大樓中這些石膏板的長度無法得知，但是以今天可以找到類似的石膏板，他們的長度是8到14個英尺，可以提供我們參考。這些石膏板被嵌在上下均是金屬的H型槽溝中，而且以螺栓鎖在未塗泥灰的牆壁上。

1978版的石膏協會(GA)防火設計手冊中，列舉了幾個類似在豎道的牆面結構使用2英吋的石膏板，是由二片厚度為1吋的石膏板為核心所組成，同時“在長邊上嵌有金屬的槽溝”。GA防火設計手冊中列舉了豎道的牆面，以單一片厚度有2英吋嵌有金屬槽溝邊的石膏板，有1個小時的防火時效。以單一片厚度有2英吋嵌有金屬槽溝邊的石膏板，而且內襯有一層X型的石膏板，這樣就有2個小時的防火時效。如果以單一片厚度有2英吋嵌有金屬槽溝邊的石膏板，而且內襯有2層X型的石膏板，這樣則有3小時防火時效。

在同一樓層使用戶的隔間是由2層 5/8 英吋（1.58cm）厚的石膏板所建造的。X型的石膏板一片接著一片以鋼釘固定。這樣的建築結構通常被認為具有2小時防火時效來作區劃。在天花板上方，導管貫穿處或者是氣流的回風處，都裝有具防火時效的防火閘門以確保整個區劃的防火時效。

不同的承租戶使用一些非獨立的空間，這些隔間所用的建材是由單層或雙層，厚度為 5/8 英吋的石膏板所建造成的。以鋼釘固定連結的X型石膏板，一片接著一片與懸吊的天花板相連接，但未連接到天花板的上方。有承租戶使用雙層的石膏板，另一個原因是希望能降低來自隔壁的聲音。而這些隔間其實並沒有被要求有防火等級，也不需要使用防火門。然而，以單一片厚度有5/8英吋，以鋼釘固定連結的X型石膏板，通常被認為有1個小時的防火時效。以雙層每層厚度5/8英吋，以鋼釘固定連結的X型石膏板，被認為有2小時防火時效。對一個隔間隔到天花板高度的區劃而言被認為是有防火等級的，所以天花板本身也必須有防火等級。而整個大樓的天花板系統並沒有防火等級。

參、昇降

要讓
有一些高
機便成為
建築群包
機，可供
的地下室
快速直達
WTC 1大

- 人
部
有
17
- 人
搭
搭
段
- 有
升
局
- 另
1

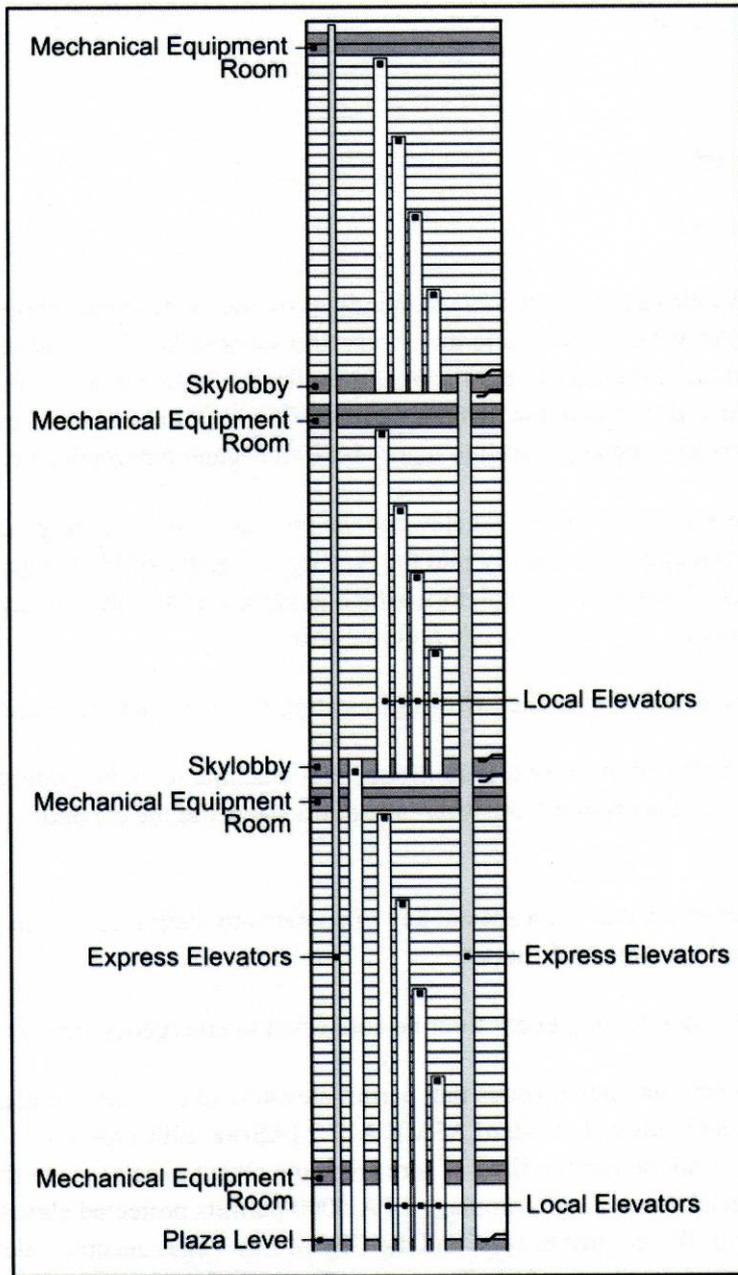


圖 2-12 WTC 塔樓之升降機昇位圖

有特殊用途的直達升降機可以到達眺望層。

層和餐廳，
]此，升降
[中心大樓
[99部升降
[附屬等級
[區塊，以
圖 2-12 是

[24部的局
段，每階段
從9到16，

[空大廳層
比之前要轉
[的局部區
面積。

[10部直達
[的任一機。

106層樓和
1大樓也

舉例來說，一名使用者要到第 91 層樓，就會從大廳搭乘一部直達升降機到第 78 層，然後必須轉乘另一個升降機到達第 91 層樓。那些搭乘升降機的人會花費幾分鐘的時間，花費的時間取決於在等待升降機的時間。當提供人們移動的可接受度，這三層升降系統比起一般所有電梯系統從入口到大廈的上面縮短了不少時間。更進一步地，靠近頂層可租出的區域可變更使用。在每部升降機的頂上，為了要放置運

作升降機的機械設備，必須使用更高的樓層。從放置升降機的機械空間的頂部到另一部升降機的底部，兩者之間並不需要升降機的升降豎道。這樣的設計使得混凝土造的地板可以延伸到這空間內，提供額外可出租的區域來當作辦公室，會議室，貯藏室等等。舉例來說，從圖 2-12 顯示為供第 9 層到第 16 層使用之升降機 A 所用到的空間(編號升降機 24- 29)，要求收回供 19 層到 42 層承租戶使用。這導致大約每層 750 平方英尺 (69.7m²) 的面積要求被收回。對於升降機 A, B, C 三台所使用的空間，計算這些回收未使用的空間面積，大約 100,000 平方英尺 (9,290 m²) 的潛在空間出租辦公室可能被追回。假設每年每平方英尺以 55 美元租賃價格計算，在超過 600,000 平方英尺 (55,740m²) 的曼哈頓商業區辦公大樓而言，這被回收的區域理論上每年差不多可以產生租賃收入將近 600 萬美元。在當時世貿中心大樓被建造時，高空大廳的概念，快速直達升降機以及大樓的單一區域服務，這些觀念是非常創新的。其他的高樓現在也使用這個概念。

除了載客電梯之外，在每座塔樓裡有 7 部載貨電梯；大多數服務於特定的區域，而這些車廂服務於每層樓。

- #5 號車廂： B1-5, 7, 9-40, 44
- #6 號車廂： B1-5, 44, 75, 77-107
- #17 號車廂： B1-1, 41, 43-78
- #48 號車廂： B1-7, 9-40
- #49 號車廂： B1-5, 41-74
- #50 號車廂： B 6-108
- #99 號車廂： 107-110

有兩部快速直達升降機可以通達 WTC 1 大樓的“世界之窗”樓層(並且到達相關的會議室和宴會場所)，另外有兩部快速直達升降機可以通達 WTC 2 大樓的觀景眺望台。在每座大樓中有 5 台局部區段的升降機：其中有 3 台局部區段的升降機把人從地下層帶到大廳層，有 1 台在 106 層到 110 層之間運送，另一台在 43 層到 44 層運送，主要是服務自助餐廳區到高空大廳之間。全部升降機已經被提升等級以符合消防人員緊急操作的要求。

當地第5號法律(紐約1973)要求升降機需要提供一個緊急回話系統。這要求後來被併入美國機械工程師協會(ASME)A17.1有關升降機和自動扶梯的安全法令，這法令是目前所有美國建築法令中管理升降機的設計和操作。ASME的法令有下列要求：

- 所有的載客電梯都必須標示聲明當火災期間是不能使用的；
- 在每個升降機大廳內和機器室安裝火警探測器，當升降機門打開同時升降機故障停止使用時，可以將升降機強制回到地面層；並且
- 只要他們認為如此做是安全的，防火管理員能使用一把特別的鑰匙，用手動模式來操作任何一台獨立的升降機車廂。
- 至少每一層有一部升降機是有連接緊急電源的。

目前，沒有任何美國建築法令可以允許升降機在緊急避難逃生中當作一種避難逃生的工具，並且在ASME A17.1(ASME 2000)針對全部升降機必須要有警告標語，在火災發生時是不應該使用的。近來有一些例外沒有遵照規定，但是這些例外是局限於一些特例。例如，在NFPA 5000中許可有安全保護設備的升降機，用來當作空中交通指揮塔台逃生使用的第二方法，並且在拉斯維加斯市可以接受，當人們從Stratosphere塔逃生時，將升降機當作是主要的逃生工具，此乃依據性能設計的案例。

美國建築法規(包括紐約市建築條例)需要“緊急升降機”(accessible elevators)作為逃生工具的一部份，當火災逃生疏散時可以服務一些殘障人士。這些升降機必須遵循ASME A17.1(透過消防服務的第二階段緊急操作)，提供緊急電源，可以到達一避難場所或者同一層的水平出口(除非大樓整棟設有自動撒水設備)，並且必須是沒有遭受煙害的環境。在第二階段緊急操作包括消防人員對升降機的操作與使用，消防人員以手控方式(使用一把特別的鑰匙)進入升降機或者是為了營救殘障人士。

如果在WTC 1大樓和WTC 2大樓發生一場火災，或者要求疏散時樓梯間無法使用，或者樓梯間受到火害或煙害阻斷，考慮使用升降機供使用者逃生時要遵照以下PANYNJ 的指示：

- 如果升降機所在樓層發生火災，那麼升降機可能不被使用，除非在防火安全主管或者消防局的具體指示之下；
- 如果升降機所在樓層發生火災，而且升降機管道間在該樓層沒有開口，那麼升降機在防火安全主管或者消防局的指示之下可以被使用，
- 升降機在消防局的指導下或是經過訓練的大樓人員才可以被使用。

每個有升降機的大廳設有標誌上面寫著：「除非另有規定，火災發生時應使用樓梯」。這個標誌也包括一張圖，圖上標明標誌位置和特別樓層的位置與字母。

肆、緊急通訊系統

WTC緊急應變步驟指出，所有整棟建築物的宣佈事項將與消防安全管理人或生命安全與保安監督人協調，透過每個WTC塔的消防指揮站來廣播。副消防安全管理人可能會做所有的宣佈事項。世界貿易中心緊急應變指引19的附錄J提供了事先準備好的各種緊急情境，包括電力中斷、火災與服務中斷等所要使用的文字。在所有的緊急宣佈事項之前，會先做下面的預告廣播：

“請注意，請注意。幾分鐘後在您的樓層的主要通道有項重要公佈事項。”

若因任何原因疏散，包括火災或煙霧，有下列的宣佈事項，以便進行分階段疏散：

“請注意，目前在您所在樓層附近有煙霧產生。本建築的員工已經派往現場處理此狀況。然而，為了謹慎起見，我們正在依序進行 xxx 樓層的疏散。請稍作等待直到我們透過公開廣播系統宣佈您的樓層號碼再作疏散。然後聽從您的消防安全小組的指示。我們將持續通知您。很抱歉造成不便，並謝謝您的合作。”

特定樓層的標準疏散廣播為：

“請注意。目前該您所在的樓層進行疏散。請遵守您的消防安全小組的指示，請使用最靠近您所在位置的逃生梯。提醒您通訊系統、緊急照明燈與其它重要服務仍在使用中。我們將持續通知您。很抱歉造成不便並謝謝您的合作。”

然而，根據此指引，在消防安全管理人的考慮下，向建築物內人員廣播的資訊與指示可被修改以適合緊急狀況的本質。

伍、消防指揮站

消防指揮站位於 WTC 1和WTC 2的大廳，提供建築物員工之指揮發佈以協調應變。消防指揮站的主要價值為其角色是作為關鍵建築物員工應變建築意外事件之集合點。NYC建築規範要求消防指揮站的電腦螢幕監測並顯示下列資訊：

- 手動火警警報
- 煙霧偵測
- 撇水頭的水流動作
- 梯廳偵煙探測器
- 火警訊號作動
- 中央機房的通報
- 風扇系統狀態
- 失效但安全的上鎖門之狀態
- 消防系統故障
- 火警訊號故障
- 防拆保護開關警報
- 電力電源
- 測試/正常模式
- 其它所需的資訊，如電梯的狀態

第三節 人員因素

PANYNJ製作並定期更新緊急應變步驟手冊以供建築內的員工在建築物意外事件時遵守，至少直到2001年9月11日前幾個月西爾斯頓資產公司正式成為承租人為止。西爾斯頓資產公司先前管理WTC 1和WTC 2，PANYNJ員工在管理權轉移時仍繼續密切參與資產的管理。手冊最近的更新是在2001年初完成。要注意的是PANYNJ並不負責WTC3(Marriott飯店)、WTC 6(美國海關)或WTC 7的火災或警報之應變。

在2001年的手冊中的14個章節說明在其它潛在問題之可能性中，如炸彈威脅、火災、洪水、氣體洩漏、電梯緊急事件、電力中斷、醫療緊急事件、化學品與燃料外洩、結構完整性，與政治遊行的可能性。飛機的撞擊並未被特別的探討。一一列舉關鍵員工的個別責任，包括與非PANYNJ員工的互動(包括FDNY、NYPD及其它)。

壹、消防安全管理人的責任

消防安全管理人 (fire safety director) 是自治條例(Local Law 5(New York 1973))所要求的一個職位。自治條例(Local Law) 5要求所有的建築物(新的或既有的)使用人數超過100人以上且位於地面層以上或以下者，或整棟建築物中有超過500人以上者需有消防安全管理人、副消防安全管理人，以及建築物避難監督人員。每個這樣的建築物被要求有一位員工被指派為安全處長以及一位或一位以上的員工被指派為副安全處長，並有政府部門的資格認證，可進行消防演練、避難與相關的訓練。在正常上班時間必需有經過認證的人值班。與自治條例5 (Local Law)的要求一致，WTC的消防安全管理人的主要責任(根據先前的緊急應變步驟手冊)為整個建築的意外事件之緊急應變管理(PANYNJ 2001b)。消防安全管理人向消防指揮站，或現場報告，並承擔以下的責任：

- 確認有通知FDNY並協調FDNY與其它緊急應變人員的活動
- 與被影響的樓層之樓層管理人協商來確認該樓層的狀況，並找出要疏散的區域、疏散路徑、可使用的樓梯，以及可能的避難樓層；

- 啟動疏散步驟；
- 必要的話，指示疏散的廣播；
- 部署安全人員限制進入受影響區域並維持該區域安全；
- 派遣 “key runs”³；
- 確保啟動適當的通知
- 維持事件的時序記錄
- 指揮營運控制中心(Operations Control Center, OCC)安排緊急電梯服務
- 調查火災的原因(與FDNY的火災調查局協調，準備適當的報告。)

貳、副消防安全管理人的責任

副消防安全管理人被指派於大廳的消防指揮站的角色，為執行並指揮消防安全計畫，包括：

- 將意外事件通知消防安全管理人、營運控制中心，及警察值班室；
- 維持與樓層管理人和消防安全小組的其它成員之溝通；
- 必要時協助群眾的控制與疏散；
- 要求電梯啟動人員或營運控制中心 (Operation Control Center, OCC)與電梯連絡以呼叫至大廳的樓層等待消防隊員；
- 完成必要的火警通知表格

參、營運控制中心監督人員的責任

在接獲火災意外事件的通知後，位於營運控制中心的值班監督人員首先要確保有通知火災指揮站與消防安全管理人。其次，監督人員要透過WTC無線電頻道發出一個一般性的資訊廣播，監測所有頻道並確保除非與持續進行中的意外事件有關以外的無線電淨空、安排電梯服

³ “key runs”係指負責分發及收回主鑰匙環及消防隊手提無線電對講機。主鑰匙在意外時可提供緊急應變人員及建築使用者通行至安全區域。

務、必要時向各單位更新相關資訊、並通知“世界之窗”(WTC1)與“世界之頂”(WTC2)的管理者們此意外事件，以“降低當大量緊急應變車輛應變時承租戶、訪客、客人等的焦慮”。營運控制中心位於WTC1的B1層且為備援的消防指揮中心。

肆、運作與維護管理階層的责任

一旦有需求時，立即動員建築物營運人員與維護人員以提供緊急應變的協助。值班的監督人員與消防安全管理人、消防安全協調員、或生命安全與保安監督人員連繫並於必要時趕至消防指揮站協助。營運小組的監督人員，可能需要自給式空氣呼吸裝置，被指派前往意外事件現場的下一樓層，使用樓層管理人的電話與消防指揮站建立聯繫、協助疏散，並與消防指揮站保持聯繫。

機械承攬商的監督人員要派員前往消防泵浦待命，接受進一步的指示。若消防安全管理人或消防隊要求時派員前往操作煙霧迫淨系統，並派員關緊撇水關斷閥。

電氣承攬商的監督人員要指派派一名電氣技工至受影響樓層的下一樓層，若意外事件牽涉電氣箱或設備時提供協助，並派兩名電氣技工至受影響樓層最近距離的電力分站，及一名監督人員至消防指揮站。再者，電氣監督人員要確保人員待命以確保電力供應，必要時有攜帶式電力可用，並在意外事件後的偵煙器或警報盤的復原中扮演重要的角色。在重大災難時，所有電氣員工要至電氣站辦公室報到。

電梯維護承攬商監督人員要向消防指揮站報到，以在必要時協助並需要時派遣電梯技工至適當的位置。圖2-13顯示WTC人員(由背心顯示為WTC人員)在2001年9月11日時，試圖從大廳的消防指揮站與電梯內的乘員溝通。

伍、樓層管理人系統

WTC緊急應變步驟(PANYNJ 2001b)要求高層建築的每個樓層依NYC建築規範，指派一名樓層管理員協助該樓層的疏散。協助樓層管理員者為副樓層管理員與搜尋人員，這些人員組成了承租戶消防安全小



圖 2-13 在 2001.9.11 時 WTC 1 消防指揮站電梯通信盤之操作情景

組。一旦指示要疏散該樓層時，建築物主管當局有責任要確保依序疏散：

- 緊急狀況時，樓層管理員要負責確保透過電話告知警察值班室或啟動手動啟動裝置。樓層管理員向消防指揮站詳細通報意外事件，並向建築物內人員轉達指示。
- 樓層管理人負責通知位於起火樓層的人並確保人員進行消防安全計畫(PANYNJ 1995)。緊急狀況時，搜尋者會集合員工，而副消防管理人會將他們引導至走廊並確保計入所有人員。若人員不願意疏散時，不要求搜尋人員強制疏散。
- 與消防安全管理人協調，樓層管理人根據火災位置，選擇最安全的樓梯來使用，包括檢查樓梯的環境，並通知消防指揮站您使用哪一個樓梯。

陸、內部人員與承租人的訓練

WTC政策為每六個月進行一次消防演練，與NYC自治條例5一致，或在所有新的承租戶搬入WTC 1與WTC 2不久後進行。書面步驟指出在承租戶演練前三天透過樓層管理員與副樓層管理員發出事前的通知。然後由樓層管理員通知該樓層內所有人員。

在消防演練前，使用公開廣播系統來宣佈即將進行演練。住戶強制

參加演練，只允許有少數“基幹員工(skeleton staff)”留下作為企業延續運作之用。消防演練缺席的“基幹員工”被要求要參加下一梯次的消防演練。住戶被要求要在指定的樓梯間外集合。

在消防演練訓練中，發出消防警報聲響。樓層管理員、副樓層管理員與搜尋人員要確保住戶在中央走道，靠近樓梯間處集合。消防安全小組然後指示住戶不要執意滅火，不要使用電梯，要遵守副消防安全管理人的所有指示，以及若有問題時該打什麼電話號碼。指出最靠近的樓梯間的位置以及分階段疏散的步驟(依樓層管理員或副消防安全管理人的指示，移動起火樓層以下的三個樓層的人員)。

對住戶的標準指示為向下疏散(意外事件發生樓層的下方三個樓層以下)。訓練並未明確的指示住戶不可向上疏散或試圖到屋頂上。樓梯間A和C通往第110層，但只是用來作為逃生點以從第110層樓或屋頂向下走。第110樓並非再次進入的樓層，因此，沒有被授權的證件或鑰匙的住戶會無法抵達到屋頂的樓層。假設可以到達第110樓，依聯邦通訊委員會(Federal Communication Commission)的法規，會有另外兩個門阻止到達屋頂。第一個通往可到達屋頂的樓梯間的門是以一個通行讀卡機保護。開啟第一道門後，會進入一個門廳，將ID卡讓OCC監測的一個閉路電視看後，該門可以從OCC電子解鎖。因此通往屋頂只限制於少量被授權經過無線電頻率危害等級之處。

樓層管理員，副樓層管理員，及搜尋者被要求在其訓練中的一部份為錄影帶觀賞，這影片是由PANYNJ所準備。影片名稱為「WTC消防安全」，並由PANYNJ提供給NIST，以審查緊急應變步驟、建築物消防安全系統，以及消防安全小組的成員之責任。

第四節 先前事件（1993 爆炸案）之影響

壹、火災發生時避難狀況

推測在爆炸火災發生時，兩棟大樓的合計人數約為 20,000 人。其中估計約有 16,000 人進行逃生，而在另一大樓人約有 8,000 人未逃生。在各大樓內，約有 70~80% 人們聽到爆炸聲並因建築物搖動而感到異常，並立刻與控制中心聯絡，但是卻打不通。在這之中，爆炸後各樓的照明約有半數立刻熄滅，煙便開始向事務所入侵。但是，因為

大樓內未進行緊急廣播，在大樓內多數感到不安的人立刻開始進行逃生。

根據立刻感到異常並逃生人的證言：「當時，樓梯間已充滿了煙、人多且混亂。」。而且，因為煙遮住了誘導燈的光線，在途中有的些誘導燈也熄滅，這些原因更使得情況更為混亂。起初在樓梯間內雖然混亂，但是因為有照明設備，大多的逃生者才能將情緒穩定下來。然而，愈往樓下走煙就變得愈濃，只好以手帕、絲巾等來遮住口進行逃生，同時愈是往下緊迫度也愈提昇。

在這其中也須要讓孕婦及殘障者先行通過，且還要讓出一部分的樓梯空間，讓消防人員上樓。如此，在地上 110 樓的建築物中逃生，就如同在爬坡過程一般需要花上一段時間，以樓梯階來看至少要走完 2000 階。塔樓上的人透過樓梯井進行疏散總共花了 4 個多小時。

貳、調查結果與災後改善

在 1993 年紐約世貿大樓汽車爆炸案發生後，美國國家防火協會 (NFPA) 與加拿大國家研究院 (NRCC) 便開始執行有關雙子星大樓的避難行為研究，研究結果如下：

- 1、兩棟大樓內的使用者對於火災初期的洞察認知能力顯著不同。
洞察認知能力與性別與年紀無關。
- 2、當人們認為他們可能直接面對火勢衝擊時，會選擇冒險穿越濃煙區。
- 3、大部分使用者在漆黑狀況下避難逃生。
- 4、第一棟雙子星大樓，從得知事件發生後開始避難的平均時間是 15 分鐘，第二棟樓平均為 35 分鐘。
- 5、參與演練的人數低於全棟總人數 10%。

1993 年 2 月 26 日 WTC 爆炸事件促成後續之維修及更新計畫，共花費約美金 2 億 5 仟萬元，項目包括以下：

- 港務局先花了 1 億美元啟動資金改進世貿中心的性能、架構和技術裝備。同時，加強了消防安全計畫，重組和整頓了自衛消防編組。

- 在WTC 5屋頂裝設無線電中繼站以供消防隊溝通。
- 流通循環的改善工程。
- 新的北側(通往Vesey街)及南側(通往Liberty街)通道以供來自Concourse(大型購物中心)人員的快速疏散。
- 由Concourse(大型購物中心)過來的兩個電扶梯：一個通往WTC 5的廣場，一個向上通往WTC 4並連到Church街。
- 在手扶梯、梯級，及階梯中線使用自體發光塗料(photoluminescent paint)以輔助照明。
- 樓梯間均有自體發光塗料標示顯示所在位置及樓層及最近的逃生出口。
- 樓梯間照明使用多重電源：2個正常電源、備用發電機，及一個來自PATH系統的備用電源；每隔一個樓梯間的裝置有一個電池備用(達90分鐘)，大幅改善增加緊急照明續電能力。
- LED逃生指示以供在有煙的情況下可以有額外的亮度及可見度。
- 在所有的樓梯間內，於樓梯再進入的門有日光燈指示及浮瓷打印的點字。
- 在主大廳設消防指揮站。
- 除了正常照明以外，額外設兩個封閉式(有備用電池)電梯燈與警鈴。
- 升級的電梯對講機系統，於消防指揮站監測。
- 新的分散式火警警報系統(Fire Alarm System)(第7型)，有三個獨立的數據提升器以連接至每隔三個樓層設置的應答器，額外的控制盤及電氣元件；多重控制站廣播能力。
- 由正常緊急電力供應、電池備援、及第三電源供應的火警警報系統、緊急通報系統。
- 新的現代化的營運控制中心有能力監測所有的HVAC系統與電梯。
- 電梯現代化以符合目前的規範，包括使用微處理器的系統來替換繼電器系統(在2001年9月11日時只完成50%)。
- 撒水系統的安裝加速完成，包括Concourse大型購物中心。
- 樓層管理員配備手電筒、哨子、帽子並給予特殊訓練。

- 與消防隊配合進行消防演練。
- 供身心障礙員工避難椅。

參、1993 年與 2001 年避難分析比較

一、避難認知之比較

對 1993 年與 2001 年兩次事故之避難認知情形，說明如下：

- 1、事件初期認知覺察嚴重度的比率：1993 年時 WTC1 僅有 28%，WTC2 僅有 18% 的人覺察事件嚴重性；同時 WTC1 有 33%，WTC2 有 44% 的人認為事件一點也不嚴重。
- 2、有曾經經歷過 1993 年爆炸案的人比較知道事件嚴重性而不僅僅只有電力中斷的危機。
- 3、9 月 11 日首先撞擊 WTC1，比較多的員工是感受到震動搖晃得知警訊，WTC2 的員工大部分是看見報導火球火焰或爆炸碎片才知事件嚴重性，但大部分員工仍不清楚整體狀況，直到看見窗外情景或從媒體得知訊息。員工得知撞擊訊息因樓層位置不同而有差異。
- 4、部分樓層辦公室隔間沿著樓層週邊設計區劃內部，與離核心近的辦公室相較，則有較好的窗外視野，事件發生時覺察較快。其他開放型樓層空間，即使是內部員工亦能容易看見窗外得知訊息
- 5、1993 年時爆炸案時無任何廣播通報，因爆炸發生在地下層，廣播線路設於此，故完全受破壞而失效，而內部員工平時受訓練時被教育要聽從廣播行動，故不斷等待進一步指示。
- 6、911 當天，廣播系統正常運作，訊息來自全區播報定位系統聲稱 WTC2 曾播報說明 WTC1 的撞擊不會影響，請他們回工作崗位，媒體未公佈當天的播報錄音，而每一位受訪者的說法不一，大部分人還是選擇避難逃生。
- 7、承諾責任感是重要影響個人避難逃生的因素，例如正在餐廳用

晚膳的人，不會在聽見警鈴響時立即避難逃生，911 當天 WTC2 已經知道事件嚴重度的人，不論播報內容為何都不會影響其避難逃生的決定，而不清楚狀況的人可能就會受到播報內容的影響決定是否避難。

- 8、1993 年，WTC1 的人得知火災發生至開始避難至少延遲 4 小時，WTC2 的人則至少延遲 3 小時。總結各項原因，缺乏訊息與指示，濃煙及人潮擁擠於樓梯間，照明不足。部分樓層員工聽從公司管理部門指示等待協助。
- 9、9 月 11 日當天，WTC1 大部分人選擇立即避難逃生，然而有部份人延遲至少約 20 分鐘才開始避難，部分樓層管理人巡視負責區域確保每個人均已逃生。
- 10、有些人被煙困在樓梯間等待援助，一部份人則持續工作等後進一步的指示。WTC2 大部分人在 WTC1 被攻擊後選擇立即避難逃生，只有 1/3 人等到 WTC2 亦被攻擊後才開始逃生。
- 11、1993 年，避難移動時間從數分鐘至超過 3 小時均有。從表 2-3 中可看出在 WTC2 的人避難時間平均較短
- 12、9 月 11 日當天，在 WTC1 倒塌前，內部人員有 1 小時 42 分鐘避難逃生時間。
- 13、據報導在第 90 及 91 樓的人最少僅花 45 分鐘的逃生時間；在 1993 年時這兩層樓平均逃生時間 2.5 小時。
- 14、9 月 11 日時，沒有任何人避難時間超過 2 小時。若如 1993 年，則大部分人將喪生。

表 2-3 1993 年時 WTC1 及 WTC2 的避難時間

Time	Tower 1		Tower 2		Total	
<5min	2	0.9%	1	0.7%	3	0.8%
5-30min	28	12.9	35	23.5	63	17.2
30min-1hr	56	25.8	71	47.7	127	34.7
1 to 3 hrs	114	52.5	42	28.2	156	42.8
Over 3hrs	17	7.8	0	0.0	17	4.8
Other	5	-	3	-	8	-
No answer	3	-	5	-	8	-
Total	225	100%	157	100%	382	100%

二、 結果與分析

對 1993 年與 2001 年兩次事故之避難情形加以比較後，結果如下。

- 1、 人們危機意識提高，即使不清楚確切的狀況為何，認知開始避難時間縮短。
- 2、 假如 1993 年的避難情況發生在 911 事件時將有更多的人員傷亡。
- 3、 內部員工定期的訓練與避難路徑能見度的改善提升了成功避難逃生的機會。
- 4、 從未舉行過完整或者部分的疏散演習。而且，在那些已舉行的演習中，每個客戶的參與度也因人而異，差別很大。
- 5、 在 1993 事件後演習期間，平民百姓們並沒有被指導如何從自己所在位置進入樓梯井，也沒有被告知有關樓梯井的架構、中轉門廳和安全門的位置等訊息。
- 6、 消防標準演習通知建議參加者，在遇到緊急情況時，他們應得到指導，至少下撤到大火 3 層樓以下的位置。但是大部分平民百姓記得僅僅是讓他們在險情發生時原地等待指令。
- 7、 在世貿中心，平民百姓並沒有被告知從樓頂疏散不是整個疏散計畫的一部分，也沒有被告知通往樓頂的大門是鎖住的。港務局也承認沒有解救困在大樓上方火海裡的人員的計畫。
- 8、 911 事件逃生至頂樓的居民，因為頂樓高溫直昇機無法救人，造成人員全數死亡，因此有必要製作高樓緊急應變逃生手冊，教導民眾更正確的高樓逃生方法。
- 9、 提供民眾緊急應變裝備資訊一家庭中準備手電筒是事件逃生

報告認為最重要的器材，並教導如何辨認生物恐怖攻擊、製作家庭緊急應變計畫、應變期間準備之器材和食物。

- 10、落實緊急應變訓練— 911 事件檢討結果，事件發生情境和後果嚴重超出應變演練狀況，訓練時若能逼真確實演練才能發揮效果。
- 11、高樓內部逃生門標誌檢查— 緊急狀況下現場黑暗，逃生標示是這次逃生成功人員所依賴的重要關鍵；另外報告中指出，逃生門在因為外力撞擊或高溫而變形，如何在緊急狀態下克服困難是訓練要點。
- 12、通訓品質提升— 包括每個隊員配備無線通訊系統，研究如何突破大樓對於通訊之干擾，演練頻道使用，以及資訊集中處理分析之訓練。
- 13、將電話接線生納入應變系統並與以訓練— 911 事件中一般民眾的詢問對象是 110 或 119 等緊急電話，但這些電話接線生往往未納入緊急應變系統中，因此給民眾錯誤的訊息，造成無的傷亡後果，因此建議必須把緊急電話納入應變系統，並且把接線人員納入訓練。
- 14、提供民眾緊急應變的資訊：研究指出，雙子大廈中有 135 人原本有充裕時間從逃生樓梯離開，但卻由於判斷錯誤留在原地而喪生。應變人員部署程序：911 事件中有 343 名消防人員與 23 名警察在救援行動中喪生，事發時許多消防局高層官員一起出現在現場中，卻不知如何掌握大局，因此必須審核應變人員部署程序，以免在未來類似災難事件中造成不必要的犧牲。

第五節 美國建築規範探討

壹、建築規範中之避難規定

可以疏散像 WTC 1 及 WTC2 這麼大型的建築物內數千人的能力，與

三個主要變數有關：樓梯有多少個、樓梯有多寬，以及樓梯的位置為何。此三個因子，在建築規範的要求範疇中一一評估如下。

建築規範大部份會將所需的逃生容量與所服務的區域大小和該區域的用途本質相關連。WTC 1和WTC 2為正方形的建築物(內部尺寸約為63.2m×63.2m)，每個承租戶樓層的總面積約為3,994m²。塔內的樓層用途通常為兩個用途之一：商業或集會場所。其差異在計算逃生要求時非常重要，因為在一個空間內所允許的人數若該空間是用來作為辦公(商業)活動時，會比同樣的空間用來作為集會活動(如餐廳或會議空間)少得多。樓梯間的寬度與數量則要等於或超過樓層的人數。

WTC1和WTC2的“核心”大小有顯著的不同。要注意的是結構核心的大小(依室內負載柱的位置而定)各樓層間並無顯著的改變。然而，如前節所討論的，在任一樓層，用來作為局部電梯的核心空間在一區域的連續幾個較高樓層被改為可出租的辦公室空間。例如，從42到48樓有個核心空間約12,000平方英尺(1,100m²)，第105樓有個核心區域面積為6,800平方英尺(630m²)，或為第42~48樓的核心面積的57%。

核心的大小很重要，因為某些建築規範(包括NYC建築規範)計算使用人數是用淨基準而非合計基準。淨基準將樓層面積減去無人使用的空間面積，如電梯或機械管道間，與共同空間如走廊。使用淨面積作為計算基準而非合計面積的邏輯思考，對於不會有人所在的樓板面積不需提供逃生容量。例如，當WTC1、WTC2的樓面積為42,850平方英尺(3,990m²)時，第105層的淨面積約為36,500平方英尺(3,400m²)，得出使用人數負載為365人。在WTC1的第106與107樓被標定為“世界之窗”的集會空間，並已在前節有所討論。相較之下，在42層~48層的人數負載當使用每平方英尺100人的淨值計算時約為313人。然而，通常有最大人數負載的樓層決定了逃生系統的整體設計。

除了核心空間大小的局部改變以外，在WTC塔中的樓梯間也改變了整棟建築的樓板位置。這表示樓梯間的距離遠近(或各樓梯間相隔的距離)也各異。三個樓梯間中的任意兩個的最大分隔距離，依步行尺寸來量測(假設建築物整棟都有撒水保護，WTC1及WTC2正是如此)，決定距離的遠近。在WTC1或WTC2所發現最遠之處為第83樓以上，其樓梯間A和樓梯間B相隔約70英尺(21m)，而在77~82層，樓梯間A和樓梯間

C相隔約175ft~200ft(54m~63m)(視特定樓層的行走路線而定)。碰巧的是，WTC1在90幾層的樓層是受損最嚴重的(其樓梯間最靠近)且三個樓梯間全都被摧毀了，而WTC2被攻擊的區域之樓梯間間隔最遠(78層~82層)，仍有一個樓梯間可通行。然而，飛機衝擊的角度，核心的縱向的方向、靠近可通行的樓梯間的電梯設備存在，也可能是該樓梯間存活率的貢獻因子。最新的規範要求兩個逃生出口位置的間距不可低於所服務區域的對角距離的三分之一(若該樓層有全面撒水保護的話)或不可低於所服務區域的對角距離的二分之一(若該樓層無全面撒水保護的話)。所服務區域的對角線距離的二分之一為147ft(45m)而對角線距離的三分之一為98ft(30m)。因此在同一個建築物的不同區域，其樓梯間間隔距離會比有撒水保護的建築物所需要的短，並比無撒水保護的建築物所需要的長。

如先前在第2.2章所述，WTC1和WTC2有三個樓梯間，有兩個44英吋寬，有一個56英吋寬。44英吋寬的樓梯間每層樓有寬34英吋(1m)的門，而56英吋寬的樓梯間每層樓有寬44英吋的門。由於PANYNJ對建築師與工程師們要求遵照NYC建築規範的指示而選擇了NYC建築規範。選擇了IBC和NFPA 5000及NFPA 101因為它們是國家模範規範。

貳、紐約市建築規範(1968)

紐約市建築規範中(c26-601節的表6-2)要求商業用途每個人的面積為100ft²(淨面積，9.29 m²)，而根據最大的淨面積(36,500ft²)，得出象徵性的人員樓層負載為每個樓層365人。為了提供足夠的容量讓365人，需要6.5單位的逃生通道寬度(每22英吋【56cm】單位60人)，得出商業用途可容許的樓層負載為390人。人員負載低於500人需要至少兩個樓梯間，每個大小均等，因為單一逃生出口無法服務超過50%的人。兩個相同大小的樓梯間其每個的寬度會是78英吋。三個樓梯間的話，有兩個44英吋寬，一個56英吋寬，也將可提供商業用途樓層最低的逃生容量。

WTC 1之第106與107層與WTC 2之第107層，每個的人員負載都超過1,000人，會需要4個樓梯間來服務每個樓層。因此，1968年的NYC

建築規範原本會要求這些空間至少需有四個樓梯間來服務(因為人員負載大於1,000人)。在逃生動線上的樓梯間數量不允許減少，因此WTC 1及WTC 2整體被要求有4個樓梯間。在1995年，一旦這些空間被PANYNJ與NYC DOB之間正式考慮，引用NYC建築規範中的出口減少條文，顯示三個樓梯間可提供適當的1,170人之總容量。然而並未提及在任一塔第4個樓梯間的要求，也未提及樓板與天花板系統滿足避難區域之2小時防火等級的要求。

每個樓梯間必需要有寬至少 0.9m(36 英吋)的門。兩梯級高度與一個踏板深度之和被要求不可少於 0.61m(24 英吋)，也不可大於 0.65m(25.5 英吋)。(因此，“標準的” 7 吋梯級和 11 英吋的踏板深度加起來等於 25 英吋[7 英吋+7 英吋+11 英吋]可符合這個公式。然而，根據 NYC 建築規範中的表 6-4 樓梯梯級，不可超過 0.2m(7.75 英吋)且踏板深度必須大於 0.24m(9.5 英吋)。於 1968 年，樓層的出口位置被要求互相之間區隔得越遠越好。

參、紐約市建築規範(2003 年 10 月)

由於它遵從此逃生分析的狹窄範疇，2003 年的逃生系統相關的要求與 1968 年的會是相同的，只有一個顯著的例外：樓梯間的距離。於 1968 年，樓層出口的位置被要求儘可能與另一個距離得越遠越好。New York City Local Law(LL) 16(1984)增加一個 9m(30ft)的間隔距離或樓層最大步行距離(55m[180ft])的 1/3 的要求(並不溯及如 WTC1 或 WTC2 這樣的既有建築物)，取其大者，對 WTC 1 與 WTC 2 而言為 55m(180ft)。因此，WTC 1 及 WTC 2 的所有樓層有超過 New York City LL 16(1984)的最低間隔距離要求的間距。

肆、國際建築規範(2000)

2000年國際建築規範的第10章要求每人100ft²(初估面積)，得出象徵性的人員樓層負載為每樓層429人。會需要至少兩個樓梯間(對人員負載超過500人者[表105.2.1])，每個大小均等。由於WTC1和WTC2為全面撒水保護，該規範(表1003.2.3)要求至少每人0.005m(每人0.2

英吋)，總樓梯間寬度總計為2.2m(87英吋)，或等於兩座1.1m(44英吋)的樓梯間。

WTC 1的第106與107層和WTC 2的第107層每個的人員負載都超過1,000人，會需要四個樓梯間來服務每個樓層以維持合於該等級，因為在逃生動線上的樓梯間數量不可減少。此外，樓板系統會要求至少有兩小時的防火等級。若在第106和107樓建有避難區域(每個區域至少有一個樓梯間)，則IBC會要求4座1.1m(44英吋)的樓梯間。

第1003.3.1節要求每個樓梯間有一個至少寬0.8m(32英吋)的門。第1004.2.2.1節要求對於全面撒水保護的建築物，其樓梯間的門間的距離不可少於建築物或所服務的面積的最大整體對角線長度的1/3(對WTC 1和WTC 2而言為30m[98ft])。如先前所討論的這要求在某些樓層有符合，但並非所有樓層。

伍、NFPA 5000 與 NFPA 101—生命安全規範(2003)

每個WTC塔的粗估面積為42,850ft²(3,990m²)。對於商業用途而言，該規範(表7.3.3.1)要求每人約需100ft²，得出象徵性的樓層人員負載為每層429人。至少需要兩個樓梯間(對人員負載低於500人者，每個大小均等。該規範(表7.3.3.1)要求每人至少0.0076m(每人0.3英吋)，總樓梯間寬度總計為3.3m(129英吋)，若有兩個1.65m(65英吋)樓梯間或三個大小均為1.1m(44英吋)的樓梯間便足夠。該規範(7.2.1.2節)要求每個樓梯間有個至少寬0.8m(32英吋)的門。

在WTC1的第106和107層及WTC2的第107層，其人員負載皆超過1,000人，會要求有4座樓梯間來服務每個樓層(該規範7.4.1.2節)。四座樓梯間會維持符合該等級，因為樓梯間的數量在逃生動線上不應減少。

該規範(7.5.1.3節)探討樓梯間的距離，目的為“將降低在任一個火災或其它緊急狀況時有一個以上的樓梯間被堵住的可能性”。此外，該規範(7.5.1.3.3節)要求全面撒水保護的建築物，其樓梯間的門間的距離不可少於建築物或所服務的面積的最大整體對角線長度的1/3(對WTC 1和WTC 2而言為30m[98ft])。如先前所討論的這要求在某些樓層有符合，但並非所有樓層。

陸、目前規範規定之比較

一、樓梯間人員容量的差異

IBC 允許對於全面撒水保護之建築物減少其逃生容量，至每人 0.005m(0.2 英吋)。因此，IBC 對於與 WTC 1 或 WTC 2 類似大小的承租戶的樓層若有 429 人會要求兩個 44 英吋的樓梯間，NFPA Life Safety Code 會要求兩個 65 英吋寬之樓梯間。而 NYC 建築規範也使用每人 0.3 英吋的要求出口寬度，該計算為淨面積，而非粗估面積，有效的降低要求。然而，在 NYC 建築規範中所使用的出口寬度為最低單位的一半(12 英吋)常迫使設計者將所計算的逃生容量取整數(例如從 365 至 390)。兩個樓梯間，每座寬 78 英吋，會是 NYC 建築規範用以取代三個樓梯間(兩座 44 英吋寬，一座 56 英吋寬)所允許的最低值。表 2-4 為使用上述 3 個建築規範來計算辦公用途的最低樓梯間數之摘要結果，服務區域粗估面積為 42,850 ft²(3,990m²)，淨面積為 36,500 ft²(3,400m²)。

表 2-4 3,990m²辦公室用途平面之最小樓梯設計值

建築法規	IBC (2003)	NFPA 101 (2003)	紐約市建築規範 (2003)
供 3,990m ² 辦公室用途平面之樓梯數量及寬度	2 座樓梯 每座各 110cm 寬	2 座樓梯 每座各 165cm 寬	2 座樓梯 每座各 198cm 寬

二、精算及粗估人員負載計算

IBC 與 NFPA 模範規範兩者都根據樓板粗估面積除以 100，來計算每個樓層的人數(商業用途)。另一方面，NYC 建築規範將粗估面積扣除管道間、儲藏室與樓梯來計算最大人員負載。因此，WTC 每個樓層的設計人員負載為 390 人，而 IBC 和 NFPA 101 會要求每個樓層 428 人的逃生容量。另一方面，逃生系統也會反應較高的人員負載。若人員負載計算是根據粗估值而非淨值時，WTC 1 和 WTC 2 會要求 7.5(而非 6.5)單位的逃生寬度。因此，三個樓梯間會需要為 1.4m(56 英吋)，而非僅以樓

梯間B，來容納較高的人員負載。

三、避難與逃生容量的面積

當兩個樓梯間各自位於獨立的避難區域時，每個樓梯間的容量可相加。NYC建築規範、IBC，及NFPA 101皆允許使用此方法來將樓梯間的容量相加。然而，如前節中所討論NYC建築規範也允許在當三個樓梯間之間兩兩有符合避難區域的防火等級的隔間區隔時，將容量三者相加。IBC與NFPA101不允許將樓梯間容量三者相加。

四、樓梯間的疏離度（分開距離）

NYC建築規範根據特定樓層的最長步行距離的一部份來計算樓梯間的最少分隔距離(若完全有撒水保護計算以三分之一計算，若未完全有撒水保護則以二分之一計算)。IBC及NFPA 101根據樓層或服務區域的最大對角線的一部份來計算樓梯間的最少分隔距離(若完全有撒水保護計算以三分之一計算，若未完全有撒水保護則以二分之一計算)。

第三章 WTC 當事者資料蒐集與分析方法

第一節 當事者資料蒐集目的與範圍

壹、目的

WTC 當事者資料蒐集目的有二：

- 1、在於能夠取得來自世界貿易中心的第 1、2 及第 7 大樓從 8:46:30 所有階層領域範圍住居者之實際的親身體驗的經驗資訊。
- 2、在於能夠取得一般的共通(經常地)之撤離經驗及獨到之觀察見解或一些曾投入於有助於更深了解整個 2001 年 9 月 11 日事件真相的行為或行動。

貳、時間範圍

從 8:46:30 起，也就是指世界貿易中心遭受攻擊的時間；直到所有生還者成功地撤離出該事故點為止。

參、訪談對象

WTC 當事者資料蒐集之訪談對象可分為 3 類：

- 1、所有介於當天早上 8:46:30 及 10:28:22 間之住居於世界貿易中心第 1 大樓或第 2 大樓之住戶(當 WTC 1 大樓崩塌時)，
- 2、當時大樓之管理人員、緊急救護者及家族之成員。
- 3、其針對遭受攻擊而仍在於 WTC 1 大樓或 WTC 2 大樓內之容留人員(通稱大樓容留人員)。

第二節 調查蒐集方法

NIST 認定最好取得當時 WTC 內人員之原始避難經驗及特有之觀察見解及經驗的方法，乃選用多方交叉之訪談的方法。計有：(1) 面對面之訪談；(2) 對具有統計學上代表者之抽樣電話訪談；(3) 專注於團體之訪談方式。除上述訪談方式外，公開媒體紀錄、影音像相片亦被廣泛蒐集及分析。每一種使用之方法將於後續章節中討論之。

壹、公開之當事者口述記錄

主要來源係報紙、無線電及電視節目、電子郵件交換及各種不同類型之網站資訊的當事者口述記錄之資料。將這些收集來之資料，先置入可檢索搜尋之資料庫(Fahy and Proulx 2003)中加以過濾篩選。在經過 18 個月之處理後，總共收集到 745 件第一手的報導資料。這些報導資料是在事件發生後的 14 個月發行出來。

此分析法目的係為 (1) 得到人類面對發生事件而在疏散期間的多方面之反應行為模式的深度觀察及回應之時間。再應用此一觀察到之資料，當成進一步調查所使用之指導方針；(2) 對於 NIST 之調查而言，其所收集到之報導的資料可做為研發做為電話調查之背景資料；(3) 可做為對個人之特別的遭遇故事，提供輔助之辨識功能；(4) 這些故事都具有進行面對面訪談的有用之題材，也可導引為做為調查之一部份。

然而當事者口述記錄資料之內容分析也會有些限制；如由新聞記者報導所提問之真正問題，通常都不會包含在報導裡；某些細節之內容可能已被遺漏報導；另外更多具戲劇性之資料則可能被過分渲染報導。

貳、電話訪問

訪談對象為住居於雙子星大樓之任一幢大樓之容留人員(即 WTC 1 及 WTC 2)，該容留人員係於 2001 年 9 月 11 日當大樓遭受地面攻擊時，剛好正在大樓裡。電話訪問調查的目標為執行收集 800 份電腦輔助之電話訪談以達統計分析要求。每一大樓平均分配 400 份之方式作業。

參、面對面訪問

執行本項調查之目的，是為了蒐集當事者口述記錄及 2001 年 9 月 11 日上午時候在建築物內部之活動及事件觀察。藉此，可獲知該大廈容留人員尚未被人查覺的訊息、已評估的技術假說及探討中的意識動機。訪談對象包括了 WTC1、2、7、棟所有的容留人員與大樓的管理

人員。

抽樣選取原則適用在 (1) 已被查證自願成為 NIST 調查目標並願提供或分享有關資料的個人；(2) 由電話訪問樣本中已確認的個人-有經驗或被要求作進一步觀察的個人；(3) 滾雪球配額 (樣品配額快速擴大) 之方法；向個人詢問其他可能會符合研究需求條件的人名，經確認的人會持續接觸並被詢問相同問題，繼續此過程至配額達到為止。

訪問樣品須依照下列四步驟技術，包括 (1) 無阻礙開放或不結束的講述、(2) 有結構的講述、(3) 技術性探查、(4) 終止結束性問題。其中技術性探查步驟即針對特定消息之探查。該探討可導引出許多資料，包括 (但不限定於) 以下：

- 當某些特定外部事件發生時該消息提供人的位置 (例如：當 WTC 2 倒塌時 WTC 1 的位置)
- 火災的狀況 (例如：火與煙)
- 其它關注的線索 (例如：噴射機燃料的氣味)
- 殘障人士的存在與活動
- 自己或其它人使用升降機
- 在他們使用樓梯前進時所了解的障礙物

關於面對面訪問的品質管制，須在應答者同意下，方能採取此種面對面的訪問。錄音帶將被用於資料搜集與訪問的品質控制上。錄音帶將定期重新聽取以確保訪問者已精確符合行政管理規定。

肆、焦點團體訪問

本調查訪問目標：要由該團體引導出特定事件或論題的精確陳述。其對象有 6 個焦點團體與其對應的目標是：

- **位在碰撞樓層附近的容留人員**：引導該重點團體的目標是---靠近碰撞樓層附近的人，以取得該建築物損壞的程度，與該損壞如何影響人員的撤退過程。
- **樓層的管理員**：樓層管理員重點團體的目標是---探討管理員們執行的程序、該樓層撤離容留人員的效果、管理員自行撤離的效果。

- **行動能力受到挑戰的容留人員：**該重點團體的目標是---探討殘障人士對撤離容留人員的影響，或對其他個人的影響---這些人可能已幫助殘障人士或已受到被疏散人士的影響。
- **對大廈有責任的人員：**該重點團體的目標是---取得這些非傳統容留人員的獨特觀點，包括管理人(守衛)、安全人員、維護人員、其它大樓職員。
- **WTC 1 隨機抽樣的疏散者：**該隨機抽樣重點團體的目標是---進一步探討在此種隨意取樣模式下的可變因素(即由這些人的悲嘆抱怨中取得的資料)該資料可充分解釋了撤離延誤的原因，使樓梯井的撤離時間標準化，包括環境線索、樓面、與活動。
- **WTC 2 隨機抽樣的疏散者：**該隨機抽樣重點團體的目標是---進一步探討在此種隨意取樣模式下的可變因素(即由這些人的悲嘆抱怨中取得的資料)該資料可充分解釋了撤離延誤的原因，使樓梯井的撤離時間標準化，包括環境線索、樓面、與活動。

伍、影音像相片蒐集

資料來源包括緊急通訊、無線電與電話訊號、緊急情況 911 電話記錄及在 WTC 綜合設施的通訊與錄音帶的文字記錄。

第三節 分析

使用兩種主要的技術以取得完整的資料，分別是定量與定性的分析。這兩種技術都無法單獨滿足需要，因為兩種技術都具有高度的互補性質。一般而言該定量分析使用電話訪問資料，而定性資料分析卻使用面對面訪問、重點團體、與緊急通訊。定量分析完成 803 個電話

訪談及分析，應用 SPSS 12.00.1 版之統計分析軟體套件。定性資料分析則應用 ATLAS.ti 4.1 分析軟體套件。

第四節 避難模擬

從 WTC 雙塔之模擬避難目的是為獲得不同情境之避難時間，以提供更多內容去了解 2001 年 9 月 11 日時 WTC 1 和 WTC 2 的避難。表 3-1 顯示了已進行的 6 個一般避難模擬的每一項，同時包括有關於避難型式的細節（全員全棟建築避難或者分階段避難，亦被稱為在適當的位置防護）、在模擬過程中所用之避難者數量、輸入回應延遲、使用何種模擬程式、以及任何關於模擬的其他相關訊息。其中有 5 次模擬全員全棟建築避難和 1 次分階段的避難。全員全棟建築避難探討了模擬避難者數量對總避難時間的影響效應（或者成功避難者數量，假若時間是固定的）、有無建築物損壞（在 2001 年 9 月 11 日的觀察）、及模擬所採用的模型程式。在此之前，我們應該要知道建築物量體大到 110 層的避難模擬，是沒有一個分析用的模式被證明是有效的。

表 3-1 避難模擬矩陣表

情境	全棟建築或階段式避難	模擬的疏散數量	延遲反應	使用模型	備註
1	階段式	600	零 0-10 分鐘	Simulex EXODUS EXIT89	■ 居住人員往起火層下三層樓移動
2	全棟建築	19,800	零 0-10 分鐘	EXODUS EXIT89	■ 充滿人員，無訪客 ■ 無損傷
3	全棟建築	25,000	零 0-10 分鐘	EXODUS EXIT89	■ 充滿人員，無訪客 ■ 無損傷
4	全棟建築	8,800	零 0-10 分鐘	EXODUS EXIT89	■ 2001.9.11 人口數 ■ 無損傷
5a	校正模擬	7,200	6-30 分鐘	EXODUS	■ 停停走走 ■ 地面層至 90 樓 ■ 損傷在 90 樓以

					上
5b	全棟 WTC 1, 有損傷	16,000	6-30 分鐘	EXODUS	<ul style="list-style-type: none"> ■ 停停走走 ■ 地面層至 90 層樓 ■ 損傷在 90 樓以上
6a	校正模擬	7,400	2-17 分鐘 (77 層樓以上), 6-30 分鐘 (地面至 76 層)	EXODUS	<ul style="list-style-type: none"> ■ 停停走走 ■ 地面層至 76 層樓 ■ 沒有損傷
6b	電梯, WTC 2	19,800	零	ELVAC	14 分鐘電梯模擬
6c	全棟 WTC 2, 有損傷	17,260	2-17 分鐘 (77 層樓以上), 6-30 分鐘 (地面至 76 層)	EXODUS	<ul style="list-style-type: none"> ■ 停停走走 ■ 前 16 分鐘從地面層到 107 層樓 ■ 在 17 分鐘至 72 分鐘, 從地面層到 77 層樓

壹、逃生模擬結果

一、分階段進行避難

如欲有更完整討論避難模型輸入、假定條件、限制條件及結果，可參考 NIST NCSTAR 1-71 報告之附錄 D (避難模型)。模擬情境 1 的目的，採用分階段避難，乃是為了不僅僅要了解進行分階段避難所需時間，而且要比較使用 3 個不同的避難模型的結果—Simulex、EXIT89 和 building EXODUS。

表 3-2 顯示每個模型的分階段避難總時間。3 個模型模擬得到的分階段避難總時間在 3.5~4 分鐘間 (假設全部避難者人數 600 名，且避難者立即開始避難)。如果避難者被隨機指定一個延遲時間，在 0 至 10 分鐘間，則模擬的分階段避難總時間在 11 和 11.5 分鐘間 (同樣全部避難者人數 600 名)。分階段避難是一個能夠在處境危險時從緊急事件中迅速移動容留人員的有效率策略。

表 3-2 階段避難模擬結果

避難模式	容留人員職業類型，特性	避難時間 (s)	
		沒有延遲	延遲 0-10 分鐘
Simulex	所有辦公室成員 60%男性 40%女性	240	690
building EXODUS	5%男性，17-29 歲 38%男性，30-50 歲 21%男性，51-80 歲 3%女性，17-29 歲 22%女性，30-50 歲 11%女性，51-80 歲	243	660
EXIT89	所有中等身材 緊急速度	210	690

二、全員全棟建築避難模擬

避難模擬情境 2、3、4 之目標是探討額外的建築容留人員對於總避難時間的影響效應。有 3 個人數被選擇用來模擬：(1) 在 2001 年 9 月 11 日時 NIST 所預估的建築物人數；(2) 全員容留的雙塔在沒有參觀拜訪者情況下之 NIST 估計人數(19,800 名容留人員)；(3) 全員容留的雙塔在有參觀拜訪者情況下之 NIST 估計人數(25,600 名容留人員)。值得注意的是，在 2005 年港務局 (PANYNJ) 曾估計過 WTC 1 或 WTC 2 大樓的最大容留人數不會超過 20,000 人。圖 3-1 顯示 3 個建築物容留人員數的 EXODUS 模式模擬結果。迴歸的斜率是相同的，無論是比較 2001 年 9 月 11 日容留人員避難時間與全員容留建築避難時間([112min - 55min 分] / (19,800 - 8,800)=每千人 5.2 分鐘)或與全員容留且有參觀拜訪者之避難時間比較 ([142 min-55 min] / (25,600 - 8,800)=每千人 5.2 分鐘)。因此，在某一特定建築幾何平面下，和一些其他重要的模擬假設條件下，建築避難總時間會隨著額外的容留者人數增加而呈現線性增加趨勢。

三、推測 2001.9.11 全員容留 WTC 雙塔之避難時間

NIST 估計 2001 年 9 月 11 日自 WTC 1 大樓成功疏散人員數是 7,500 人，而該全部人員約需要 100 min 自建築物中逃生。表 3-3 及圖 3-1

中顯示，building EXODUS 電腦模式預估全員容留的大樓（容留人員 25,500 人）需要的避難時間是具有 2001 年 9 月 11 日容留人數的大樓的將近 2.6 倍（ $142 \text{ min} / 55 \text{ min} = 2.6$ ）。因此，2001 年 9 月 11 日所有在 WTC 大樓的容留人員與參觀訪問者，可能估計需要約 260 min（ 100×2.6 ）（超過 4 小時）的避難時間。

同理，假如 WTC 1 在 2001 年 9 月 11 日大概有 20,000 人（全員容留但沒有參觀訪問者），則完全避難約需花費 3 小時完成（ $112 \text{ min} / 55 \text{ min} = 2.0 \times 100 \text{ min} = 200 \text{ min}$ ）。

表 3-3 不同容留人員負載所模擬之全部建築避難時間

避難模式	避難開始、延遲、進入	避難時間 (min):容留人員 8,800 人	避難時間 (min):容留人員 19,800 人	避難時間 (min):容留人員 25,500 人
building	10 分鐘延遲	55	112	142
EXODUS	沒有延遲	52	110	141
EXIT89	10 分鐘延遲	71-74	92-113	119-139
	沒有延遲	58-78	97-117	114-140

模擬結果顯示，有不同容留人數的 WTC 大樓之全員避難所需時間如下：8,000 人從 WTC 大樓避難逃生約需 50 min，19,800 人從 WTC 大樓避難逃生約需 110 min，25,500 人從 WTC 大樓避難逃生約需 140 min。

四、估計 2001.9.11 全員容留 WTC 雙塔之死亡人數

避難模擬情境 5 及 6 之目標是為推估在 2001 年 9 月 11 日全員容留的 WTC 雙塔在沒有參觀拜訪者（總容留人數 19,800 名）情況下的後續結果。

每一大樓模擬 2001 年 9 月 11 日的容留人數，且模式假設及輸入條件（例如避難開始延遲時間）經過反覆調整以大略能滿足 9 月 11 日的真實結果。在 building EXODUS 電腦模式模擬出類似 9 月 11 日大致的特性結果確定之後，更多的容留人員加入（全員容留的雙塔，沒有參觀拜訪者），其結果如下所示。

WTC 1 大樓假設在開始的時間零點，在超過 91 樓並沒有任何可通

行之樓梯。電梯假設是不可以使用的。本次模擬在 103 分鐘結束，且停留在 WTC 1 的任何容留人員被設定已經死亡。本次模擬顯示 69 % 容留人員 (19,800 人中的 13,600 容留人員) 可能在 WTC 1 倒塌之前已經避難：亦即 0% (3,800 人中 0 個人) 從飛機撞擊區上方樓層，而 85 % (16,000 人中有 13,600 人) 從飛機撞擊區下方樓層。表 3-4 摘要了情境 5 和 6 的結果。

表 3-4 在 2001.9.11 WTC1 及 WTC2 全部容留人員之模擬避難結果

建築物	所有容留人數 (時間 t = 0.0)	潛在可能避難人數	停留在倒塌建築物內部之容留人數	困陷在撞擊樓層上方之容留人數	容留人員成功避難百分比		
					小計	撞擊樓層下方	撞擊樓層上方
WTC1	19,800	16,000	6,200	3,800	69%	85%	0%
WTC2	19,800	17,260	8,377	3,900	58%	75%	44%
總計	39,600	33,260	14,577	7,700	63%		

在 WTC 2 大樓是假設容留人員在 16 分鐘內是可以使用電梯的，之後是所有電梯設定不能使用。在 16 分鐘後，當 WTC 2 遭受攻擊時，設想 77 層樓以上沒有容留人員生還。此模擬在當 WTC 2 倒塌 72 分鐘後結束。此次模擬顯示 19,800 人其中有 11,423 人，或 58% 的最初人數能避難成功。在 11,423 位模擬避難人員中的 8,883 人使用樓梯避難，而有 2,540 人使用電梯避難。在建築物倒塌時候停留在內部的 8,377 人中，有 3,900 位模擬避難人員是困陷在 77 層樓上方。當 WTC 2 倒塌時，其中另外 4,477 人從 78 層樓以下樓層避難：1,231 位擬避容留人員最初在 77 層樓以上，同時有 3,246 人雖在 78 層樓下方卻沒有避難。

在 78 層樓下方樓層的最初容留人員數為 12,783 人，因此 25 % (3,246 / 12,783) 的容留人員從受撞擊樓層區下方開始行動但未能成功避難。同理，WTC 2 大樓在 9 月 11 日上午 8:46:30 最初的 7,017 人中的 3,900 人，或 56 % 的容留人員在受撞擊樓層區或上方並沒有成功避難。此項模擬顯示，最初在 77 層樓上方的 549 容留人員成功的使用樓梯避難，而同時在 549 人中僅有 3 人是從第 100 層樓以上開始避難。

當結合 WTC 1 及 WTC 2 之避難模擬結果，假設在每一大樓有 19,800

位容留人員且假設飛機撞擊與大樓倒塌發生在同時間，如同 2001 年 9 月 11 日情形，約有 14,000 位容留人員可能死亡，但不包括任何緊急應變人員、飛機乘客或旁觀者。

貳、避難模式結論

上述避難模擬透露出 3 項在 2001 年 9 月 11 日 WTC 1 及 WTC 2 避難之主要洞察觀點：第一，分階段避難在某些環境情況下，比起全員全棟建築避難更為快速地移動處於最危險之容留人員至相對安全地點，且對建築住戶產生較少衝擊影響。第二，WTC 雙塔額外增加之容留人員負載（相較於 2001 年 9 月 11 日）引致建築總避難時間呈線性增加。第三，假設觀察對模擬避難時間之比值為 2.6 可以拓展至全員容留且有參觀訪客、全棟建築避難的情境，則在 2001 年 9 月 11 日情況下 WTC 1 可能花費 4 小時進行全員避難。。

第四章 911 事件避難影響因子探討

第一節 建築物人數及人口統計資料

壹、建築物內生還者與罹難者位置

依據紐約市政府公佈資料，當 WTC 雙塔倒塌時，有 2,749 位建築物容留人員與緊急應變人員隨之埋葬。表 4-1 為 NIST 依據紐約市政府所鑑定之所有死亡人員確定其在飛機撞擊時之可能位置。該表同時也對罹難的緊急應變人員予以分類。NIST 為確定死者位置，經由 300 次當面訪談與 800 通電話調查、不同有關罹難者的網站、媒體報導、港務局所提供之人員名單等方法。

表 4-1 WTC 雙塔罹難人員位置與人數

在飛機撞擊時之可能位置	人數
WTC 1 容留人員	1,462
飛機撞擊樓層以上	1,355
飛機撞擊樓層之下	107
WTC 2 容留人員	630
飛機撞擊樓層以上	619
飛機撞擊樓層之下	11
確信在飛機撞擊 WTC 1 或 WTC 2 樓層之下(但無法確定位置)	30
在 WTC 1 或 WTC 2 內部不知何處	24
緊急應變人員 (全部)	421
FDNY	343
NYPD	23
PAPD	37
醫院救護人員	7
聯邦官員	2
義勇緊急應變人員	9
旁觀者/靠近建築物居留者	18
AA 航班 11	87

UA 航班 175	60
無任何資訊	17
總計	2,749

貳、NIST 調查分析結果

- 在 2001 年 9 月 11 日上午 8:46:30 在 WTC 1 有 8,900 人 \pm 750 人。其中 7,470 人(或 84%)在攻擊中生存，然而在 WTC 1 約有容留人員 1,462-1,533 人死亡。NIST 發現至少 107 人命喪於 WTC 1 之第 92 層樓下。
- 在 2001 年 9 月 11 日上午 8:46:30 在 WTC 2 有大概 8,540 \pm 920 人。其中 7,940(或 93%)在攻擊中生存，然而在 WTC 2 約有容留人員 630-701 人死亡。NIST 調查發現至少 11 個人在 WTC 2 之第 78 層樓下死亡。
- 在 2001 年 9 月 11 日之前 4 年期間，67%之 WTC 1 容留人員及 51%之 WTC 2 容留人員已經在 WTC 工作。WTC 1 人員之平均居留時間超過 5.6 年，而中間居留時間為 2 年(一半的受訪應答者在 2 年以下，而一半的受訪應答者則超過 2 年)。WTC 2 人員之平均居留時間超過 5.9 年，而中間居留時間為 3 年。
- 有 7%的受訪應答者對 WTC 建築物有正式職責或具有特別瞭解之知識。這些受訪應答者包括防火安全人員、樓層管理員、搜尋人員、建築物維護人員及保全人員。約有 13%的受訪應答者受僱於港務局。另有 6%的受訪者表示具有避難能力限制；以 WTC 雙塔人口數的 6%估計大約為 1,000 人。所謂限制狀況，主要係指近期內動過手術(尤其是嚴重膝蓋及關節受傷)及慢性病(例如癌症、血友病、關節炎)。
- 在 2001 年 9 月 11 日 WTC 1 及 WTC 2 均有 16%的容留人員曾經歷 1993 爆炸事件。在 WTC 1 有 60%的避難者宣稱也曾經在 1993 年避難過，而且是立即採取避難行動，而 30%的人宣稱他們在 1993 年是等待避難，另有 9%的人回想不起來。WTC 1 大部份可

以回想起 1993 年的避難決定的人(佔 95%)感覺自己做了正確決定，僅有 5%不認為自己做了正確決定。在 WTC 2 僅有 75%的人(較諸於 WTC 1 的 95%)感覺自己做了正確決定，可能是因為 WTC 2 有較多人等待避難(69%)，而僅有 31%的人宣稱在 1993 年立即採取避難行動。

- 在 2001 年 9 月 11 日之前 12 個月有 66%的 WTC 1 及 WTC 2 容留人員參加過至少 1 次演習，其中參加過 2 次者有 23%，參加過 3 次者有 13%。在那段期間有 17%的容留人員沒有參加過消防演習，且 17%的容留人員不記得他們是否有參加過演習。
- 接近所有的容留人員(93%)參加過消防演習，曾被指示過有關最近樓梯間的位置。但 82%的受訪應答者表示消防演習時未曾進入或使用樓梯間，僅 17%表示消防演習時使用過樓梯間，而 1%則記不清楚。整體上超過 51%的容留人員在 2001 年 9 月 11 日之前未曾使用過 1 座 WTC 1 或 WTC 2 樓梯間，而使用過者有 48%。
- 有參加過消防演習者的 82%曾被告知他們每樓層有一位樓層管理員。約近 70%的容留人員表示他們知道避難程序。然而當問起避難程序有哪些部份，則答案相當分歧；包括：再走廊大廳等待進一步指示、勿使用電梯要用樓梯、到建築物外頭指定地點會合點名。
- 大概來講，WTC 1 有 66%而 WTC 2 有 60%曾受過消防演習的生還者表示，他們發現訓練多少或者非常有助於他們在 2001 年 9 月 11 日之避難經驗。

第二節 避難及其延緩

壹、 調查發現

一、 避難

大概 87%世貿中心的容留人員和超過 99%在低於被衝擊到的樓層成功的避難。

- 在 9:02:59am 當 WTC 1 受損後 17 分鐘後，WTC 2 也受損。

21%的生存者被移出 WTC 1 和 41%的生存者被移出 WTC 2。

- 在 9:37 a.m 在倒塌前 22 分鐘，95%的倖存者被移除 WTC 2
- 在 9:58:59a.m 當 WTC 2 大樓倒塌，88%生存者被移除 WTC 1
- 在 10:12 am 前，在倒塌前 16 分鐘，95%的生存者被移除 WTC 1
- WTC 1 的居民全面避難，這個 NIST 調查發現沒有證據顯示居民有聽到火警警報，雖然消防局嘗試做公告。
- 在 WTC 2 自己避難和使用電梯 16 分鐘後拯救了 33000 人。
- 在每一個建築物倒塌的最後 20 分鐘，在二棟大樓避難的比率，顯示大約 15%避難率。這些建議為了那些看起來可以達到和使用沒損傷的安全門及樓梯間，這個外出容量是足夠容納生存者(安全門和樓梯間的數目及寬度)
- 在世貿中心第一層，存活的居民平均大概在每一層樓的樓梯間大概花了 48 秒，那沒有包含進入樓梯間的任何時間，是最真實的。
- 在超過 100 人死亡後，在世貿中心的居民延遲或中斷他們避難的結果
- 國家標準技術局(NIST)研究調查發現沒有任何證據指示在世貿中心 91 層樓以上在飛機撞擊後，還有人生存，這個事實導致不可能使用樓梯間者和電梯者被毀壞，不可能用直升機營救居民和飛機內人員。
- 在 WTC 2 在 8:46:30 am，幾乎 75%的居民在 78 層樓被成功的傳達，在 9:02:59am 飛機衝擊 78 層樓以上，這個發生衝擊宣告，第一次聽到人們返回他們的辦公室大約 9:00 am 和大約 9:02am 他們開始避難狀況。
- 當飛機飛到 75 層樓高衝擊到建築物，在剛開始的時候或 78 層樓以上，這個 NIST 研究調查發現 18 個人在 WTC 2 使用樓梯間離開建築物。
- 在 2001.9.11 其中 18 層樓的人因受傷而死亡，除此之外，在 WTC 2 倒塌時，最後 2 個人想去 78 層樓為了協助限入困境和沒有生還的人。

- 先前 WTC 2 倒塌前幾分鐘或幾秒內，一個 NYPD ESU 的官員報告他的小組因使用樓梯間的人數過多，遇到麻煩，最後有二個人察覺到樓梯間 A 在 78 層樓可防守在 9:02:59 a.m.
- 在 WTC 2 倒塌後，在各層樓有很多人使用電話探訪在建築物倒塌前，這些因素建議這些居民可能確認從衝擊的樓層使用樓梯間下來。
- 電腦模型顯示指出撤空的所有容量單純的世界貿易中心有 25000 居民和訪客在 2 小時 15 分鐘內避難。沒有使用電梯，在 2001.9.11，實際的避難時間大約在 100 分鐘，世貿中心 25000 人最大容量撤除需求大約 4 小時(100 分鐘 2.5 次)。為了達到快速的避難，所有的潛能可以增加容量的需求(安全門和樓梯的數量及寬度)。
- 在 2001.9.11 在 WTC 1 和 WTC 2，這個模型幾乎有 20000 人居住，超過 14000 居民在建築物倒塌時感覺很冷。

二、延緩避難

- 在 WTC 1 居住者，因為環境因素開始避難，訊息來自身體的環境這件事是可怕的錯誤和(增加安全樞鈕)人們外出發現地板損壞的訊息。下一次，實際去尋找除此之外的訊息，那就是感受這個情況引導人們準備採取避難的動作。最後，拿那些動作準備延遲避難的時間。雖然那些較少的因素較少影響人們所做，過去的因果影響確認主要的流程，延遲了 WTC 2 的避難，在 2001.9.11 是那些為了 WTC 1 是一樣的沒有不同的，感知預言的危險依環境指示和樓層及貢獻，除了訊息和先前的避難計劃在 WTC 2，當這個風險影響在 WTC 1 是比較低的。
- 開始的樓層(增加安全的距離)，本質上增加人們可能遇到環境提示的可能性，樓層也許開始增加延遲避難的時間(這個關係在篇報告中的第 10 章，有大量的明細是精心製作的，那一個，在轉換也增加人們遭遇環境的改變。觀察環境使用(訊息從身體環境，這個事情是可怕的錯誤)在樓梯間有一個

大的和直接的影響在增加人們花了很多的時間，平均值，在他們的樓梯間避難，除了這個大多數步驟流程有環境提示主要多變的預言，打斷這個避難的流程為了任何理由時間，在平均值，那個人們使用樓梯間下降及避難。

- 相反的在 WTC 1 感覺居住者的計策被確認，依據原因模型分析，沒有的意義的預言增加所有避難時間，當在樓梯間對照其他的因素，包含避難障礙物和環境提示。
- 在 WTC 1 延遲他們撤空的時間，因為環境因素(訊息從身體環境有些事是可怕的錯誤)，和地板(增加安全距離)因人們發現除此之訊息，大部份訊息關於如何進行和他們如何做。下一次，實際尋找除此之外的訊息，那是關於情況的敏感度，引導人們準備避難的動作，最後，拿那些動作準備避難，延遲實際避難時間。雖然那些其他因素有較小影響人們所做。這個主要通道影響確認主要的流程，那些引導人們延遲在 WTC 2 避難時間，在 9.11 的 WTC 1 是同一的，沒有差別，這是接受環境危險和樓層及貢獻其他訊息和執行避難計劃在 WTC 2，在 WTC 1，影響覺知危險，在本質上比較低，這看起來像這個個案，因為 WTC 1 被損壞沒有警告，而且只有在 WTC 2 有時間去接受警告。

貳、 避難時間分析

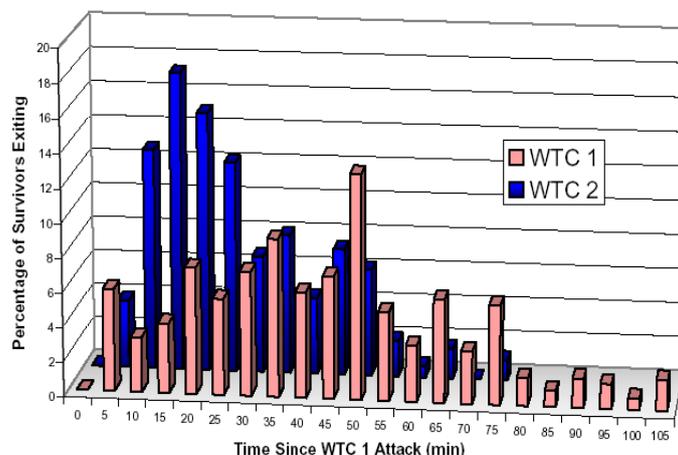


圖 4-1 WTC1 及 WTC2 生存人員之報導避難時間

一、總避難時間

在圖 4-1 顯示自 WTC1 被攻擊後每 5 分鐘逃生人數的比率，在 WTC2 可看出逃生比率的高峰期，回想 WTC2 在 9:02:59 被攻擊，是在 WTC1 被攻擊 16 分鐘後，將近有 1/6 人員自 WTC2 避難，表示人員自 WTC1 被攻擊起在 9:01~9:06 間 5 分鐘內就已經自建物避難，其中 40% 生還者在 9:02:59 就已經避難 WTC2，會如此多人避難主要原因是因被攻擊前已搭電梯逃生，1/6 人員利用電梯逃生，只剩一部電梯紐約消防隊人員使用。

綜合圖 4-1，4-2 顯示在各不同時間點存活人數，利用統計學領域不確定論可得知 WTC1 與 WTC2 成功逃離人員相同，比較此兩條曲線逃生斜率是相當的，結果顯示在 WTC2 將近有 30 分鐘只可使用樓梯間逃生的曲線斜率與 WTC1 前 70 分鐘曲線斜率相當，表示這兩棟建物逃生系統相同，這個逃生率在建物倒塌前 20 鐘明顯下降，90% 人員在事件發生後就已向外逃生，由於 WTC2 倒塌造成灰塵碎片降落

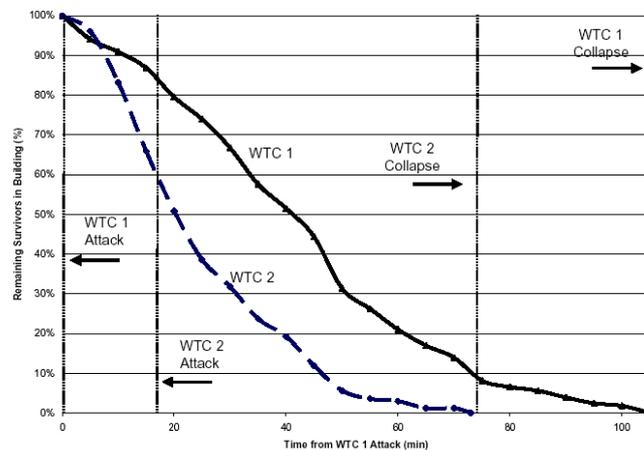


圖 4-2 WTC1 及 WTC2 生存人員留在建築物內之比率

遮蔽 WTC1 低樓層使用樓梯逃離人員的路線

在圖 4-2 顯示 WTC1 與 WTC2 逃生率比較，但仍須考量未能逃生人員因素，重新將圖 4-2 加入未能逃生人員因素，繪成圖 4-3，依留在建物內人員比例在圖 4-3 中的兩條曲線斜率比較得知 WTC2 傷亡人數為 WTC1 的兩倍，若再加上無法逃生人數時 WTC1 傷亡率為 80%，WTC2 傷亡率為 90%，所以是無法直接比較的。

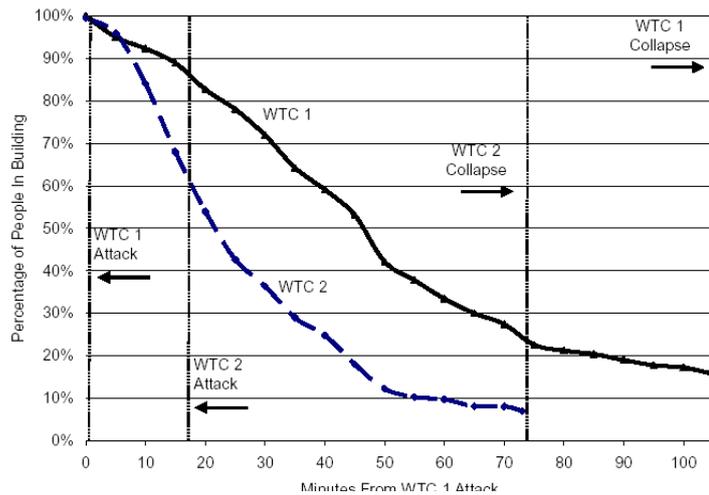


圖 4-3 WTC1 及 WTC2 容留人員留在建築物內之比率

然而逃生時間由兩個主要因素組成，一為開始逃生延遲時間和正式避難時間以下就針對此兩因素做討論，並進行回歸分析。

(一) WTC 1 及 WTC 2 開始避難延遲時間

此部分已在第 6 章已清楚探討過了，這個分析探討在 WTC1 及 WTC2 的樓層如 42F 以下、43F~76F、77F 以上針對上述樓層分成 6 段落來探討延遲逃離時間的差異分析，由電話訪談報告中得知每段逃離時間高峰期為 1~2 分鐘之後即下降，顯示這 6 段探討延遲逃離時間結果為常態分布，大致上呈現為 gamma 分布或是對數常態分布。

關於 WTC2 高樓層區域資料先前提及在 WTC 2 之 77 樓以上可能造成資料離散原因在探討分析高樓層延遲逃離時間時將暫列入不考量其變異情形，因為透過電話訪談樣本數量與在 9.:02:59 之前就能逃至 78 樓以下的人員數量相比較是不成比例的。

為確認其餘 5 個區域是否為有效的統計資料，此份報告資料被轉換為較接近常態分布，以便於滿足統計學的假設一項 Box-Cox

power 分析顯示這 5 個區域呈現常態分布，相關係數大約為 0.95 以上，這表示當 Box-Cox power 趨近於 0 時顯示為對數轉換，所以開始延遲逃離時間被對數轉換後，WTC1 及 WTC2 將依變異(ANOVA) F-統計值來做計算與分析，在 WTC1 的開始延遲逃離時間在 3 個區域(高、中、低)存在不同意義，但只有 1%層面是有意義的，與 WTC1 的差別區域在低區域與中區域之間的開始延遲時間的差別，沒有顯著的統計報告，不過，與高區域相比，呈現相當長時間的延遲報告。在增加的延遲時間方面，高區域比低區域多相當於 2%的水準，比中區域多 1%的水準。在 WTC2 的避難開始延遲時間，在中間區域有更高的延遲時間，相對於低區域多了 5%的水準。由於上層區域的延遲時間的其他原因未被考慮，而使得高區域的水準被比做相當於中區域或低區域。總之，一般認為 WTC1 及 WTC2 因建物高度而增加逃離開始延遲時間，但對於此現象可能仍有其他的解釋。

在 WTC1 生存下來的人於報告中表示，因瓦礫與大樓的損傷，而影響高區域或更高區域的人員因火災及煙塵而困住無法逃生的機會比低或中間區域的比率更高。這個結論模式在經樓層與周遭環境的提示而得到更進一步的探討。另外，整棟大樓的逃離開始延遲時間，應多加考量其他要素才能做進一步比較。在 WTC1 生存下來的人於報告中提出，決定逃離的真正影響原因與 WTC2 是不同的。在 WTC1 被攻擊時，廣播系統已失去作用，樓梯間成為唯一可逃離的路徑，在 WTC2 尚未結束攻擊之前，已有 90%的人開始避難，換句話說，不到 10%的人，是在 WTC2 被攻擊之後才開始避難。在 WTC2 選擇二種樓梯間及樓梯間的逃離人員倍數增加，與廣播系統通報時間是互相矛盾的，因為 WTC2 的人在逃離時完全不聽任何廣播系統的通告。

(二) WTC1 中之樓梯間平均移動速度與時間

這報告顯示，在 NIST 的 368 通電話訪談得知，10 樓至 91 樓之人員在樓梯間移動之時間，若以正常行走速度從進入樓梯間直到離開建築物，定義為總時間，除以下降的樓數，所得到的是每分鐘 1.3 層的非正常之移動速度。根據圖 4-4，正常之行走速度為每分鐘 1.2 層，前 25%的逃離人員之行走速度快過每分鐘 1.5 層，但當逃離人員

超過 25%時，則其速度降至比每分鐘 0.9 層還慢，這項資料顯示避難速度減慢之原因，包括路徑過於擁擠、樓層數過多、煙塵、水量等。當 WTC1 的人員在樓梯間時，假設平均樓層高度為 3.7M，以樓梯斜率可得樓梯長度將近 10M。由此可知，人員以每秒 0.2M 的速度在樓梯間移動，這種速度是有史以來最慢的。這樣的人員數量所造成的擁擠，降低避難速度是可理解的。

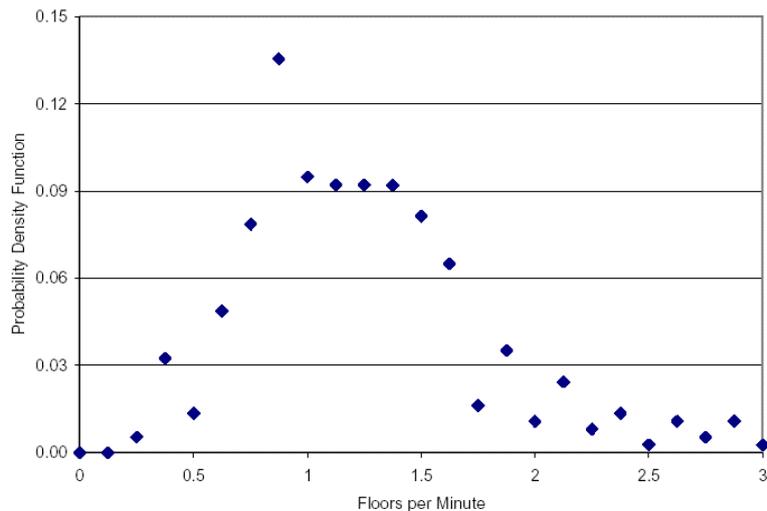


圖 4-4 WTC1 所有樓梯內人員移動速度

依據”姆指規則 (rule-of-thumb)”理論，假設依標準樓梯的尺寸，在最底層以大約每秒載運一個人的近似值來計算避難速度。在 WTC1 樓梯，在不是避難時間操作，以每秒從各個使用樓層到其他樓層，大約每 100 分鐘，就有 7,500 人在使用樓梯上下樓層，平均是以每秒 1.3 人在使用樓梯上下各樓層。在 WTC2 倒塌後，避難比例下降，在最後的 27 分鐘，減少為每秒 1.5 人。其折減率為”姆指規則”理論之二分之一。此結果顯示，樓梯行走速度是有史以來最慢的。因阻礙逃生的數量及樓梯行走的距離而造成最慢的速率是可預測的。

(三) 較寬的樓梯對於樓梯避難的影響

在其他變數為常數時，任何時候均可假設分析在更大的樓梯間對於加快總避難時間是可靠的，不過在 2001 年 9 月 11 日在 WTC1 所發生的事件得知，其他變數並不是恆為常數，是較錯綜複雜的(a)人

員同時聚集使用樓梯 B(寬 56in)時，通常也會同時使用 A,C 樓梯(寬 44in)來到各樓層(b) B 水平移動使用時間相對於 A,C 為短，因 A,C 水平移動距離超過 100ft 以上使用時間需加倍，(c)有緊急事件時救難人員需由樓梯 B 來到達更高的樓層來救援(d)以及同時也會有人使用樓梯來進出建築物的不確定的因素。因此上述這 4 個因素導致有關於樓梯寬度對於 WTC1, 2 避難影響的結論已有所混淆，對於這個關鍵訊息分析所回應的 3 段報告:需考量樓層高度所花費的時間，和樓梯的使用時間不管任何樓層使用時仍須以正常使用時間除以下降總樓層數的數據來做比較，使樓梯使用呈現正常化。

WTC1 在樓梯 B 平均大約有 38 層同時有 61 人在使用，而在同時樓梯 A,C 有 34 層同時有 53 人在使用，相對於從 WTC1 的資料匯集(含有易混淆的條件因素)，這種不是正常化標準計算時會產生令人不確定的偏差。之前利用樓梯寬度來做樓梯移動速度的比較是不被認同的。

二、總避難時間之影響因子

由電話訪談結果得到避難過程的要素，利用統計學來做更嚴格的分析了解有 2 個主要影響 WTC 1、2 人員預測總避難時間的變數:如何定義個人延遲行動或避難進入樓梯間搭電梯在穿越抵達樓層樓梯間大樓所要花費的時間，及電梯升降所需的時間，這兩個要素未被加入在整個避難過程中來分析總避難時間。利用總避難時間要素有助於多元回歸分析的模型的建立。

(一) 在世貿中心延遲避難時間的預測

避難行為分析分兩階段組成，第一階段累積多久時間人員才開始避難，整個過程的可變因素影響 2001 年 9 月 11 日在 WTC 1、2 避難時的避難開始延遲時間，數分鐘內避難延遲就已確定，當人員意識到要開始撤出時就已開始後悔了。

1、模型描述

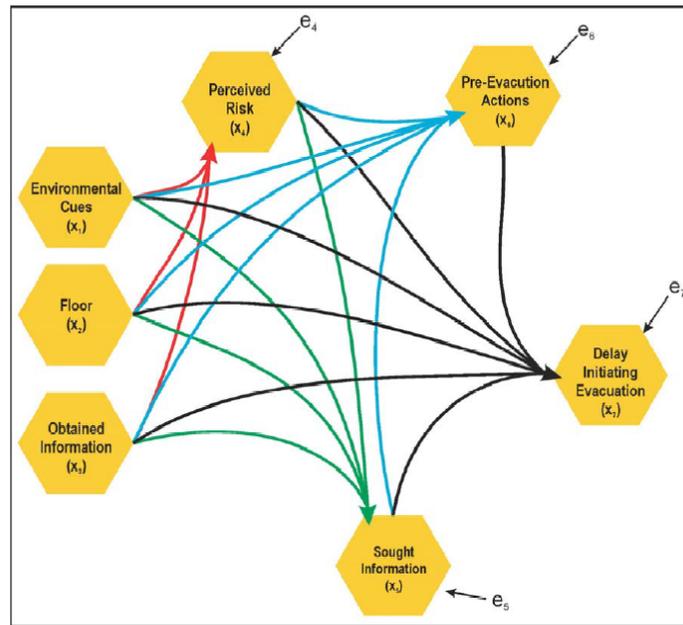


Figure 10-5. Model of evacuation delay.

圖 4-5 避難延遲之模型

模型可判斷在雙塔內有哪些重要的可變因素，從圖 4-5 表示環境和火災模型說明遵循一般避難理論做初步的分析及建議，描述如下(1)避難開始內的延遲(X7 分析過程中的獨立變數)，與環境提示有直接的關係(X1)，發現生存者的樓層(X2)，訊息無法得知(X3)，無察覺危險訊息(X4)，尋找附加訊息(X5)，預先執行避難行動(X6)；(2)直接採取預備避難措施是與環境提示，樓層，訊息無法得知，察覺危險和尋找附加訊息有關；(3)直接尋找附加訊息是因環境提示，樓層，訊息無法得知，察覺危險有關，最後(4)直接察覺危險是因環境提示樓層，訊息無法得知有關。這個模型是簡單的，但是其架構是重要的，且可同時對現有的避難和危險做相關研究，且經由模型的初步分析的結論可準確反映出可能影響避難延遲的很多變數，依據這個模型概念可得知 4 個變數的相關的重要性，將可設計一套可同時解決關於避難延遲，預備避難，尋找附加訊息，察覺危險 4 個變數的程式。

2、結論

由 WTC 1、2 的模型得到的預測變數得知模型可完全的正確解釋

出避難開始延遲，預備避難行動，尋找附加訊息，察覺危險。察覺危險經 R2 變化被調整為 55%在 WTC 1，在 WTC 2 為 60%，尋找訊息經 R2 變化被調整為 25%在 WTC 1、2，預備避難行動經 R2 變化被調整為 68%在 WTC 1，69%在 WTC 2，最後避難開始延遲經 R2 變化被調整 49%在 WTC 1，56%在 WTC 2。這些變化調整結論對於人類避難研究水準是相當高的。依據避難理論獨立變數的變化可知模型對於 WTC 1、2 有很強的預測能力。依據 WTC 1、2 模型的所有程式，依統計學意義解釋其精確度是相當高的，顯示對模型說明能力有高度的信心。

(二) 預測在 2001 年 9 月 11 日 WTC 1 正常化樓梯間避難時間

1、模型描述

總避難時間第二個組成部分是在樓梯間所花費時間，影響樓梯間正常避難時間的這個分析的決定因素和聚集過程，相對於在 2001 年 9 月 11 日在 WTC 1 使用樓梯路徑向外避難所得的比較，但 WTC 2 除外，從這幾次分析當中得知結合電梯與樓梯避難時需同時進行分析不可被分開。當人們沿著樓梯路線進入電梯兼職到完全離開建築物這段避難時間被定義是個平均數。過去常常使用模型在預測避難時間並經過一般避難理論和變數做初步分析，在圖 4-6 明顯說明出

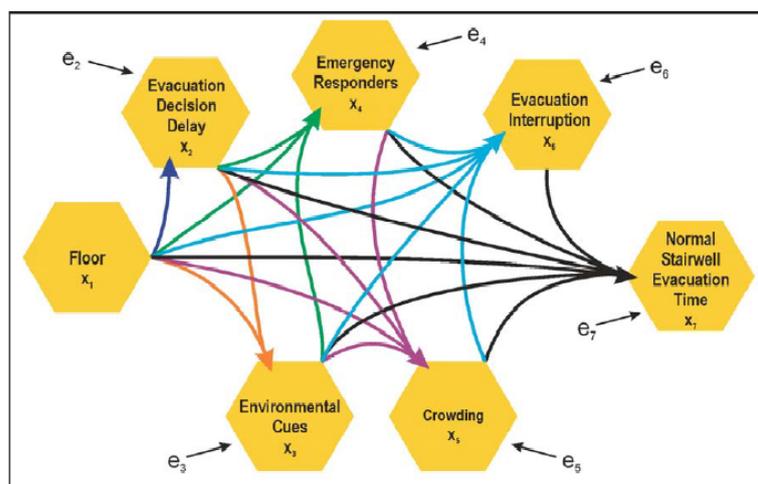


圖 4-6 預測正常化樓梯避難時間之因果模型

(1)它在描述一個正常化樓梯間避難時間直接是因樓層，避難延遲，環境提示，緊急回應，擁擠，及使用避難中斷所造成結果(2)避難中斷直接是因樓層，避難延遲，環境提示，緊急回應和擁擠所造成的結果(3)擁擠直接是因樓層避難延遲、環境提示、緊急回應所造成的結果。(4)緊急回應直接是因樓層，避難延遲，環境提示所造成的結果。(5)環境提示直接是因樓層，避難延遲所造成的結果。最後(6)避難延遲直接是因樓層所造成的結果。這個簡單模型所得的結論與大火避難理論的結論是一致的。它正好描述出可能影響正常樓梯間避難時間初步是由很多的變量分析而得到的結果。

2、結論

從 WTC 1 的模型得到的變數可成功的解釋正常化的樓梯間避難時間，正常化的樓梯避難時間經 R² 變化解釋被調整為 44%，11%是避難中斷，72%是擁擠，57%是緊急回應，79%為環境提示，34%為避難延遲，避難中斷除外，依 R² 理論得知對於人類避難研究水準是非常高的，且 R² 的模型建立有很強的預測能力，依據模型的所有程式，依統計學意義解釋其精確度是相當高的。

叁、影響人員避難之課題

當電話數據的多元的回歸分析有特別的能力將從電話訪談數據中找出顯著的特徵時，分析會因為數目的限制和包含在電話訪談裡的問題類型被限制。面對面訪談和特定團體提供較僅是使用電話訪談更為詳細的了解。這個章節提供一些這方面的探討，包括那些影響容留人員於 2001 年 9 月 11 日在二座高塔成功避難的能力，不論是幫助避難或使避難更難的那些電話調查和面對面的訪談。

一、環境暗示和訊息

在任何緊急事件裡，容留人員透過消極地收到它獲得關於事件的訊息，和積極透過各種各樣的方法尋出它。訊息可能使容留人員撤出或者耽誤避難以收集附加訊息或者在開始避難之前執行附加任務。當 WTC 1 一被撞上，大多數容留人員第一反應就是向窗外看尋

求訊息。來自大樓的這些第一個環境暗示(聽到爆炸，感到那些大樓搖晃，等等)，加上向窗外看的反應(並且看見那些在 WTC 1 棟大樓爆炸而產生的火球和煙，從窗子外面落下的瓦礫，甚至飛機撞擊大樓)，足夠顯示某些事情在大樓裡不對了。首先這一連串的訊息已引起一些人立即開始避難。

在兩大樓內，在進入一個逃生梯或者升降機之前，為了查明多訊息而延誤了避難的時機。這可能包括與同事交談，打和收到電話，發收電子郵件，搜尋網際網路，以及看電視。

根據電話訪談，有百分之11在 WTC 1的容留人員和有百分之21在WTC 2的容留人員透過各種方法收到有關此事件的相關訊息。在這些收到訊息的容留人員中，得知發生什麼事的，在WTC 1有57%，WTC 2有65%。在WTC 2(54%)的多數容留人員透過公開的廣播得知在WTC 1所發生的事。在他們的許多人當中，已經正在撤出的同時，面臨到是否要返回辦公室還是繼續避難。在他們的那一樓層，容留人員從彼此間和透過許多科技方法而得知大樓正發生了什麼事。科技例如有線電話，行動電話，電子郵件，網際網路和電視都被在大樓裡面使用而能得到這樣的訊息。

不過，在WTC 2被撞擊之前，在大樓裡的情勢不同。在兩座大樓的那些容留人員收到的訊息只有WTC 1已經被一架飛機撞擊。這條消息從在WTC 2的容留人員那裡產生多種回應。即使，在進入樓梯之後，那些在大樓裡面的容留人員中，在避難的過程中仍繼續使用技術並分享情報。雖然他們已經進入樓梯了，但額外的訊息(除了在來自WTC 2裡擴音系統，告訴容留人員返回他們的層)有時加強容留人員逃離大樓的動機。

當人們從大樓外得到有關這個事件的訊息時，他們又與周遭的人分享那訊息。人們提供著訊息有關於他們目睹他們自己(最初意識)或者他們已經從其他來源如大樓外的某人收到訊息的現象。除消極地從內部大樓得到訊息之外，WTC 1有28%的生還者及WTC 2有29%的生還者是透過各種方法主動積極尋找與事件有關的訊息。在面對面訪談的數據裡，差不多包括每個在當時向窗外看以尋求訊息的容留人員。但是，電話訪談數據顯示大約40%的人在兩座塔裡無法成

功地尋找到關於此事件的訊息。

緊急應答機也確認什麼事發生在樓梯間裡面正在詢問的容留人員，然而再向他們保證一切事情將是好的。從在大樓裡處理緊急事件的官員那裡獲得訊息，是不常有的。相對的，常是容留人員告知消防人員那裡有人正等著解救。

總體來看，訊息的流傳和它的對容留人員避難的影響倚賴很多因素，包括容留人員所在的高塔中的位置和在緊急情況期間收到訊息的時間。與WTC 1的容留人員比較，WTC 2的容留人員有時對僅WTC 1被飛機撞擊的消息會受到不同的影響。訊息在容留人員避難的過程中被收到並且在不同時間和不同的來源尋找到。但是，很多在兩大樓內的容留人員對經由飛機撞進WTC 1所提供的第一套訊息都有所反應，也就是他們會起動避難或者開始有預先避難的動作。

2. 大樓警報系統

火警報成為消防保護標記已是超過一個世紀的，該系統早在1847年時於紐約市被提議。通常，系統具有雙重目的，即是通知容留人員和傳輸火災的訊息給緊急應答機。在2001年9月11日，由於二個高塔裡的火警警報系統遭到嚴重的損害，僅有少數的當1事者（WTC 1有14%，WTC 2有10%）在他們避難的不同階段有聽到火災的警報聲響。由於飛機撞擊後的各種大樓觀察，很多容留人員已經開始避難他們的大樓（少於百分之5的WTC 1容留人員說他們撤出的決定是基於火爆炸的警報）。對WTC 2的容留人員來說，同樣是真的，在他們的塔被撞擊之後聽到警報，因為大多數的人在大樓被撞擊的當時或之前已經開始避難（少於1%的人說他們決定避難是基於聽到火警報）。

WTC 2的一些容留人員相信緊急情況只限於WTC 1，並不清楚他們是否必須避難。此外，在WTC 2的容留人員聽到公共廣播系統通知他們返回他們的辦公室。在兩座塔裡，容留人員報說整個塔在許多樓層都有聽到火警報。為了這些在WTC 1和WTC 2樓層中聽到火警報的那些容留人員，火警報不常被明確地提及用來作為撤出的原因。而讓容留人員從高塔開始避難的前3個原因却是飛機撞擊WTC 1，被告知撤出，或者感到恐懼或危險（在任何一座高塔都沒有特別的順序）。

三、公共廣播通告

在大樓被飛機撞擊後所聽到的擴音系統通告並未在面對面的訪問中提及。不過，從電話調查中得知，在WTC 1的生還者中有14%是從擴音系統通告而得到訊息 - 此顯示他們是在高塔被撞上之後才聽到的。也有訊息是從第二次宣告的 9-1-1 帶子中被在接近WTC 2撞擊的樓層或以上樓層的人們聽到，雖然NIST沒有從面對面採訪生還者中找到證據，證明被撞擊的下方樓層的生還者有聽到這個宣告。

整個大樓的公共廣播通告在WTC 2被飛機撞擊前，對在WTC 2內的人員大約進行了3分鐘廣播。基於很多面對面的訪談和發表，在WTC 2的容留人員在他們的塔被撞擊之前被給予第一個通告，說明如下內容：

“WTC 1目前陷入火災的情況，而WTC 2尚是安全的，請返回你們的辦公室。”

在WTC 2的那些容留人員有54%的人從擴音系統報告得到此訊息。有40%的WTC 2的生還者是在WTC 2被攻擊之前已經撤出，但是壓倒性多數仍然在大樓內上午9：00 聽到通告。有些容留人員理解第一個通告為建議的行動步驟，然而其他人則理解它為一條指示。大約兩分鐘以後，在上午9：02，在WTC 2被攻擊之前的一分鐘，第2個通告發出，與第一個通告互相矛盾。上午9：02的宣告被一位容留人員注意到並收集編入說明，不過，在與早上9:00的宣告時的容留人員百分比相比，這個百分比出現極大的差異仍尚未解決。

WTC 2的多數容留人員在第一個通告發佈之前，就開始避難了。他們當中有些人甚至從未聽到通告(由於經由電梯避難避難，在大廳裡開始避難，或者也許在得到通告之前就從較低的樓層撤出了)，有些人是從樓梯或者比他們出發時更低層聽到通告。眾所周知，容留人員從樓梯聽通告，離開樓梯更清楚聽到通告，或者在安全人員在高空大廳層上發出通告前幾分鐘，就被引導到樓梯外。聽到通告並且已開始避難的那些人，面臨到要決定導循這些指示還是要返回辦公室或者繼續避難。面對面的訪談數據顯示當很多人沒遵循通告裡

的指示 / 建議時，其它人選擇返回他們的辦公室。在通告時許多原素影響了每個個人的決定，包括：

- 他們對危險的察覺和避難的能力；
- 在最近地區的其它人的行動或者說法(團體行為)；
- 想遵循指示的渴望；
- 以及甚至意外發現的事實

那些被引導到高空大廳 (skylobby) 樓層的容留人員在聽到通告之後也猶豫不決。他們與其他同事正試圖決定要做什麼。幾分鐘後，WTC 2被擊，這促使他們開始避難。不管容留人員位於大樓的那裡和是否他們已經決定開始避難過程，飛機在上午9:02:59衝擊大樓WTC 2是加速他們做避難的最後決定。

四、9-1-1系統

NIST被授權在2001年9月11日從早上8:45到在上午10:30對與世貿中心攻擊事件有關的紐約市9-1-1系統使用全部緊急呼叫。當WTC 1被攻擊時，9-1-1系統從大約上午8:46:30，即是WTC1被攻擊時，直到早上大約8:55之間一直都在佔用中，並且在早上9:03，即是WTC 2被攻擊時，用量第2次升高，並持續了好幾分鐘。多數電話是目擊者，報告他們已經觀察有東西撞進世貿中心或者報告世貿中心著火了。最初報告包括小的飛機，直升飛機，大的(商業或者軍事)飛機，和一枚炸彈或者一枚飛彈的描述。一些來電者尋找關於他們是否應該避難他們附近的以及目前情況如何的訊息。其他來電者報告可疑的活動或人。在幾分鐘之后，第一個WTC容留人員開始打9-1-1系統以尋找建議或者尋求援救幫助。容留人員繼續使用9-1-1系統，直到上午10:00左右，即WTC 2倒塌時，以作為一訊息的來源或者作為報告他們的情勢的一個方式，。

在飛機撞擊的時段之間，9-1-1接線員建議容留人員在煙霧彌漫中找尋適當的位置來遮蔽並且等待緊急人員的救援。被困的容留人員詢問9-1-1接線員最普遍的問題之一是是否要打破窗子以獲得

新鮮空氣。接線員給容留人員不同的建議。一些接線員鼓勵那些容留人員評估他們自己的特殊情勢以決定打破窗子是否將有幫助，有時警告那些容留人員打破窗子會從窗外引來比在室內避難掉的煙更多的煙霧。其他接線員完全建議容留人員不要打破窗子。9-1-1接線員，大部分在完全沒有隨情況演進所需的知識和不了解創傷的情勢下來行動，有時被強迫在有效記錄打進來的電話，富於同情心地諮詢渴望的容留人員和傳播相關事件訊息之間達到平衡。

另一個容留人員會詢問9-1-1接線員的普遍問題是，是否他們應該撤出，並更進一步的問，是否應該向上還是向下走（換句話說，那些區域會衝擊到他們所在的位置）。一些9-1-1接線員最初沒提供建議，通常告訴那些容留人員順從他們（大概）從大樓管理當局所收到的指示。其他的接線員一致性地告知容留人員停留在適當的位置，援救即將到來。至少有一名在WTC 2被撞擊的下層處的容留人員被反覆建議等待已被通知容留人員下落的救援人員來援救。在上午9:02:59之后的某時，一些接線員開始鼓勵那些容留人員如果可以的話就撤出。有關位置或者對WTC1或WTC2的衝擊程度的訊息通常無法傳遞給受困的容留人員。

接線員例行性地從來電者那裡收集特定位置的訊息，這在國家標準技術局(NIST)建立時間行進中大樓整個狀況的調查(火、煙、損壞、人們的數量)包括建築、樓層，角落(例如：西北角落)或者辦公室號碼是有用的。另外，打電話者有時把一些有關出口路徑的狀態和維持的觀察轉述給個人或集體(即進入樓梯間或者電梯)。由於這些原因，9-1-1錄音證明了它對於高於受創樓層之上的情況是一有價值的記錄而且是沒有其他方法可以發現到的。

五、先前的避難經驗

使用早先的避難經驗引導將來的避難決定，不一定會產生更好的結果。在2001年9月11日有16%的生還者在1993年爆炸事件也經歷過。有些人員儘可能迅速離開，然而在WTC1的70層樓的另一名生還者，卻使用他們在1993年的避難經驗去證明耽誤他們的避難是正確的。

與此類似，在2001年9月11日WTC 2有百分之16($n = 59$)的避難者也在1993年撤出過。然而，在WTC 2，只有百分之75的人($n = 42$)感到他們在1993年時做的決定是正確的(與WTC 1的95%相比)，也許由於1993年在WTC 2 (69% ($n = 39$)) 等待要避難的人比更多在在WTC 1的人還要多。只有31%($n = 17$)報告他們的決定的人有在1993年立即從WTC 2避難，記住炸彈在1993年對WTC 1有更多顯著的影響。

幾乎每個回答把他們在1993年與2001年的避難相比，顯示1993年的避難是更慢，更困難(煙霧迷漫在樓梯間和樓層)，且更為緊張。曾經參加過1993年避難的容留人員，一般在2001年避難期間感覺情況進行得更好。由於他們的1993年的經驗，不過，幾名2001年生還者(在1993年有直接避難經驗)對於建築物通告(或者缺乏)減少了信心。

六、容留人員活動

在2001年9月11日避難期間和之前，WTC 1 和WTC 2的容留人員進行許多活動。這些活動包括聚集個人物品，與其他容留人員，尋找額外訊息，打電話給家人或朋友。通常，這些活動不是耽誤他們的開始避難就是中斷他們進行中的避難，以下簡述：

(一) 預先避難的活動

居住者在進入樓梯間(或者在WTC 2的電梯)之前會進行多種活動以開始他們的避難。一項活動，例如集合容留人員或者警告他們要離開，會花上不同的時間，端視搜尋的樓層面積和其它人有多不願意離去，鑑於一活動如聚集個人所有物通常要求在一分鐘內完成。容留人員注意到的其他活動是、尋找訊息(例如向窗外看、打電話、搜尋網際網路)，幫助其它人、導照緊急程序、防火、工作或者關閉工作書桌。生還者報告他們在開始避難過程中的延遲大致是1到5分鐘，有少數是超過一個小時的延誤。開始避難延遲的時間分佈在第6章被詳細討論。

生還者中的多數，WTC 1有70%，而WTC 2 有75%，從事與他人交談的活動或轉來轉去。居住者利用轉來轉去的行為討論他們所目睹

的現象，並且為所發生的及下一步做什麼找結論。

在WTC 1受創的樓層附近，一些生還者工作保護一塊避難處或者進行防火活動。在受創地區附近的樓層由於煙霧和毀壞而更難行進。因此，一些容留人員仍待在辦公室中，在港口當局人員援救之前，用潮濕的毛巾圍繞缺口。

在兩塔裡，面對面數據找到一項事實，就是有些容留人員延遲開始避難，等待得到避難指示，以作為他們緊急程序的一部分。在WTC 1 124位回答者中的14位和在WTC 2之69位回答者中的12位都在等待指示。WTC 2的百分比比較高，因為它包括那些在開始避難之前，仍然待在他們的樓層聽到擴音系統通告的容留人員。

儘管有些容留人員進行預先避難的活動，在WTC 2的大多數容留人員選擇在他們的塔被攻擊之前開始撤出。在WTC 2有86%到91%到那些生還者在大樓於上午9:02:59被撞前就開始使他們的避難，類似於電話訪談結果(是可以推斷的)，有12%在WTC 2 面對面的回答者一直停留，直到他們的塔被攻擊。在停留的那些人(從來自WTC 2的66當中的8次訪談)中，5位是公司的領導或者消防管理員。另外3位在飛機撞擊前，做出離開的決定，但卻被通告、電話和想要收拾物品而耽誤。

(二) 互助

2001年9月11日那天顯示人們願意在一個緊急事件期間幫助其它人，即使他們之前不認識。在避難期間需要幫忙的那些容留人員包括使用拐杖或者輪椅、超重、老弱、孕婦，和有氣喘病的人。大多數在避難期間伸出援手幫忙的人都是陌生人。這些幫手經常在整個避難過程中與需要幫助的容留人員同在，即使這會使他們身處險境。在兩座大樓裡有些例子提及的幫助行為如在樓梯間裡安慰同事、帶需要的人到電梯、幫助一名容留人員扛著個人物品，並且鼓勵其它人在緊張和疲憊的時候繼續避難。在2001年9月11日當天居住者也展示出英勇事績，在整個避難過程中一直照顧別人，甚至有協助陌生人往下移動超過60個樓層者。

(三) 在避難期間休息

在避難期間，一些逃生者在某些時候會需要休息。一名居住者(逃生者)往下走，要離開90樓層大樓之前，被迫粗略走了半英里的樓梯。逃生者選擇在樓梯裡面休息，或在兩個階梯間，或者更經常在樓梯間著地而席。在避難期間休息，回答者被注意到每座大樓由高或者中等的階層(從兩者中任何一個開始避難)。經常休息的逃生者被報告成為呼吸問題，肥胖症或者其他身體異常或者健康的狀況。

逃生者也在樓梯觀察正在樓梯間裡面休息的其他逃生者。面對面會談受訪者具體提及，在樓梯休息個人的種類，包括人們呼吸有困難(氣喘病)，超重，年老的，援助者和消防人員。

(四) 離開樓梯

在WTC 1和WTC 2，逃生者留在樓梯之種種原因。在整棟大樓當逃生者留在樓梯時，通常多數傳述樓層是天空大廳之一，(層44或者78)。另外，有許多逃生者留下在WTC 1樓梯的更低樓層，可歸因於從倒塌的WTC 2的瓦礫碎片，或者在第12層至20層間某些地方的消防休息站(fire department rest station)。

在WTC 1，使用的樓梯最頻繁的原因，是因為依照消防人員，港務局或者大樓安全管理員(33%)和樓梯狀態(41%)所做的指示，包括擁擠或者吸煙/灰塵/噴口在那些樓梯內加燃料。在WTC 2倒塌之前，逃生者在某些樓梯之外指引或者立即轉向另一樓梯或者某種時期在地板上等待。逃生者要求知道，這是為什麼事而發生，並且決定發現其它樓梯去離開到大廈外面。一群人之後跟隨了這個居住者到其它逃生梯。在WTC 2倒塌之後，在WTC 1的下半部分附近的那些逃生的人面臨來自崩潰的一次瓦礫的猛攻。因此，逃生者再次被指示離開樓梯，如果不依照指示，樓梯無法獲得暢通。

在WTC 1中離開樓梯之最頻繁原因也許不是由指示或樓梯狀況等未知的因素造成，而是居住者跟隨其它居住者(9%)。這是因為人們感到舒適如果跟隨其他人走出樓梯外面，經常不知道離開的原因或誰開始移動。其他離開樓梯的原因在WTC 1，包括一個阻塞的逃生門，逃生的人開始感到不舒服，人口流動量的損害存在，拯救某些事物，待救援的人和搜尋訊息在WTC 2，留在樓梯的最頻繁的原因是在港務

局留在樓梯的指示和大樓安全(10%)人員，擴音系統告知，被WTC 2之前影響(32%)，以及升降機用法(13%)。在WTC 2的一些逃生者，是在天空大廳樓梯間之外被告知之前數分鐘。當告知在整個大樓內人員，在樓梯裡面的一些逃生者告知其他逃生者時 走出去到地板更清楚聽到通告和/或對給透過的訊息有回應。此外，一些逃生者決定在大樓乘電梯到一個不同的地點，為了(或者撤出或者返回他們的辦公室)，在通告被做前后。其他為離開WTC 2 樓梯間的原因包括跟隨人群、逃生者不舒服，想找尋資訊。

七、救助和對避難之限制

避難動機是人與人間相互作用或者既定環境的物理特徵去幫助人們避難。電話訪談數據的分析揭示，那避難者收到從其他人幫助，9 % 報告他們被地板幫助，44 %報告他們被警察或者消防人員幫助，並且65 %報告有其他人幫助了他們。

從受到建築物特色幫助的容留人員中，WTC 1有33%的生還者，另WTC 2有17%的生還者表示其在避難過程曾受到自體發光標誌 (photoluminescent marking) 的幫忙。兩塔之差異在於可能由於在WTC 2倒塌之後，光源在WTC 1消失，因而證明自體發光塗料品質的用處。另外，其他使用WTC 2升降機的容留人員未曾見到自體發光塗料。

相反地，某些情況條件造成避難限制。最經常從電話訪談報告顯示對避難的限制，如表4-2顯示。有3個情況為超過大半數的WTC 1避難者所報告過，即擁擠的樓梯間、在樓梯間裡的緊急應變人員，以及在樓梯間裡受傷或者行動不便人員。在WTC 1的來自正常化的樓梯間避難時間的原因模式的結論，不過，為反駁逃生者進入大樓的消防人員相反沿著樓梯間影響總的流動的看法提供一個科學基礎。當超過一半(63%)報告消防人員/警察在樓梯間裡是限制條件時，一名逃生者，誰遇到消防人員或者警察不有一相當遲鈍樓梯間傳播時間比誰不遇到消防人員或者警察在樓梯間內的一逃生者，其他全部因素保持一致。

表 4-1 WTC 雙塔在 2001 年 9 月 11 日時人員避難之限制

	WTC 1	WTC 2
樓梯間過於擁擠	73%(321)	69%(206)
消防人員/警察	63%(275)	27%(80)
使受傷/在樓梯間	52%(266)	33%(99)
缺乏指導/ 訊息	24%(104)	29%(106)
門上鎖	16%(72)	7%(25)
照明差	11%(48)	4%(15)
標示壞掉/失去	5%(23)	5%(18)

來源：NIST 之 WTC 電話調查數據。

可能的對這表面上的不一致的解釋是當一名逃生者被要求停止時和當時很可能在樓梯間內的邊消防人員和警察移動過去，他們臨時能增加趕上的他們速度複製到他們在他們已經償付那些消防人員之前在那裡或者警察。解釋這依而定那些最高速度逃生者下樓對較少的那些樓梯間，這被發現早在這章裡是情況(行走速度是大約一半將被在一次非緊急事件的避難裡期望的)。

(一) WTC 2 升降機的使用

至少來自 WTC 2 的 18% 生還者報告至少他們的部分避難過程中曾經使用過升降機，包括使用來自地下室樓層升降機的人員。當大多數人員使用升降機避難時，在上午 9:00 通告廣播當時，一些人則決定找出一條迅速的方法返回他們的辦公室。行動力損傷人員不一定控制使用升降機，反而是由全部人員使用以迅速避難離開大樓。

在 WTC 2 儘管有行動力損傷者對升降機的可用性，大約等同於在 WTC 2 的行動力損傷者選擇使用升降機的百分比 (19%)，當與倖存的總人口 (16%) 相比。

使用在 WTC 2 的升降機救了很多生命，由於 WTC 2 之 78-107 層的人員同時使用樓梯間和升降機，為了在 WTC 2 受攻擊之前移動至撞機影響區域下面。為了估計在 WTC 2 攻擊之前能到達撞機影響區域下面的居留人員總數，有下列假設設定：(a) 沒有人員在上午 9:02:59

之前開始撤離WTC 2；(b)沒有升降機是可用的；以及(c)WTC 2的避難速率反映了WTC 1 的實測避難速率，如圖4-2（在上午8：46：30開始）。在此三項假設之下，超過3,000人停留在大樓中直到倒塌，其中有超過2,000人是困在第78層以上。因此，在2001年9月11日在WTC 2中估計該時段自我避難（開始避難在上午9：02：59之前）並使用升降機獲救者大約有3,000人。

（二）鞋類

樓梯的避難速度會因逃生者選擇所穿的鞋子而顯著影響，特別是婦女。高跟鞋，特別是足跟高過3吋者，會明顯降低在樓梯上的行動能力。逃生者，大多數為婦女，脫去他們的鞋在雙塔的樓梯間裡。此代表著對樓梯內其他逃生者的一種潛在危險，其須在鞋堆周圍閃避移動，如同沒穿鞋的逃生者通過大樓損壞的位置。

（三）轉接走廊（transfer hallway）

如前述，在WTC 1 和WTC 2中樓梯間並沒在筆直的垂直方向下降。在樓梯間”A” “C”比樓梯間”B”之水平方向連接更多且長，能延長超過100呎並且需要幾處90度轉彎。除稍微地增加避難時間（與沒有水平轉接的設計相比較），轉接走廊增加了避難者心裡有關避難路徑正確性的不確定感。

第三節 緊急應變管理及計畫

- 建築物容留人員、9-1-1 總機、消防隊先遣人員、WTC 建築管理人員及紐約港務局人員彼此缺乏適當的情況瞭解，雖然彼此有近似固定的雙向溝通。許多以及時方式溝通重要資訊的機會皆錯過，例如告訴建築物容留人員關於衝擊區域的大致位置，或者是否要避難。
- 面對不明確的情況，雙塔建築物的容留人員從不同來源接到衝突的回饋/忠告（包括 9-1-1 總機人員、FDNY、家人和朋友，和紐約港務局人員）有關是否避難、是否擊破玻璃、及他們的情

勢真相。

- WTC 的容留人員在避難過程中未經準備去面對水平轉接通道，且不時因困惑於走廊是否通往樓梯間，及困擾於轉接走廊的門會打開或上鎖而延誤時間。
- 除了在 WTC 2 遭受飛機攻擊之前的通告，在飛機衝擊後，在 WTC 2 大廳的消防指揮中心發出通告，雖然經 NIST 調查發現沒有證據顯示任何的生存者聽到過這些通告。
- 建立主要的地下避難路線穿越 Concourse 購物商場，從 WTC 5 的街頭路面出來（通常是在 Borders 書店旁）的決定預防了重大的傷亡數目。
- 最初的緊急應變人員乃是同僚及一般建築容留人員，平日英雄氣概的行動拯救了許多人，而傳統的緊急應變人員卻無法及時趕到。

第四節 行動力損傷者之避難

- 將近 1000 名獲救之 WTC 1 及 WTC 2 容留人員有影響其避難能力的限制，包括近期做過手術或受傷、肥胖、心臟狀況、氣喘、高齡或其他需要協助行走、懷孕及其他。最常報導的行動不便是近期受過傷及長期慢性病；相對於其他行動力損傷者的頻度，需要使用到輪椅的人數很少。
- 當許多行動力損傷者能夠成功避難，通常有同事或緊急應變人員的協助，其他人會暫時從樓梯間移開，以容許更多正常行動者逃離建築物（WTC 1 休息站位在第 12 至 20 樓間）。然而 2001 年 9 月 11 日所有行動力損傷者及其協助者能否全部成功逃出仍然不清楚。在 WTC 2 未見類似的休息站。
- 行動力損傷者通常並不被現有的避難程序所考慮在內，如同有些被同夥人員留下（稍後由陌生人協助），然而其他選擇不向任一同夥人員透露他們的行動力有損傷。

第五章 對國內外法規與標準之影響

第一節 我國防火避難相關法規規定

參、高層辦公建築物之定義

民國 79 年內政部建築研究所籌備處召開「中日高層建築技術準則與管理制度研討會」中，各研究小組因為站在不同的觀點，對超高層建物的定義不同，在建築規劃設計組中指出：高層建築物指 36 公尺以上，60 公尺以下之建築物；建築結構組則指出：基面以高度 50 至 75 公尺以上之建築物為超高層建築物，但卻未指出超高層建築物的建議高度；建築設備組則未針對超高層建築物加以定義，消防防災組則認為樓層在 11 層以上或簷高 31 公尺以上之建築物為高層建築物；樓層在 25 層以上或簷高 90 公尺以上之建築物為超高層建築物，可見以結構組、規劃設計組、設備組、防災組等不同立場對高層建築物會有不同的定義。民國 92 年 10 月 14 日「建築技術規則」建築設計施工編修正實行之第 12 章高層建築物專章內明定高層建築物係指高度在 50 公尺或樓層在 16 層以上之建築物，但並未對超高層建築物有所定義，僅要求建築高度達 25 層或 90 公尺以上者，其防災中心應具備防災、警報、通報、滅火、消防及其他必要之監控系統設備。以臺灣地區為例，至民國 94 年底為止，已有 2,646 棟建築物達「建築技術規則」建築設計施工編所規定高度達 16 層或 50 公尺以上之高層建築物。其中臺北 101 國際金融大樓（地上 101 層、高度達 508 公尺，曾為世界第一高樓）、高雄市東帝士 85 國際廣場（地上 85 層、高度達 348 公尺）等，或是將於民國 102 年完之臺北雙子星大樓，均為著名之高層建築物。

肆、高層建築物在防火避難上之相關法令

政府為保障人民之生命財產安全，對於高層辦公建築在都市計

畫法、建築法與消防法內均有訂定相關法規。下表為高層辦公建築大樓防火避難之相關法規總整理（如表 5-1）。

表 5-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表

法規名稱		規定項目	法規條文內容概要
母法	相關子法		
都市計畫法	台北市土地使用分區管制規則第 6-24 條	土地使用分區管制	1. 台北市 G2 類之政府機關允許使用設置於高一、高二、高三、商四、住四分區；附條件允許使用設置於住一、住二、住三、住三之一分區
			2. 台北市 G2 類之一般辦公室允許使用設置於高一、商二、商三、商四分區；附條件允許使用設置於住三、住三之一、住四分區
			3. 台北市 G2 類之事務所允許使用設置於高一、商二、商三、商四分區；附條件允許使用設置於住二、住三、住三之一、住四分區
建築法	本法第 73 條	使用管制	建築物應依核定之使用類組使用，其有變更使用類組或有第九條建造行為以外主要構造、防火區劃、防火避難設施、消防設備、停車空間及其他與原核定使用不合之變更者，應申請變更使用執照。但建築物在一定規模以下之使用變更，不在此限。
	本法第 77-2 條		建築物室內裝修不得妨害或破壞防火避難設施、消防設備、防火區劃及主要構造。
	建築技術規則建築設計施工編第 89-1 條	人口密度	辦公類型建築物採行性能式設計法進行防火避難安全設計時，經提具建築物防火避難安全計畫書，送中央主管建築機關認可者，得不適用本章一部或全部之規定。前項建築物防火避難安全計畫書，應依下列各類用途建築物之避難人員數檢討必需之防火避難安全設施，達到本規則各條文同等以上之安全性能。辦公區：0.30、會議室：0.60、會議廳：1. 有固定席位者，以實際席位數計，站席部分：2.00。2. 無固定席位者：座椅型式：1.45；桌椅型式：0.75；站席：2.00。
	建築技術規則建築設計施工編第 90 條	避難層之出入口	辦公類型建築物其直通樓梯應在避難層之適當位置，開設二處以上不同方向之出入口；每處寬度不得小於一·二公尺。其中至少一處應直接通向道路，其他各處可開向寬一·五公尺以上之通路，通路淨高不得小於三公尺，並應接通道路。
	建築技術規則建築設計施工編第 91 條	避難層以外樓層出入口	避難層以外之樓層，通達供避難使用之走道或直通樓梯間，其出入口不得小於一·二公尺，並應裝設甲種防火門。
	建築技術規則建築設計施工編第 92 條	走廊構造	防火建築物內各層連接直通樓梯之走廊通道之牆壁，應為防火構造或不燃材料。
	建築技術規則建築設計施工編第 93 條	直通樓梯步行距離	辦公類型建築物自避難層以外之各樓層均應設置一座以上之直通樓梯（包括坡道）通達避難層或地面，樓梯位置應設於明顯處所。自樓面居室之任一點至樓梯口之步行距離（即隔間後之可行距離非直線距離）依規定為 40 公尺（十五層以上建築物）。
	建築技術規則建築設計施工編第 94 條	屋外出入口步行距離	避難層自樓梯口至屋外出入口之步行距離不得超過三十公尺。
	建築技術規則建築設計施工編第 95 條	二座以上之直通樓梯	辦公類型建築物樓地板面積在避難層直上層超過四百平方公尺，其他任一層超過二百四十平方公尺者，應自各該層設置二座以上之直通樓梯達避難層或地面。

表 5-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

建築法	建築技術規則 建築設計施工 編第 97 條	安全梯之構造	安全梯之構造，依下列規定：一、室內安全梯之構造：(一) 安全梯間四周牆壁應為防火構造，天花板及牆面，應以不燃材料裝修。(二) 進入安全梯之出入口，應裝設安全門，其構造應符合甲種防火門或鑲嵌鐵絲網玻璃之乙種防火門，並不得設置門檻；安全門之寬度不得小於安全梯之寬度，安全門應向避難方向開啟。(三) 安全梯間應設有緊急電源之照明設備，其開設採光用之向外窗戶或開口者，應與其他窗戶或開口或非防火構造之外牆屋簷等相距九十公分以上。二、戶外安全梯之構造：(一) 安全梯應為防火構造。(二) 安全梯與建築物任一開口間之距離，除至安全梯之安全門外，不得小於二公尺，但開口面積在一平方公尺以內，並裝置鑲嵌鐵絲網之固定玻璃者，不在此限。(三) 出入口應裝設符合甲種防火門或鑲嵌鐵絲網玻璃之乙種防火門規定之安全門，但以室外走廊連接安全梯者，其出入口得免裝設安全門。(四) 對外開口面積(非屬開設窗戶部份)應在二平方公尺以上。三、特別安全梯之構造：(一) 自室內至安全梯，應經由陽台或本編規定之排煙室，始得進入；樓梯間及排煙室之四週牆壁應為防火構造，其天花板及牆面之裝修，應為不燃材料。(二) 樓梯間及排煙室，應設有緊急電源之照明設備。其開設採光用固定窗戶或在陽台外牆開設之開口，除開口面積在一平方公尺以內並鑲嵌鐵絲網玻璃之固定玻璃者外，應與其他開口相距九十公分以上，但在防火帶範圍內，不得開口。(三) 自室內通陽台或進入排煙室之出入口，應裝設甲種防火門，自陽台或排煙室進入樓梯間之出入口，應裝設甲種或乙種防火門。(四) 樓梯間與排煙室或陽台之間所開設戶應為固定窗。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 100 條	排煙設備	本編第六十九條第一類、第四類使用及第二類之養老院、兒童福利設施等建築物內部空間需設置排煙設備，並無強制規定辦公建築物(第三類)內部空間需設置排煙設備，亦無規定須強制作防煙壁區劃。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 104 條	緊急照明設備	無強制規定辦公建築物內部空間需設置緊急照明設備。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 106 條	緊急用升降機設置標準	建築物高度超過十層樓以上部分之最大一層樓地板面積，在一、五〇〇平方公尺以下者，至少應設置一座；超過一、五〇〇平方公尺時，每達三、〇〇〇平方公尺，增設一座。超過十層樓之各層樓地板面積之和未達五〇〇平方公尺者不受限制。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 107 條	緊急用升降機之構造規定	緊急用升降機之構造應依下列規定：一、機間：(一) 除避難層外應能連通每一樓層之任何部分。(二) 四周應為防火牆及防火樓板構造，其天花極及牆面裝修，應使用不燃材料，其出入口應為甲種防火門，防火門應向避難方向開啟。(三) 應設置排煙設備。(四) 應有緊急電源之照明設備並設置消防栓、出水口、緊急電源插座等消防設備。(五) 每座升降機占樓地板面積不得小於十平方公尺。(六) 應於明顯處所標示升降機之活載重及最大容許乘座人數，避難層之避難方向、通道等有關避難事項，並應有可照明此等標示及緊急電源之標示燈。二、機間在避難層之位置，自升降機出口或升降機間之出入口至通往戶外出入口之步行距離不得大於三十公尺。戶外出入口並應臨接寬四公尺以上之道路或通道。三、機道應每二部升降機以防火牆隔開。但川堂部分及連接機械間之鋼索、電線等周圍，不在此限。四、應有能使設於各層及機廂之升降控制裝置暫時停止作用，並將機廂呼返避難層或其直上層、下層之特別呼返裝置，並裝置於避難層或其直上層或直下層等川堂內，或該大樓之集中管理室內。五、應設有連絡機廂與管理室間之電話系統裝置。六、應設有使機廂門維持開啟狀態仍能升降之裝置。七、應設置緊急電源或戶外供電接頭。八、升降速度不得小於每分鐘六十公尺。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 113 條	消防設備	辦公廳類型建築物需設置滅火設備、警報設備及標示設備
建築技術規則 建築設計施工 編第 114 條	滅火設備	高層辦公建築各層之樓地板面積在 300 平方公尺以上者，需設置室內消防栓。但建築物為防火構造，合於本編第八十八條規定者，其樓地板面積加倍計算。建築物在第十一層以上之樓層，各層之樓地板面積在一〇〇平方公尺以上者，需設置自動撒水設備。	

表 5-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

建築法	建築技術規則 建築設計施工 編第 227 條	名詞定義	高層建築物，係指高度在五十公尺或樓層在十六層以上之建築物。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 241 條	兩方向避難 原則	高層建築物應設置二座以上之特別安全梯並應符合二方向避難原則。二座特別安全梯應在不同平面位置，其排煙室並不得共用。高層建築物連接特別安全梯間之走廊應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該樓層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。高層建築物之直通樓梯，均應為特別安全梯，且通達地面以上樓層與通達地面以下樓層之梯間不得直通。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 242 條	防火區劃	高層建築物除應依本規則規定設防火區劃外，其升降機道及梯廳應自成一個獨立防火區劃。前項防火區劃使用防火鐵捲門者，應留設逃生門，並予標示。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 244 條	緊急升降機	高層建築物地板面高度在五十公尺以上或十六層以上之樓層應設置緊急升降機間，緊急用升降機載重能力應達十七人（一千一百五十公斤）以上，其速度不得小於每分鐘六十公尺，且自避難層至最上層應在一分鐘內抵達為限。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 247 條	配管管材	高層建築物各種配管管材均應以不燃材料製成，或使用具有同等效能之防火措施，其貫穿防火區劃之孔隙應使用防火材料填滿或設置防火閘門。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 248 條	設備材質	設置於高層建築物屋頂上或中間設備層之機械設備主要部分構材應為不燃材料製成。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 255 條	電線電纜配 線方式	高層建築物之防災設備所用強弱電之電線電纜應採用強電三十分鐘、弱電十五分鐘以上防火時效之配線方式。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 257 條	火警自動警 報設備	高層建築物每一樓層均應設置火警自動警報設備，其十一層以上之樓層以設置偵煙型探測器為原則。高層建築物之各層均應設置自動撤水設備。但已設有其他自動滅火設備者，其於有效防護範圍，內得免設置。
	建築技術規則 建築設計施工 編第 258 條	警鈴鳴動	高層建築物火警警鈴之設置，其鳴動應依下列規定：一、起火層為地上二層以上時，限該樓層與其上兩層及其下一層鳴動。二、起火層為地面層時，限該樓層與其上一層及地下層各層鳴動。三、起火層為地下層時，限地面層及地下層鳴動。
建築技術規則 建築設計施工 編第 259 條	防災中心	高層建築物應設置防災中心，並以具二小時以上防火時效之防火牆、防火樓板及甲種防火門予以區劃分隔。防災中心應設於避難層或其直上層或直下層。高層建築物各種防災設備，其顯示裝置及控制應設於防災中心。	

表 5-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

消防法	本法第 9 條	消防設備定期檢修	高層辦公建築應設置消防安全設備場所，消防安全設備之定期檢修，其管理權人應委託中央主管機關審查合格之專業機構辦理。
	實行細則第 15 條	消防防護計畫	總樓地板面積在五百平方公尺以上，其員工在三十人以上之工廠或機關（構），需提報消防防護計畫。消防防護計畫應包括下列事項：一、自衛消防編組：員工在十人以上者，至少編組滅火班、通報班及避難引導班；員工在五十人以上者，應增編安全防護班及救護班。二、防火避難設施之自行檢查：每月至少檢查一次，檢查結果遇有缺失，應報告管理權人立即改善。三、消防安全設備之維護管理。四、火災及其他災害發生時之滅火行動、通報聯絡及避難引導等。五、滅火、通報及避難訓練之實施；每半年至少應舉辦一次，每次不得少於四小時，並應事先通報當地消防機關。六、防災應變之教育訓練。七、用火、用電之監督管理。八、防止縱火措施。九、場所之位置圖、逃生避難圖及平面圖。一〇、其他防災應變上之必要事項。遇有增建、改建、修建、室內裝修施工時，應另定消防防護計畫，以監督施工單位用火、用電情形。
	各類場所消防安全設備設置標準第 12 條	場所用途分類	辦公室屬於乙類第六款場所
	各類場所消防安全設備設置標準第 157 條	收容人員之計算	從業員工數與供從業員以外者所使用部分之樓地板面積和除三平方公尺所得之數，合計之。
	各類場所消防安全設備設置標準第 159 條	避難器具免設條件	辦公建築符合下列規定者：（一）主要構造為防火構造。（二）設有二座以上安全梯，且該樓層各部分均有二個以上不同避難逃生路徑能通達安全梯。除應符合前款規定外，且設有自動撒水設備或內部裝修符合建築技術規則設計施工篇第八十八條規定者，其應設之避難器具得免設。
	各類場所消防安全設備設置標準第 189 條	室內排煙設備	辦公室依 12 條第 2 款規定為乙類場所，不屬於強制規定範圍內之建築物。
	各類場所消防安全設備設置標準第 190 條	特別安全梯或緊急昇附機間之排煙設備	特別安全梯或緊急昇附機間之排煙設備應依左列規定選擇設置：一、設置直接開向戶外之窗戶時，應符合左列規定：（一）在排煙時窗戶與煙接觸部分應使用不燃材料。（二）窗戶有效開口面積應位於天花板高度二分之一以上之範圍內。（三）窗戶之有效開口面積不得小於二平方公尺。但特別安全梯排煙室與緊急昇降機間兼用時（以下簡稱兼用），不得小於三平方公尺。（四）前目平時關閉之窗戶應設手動開關裝置，其操作部分應設於距離樓地板面八十公分以上一百五十公分以下之牆面，並標示簡易之操作方式。二、設置排煙、進風管道時，應符合左列規定：（一）排煙設備之排煙口、排煙管道、進風口、進風管道及其他與煙接觸之部分均應以不燃材料建造。（二）排煙口應設於天花板高度二分之一以上之範圍內，開口面積不得小於四平方公尺（兼用時，應為六平方公尺），並直接連通排煙管道。（三）排煙管道內部斷面積不得小於六平方公尺（兼用時，應為九平方公尺），且其頂部應直接通向戶外。（四）設有排煙量在每秒四立方公尺（兼用時，每秒六立方公尺）以上，且可隨排煙口開啟而自動啟動之排煙機者，得不受本款第二目及第三目之限制。（五）進風口應設於天花板高度二分之一以下之範圍內，開口面積不得小於一平方公尺（兼用時，應為一點五平方公尺），並直接連通進風管道，管道斷面積不得小於二平方公尺（兼用時，應為三平方公尺），且接連通戶外。（六）進風口、排煙口應依前款第四目設置手動開關裝置或偵煙式探測器連動開關裝置，且平時保持關閉狀態，開口葉片之構造應不受開啟時所生氣流之影響而關閉。

第二節 我國與美國建築避難規定比較

壹、樓梯數量及寬度規定比較

以 WTC 辦公室大樓為例，服務區域粗估面積為 42,850 ft² (3,990m²)，該大樓承租戶多為金融、保險、商貿公司機構等，在美國建築法規歸屬於商業用途，若依我國建築法規，應為 G1 類。依我國建築技術規則設計施工編第 2 章第 7 節第 33 條規定，該建築物樓梯及平台寬度須為 1.2m 以上。另依同規則第 12 章(高層建築物)第 241 條規定，該建築物應設置 2 座特別安全梯。表 5-2 為我國與美國相對應規定之比較；從中可了解我國高層建築物之樓梯(特別安全梯)寬度介於 IBC 與 NFPA 101 及紐約市建築規範之間。IBC 為美國一般性標準規範，但 NFPA 與紐約市建築規範則因 911 事件修正基準值，規定超高層建築物應採用較寬敞樓梯。

由於高層建築物建造成本較昂貴，樓梯愈寬，"犧牲"樓地板面積就等於建造成本增加，國內建築投資商往往寧可要求建築師遵守建築法規最低標準即可，並不會基於公共安全考量，緊急情況時人員疏散避難的需要，而有所改變。情況如要有所改變，就要修訂建築技術規則相關條文規定。

表 5-2 以 WTC 大樓辦公室用途為例之國內外最小樓梯設計值

建築法規	台灣建築技術規則 (2007)	IBC (2003)	NFPA 101 (2003)	紐約市建築 規範 (2003)
樓層平面 3,990m ² 辦公室用途建築物之樓梯 數量及寬度	2座特別安全梯，每座寬度各 120 cm	2座樓梯，每座寬度各 110 cm	2座樓梯，每座寬度各 165 cm	2座樓梯，每座寬度各 198 cm

貳、容留人數規定比較

依據前述的建築物分類，如前節所述(第二章第六節)，IBC 與 NFPA 規範兩者會要求每個樓層 428 人的逃生容量，而 NYC 建築規範是將粗估面積扣除管道間、儲藏室與樓梯間面積後再計算最大之人員負載，所以 WTC 每個樓層人員負載的設計值為 390 人。

我國內政部於 93.1.9 頒布台內營字第 0920091078 號令訂定「防火避難綜合檢討告書申請認可要點」，其中對於 G1 類組之避難人數基準為：辦公區 0.30 (人/m²)，會議室：0.60 (人/m²)。若以 WTC 辦公室大樓為例，粗估樓層面積為 42,850 平方英尺 (3,990m²)，淨面積為 36,500 平方英尺 (3,400m²)，核心空間約 12,000 平方英尺 (1,100m²) (以第 42 到 48 樓為例)，則換算 WTC 每個樓層避難人數(以辦公區計算)分別為 1197 人(粗估樓層面積)、1020 人(淨樓層面積)，690 人(淨面積扣除核心空間)。由上可知，我國現行之建築規定對於辦公室避難人數所採用基準值比起美國所用者還高出許多。

另一方面，避難逃生設施系統也會反映較高的人員負載。若人員負載計算是根據淨面積，需要 6.5 單位的逃生通道寬度(每單位 60 人需 22 英吋【56cm】寬度通道)，即 143 英吋 (363cm)；另若人員負載計算是根據粗估面積值時，則 WTC 1 和 WTC 2 會要求 7.5 單位的逃生寬度，即 165 英吋 (419cm)。因此，3 座樓梯間每座應會需要為 1.4m(56 英吋)以上寬度，來容納較高的人員負載。我國建築技術規則樓梯則依據樓地板面積規定樓梯總寬度及非避難樓層出入口總寬度。

叁、樓梯疏離度規定比較

如前節所述，NYC 建築規範根據特定樓層的最長步行距離的一部份來計算樓梯間的最少分隔距離(若完全有撒水保護計算以三分之一計算，若未完全有撒水保護則以二分之一計算)，對 WTC 1 與 WTC 2 而言為 55m(180ft)。IBC 及 NFPA 101 根據樓層或服務區域的最大對角線的一部份來計算樓梯間的最少分隔距離(若完全有撒水保護計算以三分之一計算，若未完全有撒水保護則以二分之一計

算)，對 WTC 1 和 WTC 2 而言為 30m[98ft]。對於樓梯疏離度規定，我國建築技術規則係以重複步行距離為計算基準；依設計施工編第 95 條規定，當樓層居室任一點至 2 座以上樓梯之步行路徑重複部分之長度不得大於本編第 93 條規定之最大容許步行距離二分之一。而第 93 條規定步行距離（即隔間後之可行距離非直線距離）依建築物用途類組分為 30、50、70m 不等。又建築物第 15 層以上之樓層步行距離規定為 20m、40m。對 WTC 1 和 WTC 2 而言應為 40m。綜上，我國法規對於樓梯疏離度規定，介於美國 NYC 建築規範及 IBC 及 NFPA 101 規範之間。

第三節 對美國法規之影響

歷經過 2001 年美國世貿雙子星大樓崩塌事件以及世界各大城市如馬德里、委內瑞拉、芝加哥、劍橋、麻薩諸塞州等高樓火災，高層建築的安全性再度受到重視，大眾也開始檢視現有的大樓安全法令與危急處理是否合乎時宜，為此 NFPA 建立了高樓安全諮詢委員會，以回應上述的需求並重新檢視高層建築的安全性。

諮詢委員會主旨為檢視高樓建築的安全需求與其他相關議題，並為技術性委員會紀錄會中重要備忘錄以決定是否增修相關法則。諮詢委員會正考慮將 NIST 在「世貿雙子星大樓的崩塌」調查報告中所提出的建議納入備忘錄中。此備忘錄包含部份法規的修正提案，以及幾項爭議性的議題。

針對特定主旨與目的而制定的 NFPA 101 與其他相關法規，而為了清楚闡述甚至延伸「重大緊急事件」如火災或恐怖攻擊事件的概念，NFPA 必須進行具體的修正及解釋。NFPA 101 與 NFPA 5000 是針對火災事件與其他同樣可能對大樓人員或大樓本身造成危害為制訂基礎，而新法規的內容則進一步提高了目前現有對恐怖攻擊事件的預防與危機處理。

壹、緊急事件之應變措施

根據規定，高層建築的所有權人應做好緊急事件的預備與應

變。現行法規中，不同的大樓用途會有個別的緊急應變，例如健康中心，但目前的法規卻未對高層建築制定任何相對應的緊急應變措施。因此，設立並實施一套完善的高層建築緊急應變計畫，不僅可提供大樓詳盡的事前防範措施，於緊急事件發生時，也能有完備的應變措施，像是大樓人員之間的協調、緊急通報與其他計畫，儘可能將災害降低到最小程度。

此外，緊急應變措施的設定範圍不應僅限於火災災害，同時也該包含其他可能造成大樓人員安全危害的其他災難，例如意外、預謀犯罪或是像颶風這類的天然災害。另一方面，建立這類緊急應變計畫時，應於附錄中詳細記載各種緊急計畫的項目說明，以確保計畫中的資訊具時效性以及準確性。

貳、逃生疏散策略

為了因應特定高樓或是區域性的緊急狀況如大規模的停電、地震、火警或者恐怖攻擊等，並於緊急事件發生當下能迅速有效地疏散大樓內部人員，美國標準與技術研究院（NIST）認為一套完善的高層建築疏散是有其存在性的必要。

NFPA 101 與 NFPA 5000 中規定了逃生疏散設施的最低門檻數量，以便危急時，大樓內部人員可快速逃離疏散，或是移動至大樓內部其他安全無虞的地方如護理站或臨時避難所。此外，法規對全面同步性疏散，階段性疏散，區域性疏散，就地防護概念等都有相關說明與規定。

法規除了詳細說明疏散方式與就地防護的概念外，也針對特定大樓類型提供較合適的因應對策。其中，法規更強調有關大型建築，特別是高層建築的疏散，不論是區域性或全面性的疏散，都應事前安排緊急狀況發生時，個別區域的人員應利用哪些特定管道進行逃生以及區域疏散的先後順序。此外，大樓疏散管道種類多寡，以及殘障人士的特別需求等都應納入安排的考量因素當中。

參、出口標示的醒目性

隨著建築高度的增加，也提高了大樓逃生出口的限制，因此高

層建築中通常會連結樓層平面與上下樓層的逃生通道。根據過去世貿雙子星大樓的疏散經驗，曾有大樓使用者回報在逃生時，平面樓層並未提供顯著的逃生指示以引導人員往其他樓層的逃生方向。因此，新法規中制定一項逃生梯出口的管理規定，要求大樓在樓層平面的逃生路線不明確時，應設立明顯的出口標示或方向指引，根據此項新規定，大樓必須立即新增或改進現有的方向標示設施。

尤其在緊急事件發生的當下，錯綜複雜的逃生路線常使得大樓人員在尋找最近的逃生出口的路途中迷失或誤判方向，因此，新法規中不僅要求逃生路線圖中須提供樓層平面圖與出口指示的資訊，更應針對大樓建築用途提供合格的逃生路線圖，並張貼公告於適當的地點。另一項未通過的議案為新型的高層建築內部通道應提供樓層鄰近逃生路線，但因技術性委員會認為提案者未清楚說明該方案能如何有效增進大樓安全的效益而未通過審核。

肆、逃生方式的預備

NFPA 101 與 NFPA 5000 皆規定逃生出口與安全門的距離，但卻未明確對逃生通道或逃生出口區域的距離有相關規定。對於現行規定的闡釋，單一火災事件可能會阻礙大樓內部人員通往安全區域，因此大樓應設置逃生通道或逃生出口區域。而為了更清楚闡明此規定的內容，委員會特別將逃生通道與逃生出口區域的距離納入逃生疏散的規定當中。此外，關於內部通道上的個別逃生出口間的距離規定也被列入提案。

伍、逃生出口寬度與容積

2006 年的 NFPA 101 與 NFPA 5000 即明文規定倘若大樓使用人數超出 2,000 名人員，特別針對 14 層樓高以上的大樓，則階梯的最小寬度應超過 56 吋（等同於 124cm），以便緊急事件發生時，大樓人員可利用樓梯疏散至其他安全的樓層。

而編製 2009 年新法規時，曾有人提議將大樓階梯的最小規定寬度降至 44 吋（等同於 111cm），但基於此議案對現有階梯設計未提出充足的輔助說明，委員會因而未通過此審核，進而成立了另一項

規定，即允許階梯寬度超過 44 吋的部份可視為大樓的居住容積，此項新規定也因而成為建築設計師願意拓寬階梯寬度的動機。

其規定的立意在於，為了有效平衡逃生疏散系統中，上下樓層與同一平面的出口利用率，逃生走道必須具備足夠的階梯寬度，方能引導個別樓層的人員往適當出口或其他樓層移動。

另一項確保人員能平衡使用各個逃生出口的新提案內容為，新大樓的建築規劃中須設置一個以上的逃生出口，其中要求若有任何一個逃生出口無法正常使用時，則該逃生出口不得降低大樓整體 50% 以上的逃生出口率。舉例說明，若該大樓按照規定需設置兩個逃生出口，則這兩個逃生出口必須具有疏散 50% 大樓人員的能力；倘若大樓擁有三個逃生出口，則法規將不限定此三個逃生出口需有幾成的疏散能力，但若其他任一個逃生出口發生無法使用的狀況時，則剩下兩個逃生出口則必須具有能個別疏散 50% 大樓人員的能力。

陸、緊急疏散電梯

為了更及時地疏散高層建築內的人員，緊急升降避難電梯之安全法規— ASME A17.1 中特別制定了防火緊急應變措施，可在特定情況下適用階段一緊急召回步驟（phase I: Emergency Recall Operation）。大樓火災警鈴系統啟動後，若電梯內部、電梯機房或是電梯垂直通道未監測到濃煙，則電梯仍可持續使用，並協助進行人員疏散。

此項規定將高樓電梯列為逃生疏散方式之一，但仍未被納入成為高層建築法規中正規的疏散機制或疏散步驟。即便如此，法規中闡述遭遇火災或其他緊急事件時仍可使用電梯的觀點，顛覆過去傳統大眾在緊急狀況下該避免使用電梯的觀念。為此，法規中特別詳細說明了大樓建築類型的資訊與應有的訓練；此外，也記載完善的疏散系統應包含偵測、警鈴、通訊器材、撒水系統、電梯組件、電力系統等。

柒、輔助疏散器材與直昇機降落設施

在 2006 年法規中曾提及有關輔助疏散工具的議題，但並未合併至相關法規，因此編列 2009 年的新法規時，便另闢相關輔助疏散工具的規定。此項新法規是針對大樓所有權人或是其他有義務使用此疏散系統及器材作為參考對象，內容包括逃生設備、逃生系統、平台救援系統。疏散器材目的為提供輔助性的逃生方式。同樣地，並不歸屬法規中任何一種正規的逃生疏散機制。雖然此項法規範圍並不侷限於超高樓建築，但事實上，該類逃生疏散設施也僅適用於高層建築上。

此項法規針對高層建築的輔助疏散器材，特別是直升機降落設施。由於高層建築的緊急事件不僅只於火災災害，尚其他的潛在危險，例如天然災害，犯罪事件，恐怖攻擊。支持此項議案的理由為此類輔助逃生器材可有效地疏散大樓使用者及調度緊急行動。但技術性委員會於二度審查時，則基於可能與基本逃生要求的配套措施混淆為由而回決此項議案。

捌、大樓崩塌的預防

NFPA 5000 第五章詳述大樓主體的相關規定，包含大樓塌陷的危機處理，其中各種高層建築崩塌的可能情境預演已被編修入新法規中。舉例來說，倘若 ASCE/SEI 7 中表 1-1 所定義的第三類與第四類建築遭遇火災時，人員將會先區劃火災區域以避免火勢擴大，並讓火勢隨著助燃物的消耗殆盡而熄滅。而事實上，先前 NFPA 5000 法規僅針對火災可能對人員生命安全造成威脅的基本情境進行推演，但未將建築結構可能帶來的影響納入考量之中。因此，此法規針對火載量（fire load）的計算進行詳細的說明與規範。

此外，對於逃生電梯間與逃生樓梯間的設立也在各項提案之內。其主要內容是針對高度超過 420 呎（等同於 128m）的高層建築應最少個別設立一座逃生樓梯間與逃生電梯間，其優點在於不僅可避免大樓塌陷而造成人員損傷，另一方面，逃生間的表面可抵擋每 2 平方英吋的直向壓力，但由於這兩項提案需求將無法與地震和強風的建築設計概念進行配合，而遭到委員會的否決。

關於增加大樓結構性整合的議題，如不對稱的崩塌，目前是由

美國世貿中心事件人員避難行為影響因子探討與應用

美國工程師協會 (American Society of Civil Engineers; ASCE) 與其他結構性工程組織進行相關研究。隨著未來研究報告的出爐，將會推出更貼近建築安全需求的法規

玖、緊急應變人員專用梯 (Dedicated Enclosures for Emergency Responders)

為數不少的提案主旨為大樓的緊急搜救行動，其中一項提案認為高度超過 120 英尺 (36m) 的大樓應備有一台安全逃生電梯，以供危急事件發生時第一線搜救人員使用來進行救援。提案中附註說明電梯內部、消防立管水帶接頭、通訊系統、電力與電梯機房等注意事項，但最終仍被委員會否決。其他類似的提案如高層建築的搜救人員應有專用救援樓梯的概念闡釋，且該樓梯可於 25 英尺 (7.6m) 內即可通達緊急指揮中心。

然而，此項提案亦未被技術性委員會所核准，雖然兩項提案中皆提供緊急救援樓梯／電梯的相關詳細資訊，但委員會認為只要大樓擁有一套完善的緊急應變計畫與組織良好的搜救行動，加上受過嚴密訓練的搜救人員，第一線搜救人員即便不透過專用救援樓梯仍可達成搶救目的。

壹拾、防火建材的檢測

為了提高火災現場的大樓結構穩固性，NFPA 1 提出高層建築應使用符合消防規定的防火建材，並且至少每五年內需通過一次獨立第三方檢測單位的實體檢測，而檢測單位也必須遞交一份檢測結果給 AHJ 作為紀錄。此外，新法規中規定大樓若使用噴覆式防火建材 (spray-on material) 必須定期檢測並維持在良好的使用狀態。

壹拾壹、消防部門的溝通

因應美國標準與技術研究院的建議與諮詢委員會針對緊急救援與通訊的備忘錄，新法規針對火災通報中心與緊急救援系統需要建立起一套新的無線電通訊系統。運用這套設備進行溝通的效益在於

確保災害現場與個別指揮中心的通訊穩定性。此項提案提出無線電使用的涵蓋範圍、頻率、檢驗、電力來源、監控與其他會影響系統運作的重要因素等。提案報告（Report on Proposals; ROP）的結論為，技術性委員會中的一個專案團體將針對這項議題進行更深入的研究，並再下一次法規增修階段時，提出更具體的說明與規範。

壹拾貳、瞭解危急情境

近來高層建築所發生的火警已讓各界對於大樓使用者的安全、緊急搜救人員與大樓管理等議題再度受到重視，此外大眾也對大樓的各種情境條件、緊急逃生與相關安全系統有更深入的了解。由於先前法規定並未明確地向大眾闡述高樓相關安全的概念，但清楚傳遞這項訊息給大眾也是法規的重點所在，因此委員會特別於新法規中頒佈了一項正式公告。

另一方面，委員會並未通過對於逃生出口的影像監控的提案，但委員會也體認到掌握各區域狀況的重要性，因此 NFPA 72 與 National Fire Alarm Code 皆編收了大眾通報系統的資訊，以協助大樓使用者與緊急搜救人員對於各種緊急情況，如火警、天然災害、恐怖攻擊、生化或核武攻擊或是上述各種情況組合能有更透徹的瞭解。

事實上，2009 年的新法規絕大部分是根據 2006 年所制訂的法規進行增修，其中，美國標準與技術研究院（與諮詢委員會針對高層建築所提出的部份安全建議事項已被採納入 2006 年或是更先前的法規當中。

雖然目前部分的提案已被增修至新法規中，但仍有一部分的意見仍需要花費更多的時間進行研究，以確認是否有增修法規的必要性，如大樓防火結構的判定與目前防火測試協定的附加資訊是否可運用至大樓的設計過程，以及其他如大樓人員對於安全和逃生出口的認知與相關議題。NFPA 必須進行更詳盡的研究，才能對上述這些議題有更深入的了解，進而呈報給技術委員會作為修改法規的依據。

此篇報導中，技術性委員會正式修改的新法規都詳列於 2007 年

6月22日出版的「2009年提案報告」中。為避免技術性委員會對於特定提案的主觀偏差，相關議題都將於下一階段的文件審查中再度進行評核，因此文中2009年的新法規變更都尚待幾個月後方才拍板定案，但不論結果如何，對於上述相關安全議題的正當性與否的論證，最終都應切中高層建築使用者的需求，這也是論證及編修法規的重點所在。

第四節 超高層建築物中間層避難空間

壹、超高層建築物避難安全對策

於1993年紐約世貿中心首次受襲後，美國政府對高層建築物的逃生方法進行研究，發現人們需要1至3小時方能逃出現場，所需的避難時間極長，再加上高層外牆上的風壓及內部垂直空間的煙囪效應等不利因素，都會造成火勢、煙氣的快速蔓延以及熱量的大量釋放，使得高層建築物的逃生避難較一般建築物困難，所以在國內高層建築物逐年增加的趨勢下，如何強化高層建築物逃生避難安全的設計方法是刻不容緩的課題。

目前高層建築樓梯座數係依平面規模及避難距離來決定，並未計入樓層數，因此全棟大樓同時避難時必造成下層部之擁塞。考慮火災發生後由起火點擴大至火災室，由火災室蔓延至該樓層，繼而延燒至上部樓層。就避難之觀點而言，避難之優先順序應為起火居室、起火樓層、起火上部樓層，避難人員到達起火樓層下方之樓層，暫時等待火災撲滅或繼續往避難層避難，可舒緩避難者體力上之困難及下層部樓梯間擁塞之現象。

在超高層建築物特別是塔樓部分的疏散避難對策方面，除了應強化建築物本身的防火構造外，對於避難設施的「質」與「量」亦須特別要求，於起火室、起火樓層、上方樓層的暫時避難據點，以及整棟大樓之中間層避難空間等所有可能影響逃生避難之條件均應加以考量。

除了傳統之避難路徑，從居室經由走廊、排煙室、特別安全梯

等至安全區域避難外，另提出中間層避難空間、屋頂直昇機停機坪設置、昇降機緊急疏散系統以及緊急疏散與安全、維護管理等相對應對策，以增加超高層建築物之安全性能。

超高層建築物之平面配置除避難動線需簡潔明確外，平面樓層均許有二方向以上之避難方向，並須考慮區分成二個防火防煙區劃。在剖面計畫方面，應考量上下樓層的逃生動線及期間的遮焰、斷熱及防煙特性並設置中間層避難空間。

室內裝修部分應考量其使用材料不燃化，避免使用易產生大量煙氣及有毒材料，且需堅牢固定，不得因高溫而導致崩塌影響避難逃生。除設置避難設施外另需設置避難設備（標示設備、緊急照明設備及避難器具等）、消防搶救必要設備以及排煙設備等消防安全設備，以利消防救助及避難逃生。

貳、中間層避難空間設置意義

1. 作為火災發生時火災層以上樓層的室內人員避難的暫時停留之緩衝空間。
2. 作為消防救災人員救災據點。
3. 當垂直避難動線下方樓層發生擁塞或失效時，作為室內避難人員垂直避難動線的轉換空間。
4. 作為避難弱勢者疏散到絕對安全區域等待救援前之相對安全空間。
5. 具有雙重樓層防火區劃之性能，形成高層建築垂直街廓化（Block化）之效果，防止往上層延燒。
6. 利用樓梯之構造可隔斷樓梯間內之煙囪效應，並可形成排煙室排煙設備之垂直區分化。

參、超高層建築物避難路徑之設計原則

1. 第一次安全區劃避難通道需簡捷、少曲折，避免 90° 以外的轉折，轉彎處需設置誘導設備，以助快速逃生避難。
2. 避難路徑設計過程中應考量必人員心理因素，如回巢本能、向

光本能、左轉本能、躲避本能、追隨本能，據以作出相對因應對策。

3. 避難通道應考慮有效寬度，特別是避難通道及逃生樓梯之有效寬度，避免產生滯留瓶頸的狀況，影響避難逃生之安全性。
4. 超高層建築物特別是塔樓部分，避難路徑應有避難誘導設備，維持最小照度及不受煙氣污染之煙控設備。
5. 超高層建築物特別是塔樓部分，避難路徑應為獨立安全區劃，避免不必要裝飾懸吊物及裝修等，隔間繫件應採耐高溫材料，以免影響避難逃生。
6. 避難通道不得設置臺階，遇高低差應為坡道。

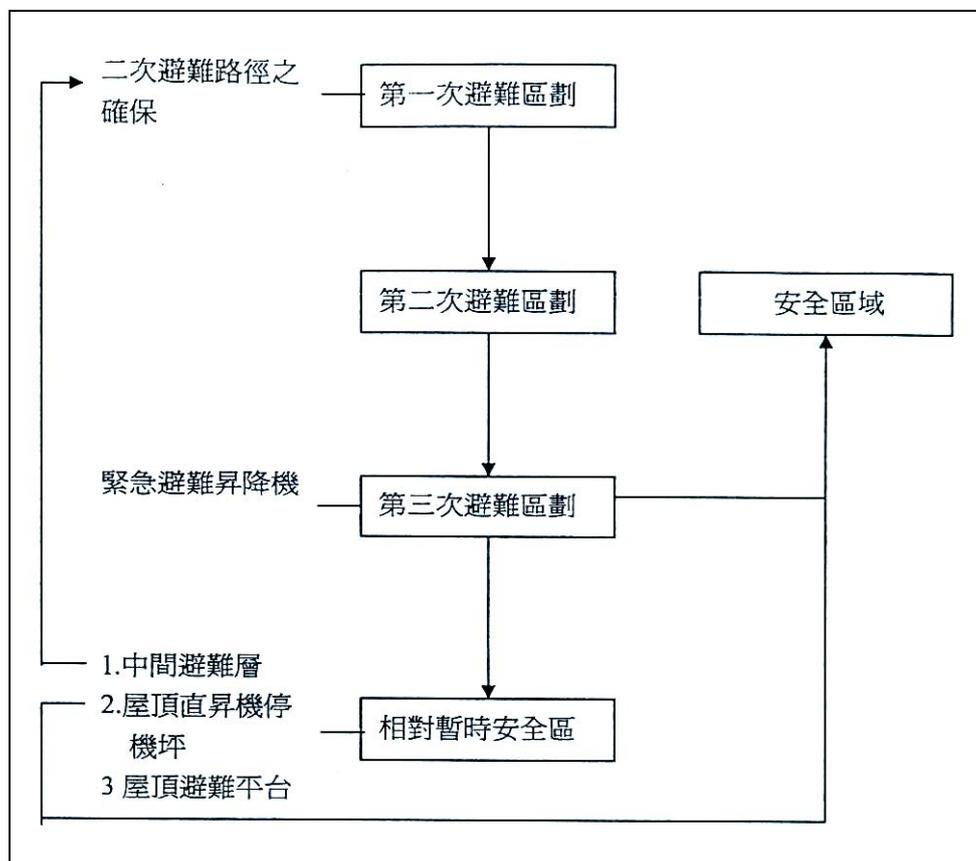


圖 5-1 避難路徑架構及流程

因此在高層建築物緊急疏散的對策中，中間層避難空間的設置是最受肯定且可行性最高的方法之一，除了中間層避難空間賦有救助及暫時避難的功能外，亦可利用其以隔斷或減弱高層建築物的煙

窗效應，並且內部避難人員因不必全棟直接避難至地面層，只要避難至中間層避難空間即可確保暫時安全，及減少人員長時間避難產生的心理恐慌或避免不必要的推擠，有秩序的避難而達到安全避難的目的。

肆、中間層避難空間

中間層避難空間有下列 3 種類別：

1. **戶外空間**：不設圍護結構，為敞開式，一般設於建築物之屋頂層。採自然通風排煙，結構處理較簡單，但不能絕對保證不受煙害及防止雨雪侵襲，只適用於溫暖地區。此類型避難空間可減少佔用過多建築面積，可節省建設資金及滿足消防安全所需。
2. **半戶外空間**：四周設有防護牆，上半部設有窗口，通常採用自然通風排煙方式，防護牆及鐵百葉窗可防止煙火侵害。
3. **室內空間**：封閉式避難，周圍設有耐火圍護構造，室內有獨立通風及排煙設備，設有可靠之消防安全設備，可防止煙氣及火焰侵害。

另關於中間層避難空間的安全疏散應特別注意以下幾點：

1. 為確保中間層避難空間在建築物起火時能發揮正常作用，中間層避難空間應至少有二方向避難路徑可供疏散。
2. 通向中間層避難空間之特別安全梯，應在中間層避難空間分隔斷開，不得直通，人員避難時均需進入避難空間方能上下。
3. 中間層避難空間應設至標示設備及緊急照明設備，位置以人員水平視線高度為準，以免受煙氣影響功能。
4. 緊急昇降機為輔助的安全疏散設施，在中間層避難空間必須停靠，普通昇降機因不能阻擋煙氣進入，嚴禁在中間層避難空間開設昇降機門。

第五節 電梯應用於緊急避難之可行性

壹、基本考慮要素

內政部消防署 94 年 6 月 8 日消署預字第 0940500612 號函頒「高層建築物全棟避難管理作業程序暨規劃全棟避難方案」避難弱者之避難方式選擇中應用緊急用升降避難電梯，考量以下五點：

- (1) 考量緊急升降機間之防火與防煙能力
- (2) 確保緊急電源之供應
- (3) 考量使用緊急升降機對象之優先順序
- (4) 考量緊急升降機之優先服務樓層
- (5) 規劃緊急升降機之操作模式

貳、避難用升降設備火災之防護

一、避難用升降設備防護標準

緊急用升降設備避難系統(EEES)必備之防護標準如下：

1. EEES 與其他避難逃生出口分開。
2. 火災時電梯間門與建築物其他部分應自動關閉。
3. 梯道、機房及電梯間豎道區劃，三層以下時防火時效一小時防火性能區劃；其他者為二小時。
4. 梯道、機房及電梯間以增壓系統防煙滲透或採自然排煙系統。
5. 梯道及機房防水措施如下：
 - a) 梯間門使用密封條、坡度地板、排水孔口構成；
 - b) 研發電梯組件防水與認可，並結合前項建築裝修規劃（梯間門使用密封條、坡度地板、排水孔口構成）；
 - c) 戶外電梯、正常組件及防水保護蓋配合梯間門使用密封條；
 - d) 梯道與建築物其他用途分開配置，以梯間區隔。

6. 機房以空調設備達冷卻效用，空調系統應有防火區劃並備緊急電力供應。
7. 電梯設備應有可靠電力系統，備有緊急發電機供應電力，以及輸配電多處設計。
8. 緊急狀況多少人可使用之認可控制模式。
9. 電梯足夠負載避難人數。
10. 地震帶地區 Z3 或更高者，應符合耐震規範。

此外，國外有研究針對火災時電梯用於人員疏散與消防救災上作業，提出以下 12 點作法以減少火災損失。

1. 建築物必須全棟配置自動撒水設備。
2. 電梯豎道井應增壓(防煙)設計。
3. 電梯間(lobbies)在各層應採封閉區劃處理。
4. 電梯間應增壓(防煙)設計。
5. 電梯豎道井及電梯間增壓系統空氣進入口應為無煙處所。
6. 所有電梯間應配置火警探測器。
7. 電梯設備應防水設計。
8. 當電源中斷時，所有電梯應呼返至原設計之樓層。
9. 所有電梯應連接緊急電源以緊急發電機操作。
10. 所有電梯間應有出入口進入增壓安全梯，不須經由火災區域。
11. 所有電梯機箱應配置有雙向語音通訊至防災中心。
12. 所有電梯間應配置雙向通信設備，介於電梯間與防災中心之間。

二、電梯避難對策與方案

(一)起火層

在起火樓層居民，明顯地是承受最大風險，目標是儘快利用樓梯和電梯疏散該樓層。他們應該在消防隊到達之前疏散和強迫徵一些電梯和樓梯讓無法使用樓梯的居民將停留並等待電梯--接受"最

高的"優先權分配運用緊急升降機(防火電梯)避難。我們相信,起火樓層適當的對策也許是:

在起火樓層,無法使用樓梯的居民,往電梯梯廳使用電梯疏散。居民能使用樓梯下降者,往最低起火樓層之下二層及向該樓層報告接受更進一步的指示。

如果火災是在第五層樓,居民會至第三層樓。但是,使用樓梯下降抵達第三層樓的居民發現第三層樓已經疏散淨空。他們與其被指示至第三層樓,不如直接離開大樓,因為一旦他們下降至第三層樓或較低樓層,繼續往大樓外面移動似乎較合理的。

所以避難管理對策為起火樓層也許被擴展為如下陳述:

在起火樓層,無法使用樓梯的居民,往電梯梯廳使用電梯疏散。居民能使用樓梯下降者,往最低起火樓層之下二層及向該樓層報告接受更進一步的指示。但是,如果起火層是在第六層樓以下,居民應該在消防隊抵達之前使用樓梯疏散離開大樓。

(二)起火層直上一層

居民所在樓層正於起火層直上層(和或許增加另外的樓層根據大樓的消防設施)可能迅速被火災危及。對電梯的使用他們應該接受為第二優先,其次於起火層者。為其避難行動確切的對策也許取決於大樓的防火設施。在許多辦公大樓案例,這些居民能向上移動到大樓他處與火點保持較長距離和避免步行直接地通過火災區域。如果在大樓有充足的水平的防火區劃,居民則能安全地向下行動通過起火層。這些居民也許使用起火層同樣的對策,除了使用電梯優先權較低。

(三)起火層直下一層

居民所在樓層是在起火層直下樓層,從火災延燒方面是屬相對地安全的。但是,消防隊可能使用這個樓層作為它的救災據點(集結

地);在這個樓層上居民接受第三順序使用電梯,因為在消防隊到達之前樓層應該被淨空。由電梯疏散他們是可能的人選--如果在疏散優先性居民後以及在消防隊徵用一座或更多電梯之前仍有充裕時間。為在起火層直下樓層一個適當的避難管理對策也許是:

所有居民往電梯大廳和使用電梯疏散

(四)最高起火層直上二層以上

此樓層居民清楚地是處於潛在的危險情況,但是威脅並不直接且危險情況有希望不會實現。也許是必須讓所有居民在這些樓層梯廳等待電梯,因為此作法將可緩和樓梯擁擠程度,以便電梯提供消防隊和有直接危險之樓層居民立即使用。一旦消防隊開始對火災搶救,在集結樓層和起火樓層之間多數居民應使用樓梯。如果這些樓層居民可被分配得以使用電梯避難,則應該編為第四順位。作為一可供替代避難對策之選擇方案,在這些樓層居民運用和最高起火層直上一層相同的避難對策,除了他們的電梯使用優先權為更低。

(五)最低起火層直下二層以下

在最低的起火樓層直下二層以下的樓層居民。這些居民並非是處於任何明顯的危險當中,如果火災緊急狀態持續在一個擴大的階段,而是被預期於最後才離開大樓。使用避難對策與起火樓層直上二層以上樓層一樣,除了他們對電梯和樓梯的使用接受最低順位。但是,它是可能的,當消防隊自起火樓層以下樓層使用某些樓梯行動至起火層救災,因此一些居民也許被分配使用樓梯。

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究綜觀 911 事件後可獲得下列結論：

一、超高層建築物設置「中間避難層」有助於人員避難逃生安全。

依目前高樓疏散機制來看，增設「中間避難層」對提昇建築物避難逃生安全應具有正面效應，分析其在建築毀損情況下提供人群疏散的能力，其可行性亦獲肯定，包括轉換層電梯、樓梯的寬度和位置以及樓梯間容量等問題。

二、緊急事故特殊情形前提下應用升降機（電梯）疏散避難雖然可行，但應有嚴格使用規定加以規範。

國內外法規一般規定火災時避難逃生不可以搭乘升降機（電梯）疏散，乃基於升降機常為煙氣垂直擴展路徑之考量。911 事件中 WTC 大樓有部分人員把握時機利用升降機（電梯）疏散避難成功，說明此方法似乎可行，但卻是相當冒險的方法；因此國內建築及消防法規對此議題，應確立適用建築物的高度範圍（宜為超高層建築物），並對升降機於重大災害時，轉換成緊急升降機供避難使用之條件研訂設計規定、使用評估準則、使用計畫等，以提供緊急情況之疏散避難路徑，並確保人員安全。

三、加強緊急應變人員之教育訓練。

從美國紐約世貿大樓倒塌事件之警惕，讓我們認識到高層建築火災，在安全疏散方面，是一項極為複雜的過程，由於各種主、客觀因素的差異，使得每一次的火災避難活動過程很難一致，在不斷吸取火災逃生經驗，了解緊急狀況的運作模式及影響延遲逃生的變數，經由訓練及教育緊急應變人員（包括建管、工程、警察、消防救災及醫療救護、樓管、保全人員等），了解潛在的危險、結構在火災中的反應、建築性能的評估，及確定危險結構的位置等，讓建築物所有權人在緊急狀況發生時，有

共同的逃生觀念及沒有恐慌下進行最有效的逃生行動，令傷害降至最小程度。政府單位應就建管、工程、警察、消防救災及醫療救護人員辦理相關課程教育訓練或研討會，另外樓管、保全人員等應由民間業者配合政府規定參加專業課程講習，如公寓大廈管理人員證照講習，以強化對火災等重大災害之認識及本身工作崗位職責之了解。

四、**落實高層建築物防火管理制度。**

WTC 大樓歷經 1993 年爆炸事件後建立了一套有效的消防管理制度，從大樓各承租單位、各樓層管理員乃至全棟營運管理中心組織成為緊急應變管理系統，並要求大樓內部承租戶人員(職員)參加消防避難訓練等。其後在 2001 年之 911 事件中，從安全避難成功的人數，說明在有安全的避難通路前提下(安全梯確保、內部照明正常等)，各層人員均能有紀律、有效率依序抵達地面逃生，此證明從 1993 年起行之有年的消防管理制度發揮了功效。我國引進建築物防火管理制度已有 10 餘年，該制度與 WTC 大樓作法大同小異，以建立高層複合用途建築物自衛消防編組演練機制及提升防災中心值勤人員應變能力，並訓練內部人員滅火及疏散技能為目標，從 WTC 之 911 事件證明這套制度有其必要性，國內建築、消防單位及大樓管理權人均應認真做好防火管理制度，以備不時之需。

五、**於建築物重大緊急事故時，應有工程專業人員協助緊急應變人員進行形勢評估分析，適時提高建築可能遭受危險之意見。**

WTC 事件雖然儘可能挽救所有能救的人，但對緊急應變人員而言，卻是一場令人遺憾又難以預料的災害，因為在事前毫無任何大樓倒塌警訊提出下，約有 400 餘名緊急應變人員(消防、警察、職員、醫療人員等)隨著大樓一同消失。當大樓內部人員從大樓逃出時，緊急應變人員卻冒生命危險深入高樓層安全梯，希望能搶救在飛機撞擊樓層上方的人員，然而火災規模比想像得大，建築結構強度遇火衰減速度比想像得快，終致大樓在 17 秒左右內化為殘屑。因此，讓專業工程師於特殊緊急事

故處理過程參與其中，可以隨時提供危險警訊，彌補緊急應變人員專業上不足夠之處，令整體搶救行動在較安全可作為的情況下進行。

六、酌情引進 WTC 大樓改善人員避難逃生安全作法，以達流暢化避難設計。

WTC 大樓因有遭遇過實際恐怖攻擊之經驗，其在 1993 年後為改善人員避難逃生安全的一些作法，在 911 事件中大規模人群的疏散避難行動成功可證明這些作法皆發揮了預定的功能。其中包括（1）水平轉換走廊層應加強避難方向標示、防火門標示、走廊獨立防火區劃等要求；（2）安全梯照明加強備用電源，另使用低耗電、高輝度之 LED 逃生指示燈；（3）使用自體發光塗料（photoluminescent paint）於樓梯間內扶手欄杆、梯級及階梯中線以輔助停電後照明，並顯示所在位置及樓層及最近的逃生出口；（4）提供肢體障礙或受傷行動不便員工專用避難椅。以上均為有利人員避難逃生之設備設計，並同時減少在緊急情況時不利於人員思考或研判之情境。國內建築、消防法規概相當完備，如全面要求是否增加過多成本，或有建築業者或建築師有所顧慮，但有利於提昇流暢化避難設計的外國經驗作法確實值得國內借鏡引用，例如配合 25 層以上建築物之防火避難綜合檢討計畫認可審查，將前述 4 點列為大樓營運管理計畫必須注意事項。

第二節 建議

建議一

近期建議：落實超高層建築物中間層避難空間設置有關規定。

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

在國內高層建築物逐年增加的趨勢下，如何強化高層建築物逃生避難安全的設計方法是刻不容緩的課題。經研究可以瞭解中間層避難空間設置有助大樓火災時人員疏散避難，而國內近年來亦有相關研

美國世貿中心事件人員避難行為影響因子探討與應用

究，並有規定建議草案，建議宜儘速落實。

建議二

中長期建議：持續追蹤 911 事件後美國及其他國家對法規增修情形。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、消防署

目前在美國部分的提案已被增修至新法規中，但仍有一部分的意見仍需要花費更多的時間進行研究，以確認是否有增修法規的必要性。因此後續追蹤瞭解有其必要，此外不僅僅要知道最後結果，亦應瞭解其法規增修訂過程各方有何意見，俾供我國研究參考。

建議三

中長期建議：我國宜建立跨部門、結合官產學界專家群之重大災害勘查小組，因應類似 911 事件發生後派員前往蒐集資料，並參與國際研究活動。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、消防署

本所為政府研究單位，負有研究法規前期背景資料之責，倘能建立重大災害勘查小組，則對我國未來重大災害調查及對策研擬將大有幫助。

附錄：期中、期末審查會議意見回應表

一、期中審查會議意見回應表

審查人員	審查意見	回應意見
曾教授俊達	1.研究文獻具體詳實。	感謝肯定。
	2.報告第 25 頁所提 2 英吋石膏板，厚度請查核。	經查對原文資料，確實無誤。謝謝。
	3.建議蒐集 WTC 各層人數、樓地板容留人數基準並整理成表比較之。	WTC 容留人數基準在文中業有提到，然表格將在成果報告中整理。
郭教授詩毅	1.本研究目前研究進度符合預定。	謝謝。
	2.期中報告以美國法規為研究對象，建議未來蒐集整理其他各國資料，尤其日本。	本研究蒐集日本資料頗多，然因未翻譯問題未整理，將在成果報告中整理。
蒲教授仁勇	1.建議針對東、西方人員避難行為不同之處予以整理比較。	本研究僅就人員避難行為模式有所敘述，因文獻有限，礙無法比較東、西方人員避難行為。
鄭教授復平	1.建議選定影響 WTC 避難重要因子與日本法規比較，或能有具體發現。	本研究蒐集日本資料頗多，然因未翻譯問題未整理，將在成果報告中整理。
鍾教授興陽	1.文獻蒐集詳實，在探討重要影響避難因子後所得經驗，請研究思考要如何應用在國內指標性高層建築物。	謝謝肯定，應用請參酌本文之結論及建議。
	2.報告部分章節之圖（表）順序請予補正。	謹參考辦理。
	3. 美國 WTC 調查報告相當詳實，應該會對國內高層建築之防火避難設計有所幫助，建議後續研究考慮將之譯為中文，提供大眾參考。	本文重要內容資料均直接參考美國 NIST 所公佈資料，可提供大眾參考
營建署代表	1. 文獻整理部分有些文字語意不順，建議修正。	謹參考辦理。
	2. 本研究下一階段要如何進行，請說明研究工作重點。	本研究歸納整理 911 事件有關避難逃生部分檢討事項，另研提具體結論與建議。
	3. 文獻資料來源請註明。	謹參考辦理。

中華民國土木技師公會全國聯合會代表	本案具有實用性，宜將 WTC 案例可供國內參考之處明確列出。	敬請參考結論與建議。
中華民國消防設備師公會全國聯合會代表	1. 報告內容豐富，建議將初步結論以重點方式說明之。	感謝肯定，謹參考辦理。
	2. 請將國內高層建築物的避難缺失與 WTC 事件報告結論作一表格比較說明。	謹參考辦理。
	3. 美國高層建築之消防設備設置與我國有何不同，請酌量研究比較。	謹參考辦理。
本所陳組長建忠	1. 請參考消防署曾彙整過之 WTC 事件詳細資料。	謹參考辦理。
	2. 期中報告內容偏重文獻回顧，請加強本土化數據資訊部分，如東西方人之人因差異、是否遭遇過火災、有無訓練過、兩國法規基本比較等。	謹參考辦理。
	3. 請深入瞭解類似火災案例之確實調查方法可供國內借鏡	謹參考辦理。

二、期末審查會議意見回應表

審查人員	審查意見	回應意見
方教授一匡	1.本研究文獻完整而詳實。	感謝肯定。
	2.針對超高層建築物之防火避難設計及管理，報告結論提到增設『中間避難層』之構想及電梯的使用。然而，大樓應有多少避難層或耐火空間，又電梯容量及上下層電梯之緊急使用自動化管理等，均相當重要，值得繼續研究，以供國內超高層建築設計之參考。	謹參考辦理。有關『中間避難層』研究，國內外已有相當報告
郭教授詩毅	1.本研究文獻回顧充分且具體。	感謝肯定。
	2.建議增加有關緊急通報時縱橫向救災各單位訊息如何做整合。國內過去 921 地震救災經驗，因消息獲得時間不一，或獲訊息轉述得知，或消息來自媒體採訪等等，造成訊息誤失或重疊，皆影響救災投入資源的判斷。	謹參考辦理。所指教係為救災應變之資訊整合問題，並部署於本研究範疇，然亦為重大災害時所會遭遇之重要課題，列為未來研究候選課題。
鄭教授復平	1.使用中間避難層是很好的概念，另建議設置只停中間避難層的高速電梯，平時可以做服務電梯，緊急時可關閉，在火災樓層下層停靠，救助高樓層人員，同時建議此電梯應有獨立備用電源，並裝設溫度及毒氣探測器以供管理人員使用。	謹參考辦理。
中華民國土木技師公會 全國聯合會 代表	1.本案極具有參考價值，值得肯定支持。	感謝肯定。
	2.建議研提國內相關法規及管理制 度改善建議時，宜朝較為嚴謹保守 之方向擬定，畢竟防災避難攸關人 命安全。	謹參考辦理。
	3.就超高層大樓而言，是否可再進 一步研究建築物可能倒塌之預警 系統，讓使用者能及時發現警訊並 及早逃生。	謹參考辦理，列為未來研究 候選課題。

中華民國結構技師公會全國聯合會代表	1.報告建議提到工程專業人員參與緊急應變行動，惟火災時人員已撤出，搶救時對火害結構安全性評估之需求較低，但震災後之救災配置工程專業人員參與卻有其必要，因與結構系統之穩定性是否有效有關。	關於專業工程人員協助緊急應變人員提供災情及危險情境研判，乃基於專業分工合作，此在災情愈嚴重時愈顯需要。緊急應變單位主管人員得視災害之嚴重程度適時請工程專業人員到場協助救災，以策安全。
	2.大樓若能規定應配置有防煙面罩及小手電筒等個人防護避難設備，則較為實用。	謹參考辦理。
	3.應禁止上下層樓梯配置位置有錯位現象（有轉換走廊層出現），此易導致人員找不到樓梯。同時樓梯級高亦應規定須等高，如此方能使樓梯內避難順暢。	謹參考辦理。
	4.火警警報器不宜僅僅通知火災層上下附近樓層，應及早全棟通知。	謹參考辦理。
財團法人台灣建築中心代表	1.本研究針對美國 WTC 大樓遭恐怖攻擊時避難行為因子有深入探討，資料蒐集也十分完整，相信對於避難行為及避難設計有參考價值。	感謝肯定。
	2. 報告結論有關「中間避難層」，本中心業已研擬「高層建築物中間避難層空間設置原則」，並於 96.11.15 經內政部核定，目前正研擬配套措施輔導業界進行設置，如同本報告所提，此對於強化高層建築物火災時人員疏散避難當有所助益。	謹參考辦理。本研究有關結論可提供有關原則之增修訂及配套措施之應用。
本所陳組長建忠	報告提及我國高層建築之容留人數遠比美國建築及消防規範所規定者還高出許多，請進一步深入了解是否是因為美國受 911 事件影響導致法規修正，或有何其他因素。	謹參考辦理。

參考書目

壹、 中文部分

- 1、陳建忠、邱文豐、江崇誠、王鵬智，運用一般電梯及緊急升降機進行避難管理之可行性評估研究，內政部建築研究所研究報告，台北，2005。
- 2、陳建忠、張寬勇、雷明遠、陳國星，高層建築營運時防火管理機制之研究，內政部建築研究所研究報告，台北，2003。
- 3、陳建忠、江崇誠、沈子勝、王鵬智，高層辦公建築避難演練驗證與避難安全評估之研究，內政部建築研究所研究報告，台北，2003。
- 4、陳昶穎（譯）、Milosh Puchovsky, P.E（原作），NFPA 針對高層建築的增修法規，「消防與防災雜誌」，台北，2007。
- 5、謝賢書、何三平、梁全順，美國紐約世貿中心大樓倒塌事件回顧，「消防與防災雜誌」，台北，2007。
- 6、雷明遠，高層建築物防火安全總體檢新標準—看 911 世貿中心災害 NIST 調查報告感想，「消防與防災雜誌」，第 20 期，台北，2003。

貳、 英文部分

- 7、Averill, J. D., et al. 2005. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster: Occupant behavior, Egress, and Emergency Communication*. NIST NCSTAR 1-7. 260 pp. National Institute of Standards and Technology.
- 8、Fahy, R. and G. Proulx. 2005. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster: Analysis of Published Accounts of the World Trade Center Evacuation*. NIST NCSTAR 1-7A. 42pp. National Institute of Standards and Technology.

